

## CRECIMIENTO URBANO DE LA CIUDAD DE ZACATECAS Y SUS ASENTAMIENTOS HUMANOS EN ZONAS MINERALIZADAS POLIMETÁLICAS

Salvador Enciso-De la Vega\*

### RESUMEN

El crecimiento urbano de la ciudad de Zacatecas ha tenido un desarrollo acelerado en los últimos 15 años. Algunos asentamientos irregulares actualmente cubren zonas minadas y áreas mineralizadas no desarrolladas o no exploradas suficientemente. Estas zonas son, principalmente, la loma de Las Bolsas en el sudeste de la ciudad, y la zona de El Orito en la parte sudoccidental. La loma de Las Bolsas ahora está cubierta por asentamientos urbanos irregulares, mismos que se han incrementado sobre el conglomerado rojo polimictico de Zacatecas del Terciario. En estas zonas, existe mineralización de plomo, zinc, cobre y oro; se conoce unos diez tiros, así como pequeñas obras mineras y terreros. Los tiros de San Ignacio, El Gato y La Esperanza están ubicados ahora dentro de la ciudad, así como las antiguas obras mineras de Quebradilla, Buena Vista, El Piquete y El Edén. La zona de El Orito comprende un área de unos 3 km<sup>2</sup>, que actualmente es ocupada por colonias como La Pimienta, Lomas del Lago, Jesús González Ortega y otras. En esta zona, estuvo expuesto un importante enjambre de vetas silíceas, angostas, con mineralización de oro, que tienen un sistema de orientación casi N-S. En el pasado, este enjambre no fue evaluado geológicamente en su potencial económico.

Palabras clave: Geología ambiental, asentamientos humanos, contaminación minera, ciudad de Zacatecas, México.

### ABSTRACT

The city of Zacatecas has grown rapidly in the last 15 years. Some irregular human settlements cover at present old-mined areas or not developed or even explored mining areas. The main areas considered in this paper are the loam of Las Bolsas, southeast of the city of Zacatecas, and the El Orito zone, in the southwest. The loam of Las Bolsas now is covered by irregular urban neighbourhoods, overlying the Tertiary polymictic red conglomerate of Zacatecas. Within this zone, there are at least five polymetallic veins with silver, lead, zinc, copper and gold mineralization. There also exist about ten shafts and some old mine workings as well as small adits and dumps. The old shafts of San Ignacio, El Gato and La Esperanza are now located within the city, as well as the old mines of Quebradilla, Buena Vista, El Piquete and El Edén. The El Orito zone covers over 3 km<sup>2</sup>, and it is occupied by the suburbs known as La Pimienta, Lomas del Lago and Jesús González Ortega, among others. Outcropping in this zone, there was an important swarm of narrow siliceous veins, with a low-grade gold mineralization. This structural vein system runs almost north-south and was never economically evaluated.

Key words: Environmental geology, human settlements, mining pollution, Zacatecas, Mexico.

### INTRODUCCIÓN

La ciudad de Zacatecas es la capital del estado y la cabecera del Municipio de Zacatecas. Geográficamente le corresponden las coordenadas 22°46'35" N y 102°26'21" W (Figura 1). Limita al norte con los municipios de Calera, Morelos y Vetagrande; al sur con el de Genaro Codina; al oriente con los de Guadalupe y Ojo Caliente, y al noroeste con los de Jerez de García Salinas y Villanueva.

Con base en vestigios arqueológicos encontrados en el arroyo de La Plata, se supone que esta zona fue habitada por zacatecos, quienes ya conocían la existencia de vetas mineralizadas, aun cuando no intentaron la extracción. En realidad, la fundación y el desarrollo de la ciudad de Zacatecas se debieron principalmente a la actividad minera que se inició en la época de la Colonia (1546-1548).

Antes de la expedición de las Ordenanzas de Pobladores, emitidas en 1573, las cuales contenían preceptos para que las calles estuvieran dispuestas en dameros, estos conceptos urbanísticos ya eran aplicados en todos los nuevos centros urbanos,

a menos de que se tratara de campos mineros. Tal y como lo reconoció Borah (1974, p. 76-77), ciudades como Taxco, Guanajuato y Zacatecas reflejan en su trazado su origen de campamentos mineros. Los asentamientos mineros—Reales de Minas—crecieron en calles de contornos escabrosos e irregulares, que no permitieron el trazado en damero. En el caso de Zacatecas, la topografía abrupta e irregular carece de valles amplios, como se aprecia en un dibujo anónimo hecho en los primeros años después de la fundación de la ciudad, encontrado entre las notas del R.P. Fray Juan Agustín de Morfi (Figura 2), con excepción de los lomeríos de Bernárdez que, a últimas fechas, han sido urbanizados. Esta característica topográfica propició que el crecimiento de la ciudad fuese irregular, no obstante que los preceptos de las Ordenanzas de Pobladores de 1573 se incorporaran a las Leyes de Indias en 1680. La actividad minera y la geomorfología local fueron los factores que decidieron la forma de crecimiento urbano en la ciudad de Zacatecas. Todavía en 1794, Zacatecas, como centro minero, no tenía industria alguna (Borah, 1974, p. 114).

En 1795, el desarrollo de Zacatecas ya era importante y su población cercana a 25,000 habitantes, según el testimonio de un dibujo de esa época (Figura 3). Tan solo en la mina Quebradilla, que en ese tiempo se ubicaba a la entrada de la

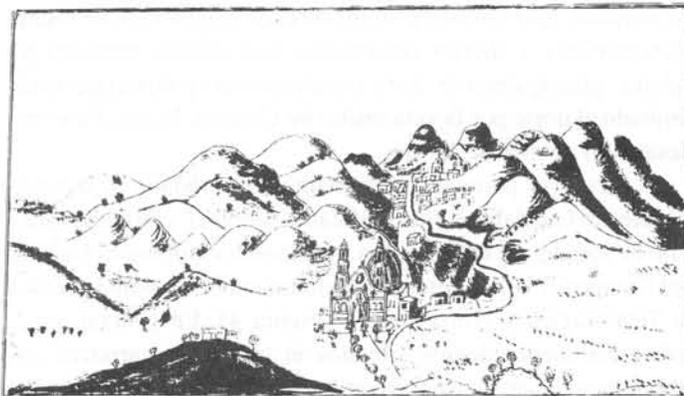
\*Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, Delegación Coyoacán, 04510 D.F.



Figura 1.- Mapa de la República Mexicana que muestra la localización del Estado de Zacatecas.

ciudad (ahora zona céntrica) laboraban 2,500 personas, de las cuales 1,415 lo hacían en labores subterráneas. En 1804, la ciudad contaba con 21,400 habitantes, mientras que cien años después con 33,000 (Brading, 1971, p. 204).

Los historiadores consideran que las primeras edificaciones fueron la casa de Diego de Ybarra y la Hacienda de Beneficio de Metales. En 1581, se intentó abastecer de agua potable la plaza de armas de la población, y en 1585 Felipe II le confirió a la ciudad el título de Real de Minas. La principal actividad económica de esta ciudad consistió en los minerales polimetálicos plata, plomo, zinc, cobre y oro. Esta actividad sufrió recesiones, las cuales afectaron directamente la migración. En 1894, la ciudad capital tenía unos 41,000 habitantes, y el ahora casi conurbado Municipio de Guadalupe, 16,000. Algunos autores indican que a fines del siglo pasado la ciudad de Zacatecas llegó a tener casi 80,000 habitantes. Según los censos, entre 1960 y 1967 la población fue de 30,000. Para 1970 se reportó 50,000 habitantes. En realidad, hasta 1977 la ciudad registra saldos migratorios negativos; la población actual es superior a 120,000 habitantes.



VISTA DE ZACATECAS.

Figura 2.- Dibujo que corresponde a los primeros años después de la fundación de la ciudad de Zacatecas. Tomado de Pichardo (sin año).

## GEOMORFOLOGÍA E HIDROGEOLOGÍA

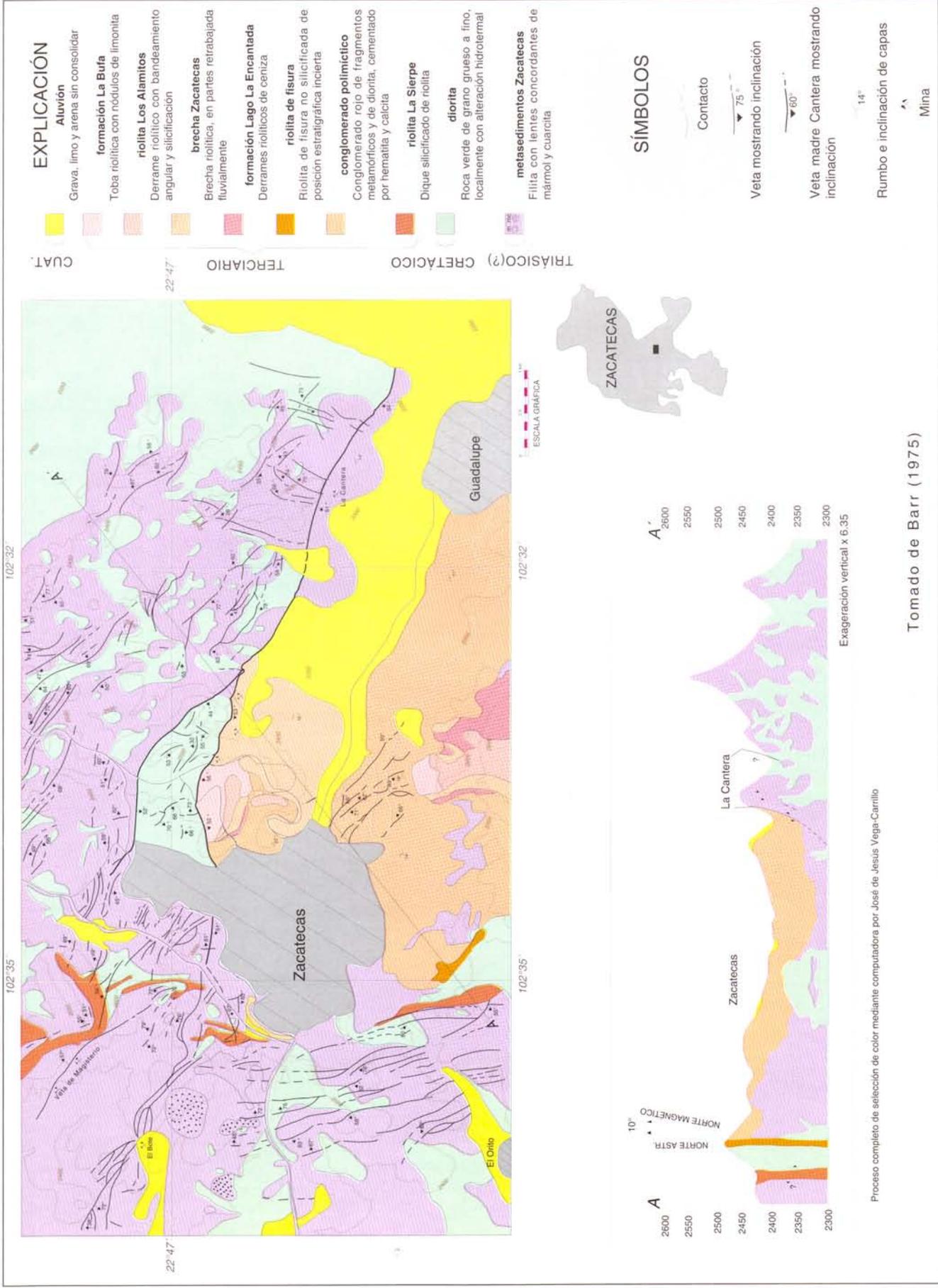
La ciudad de Zacatecas está asentada, en su mayor parte, en las áreas bajas de la cañada de Zacatecas, por la cual escurría el arroyo de La Plata o Zacatecas, que nace en los alrededores de los lomeríos de Bracho. El antiguo cauce de este arroyo está actualmente entubado como parte principal de la red de drenaje que fluye hacia el oriente, rumbo al poblado de Guadalupe y, finalmente, descarga sus aguas en la laguna Zacatecana o Pedernalillo. Las principales prominencias topográficas que rodean la ciudad son: al noroeste, el cerro de El Grillo, de 2,646 m de altitud s.n.m.m.; al noreste, el cerro de El Padre, de 2,559 m; y al poniente, el cerro de Valenciana, de 2,550 m.

El área urbana más antigua de la ciudad de Zacatecas está edificada en la base de los cerros de El Grillo y de La Bufa y de la loma de Las Bolsas. En los últimos años, el crecimiento urbano de la ciudad se ha extendido principalmente hacia el oriente, rumbo a Guadalupe y, en menor proporción, hacia el sudoeste, en la zona de El Orito y el fraccionamiento de las Lomas del Lago. Con la construcción de la carretera de libramiento Guadalupe-Zacatecas, también se ha desarrollado nuevas áreas urbanas al sur en las laderas y cerros de La Araña. Las aguas pluviales son drenadas hacia el oriente y, junto con las aguas negras, se depositan en la laguna de Pedernalillo, que pertenece al sistema hidrológico interior Casa Blanca. Las aguas de la vertiente noroccidental drenan hacia Calera y pertenecen a la cuenca cerrada de la laguna Santa Ana. Urbanísticamente, las edificaciones de la ciudad están condicionadas por los niveles topográficos irregulares de la hondonada o cañada, por lo que las calles y los edificios fueron construidos en desnivel. La elevación media de la ciudad es de 2,440 m s.n.m.m. y la altitud del cerro de La Bufa es de 2,557 m. La altitud en los alrededores de Guadalupe es de aproximadamente 2,390 m.

El área urbana de la ciudad y sus alrededores se encuentran en proceso activo de erosión, según lo atestiguan las pendientes y acantilados de los cerros adyacentes, formados por rocas sin suelo. En las partes bajas de los arroyos pequeños y vallecitos, están presentes depósitos pequeños de material clástico reciente.

## ANTECEDENTES Y GEOLOGÍA URBANA

El área de estudio pertenece a la sierra de Zacatecas y forma parte de la provincia morfotectónica de la Mesa Central. Los estudios geológicos realizados en la región han sido relacionados principalmente con la geología minera. Tal vez las primeras descripciones hayan sido las de De la Rea en 1799 (in Álvarez, 1978), Burkart (1836), Duport (1843), Velasco (1894) y Amador (1900). Aparentemente, los primeros intentos por establecer formalmente la estratigrafía fueron realizados por Burckhardt (1905) y Burckhardt y Scalia (1906). Flores (1906) y Bastin (1941) describieron los yacimientos minerales y sus relaciones paragenéticas. Otros investigado-



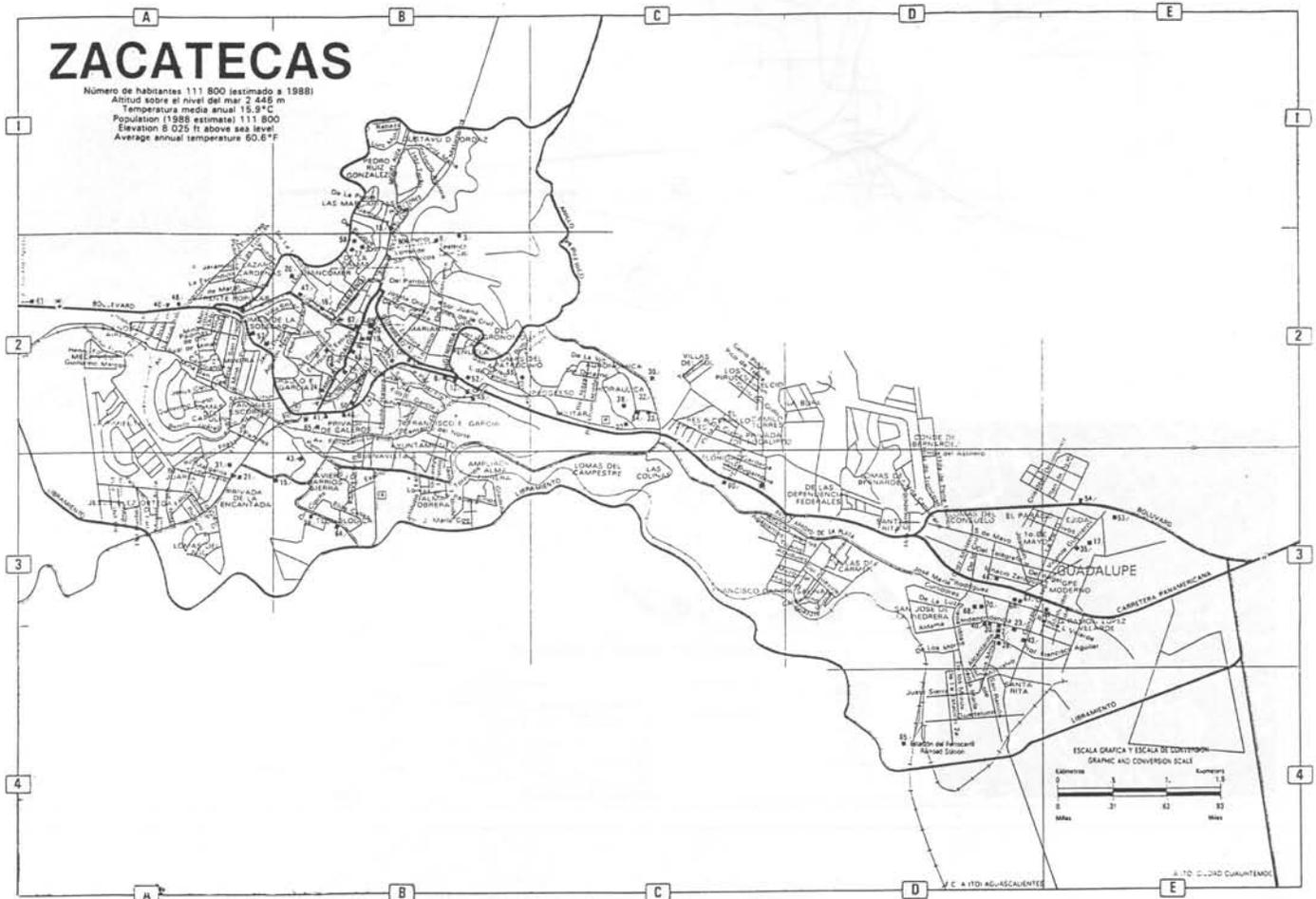


Figura 4.- Mapa publicado por Petróleos Mexicanos (1988) donde no se observa asentamientos urbanos al sur del libramiento.

## ZONAS URBANAS MINERALIZADAS

En el área descrita en este artículo, se reconoció tres zonas principales mineralizadas, asociadas a asentamientos urbanos: la zona de El Orito, la loma de Las Bolsas y el área de San Juan Bautista.

### ZONA DE EL ORITO

Esta zona está ubicada en la parte sudoccidental de la periferia de la ciudad; abarca unos 5 km<sup>2</sup> conformados por metasedimentos del Triásico y cuerpos dioríticos. Estas rocas alojan mineralización de oro en vetas de cuarzo. Mapes-Vázquez (1949) cartografió algunos diques dioríticos, los cuales presentan una orientación preferente N-S y son casi verticales o tienen una inclinación predominantemente hacia el poniente (Figura 4). En esta área, se conoce algunos tiros y obras mineras abandonadas como San Antonio, Santa Rosa, San Pedro, San Cristóbal, El Piquete y Dolores, y todavía existen vestigios de lo que fuera el patio de la hacienda del mineral de

El Orito. Algunos de los residentes más antiguos de estos barrios conocen la ubicación y nombre de algunas obras mineras abandonadas. Del análisis de los mapas geológicos de El Orito (Mapes-Vázquez, 1949; Figura 4), se infiere que esta zona mineralizada forme parte de la región metalogénica del distrito minero de Zacatecas, la cual no ha sido completamente evaluada y explorada, utilizando métodos geoquímicos y geofísicos que hubieran podido descubrir grandes cuerpos minerales de importancia económica. Se sabe de minas que fueron productoras de oro, como La Sirena, El Compás, El Cristal de Oro y otras, ahora cubiertas por el crecimiento urbano.

### LOMA DE LAS BOLSAS

También conocida como cerro de Las Arañas, esta zona está constituida principalmente por el conglomerado rojo de Zacatecas. Antes de 1970, esta loma estaba habitada en menos del 5% de la superficie mineralizada, que abarca unos 2 km<sup>2</sup>, donde se conoce siete estructuras vetiformes hasta de 1.5 km de longitud. Este sistema de vetas tiene una orientación general

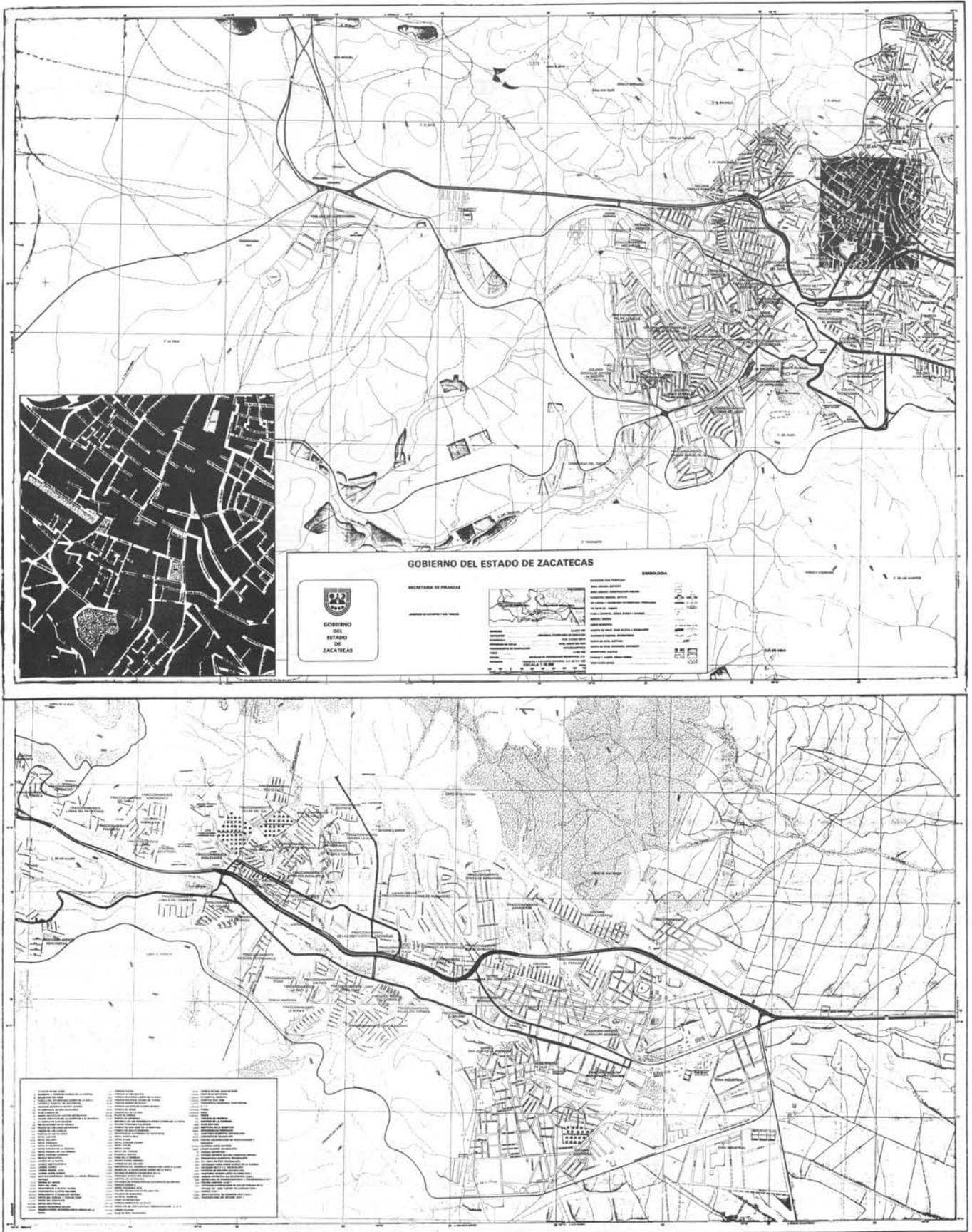


Figura 5.- Mapa urbano reciente de la ciudad de Zacatecas y áreas conurbadas de Guadalupe. Tomado del Gobierno del Estado de Zacatecas (1990).

N40°W. Es muy probable que este sistema de vetas emplazadas en el conglomerado de la loma de Las Bolsas sea la continuación de las estructuras mineralizadas de la zona de El Bote; es posible, también, que similarmente a la veta madre Cantera, el sistema estructural El Bote-loma de Las Bolsas atraviese la ciudad de Zacatecas (Figura 4). La mineralización comercial de estas estructuras contiene minerales primarios como pirita, esfalerita, tetrahedrita, galena, argentita, calcopirita, polibasita, pirargirita, oro nativo, cuarzo y calcita. En la loma de Las Bolsas se ha trabajado intermitentemente en la extracción subterránea de minerales. En esta zona, cerca de lo que fuera la periferia de la ciudad, están ubicados los tiros Esperanza, El Gato, Aurora y San Ignacio, así como algunos terrenos pequeños abandonados. Por otra parte, dentro de la ciudad, hay antiguos trabajos mineros subterráneos como la mina del Edén. En el resto de la loma de Las Bolsas se localiza cuando menos quince tiros y bocaminas, así como pequeños y medianos terreros abandonados. En conjunto, la zona no ha sido evaluada económicamente; hasta el presente, se desconoce su potencialidad a profundidad, sus estructuras mineralizadas son paralelas a la veta madre de Cantera, pero están separadas de ésta unos 2.5 km (Figura 4). La zona de la loma de Las Bolsas está ocupada actualmente por colonias y barrios como Francisco E. García, Ayuntamiento, Buenavista, Alma Obrera y Lomas del Campestre, entre otras (Figura 3).

#### ZONA DE SAN JUAN BAUTISTA

Esta área se localiza en la periferia noroccidental de la ciudad, y abarca una zona mineralizada de poco más de 2 km<sup>2</sup>; ocupa parte de la falda oriental del cerro de El Grillo, y topográficamente representa la zona suburbana más elevada de la ciudad (2,600 m s.n.m.m.). La mayor parte de las estructuras mineralizadas de esta zona corresponde al sistema de vetas y desprendimientos de la veta madre Cantera y de San Juan Bautista (Figura 4). Las rocas expuestas que hospedan a la mineralización comprenden principalmente a los metasedimentos Zacatecas y a algunos cuerpos de diorita. Las estructuras mineralizadas consisten en vetas cuarcíferas con mineralización de sulfuros y sulfoantimoniuros de plata y oro nativo. Los asentamientos urbanos en la zona de San Juan Bautista son, entre otros, las colonias Gustavo Díaz Ordaz, Pedro Ruiz González, Las Margaritas y La Palma (Figura 3).

#### MINERÍA Y DESARROLLO URBANO

Aparentemente, en las tres zonas aquí consideradas no hubo actividad minera en gran escala. Los trabajos mineros fueron mayoritariamente subterráneos, aunque existen tajos y catas abandonados. Las minas mejor desarrolladas fueron explotadas por el sistema de tumbe sobre carga. En el resto de ellas, la explotación fue irregular sin técnica de minado, concretándose al tumbe de mineral de alta ley. No se realizó trabajos de desarrollo o exploratorios, por lo que se desconoce

hasta la fecha la potencialidad minera de estas zonas. Algunas de estas obras mineras están aterradas o inundadas, y otras son de difícil acceso al interior. Por otra parte, el relieve topográfico, de elevaciones abruptas y fuertes pendientes, ha condicionado el crecimiento urbano, el cual se ha extendido preferentemente en las partes bajas y lomeríos que rodean la parte céntrica de la ciudad. El desarrollo de fraccionamientos nuevos y asentamientos urbanos ha crecido preferentemente en los lomeríos que conforman la zona Guadalupe-Zacatecas, la cual es ya un área conurbada; los lugares ubicados en las afueras de la ciudad antes de 1972 han quedado ahora prácticamente dentro de ella. Históricamente, se sabe que la actividad minera en Zacatecas data desde 1548, cuando se inició la explotación de la mina Albarrada. Esta actividad fue continua, y se suspendió temporalmente por eventos políticos y económicos, como la Independencia y la Revolución. Aparentemente, de 1910 a 1917 no hubo actividad minera. Existen, también, otros problemas, como la baja en la cotización de los metales preciosos, la falta de energía y problemas laborales que han contribuido a la suspensión de esta actividad extractiva.

Históricamente, Velasco (1894) reconoció que en el distrito minero de Zacatecas y sus anexos (Veta Grande, Pánuco y Saucedá) fueron abiertas más de 5,000 bocaminas y catas, desde los primeros descubrimientos mineros en la época de la Colonia.

A mediados del siglo XVI, hubo en la ciudad de Zacatecas y Guadalupe cerca de 60 haciendas de beneficio, al igual que en 1832, cuando además de las 60 haciendas de beneficio, existían 686 tahonas o arrastres, 55 lavaderos y 140 hornos para magistral, 47 para fundir y 20 para afinar. No obstante, en 1894 solamente existían unas 25 haciendas de beneficio.

#### CONCLUSIONES

En el presente estudio, no fueron temas de investigación la legislación del uso de suelo en esta zona, ni la potencialidad y contaminación de los acuíferos. En relación con la laguna de Pedernalillo, el autor no conoce la existencia de estudios batimétricos, económicos o ecológicos que pudieran haber sido consultados. Se concluye que el crecimiento urbano de la ciudad de Zacatecas y de Guadalupe ha cubierto total o parcialmente zonas mineralizadas de oro y minerales polimetálicos, como en el área de El Orito al sudoeste de Zacatecas y la loma de Las Bolsas, en la zona urbana sudoriental. Asimismo, la mayor parte de la zona de San Juan Bautista está siendo cubierta por nuevos asentamientos humanos. La continuidad de las estructuras mineralizadas del sistema de la veta madre Cantera atraviesa la ciudad en dirección E-W (mina del Edén).

Históricamente, se sabe de la práctica de los sistemas metalúrgicos de beneficio por amalgamación y cianuración, los cuales utilizaron mercurio y cianuro, respectivamente, por lo que es necesario que los estudios de los acuíferos de la ciudad de Zacatecas contemplen análisis químicos orientados a la detección de contenidos de mercurio y cianuro, así como

de metales pesados, procedentes de la infiltración de los antiguos sistemas de beneficio—amalgamación y flotación.

Al oriente de la ciudad de Zacatecas, en las inmediaciones de Guadalupe, es conveniente la evaluación geoecológica y económica de la laguna de Pedernalillo, vaso de aguas negras y grises procedentes de Zacatecas y Guadalupe, de los bajos de Santa Mónica y El Zoquite, donde también se conoce la existencia de depósitos de antiguos jales.

Una investigación histórica documentaría más precisamente la información referente a producción y localización de antiguas obras mineras abandonadas por incoasteabilidad, derrumbes o inundaciones.

## RECONOCIMIENTOS

Se desea agradecer a la M. en C. María A. Castellanos R., del Departamento de Química Analítica, de la División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Química, y al Dr. Rubén López-Recéndez, del Instituto de Geografía de la UNAM, sus útiles comentarios en la revisión crítica del manuscrito. Los Drs. Louis Fernández y Richard K. Barr, de la Universidad de Nueva Orleans proporcionaron información geológica muy valiosa. Magdalena Alcayde y Arturo Gómez-Caballero efectuaron la corrección de estilo y Jesús Vega-Carrillo realizó el proceso electrónico completo de preparación del mapa geológico.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Amador-Gutiérrez, Manuel, 1900, Notas sobre la geología de Zacatecas: México, D.F., *El Minero Mexicano*, t. 36, núm. 21, p. 241-243.
- 1908, Las capas cárnicas de Zacatecas: *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, v. 4, p. 29-35.
- Barr, R.K., 1976, Economic geology of the Zacatecas mining district, Zacatecas, Mexico: Nueva Orleans, University of New Orleans, tesis de maestría, 100 p. (inédita).
- Bastin, E.S., 1941, Paragenetic relations in the silver ores of Zacatecas, Mexico: *Economic Geology*, v. 36, p. 371-400.
- Borah, Woodrow, 1974, La influencia cultural europea en la creación de los centros urbanos hispano-americanos, in *Ensayos sobre el desarrollo urbano de México*: México, D.F., Secretaría de Educación Pública, Dirección General de Divulgación, Serie SEP-SETENTAS, núm. 143, p. 66-114.
- Burckhardt, Carlos, 1905, La faune marine du Trias Supérieur de Zacatecas: *Boletín del Instituto Geológico de México*, v. 21, p. 1-41.
- Burckhardt, Carlos, y Scalia, Salvador, 1906, Géologie des environs de Zacatecas: Congreso Geológico Internacional, 10, México, Guía de excursiones, v. 16, 25 p.
- Burkart, Joseph, 1836, *Aufenthalt und Reisen in Mexico in den Jahren 1825 bis 1834*: Stuttgart Schweizerbart, t. 1, 392 p.; t. 2, 286 p.
- Brading, D.A., 1971, *Miners and merchants in Bourbon Mexico 1763-1810*: Londres, Cambridge University Press, Cambridge Latin American Studies, núm. 10, 382 p.
- Duport, Clair, 1843, *De la production des métaux précieux au Mexique*: París, Chez Firmin Didot Frères, Librairies, 426 p.
- Flores, Teodoro, 1906, Étude minier du district de Zacatecas: Congreso Geológico Internacional, 10, México, Guía de excursiones, v. 17, 25 p.
- González-Reyna, Jenaro, 1946, La industria minera en el Estado de Zacatecas: Comité Directivo para la Investigación de los Recursos Minerales de México, *Boletín* 4, 127 p.
- Maldonado-Koerdell, Manuel, 1949, Nuevos datos geológicos y paleontológicos sobre el Triásico de Zacatecas: México, D.F., Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, *Anales*, v. 3-4, 391 p.
- Mapes-Vázquez, Eduardo, 1949, Los criaderos minerales de "El Bote", Zacatecas, Zac.: Instituto Nacional para la Investigación de Recursos Minerales, *Boletín* 24, 39 p.
- McGeehee, R.V., 1976, Las rocas metamórficas del arroyo de La Pimienta, Zacatecas, Zac.: México, D.F., *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, t. 37, p. 1-10.
- Pérez-Martínez, J.J., 1961, Bosquejo geológico del distrito minero de Zacatecas: México, D.F., Consejo de Recursos Naturales no Renovables, *Boletín* 52, 37 p.
- Petróleos Mexicanos, 1988, Atlas de carreteras y ciudades turísticas: Subdirección Técnica Administrativa.
- Pichardo, J.A., 1777, Documentos justificativos de la obra escrita por el padre José Antonio Pichardo sobre los límites entre las provincias de Texas y Luisiana: México, D.F., Archivo General de la Nación, v. 552, tomo 12.
- Portugal, Bernardo, 1799, Libro intendentes: México, D.F., Archivo General de la Nación, Catálogo de ilustraciones 3795 (mapoteca), v. 65, folio 3.
- Ranson, W.A., 1975, Geology and petrology of portions of the Zacatecas and Guadalupe quadrangles, Zacatecas, Mexico: Nueva Orleans, Universidad de Nueva Orleans, tesis de maestría (inédita).
- Ranson, W.A.; Fernández, L.A.; Simons, W.B.; y Enciso-De la Vega, Salvador, 1982, Petrology of the metamorphic rocks of Zacatecas, Zac., Mexico: *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, v. 43, p. 37-59.
- Stone, J.G., 1956, Geology and the ore deposits of the Cantera mine, Zacatecas, Mexico: *Economic Geology*, v. 51, p. 80-95.
- Velasco, A.L., 1894, Geografía y estadística de la República Mexicana, Estado de Zacatecas: México, Secretaría de Fomento, t. 15, 324 p.

Manuscrito presentado: 10 de abril de 1992.

Manuscrito corregido devuelto por el autor: 18 de junio de 1993.

Manuscrito aceptado: 30 de septiembre de 1993.