
Minería prehispánica en Jalisco

Phil C. Weigand y
Acelia García de Weigand
El Colegio de Michoacán

Introducción

Todo mundo sabe que la minería ha constituido un componente importante de la base económica de Jalisco desde el periodo colonial. Lo que no se ha reconocido es que la minería sistemática empezó aquí en los tiempos prehispánicos. Algunos complejos mineros vetustos son impresionantes, aun conforme con los estándares actuales, por las cantidades de tierra y roca que fueron removidas.

Las minas coloniales y modernas en Jalisco son principalmente de metales y piedras preciosos: la plata y el ópalo como los más importantes, aunque también existían minas históricas de cobre, oro, plomo, mercurio y cuarzo óptico. La minería prehispánica era muy diversificada, y también daba importancia a los materiales preciosos. Sin embargo, lo que se consideraba "precioso" en el Occidente arqueológico tiene menos atractivo el día de hoy. Por ejemplo, la mayoría de los cristales y piedras azul-verdes tan valiosos en el pasado, en el presente tienen poco atractivo para los consumidores actuales de gemas. Por otra parte, bastantes actividades mineras antiguas en nuestra región fueron orientadas hacia la obtención de materiales utilitarios, especialmente obsidiana, a la que se daba el mismo uso que al acero en la actualidad.

La obsidiana fue un recurso básico, sin el cual las economías prehispánicas se hubieran visto bastante restringidas. La obsidiana es un vidrio natural, "que es al mismo tiempo un sólido-líquido". Esto último suena contradictorio pero simplemente quiere decir que la obsidiana tiene características físicas tanto de los sólidos como de los líquidos. Es claramente sólida, pero no tiene estructura cristalina, y en eso se parece a los líquidos. Esto significa que puede ser modificada para formar un filo de corte del grosor de una molécula, algo que no se puede hacer con el acero, sin importar que tan delgado sea forjado.

La zona de los lagos del oeste de Jalisco abarcaba los puntos focales de la Tradición Teuchitlán, misma que floreció como una compleja serie de culturas durante los periodos Formativo y Clásico, y que culminaron en una sociedad semiurbanizada durante el Clásico medio (ca. 400-700 d. C.). La Tradición Teuchitlán está marcada por un culto funerario elaborado y por una singular forma arquitectónica. Esa arquitectura es única en el mundo, no sólo en Mesoamérica. Se compone de círculos concéntricos monumentales: pirámides circulares rodeadas por patios circulares elevados, que a su vez están rodeados por banquetas circulares sobre las cuales hay entre ocho y 16 plataformas y pirámides rectangulares.¹ Durante estos periodos, los yacimientos de Osotero, San Juan de los Arcos, Huitzilapa, Llano Grande y La Mora-Teuchitlán fueron explotados.

Alrededor de los años 900-1000 d. C., la Tradición Teuchitlán cayó y fue reemplazada, de manera total y repentina, por una serie de culturas semejantes a las del Bajío y del centro de México, las cuales florecieron en variadas y cambiantes configuraciones a través de la época Postclásica. Los sitios de Santa Cruz de Bárcenas, Tala, Ocomo, Xochitepec, Atitlán y Etzatlán florecieron durante esta época.² Los yacimientos de La Joya, Santa Teresa y La Primavera fueron explotados durante este periodo, los de La Joya en forma masiva.

1. Phil C. Weigand. "Evidence for complex societies during the western mesoamerican classic period". M. W. Foster y P. C. Weigand (eds.). *Archaeology of west and northwest Mesoamerica*. Denver: Westview Press, 1985, pp. 47-91 y Phil C. Weigand. *Evolución de una civilización: arqueología de Jalisco, Nayarit y Zacatecas*. Zamora: El Colegio de Michoacán, 1993.
2. Weigand, *Evolución...*

Las minas de obsidiana

La obsidiana se encuentra frecuentemente en la naturaleza, pero no siempre es de alta calidad. Nosotros hemos localizado 18 yacimientos mayores de obsidiana en los alrededores del volcán de Tequila y en otras partes del oeste de Jalisco, pero solamente ocho de ellos muestran evidencias claras de actividades mineras antiguas (ver ilustración 1). Los mesoamericanos del Occidente consideraron merecedores de ser explotados solamente a los mejores materiales. Estos, una vez extraídos y formados en núcleos para elaborar navajas, fueron comercializados a lo largo de distancias considerables, como parte de un complejo sistema de interrelaciones comerciales que introdujeron materiales exóticos al Occidente, entre ellos la turquesa de Nuevo México y Arizona. Por ejemplo, la obsidiana sacada de La Joya (municipio de Magdalena) se ha encontrado, en forma de navajas prismáticas, tan al norte como Guasave, Sinaloa, y en sitios cercanos a la actual ciudad de Durango.

De los sitios que muestran actividades de minería, hasta la fecha sólo los de San Juan de los Arcos y La Joya muestran patrones de explotación extensivos y masivos. Fueron explotados a una escala mucho mayor que la de otros minerales hasta ahora reportados para el Occidente, y bien pueden representar dos de los yacimientos más intensamente utilizados en Mesoamérica. Para el de San Juan de los Arcos todavía hace falta un estudio sistemático, aunque sabemos que las minas de este lugar son especialmente impresionantes por sus tamaños individuales. Son las minas más grandes encontradas hasta la fecha en Jalisco.

El yacimiento de La Joya es el mejor estudiado de todos. Se compone de varias vetas diferentes, algunas están estratificadas, mientras que otras están una al lado de otra. El total del criadero de obsidiana cubre una área de alrededor de 5 km² de afloramientos visibles, e indudablemente hay más enterrados. Los mineros, sin embargo, escogieron un espacio mucho más

pequeño, que cubre 1 Km², compuesto de una sola veta en la orilla sudoeste del yacimiento grande. La selección de esta veta fue hecha por dos razones: la obsidiana de esta sección del depósito es de alta calidad uniforme y está más cerca de la playa de la ex-laguna de Etzatlán-Magdalena, facilitando así el transporte de la obsidiana hacia el taller en la isla cercana de Las Cuevas-Atitlán.

En el sector trabajado del yacimiento se localizaron 1 264 explotaciones o minas. Una sección del complejo se caracteriza por una actividad extremadamente intensa, y se hizo el mapa de 401 minas (ver ilustraciones 2 y 3). Las 863 minas restantes están dispersas. Las 401 minas del mapa fueron muestreadas, adicionalmente a unas 400 más no registradas, con el propósito de hacer un análisis químico (ver ilustración 4). A juzgar por la erosión de la capa superior, causada por las mismas actividades de la minería así como por el sobrepastoreo, creemos que quizá otras 500 o 700 minas pudieran estar enterradas en las zonas intermedias más bajas, entre las minas visibles localizadas en tierras más altas. Ciertamente, en las orillas de las concentraciones de las minas hay otras medio llenas, apenas visibles, de tamaños indeterminados. Tales áreas bajas aparecen aún en las áreas más densas de la minería -por ejemplo entre las áreas C y A y B, y al este del área D (ver ilustración 2). Sin embargo, en ninguno de los cálculos siguientes hemos considerado las minas posibles; todos los cálculos se basan en las 1 264 minas visibles.

Las minas se pueden dividir en tres tamaños:

A) Grandes: tienen un promedio de 20 m. (o más) de diámetro, o de cada lado, y frecuentemente 2 m. de profundidad conservada. A menudo tienen forma de T o L; una tiene forma de I. Con frecuencia son depresiones ovaladas o redondeadas. Es posible que algunas de estas excavaciones hayan sido cámaras de entrada a la mina. Hay 32 de este tamaño, con una extracción estimada de 4 352 tons. de obsidiana de calidad para

artefactos. Este tonelaje se calculó de la siguiente manera:

1) Volumen total en m^3 ($20 m^2 \times 2 m.$ de profundidad $\times 32$ minas = $25\ 600m^3$ de relleno).

2) Volumen total en m^3 dividido entre la proporción de llenado de obsidiana (ver ilustración 3), o sea $25\ 600m^3$ divididos entre 2 = $12\ 800m^3$ de obsidiana).

3) El m^3 de obsidiana multiplicado por 85%, lo cual representa el porcentaje de obsidiana útil contra el no útil ($12\ 800 m^3$ por 85% = $10\ 880 m^3$ de obsidiana útil). La obsidiana no útil se define como aquel material con demasiadas incrustaciones y fragmentos de calcio, o que está demasiado pulverizada o vidriosa, y/o demasiado pequeña o de forma extraña para poderla convertir en grandes o medianos bloques tallables.

4) El m^3 de obsidiana útil dividido entre 2.5, que representa la relación obtenida de la conversión de m^3 de obsidiana a toneladas ($10\ 880 m^3$ de obsidiana útil divididos entre 2.5 = 4 352 tons.). Las cifras de esta relación de desplazamientos para la obsidiana de La Joya varía entre $2.45 m^3$ y $2.55 m^3$ por tonelada, por lo que se utilizó un promedio de 2.5. Sin embargo, la relación de desplazamiento debe ser calculada independientemente para cada fuente, puesto que se han notado variaciones.

B) Medianas: su promedio es de 10 m. de diámetro, o de cada lado, y frecuentemente tienen entre 1 y 1.5 m. de profundidad conservada. Estas minas tienen forma de T o de L, pero con mayor frecuencia son ovaladas o redondeadas. Hay 158 minas medianas, de las cuales fueron extraídas alrededor de 4 029 tons. de obsidiana de calidad para artefactos ($10m^2 \times 1.5m.$ de profundidad $\times 158$ minas = $23\ 700m^3$ de volumen total; $23\ 700m^3$ divididos entre 2, la proporción de llenado de obsidiana, = $11\ 850 m^3$ de obsidiana; $11\ 850 m^3 \times 85\% = 10\ 073 m^3$ entre una relación de desplazamiento de 2.5 = 4 029 tons.).

C) Pequeñas: tienen 5 m. de diámetro en promedio y con frecuencia de .5m. a 1m. de profundidad conservada. Estas minas siempre son ovaladas o redondas.

Algunas, sin embargo, tienen grandes montones de desperdicio, mucho mayores de lo que pudo haberse originado del hoyo visible. Esto incrementa la posibilidad real de que haya tiros de mina excavados más profundamente dentro de la veta de obsidiana. Esa posibilidad fue eliminada por efecto de los siguientes cálculos: de los 1 074 hoyos pequeños estimamos que fue extraído un total de 4 564 tons. de obsidiana de calidad para artefactos ($5\text{m}^2 \times 1\text{m}$. de profundidad \times 1 074 minas = $26\ 850\text{m}^3$ de volumen total; $26\ 850\text{m}^3$ divididos entre 2 = $13\ 425\ \text{m}^3$ de obsidiana; $13\ 425\ \text{m}^3 \times 85\%$ = $11\ 411\ \text{m}^3$ de obsidiana útil; $11\ 411\ \text{m}^3$ dividido entre una relación de desplazamiento del 2.5 = 4 564 tons.).

La cifra de 2 en la proporción entre el relleno y la obsidiana fue determinada empíricamente mediante una medición precisa. El yacimiento en general y la veta en particular no son sólidos sino semifragmentados, debido a la gran actividad sísmica y las fallas que han ocurrido en la zona inmediata. En el yacimiento fracturado de obsidiana se ha sedimentado un suelo duro, semiconsolidado, cenizo y laterítico. En esta área existen pozos de reciente explotación. A todos ellos se entró y se estudiaron los sedimentos en detalle, incluyendo la proporción entre el relleno y la obsidiana (ver ilustración 3). La proporción varió en buena medida a través de la veta; por tanto, 2 es un promedio.

El monto total de obsidiana de calidad para artefactos, extraído de las 1 264 minas visibles, se estima en 13 000 tons., más de $75\ 000\ \text{m}^3$ de piedra y relleno excavados. Esta estimación no incluye, como se mencionó, un margen de posibles minas enterradas, ni tampoco calculamos volúmenes de posibles pasajes, tiros, túneles o cámaras. Por consiguiente, consideramos el tonelaje como una apreciación altamente moderada. Naturalmente, no todo el material excavado se sacó del lugar; un porcentaje significativo de las 13 000 tons. permanece en forma de millones de lascas de descortezamiento. También hay verdadero desperdicio en ese lugar. Además hay muchos bloques útiles que

fueron dejados en la boca de las minas, quizá para ser utilizados en un futuro que nunca ocurrió.

La acción del descortezamiento que formó los bloques en macro-núcleos son muy burdos. Una serie de bloques entre los macro-núcleos es típico de los pequeños montones y concentraciones de estos materiales que se encuentran a lo largo de la orilla sur de estas zonas de minas. Algunas de estas concentraciones se localizan cerca de una plataforma pequeña, pobremente conservada, que mira tanto en dirección del arroyo como hacia el lecho del ex-lago. Parece muy posible que los macro-núcleos fueron reunidos aquí, después de su preparación inicial en la boca de las minas, para ser transportados a través del lago al taller de la isla en Las Cuevas-Atitlán,

El corte de la obsidiana se lograba con martillos de piedra de basalto, algunos de los cuales muestran un modesto tallado. La mayor parte está casi sin tallar. Estos martillos de piedra se encuentran frecuentemente rotos, y por tanto obviamente fueron desechados. Muchos, sin embargo, estaban todavía utilizables. A menudo fueron dejados en la boca de las minas, lo cual indica que probablemente no eran transportados de ida y vuelta a las áreas residenciales, sino que más bien eran dejados *in situ* para el siguiente periodo de la actividad minera.

El basalto, que es la composición apropiada, abunda en el área inmediata. También se encuentran raspadores finos o navajas de obsidiana en los alrededores del área de las minas, lo cual indica que las herramientas de madera formaban parte del equipo de extracción. Por supuesto, fueron absolutamente indispensables mangos toscos para usar los martillos de piedra. Picos y palancas de madera son también buenas posibilidades. Ningún fragmento de cerámica fue encontrado en la inspección que se hizo del complejo minero y sus alrededores. Los métodos mineros realmente empleados, aparte de las complejas cámaras, parecen muy similares a aquellos utilizados en los depósitos semi-consolidados cerca de Chalchihuites, Zacatecas, aun-

3. Phil C. Weigand. "Mining and mineral trade in prehispanic Zacatecas". P. C. Weigand y G. Gwynne (eds.). *Mining and mining techniques in ancient Mesoamerica*. Núm. especial de *Anthropology*, vol. VI, núms. 1 y 2, pp. 87-134 y Weigand, *Evolución...*

que por supuesto los materiales en cuestión fueron diferentes.³

Por desgracia, las minas de La Mora-Teuchitlán se encuentran muy destruidas; aún así fue posible hacer un análisis químico para caracterizar el yacimiento (ver ilustración 5). Hay que notar que se puede distinguir fácilmente entre los perfiles químicos de los yacimientos de La Joya y los de La Mora-Teuchitlán (ver ilustración 6).

El taller en Las Cuevas-Atitlán

Los macro-núcleos de obsidiana eran transportados indudablemente en canoa hacia el taller de la ex-isla de Las Cuevas-Atitlán, 8.5 kms. al suroeste de las minas. Las Cuevas era una isla en una de las secciones más hondas de la laguna de Etzatlán-Magdalena hasta el momento en que se concluyó, hace poco, un proyecto de drenaje. Es un pequeño cono de escoria volcánica de origen reciente que cubre 1 km². Se pueden observar bolas de lava, otros fragmentos de roca volcánica, piedra pómez, ceniza semiconsolidada y obsidiana de calidad extremadamente pobre.

El taller es uno de los aspectos más prominentes de la isla, con desperdicios que cubren alrededor de 15 Has., aunque gran parte de esta área presenta deslaves hacia la playa antigua. El depósito varía entre .5 m. hasta más de 3 m. de profundidad. Los perfiles más profundos están en una zona muy saqueada de plataformas residenciales terrazadas. Calculamos que el taller contiene de 2 500 a 3 000 tons. de obsidiana de desperdicio (15 Has. = 150 000 m² x .5m. de profundidad promedio = 75 000 m³ de volumen total; 75 000 m³ x 10% de proporción de relleno de obsidiana = 7 500 m³ divididos entre una relación de desplazamiento del 2.5 = 3 000 tons. de desperdicio de obsidiana). Quiere decir que millones de navajas prismáticas eran producidas en el taller.

El porcentaje de obsidiana en el relleno fue empí-

ricamente determinado mediante la contabilidad de los perfiles de muchos de los pozos. Esta es una estimación moderada del tonelaje, pero es mucho más alta que aquella del taller de los Guachimontones de Teuchitlán, para el cual calculamos aproximadamente de 1 000 a 1 200 tons. de desperdicio de obsidiana.⁴

Como hemos dicho, el producto principal del taller de Las Cuevas eran finas navajas prismáticas, útiles en sí mismas o como puntas y/o raspadores. La mayor parte del material del taller es postclásico, por tanto las minas son también sin duda, en su mayor parte, postclásicas. Durante esta época, las navajas de Las Cuevas fueron comercializadas o intercambiadas ampliamente, tanto a escala regional como extrarregional a grandes distancias. En la red de intercambio de grandes distancias, las navajas producidas en Las Cuevas fueron la mercancía más importante. Por medio del análisis de activación de neutrones (*neutron activation analysis*, o sea NAA), la obsidiana de La Joya ha sido identificada como proveniente de Amapa, Nayarit, y visualmente por Michael Spence como procedente de las culturas Chalchichuites en Durango; del área de San Blas, Nayarit; del área de las Marismas Nacionales de la costa de Nayarit-Sinaloa, de Guasave, y de Higuera de Abuya, cerca de Culiacán. Esto implica una distribución impresionante en el oeste y noroeste de Mesoamérica, y sugiere que Las Cuevas prosperó debido a su papel clave en el abastecimiento de obsidiana y en la manufactura de navajas prismáticas para la exportación.⁵

Minas de cristales de cuarzo, cobre y plata

Existen otras minas prehispánicas en la sierra de Ameca. En los cerros al sur de Etzatlán hay una zona rica en minerales que ha sido explotada, al menos desde el periodo Formativo, por sus cristales de cuarzo, algunos de ellos de calidad óptica. Una trinchera antigua para

4. Phil C. Weigand y Michael Spence. "The obsidian mining complex at La Joya, Jalisco". P.C. Weigand y G. Gwynne, *op. cit.*, pp. 175-188 y Dolores Soto de Arechavaleta. *Análisis de la tecnología de producción del taller de Guachimontón, Teuchitlán, Jalisco*. México: Escuela Nacional de Antropología e Historia, 1982. [Tesis].

5. Weigand y Spence, *op. cit.* y Michael Spence, Phil C. Weigand y Dolores Soto de Arechavaleta. "Obsidian production and exchange networks in west Mexico". *XVI Mesa Redonda de la Sociedad Mexicana de Antropología*. Saltillo: 1980, pp. 357-361.

6. Cf. Thomas Calvo. *La Nueva Galicia en los siglos XVI y XVII*. Guadalajara: El Colegio de Jalisco, 1989.
7. Cf. David Pendergast. "Metal artifacts from Amapa, Nayarit, Mexico". *American Antiquity*, vol. 27, 1962, pp. 370-379. Clement Meighan (ed.). *The archaeology of Amapa, Nayarit. Monumenta Archaeologica*, núm. 2. Los Angeles: University of California Los Angeles, 1976 y Dorothy Hasler. "Ancient west mexican metallurgy:..." *American Anthropologist*, vol. 90, núm. 4, 1988, pp. 832-855.
8. Cf. Isabel Kelly. "Some gold and silver artifacts from Colima". M.W. Foster y Phil C. Weigand, *op. cit.*, pp. 153-179.
9. Fray Antonio Tello. *Crónica miscelánea de la Sancta Provincia de Jalisco*. Libro II, vol. 1. Guadalajara: Gobierno del Estado de Jalisco, 1968, pp. 137-138.

buscar cristales que tiene más de 60 m. de largo y produjo una gran cantidad de cuarzo.

La sierra también tiene abundante plata, plomo, piritas, malaquitas, crisacola, y cobre natural (este último en mínimas cantidades). Los españoles reconocieron las habilidades de los indígenas de Etzatlán para la minería, y los llevaron, conjuntamente con los tarascos, a las nuevas minas de plata en Zacatecas después de 1540.⁶ Las minas de cobre más tempranas en la sierra de Ameca no son más antiguas que las fechas aproximadas de 700-900 d.C., y la mayoría han sido reexcavadas en fechas posteriores, por lo que son difíciles de evaluar. Sin embargo, algunas bocaminas y grietas todavía existen en sus formas originales, y éstas nos han demostrado que los antiguos mineros se interesaban en la malaquita y la azurita, que podían usarse tanto como gemas o como materiales metalíferos para la extracción de cobre para artefactos. Frecuentemente se han encontrado artefactos prehispánicos de cobre en el occidente.⁷

Probablemente algunas de estas minas produjeron la plata sobre la que los españoles comentaron. Los artefactos indígenas de oro y plata son muy raros, aunque existen en las colecciones arqueológicas.⁸

Se encuentran evidencias del uso indígena del oro y plata en las primeras relaciones históricas de los españoles. Por ejemplo, en las tres citas que siguen, fray Antonio Tello menciona el oro y la plata pagada como tributo o pagos de los indígenas a Cortés de San Buenaventura, primero y luego a Nuño de Guzmán.

1) Hase de advertir que cuando el capitán Francisco Cortés de San Buenaventura, en la jornada que hizo, fue a dar a Xalisco, le salió a recibir el cacique y rey de aquella tierra, llamado Moz, y el y los suyos le hicieron muchos presentes y regalos, en particular el cacique le presentó una jicara llena de oro en pella, y otra de plata, y luego pasó a Tepic, donde le recibieron bien la cacica y indios e hicieron con él lo que queda dicho en esta, historia, en su lugar, y le presentaron otras dos jicaras de oro y plata.⁹

2) Desde este pueblo de Chiametla, envió Nuño de Guzmán a Xalisco a Christobal de Oñate [que después fue encomendero, de Xalisco] para que dijese a los indios le enviasen más oro y plata, y

habiéndoles enviado dos jícaras llenas, una de oro y otra de plata, soltó al cacique rey de Xalisco, don Christobal, y a los demás principales que había llevado presos.¹⁰

3)...en su lugar entró gobernando Cocolixicotl [en Centicpac], que no vivió mas de cuatro o cinco meses, y le sucedió Xuili, al cual envió a pedir Guzmán cuatrocientos cañutos de oro en grano y cuatrocientos pedazos de plata, todo lo qual envió Xuili al punto, y los pedazos de plata eran tejuelos sacados por fuego... Murió el cacique Xuili, y entró a gobernar Coatl, al cual envió a pedir Guzmán otros 100 cañutos de oro y ciento de plata, y le envió a decir que le habían de dar cada año quinientos cañutos de oro y otros tantos pedazos de plata...¹¹

Sin lugar a dudas, eso indica que estos metales estaban circulando en el occidente, como en el resto de la civilización mesoamericana.

Conclusión

Los pueblos prehispánicos de Jalisco tenían un activo interés en la geología y mineralogía de su región, y utilizaban a veces en grandes cantidades la riqueza mineral que percibían como algo útil y valioso: obsidiana, cobre, estaño, oro, plata, cuarzo, azurita, malaquita, crisacola, ópalo, piritas, pedernal, entre otros. Ellos dejaron considerables huellas de su búsqueda de minerales sobre el paisaje, heridas sobre la tierra que todavía no han cicatrizado.

10. *Ibid.*, p. 174.

11. *Ibid.*, pp. 201-202.

ILUSTRACIÓN I

YACIMIENTOS DE OBSIDIANA, CALIDAD Y MINERÍA

Lugar	calidad	presencia de minas
Ahuiscalco	+	?
Hda. Sta. Ma. Navajas	+	?
Río Salado	-	no
Primavera/Las Flores	+	si
Pedernal/Las Flores	+	?
La Mora/Teuchitlán	+	si
La Joya	++	si
Cuisillos	o	?
Cinco Minas	o	?
Llano Grande	++	si
Sta. Teresa	+	si
Tequila	+	?
La Providencia	-	no
Sn. Marcos	-	no
Hda. Guadalupe	o	no
Osotero/Sn. Sebastián	+	si
Sm Juan de los Arcos	++	si
Huitzilapa	+	si

Clave: ++=excelente +=buena, o=regular, -=mala calidad

ILUSTRACIÓN 2
MINAS DE OBSIDIANA EN LA JOYA, JALISCO

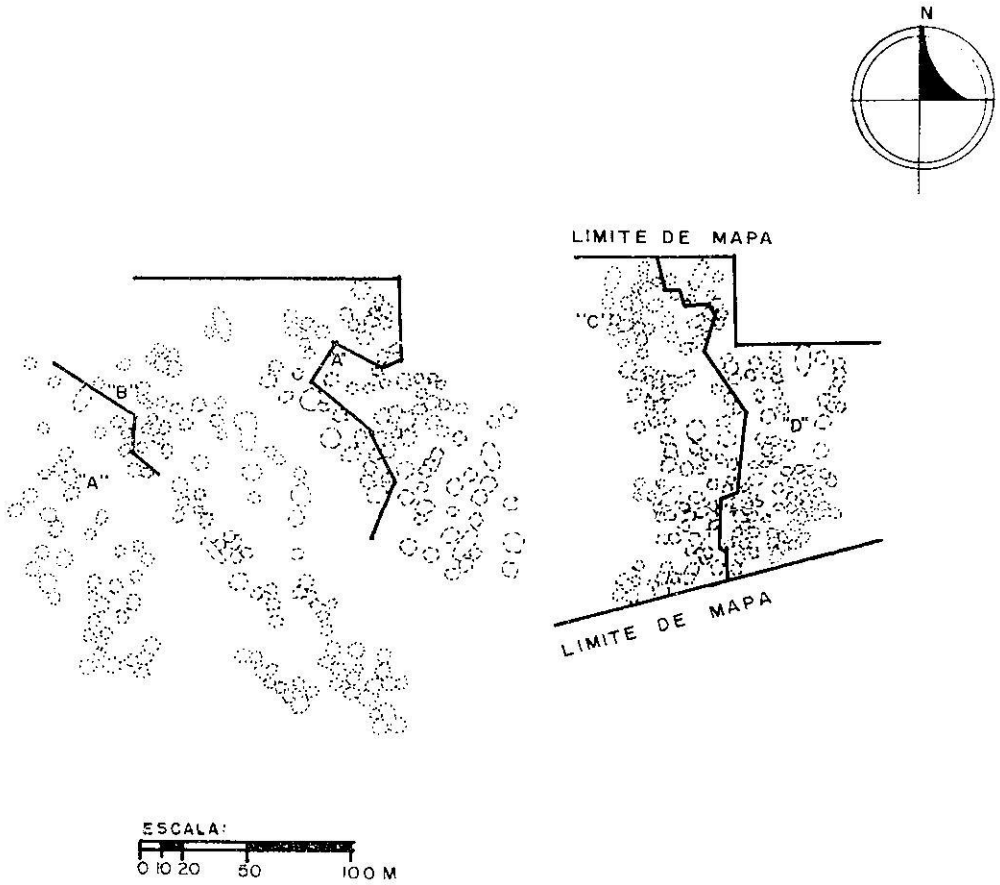
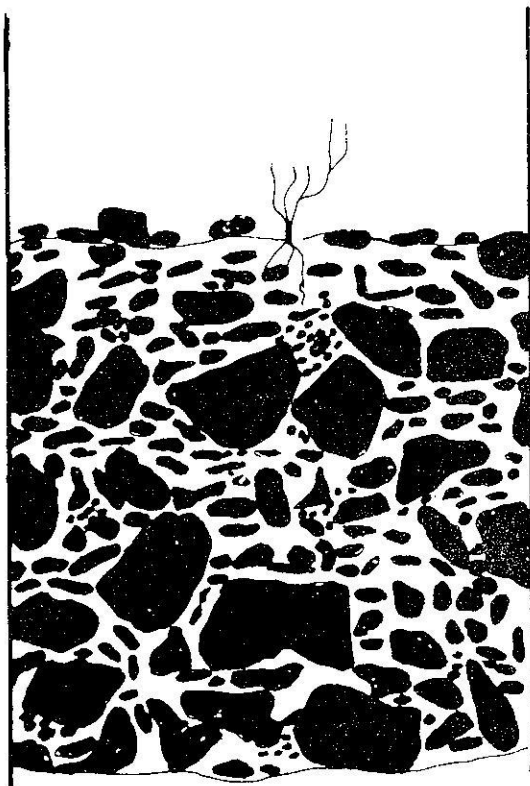


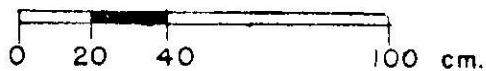
ILUSTRACIÓN 3
MINAS DE OBSIDIANA EN LA JOYA, JALISCO

Perfil:

- Toda la piedra es obsidiana
- Arcilla laterítica café rojizo semiconsolidada



escala



ron.

ILUSTRACIÓN 4
 PROMEDIOS DE ELEMENTOS QUÍMICOS PARA EL YACIMIENTO DE LA JOYA
 NÚMERO DE ESPECÍMENES

Elemento	Unidades	Promedio de concentración		
B	(ppm)	31.0	+	1.2
Ba	(ppm)	20.		
Ce	(ppm)	137	+	2
Cl	(pct)	0.121	+	0.010
Co	(ppb)	31.5	+	7.6
Cs	(ppm)	3.79	+	0.05
Dy	(ppm)	11.7	+	0.7
Eu	(ppm)	0.148	+	0.004
Fe	(pct)	1.90	+	0.02
Gd	(ppm)	11.6	+	0.5
Hf	(ppm)	18.6	+	0.2
K	(pct)	3.26	+	0.02
La	(ppm)	67.2	+	0.8
Lu	(ppm)	1.07	+	0.02
Mn	(ppm)	565	+	22
Na	(pct)	3.37	+	0.16
Nd	(ppm)	61.0	+	2.8
Rb	(ppm)	157	+	2
Sb	(ppm)	1.03	+	00.3
Sc	(ppm)	0.732	+	0.009
Sm	(ppm)	13.4	+	0.6
Ta	(ppm)	3.74	+	0.05
Tb	(ppm)	1.87	+	0.05
Th	(ppm)	15.6	+	0.2
U	(ppm)	5.83	+	0.42
Yb	(ppm)	7.10	+	0.12
Zn	(ppm)	128	+	3
Zr	(ppm)	748	+	12

Clave: ppm = partes por millón, pct = porcentaje,
 ppb = partes por mil millones

ILUSTRACIÓN 5
 PROMEDIOS DE ELEMENTOS QUÍMICOS POR LAS
 MINAS DE LA MORA-TEUCHITLÁN

Elemento	Unidades	promedio de concentración		
Ba	(ppm)	29.9	+	6.7
Ce	(ppm)	106.	+	2.
Cl	(ppm)	815.	+	54.
Co	(ppb)	26.0	+	8.3
Cs	(ppm)	4.29	+	0.06
Dy	(ppm)	12.0	+	0.5
Eu	(ppm)	0.117	+	0.005
Fe	(pct)	1.34	+	0.02
Hf	(ppm)	17.3	+	0.2
K	(pct)	3.51	+	0.18
La	(ppm)	47.9	+	0.6
Lu	(ppm)	0.985	+	0.017
Mn	(ppm)	297.	+	3.
Na	(pct)	3.56	+	0.06
Nd	(ppm)	47.6	+	.5
Rb	(ppm)	170.	+	3.
Sb	(ppm)	0.872	+	0.020
Sc	(ppb)	90.0	+	0.1
Sm	(ppm)	11.6	+	0.2
Ta	(ppm)	3.65	+	0.05
Tb	(ppm)	2.01	+	0.03
Th	(ppm)	14.8	+	0.2
U	(ppm)	8.77	+	0.54
Yb	(ppm)	6.94	+	0.12
Zn	(ppm)	133.	+	2.
Zr	(ppm)	548.	+	11.

Clave: ppm = partes por millón, ppb = partes por mil millones pct = porcentaje.

ILUSTRACIÓN 6
 PROMEDIOS QUÍMICOS DE CUATRO YACIMIENTOS DE OBSIDIANA

