

GEOLOGIA, PARAGENESIS Y RESERVAS DE  
LOS YACIMIENTOS DE PLOMO  
Y ZINC DE MEXICO



By  
J. GONZÁLEZ REYNA

Reprinted from International Geological Congress "Report of the Eighteenth Session,  
Great Britain, 1948," Part VII

CXXXI





Mexico

# GEOLOGIA, PARAGENESIS Y RESERVAS DE LOS YACIMIENTOS DE PLOMO Y ZINC DE MEXICO

By J. GONZÁLEZ REYNA\*

## ABSTRACT

Geographically, lead-zinc deposits are distributed through nearly all the states which constitute the Mexican Republic. The deposits differ morphologically, however, according to the petrographic province in which they occur. In the northern part of the country the deposits are associated with sedimentary rocks: Cretaceous limestones. Though occurring in these, they are genetically related to intrusives: diorites, diabases, alaskites, quartz-monzonites and porphyritic rhyolites from which originate the most productive deposits having the form of chimneys or mantos, filling pre-existing large cavities in the limestones. In certain cases the mineralization is preferentially localized where the limestones are dolomitized. These types of deposits have produced and are producing large tonnages of ore in which the metal-content varies between 1.2 per cent and 70.5 per cent Pb, 2.34 per cent and 45 per cent Zn.

In the Sierra Madre Occidental, which runs parallel to the Pacific Ocean in the southern part of the country, the deposits of lead and zinc are associated with igneous rocks: andesites and in some cases rhyolites. Morphologically these deposits include vein and veinlets, and pockety impregnations. Their potentialities are inferior to those of the deposits in the northern part of Mexico, because the volume of ore in them does not bear comparison with the latter. The tenor of the ore exploited varies from 0.9 per cent to 61 per cent Pb, 2 per cent to 40 per cent Zn.

Much of the past production of lead and zinc has come from the oxidation zones of the deposits, where the abundance of carbonates has been notable. At the present time the sulphide zone, which is worked in the great majority of deposits, yields great volumes of galena and blende. Almost invariably the lead and zinc deposits of Mexico also yield silver, which metal is associated with them in various forms.

The reserves of lead and zinc of which Mexico can dispose in the future are not known. However, from experience and from geological evidence of known deposits and lead-zinc bearing zones, and also from the statistics of production, it is reasonable to conclude that future reserves are considerable.

Modern production of lead and zinc in Mexico, from 1922 to January, 1948 has amounted to 5,093,055,216 Kilos (5,012,849 long tons) of lead and 3,402,384,414 Kilos (3,348,803 long tons) of zinc, in spite of the disturbances of the international and internal politico-social situation, which in various ways have affected the mining and metallurgical industries of Mexico.

## LA MINERIA DEL PLOMO Y ZINC EN MEXICO

*Antecedentes Históricos.*—De acuerdo con los antecedentes históricos de las explotaciones mineras en el continente americano, fué en lo que hoy forma la porción central de la República Mexicana donde por primera vez los europeos vieron minerales plumbíferos, que seguramente les fueron mostrados por los aborígenes de esta porción del Nuevo Mundo, quienes deben haber conocido yacimientos de este metal desde tiempos inmemoriales. Los indígenas parece que jamás llegaron a trabajar el plomo, seguramente que no por falta de los conocimientos necesarios de su fundición, puesto que emplearon en diversas formas, instrumentos y armas hechas de cobre fundido. Se ha creído que aunque posiblemente intentaron usar el plomo, desistieron de su uso debido a que se encontraron con un metal inadecuado para ser usado puesto que no era posible obtener los instrumentos filosos que necesitaban, para los cuales usaron cobre.

La explotación de los criaderos de plomo en México se inició en muy pequeña escala poco tiempo después de la llegada de los españoles al país, pues lo necesitaban en su empresa de conquista.

Al comenzar las explotaciones mineras de lo que se llamaría más tarde México, se vió que en no pocos casos los minerales de plomo y plata se asociaban frecuentemente y que al explotar por plata

\* Del Instituto Geológico de México.

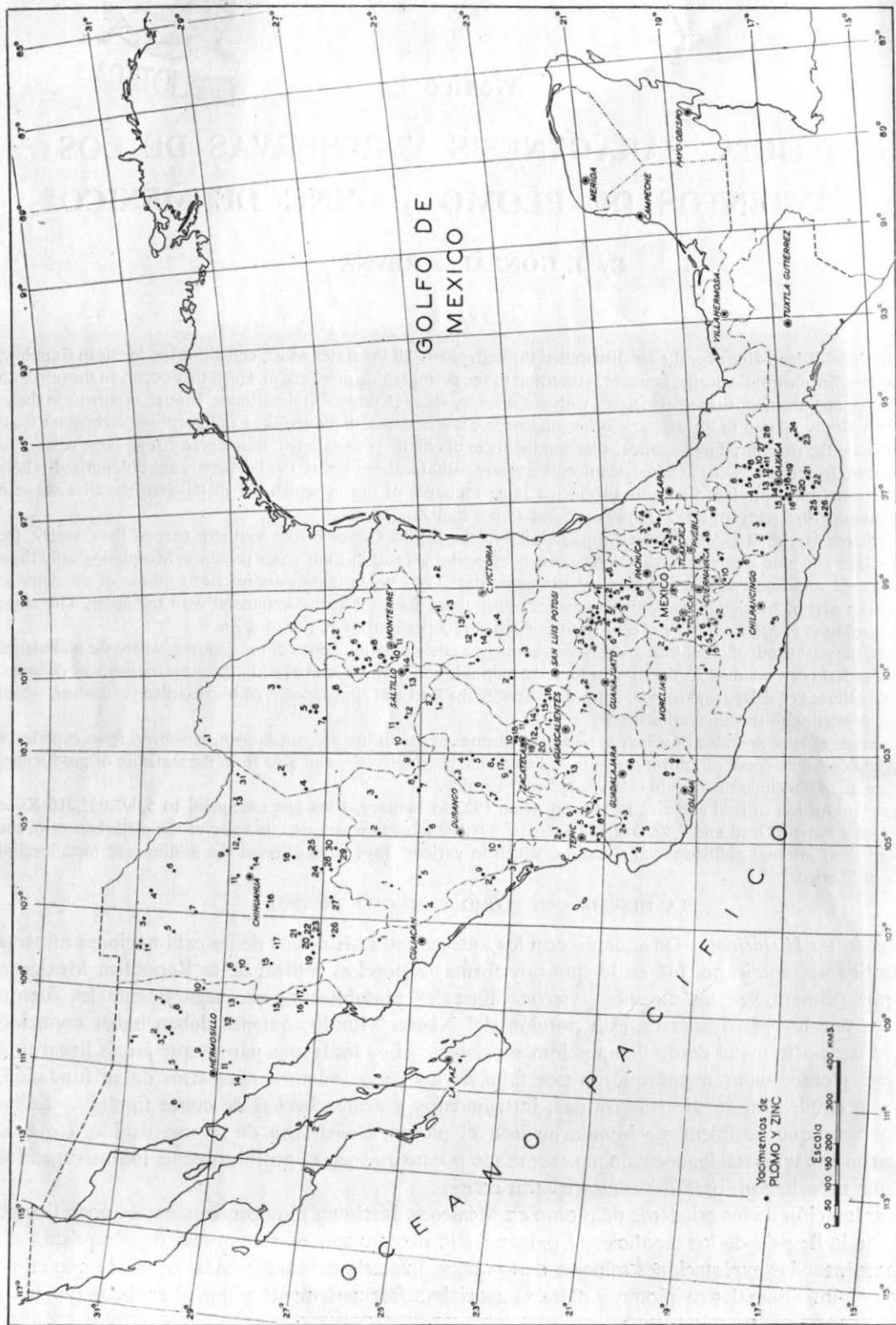


FIG. 34.—Distribución geográfica de los criaderos de plomo y zinc en la República Mexicana

GONZALEZ REYNA : MEXICO

FIG.34.—DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DE LOS CRIADEROS DE PLOMO Y ZINC EN LA REPÚBLICA MEXICANA

AGUASCALIENTES (Aguascalientes)	GUANAJUATO (Guanajuato)	MEXICO (Toluca)	OAXACA	SONORA (Hermosillo)
1. Asientos	1. León	1. Tlalpujahua	8. Lalopa	1. San Antonio
	2. Tlachiquera	2. Ixtapan del Oro	9. Talea	2. San Felipe
	3. San Luis de la Paz	3. Albarrada	10. Zolaga	3. Babicanora
BAJA CALIFORNIA (La Paz)	4. Pozos	4. Unión	11. Yavesia	4. Sinoquipa
1. San Antonio	5. Atarjea	5. Sto. Tomás	12. Tabaa	5. Alameda
2. Mulegé	6. Xichú	6. Zacualpan	13. San Felipe del Agua	6. Trén
		7. Cerro Minas	14. Ayopuxco	7. Oputo
		8. Valle de Bravo	15. Totomachapa	8. Tepachi
CHIHUAHUA (Chihuahua)	GUERRERO (Chilpancingo)	MICHOACÁN (Morelia)	16. Yacucundo	9. Horcasitas
1. Corralitos	1. Jocotitlan	1. Huetamo	17. Sta. Catalina	10. Sahuariipa
2. San Pedro	2. Tehuiloatepec	2. Anganguero	18. Ayoquesco	11. Zubiate
3. Sabinal	3. Teloloapan		19. Taviche	12. San José
4. Escondida	4. El Limón	MORELOS (Cuernavaca)	20. Sola	13. Barrancas
5. Galeana	5. Buenavista	1. Teotlalco	21. Coatlán	14. Cieneguita
6. Los Lamentos	6. Amatepec		22. San Francisco	15. Baroyeca
7. San Lorenzo			23. Lachiguri	16. Tecia
8. Trinidad	HIDALGO (Pachuca)	NAYARIT (Tepic)	24. Guienagate	17. Plomosas
9. Santo Domingo	1. Jacala	1. Acatán	25. Teojomulco	TAMAULIPAS (C. Victoria)
10. Guadalupe	2. El Oro	2. Zopilote	26. Santiago Minas	1. Villagrán
11. San Ignacio	3. Bonanza	3. Dolores	27. Jayacaxtepec	2. San Nicolás
12. Plomosas	4. Zimapán	4. Compostela	28. Zacatepec	3. Hidalgo Hoyos
13. San Carlos	5. Cardonal	5. Acuitapilco	PUEBLA (Puebla)	4. Palmillas
14. Sta. Eulalia	6. Molango	6. Yesca	1. Zacatlán	TLAXCALA (Tlaxcala)
15. Milpillas	7. Hda. Estancia	7. Cabrera	2. Ahuacatlán	1. Coayuca
16. Cieneguilla	8. Tepenene	8. Barranca del Oro	3. Yahuinahuac	2. Chignahuapan
17. Candameña			4. Huey tamalco	3. Tenexta
18. Naica	JALISCO (Guadalajara)	COAHUILA (Saltillo)	5. Chienautla	VERACRUZ (Jalapa)
19. Guracoba	1. Hostotipaquillo	1. Boquillas	6. Teopantlán	1. Zomelahuacán
20. Cerocahuic	2. Mascota	2. Sta. Elena	7. Tehuiztingo	ZACATECAS (Zacatecas)
21. Uruáchic	3. Huachinango	3. Múzquiz	8. Tepeji	1. Mazapil
22. Urique	4. Cuale	4. Sierra Mojada	9. Tehuacán	2. Albarradas
23. Guapalaina	5. Desmoronado	5. La Mula	10. Chiautla	3. Mezquital
24. Parral	6. Ajijic	6. Ocampo	QUERÉTARO (Querétaro)	4. Nieves
25. Cigarrero	7. Campechana	7. Cuatro Ciénegas	1. Ahuacatlán	5. Sta. Rita
26. Morelos	8. Pihuamo	8. Cerro del Mercado	2. Escanela	6. Sombrerete
27. Balleza	9. Ahuijulco		3. Amoles	7. Chalchihuites
28. San Francisco del Oro			4. Bucareli	8. Proaño
29. Sta. Bárbara	NUEVO LEÓN (Monterrey)		5. Teutla	9. Batea
30. Coronado	1. Iguana	9. Jimulco	6. Tolimán	10. Pánuco
31. Dos Marías	2. Sierra Vallecillo	10. Viesca	7. Bernal	11. La Blanca
	3. Villa Aldama	11. Parras	8. Doctor	12. Ojo Caliente
DURANGO (Durango)	4. Minas Viejas	12. San Juan	SAN LUIS POTOSÍ (San Luis Potosí)	13. Atolinga
1. Topia	5. Mina	13. Arteaga	1. Matehuala	14. Angeles
2. Peñoles	6. Sabinas Hidalgo	14. Arteaga	2. Charcas	15. Sta. Rita
3. Mapimí	7. Cerralvo		3. Tapona	16. Pinos
4. Minitas	8. Sabinas Victoria	OAXACA (Oaxaca)	SINALOA (Culiacán)	17. Fresnillo
5. San Andrés	9. Abasolo	1. Tlacotepec	1. Tebaca	18. Veta Grande
6. Cerro Prieto	10. Sta. Catarina	2. San Miguel Peras	2. Copala	19. El Bote
7. Noria Pedriseña	11. Monterrey	3. Tlaxiaco	3. Plomosas	20. Zacatecas
8. Velardeña	12. Doctor Arroyo	4. Amatlán		
9. Pánuco	13. Zaragoza	5. Lachatao		
10. Huasamota	14. Miquihuana	6. Totomoxtla		
		7. Yatoni		

PART VII: LEAD-ZINC SYMPOSIUM

muchas de las minas, era necesario separarla del plomo al ser beneficiados los minerales. Estos procesos no fueron gran obstáculo para los españoles, quienes ya desde España estaban familiarizados con los procesos de fundición necesarios para tratar minerales de la zona de oxidación de ese tipo de yacimientos. Así fué como principiaron a ponerse en operación en muchas partes de la Nueva España, innumerables "galeses," o sean los antiguos hornos españoles de fundición, que aunque de pequeña capacidad y eficiencia, rendían toneladas considerables de plomo y plata.

En un principio fué relativamente poco el plomo aprovechado puesto que no tenía gran demanda, y al descubrirse los grandes criaderos de plomo y plata del norte del país a partir de 1650, éstos se trabajaron con la mira de extraer el contenido de plata, que era muy considerable, pues la carga beneficiada, abundante y excepcionalmente rica, procedía de la zona de oxidación de los yacimientos. Para dar una idea de la magnitud de las operaciones mineras de aquellas épocas bastará recordar, como en otra ocasión lo hemos hecho notar, que por ejemplo en Santa Eulalia, Chih., y no obstante de que no se disponía de medios mecánicos en las operaciones minero-metalúrgicas y que el centro minero era de difícil acceso, hasta el año de 1783 se habían producido, según las estadísticas, y sólo en 80 años de trabajo : \$112,000.000 de pesos, como valor de la plata contenida en los minerales que en un principio se explotaron, procedentes de las zonas de oxidación de los yacimientos. Pero a medida que las minas alcanzaron profundidades mayores los mineros se encontraron con una serie de problemas que pudieron resolver satisfactoriamente mientras las profundidades de los labrados no fueron excesivas y la extracción pudo hacerse costeable ; hasta que el problema del agua en el interior de las minas no fué muy grave, y sobre todo, mientras los minerales de la zona de oxidación fueron de fácil beneficio. Al profundizarse muchas de las antiguas minas y decrecer la riqueza de plata de los minerales plomo-argentíferos, se encontraron con sulfuros complejos, que aunque con leyes altas de plata, no siempre pudieron beneficiar ; además, vieron que el mineral llamado por ellos "estoraque," o sea la blenda, aumentaba considerablemente, y como no se sabía beneficiar esa clase de minerales se suspendieron los trabajos mineros al llegar a la zona de los sulfuros primarios. Esto determinó, para muchas minas, su cierre.

A partir de la época cuando gracias a nuevos métodos metalúrgicos, sobre todo desde que el sistema de flotación se comenzó a emplear y fué posible beneficiar los sulfuros complejos, las explotaciones minero-metalúrgicas se reanudaron en las antiguas minas que en épocas anteriores fué preciso abandonar, como se dijo. Además, validos de nuevos métodos de explotación y empleando equipos cada vez más mecanizados y eficientes, así como medios y métodos de exploración modernos y científicos, se descubrieron nuevas zonas magníficamente mineralizadas en las antiguas minas o bien se logró el descubrimiento de nuevos criaderos de minerales conteniendo plomo y zinc, que casi siempre, en México, se asocian a los minerales de plata, con ley de oro. Así es como principia, en ya firme, la explotación moderna y en gran escala de los minerales de plomo y zinc de México, beneficiándose por fundición los minerales oxidados, y los sulfuros en las plantas de flotación de gran capacidad.

De acuerdo con todo lo antes dicho, la producción mexicana de plomo y zinc puede dividirse en tres períodos : la anterior a 1900, la que pudiera llamarse del período de transición, y la moderna a partir del comienzo de nuestro siglo.

Según los datos numéricos oficiales, proporcionados por la Oficina de Estadística de la Dirección General de Industrias Extractivas del Gobierno de México, la producción para esos períodos ha sido como sigue :

Cuadro Num. 1

Período	Producción de Plomo en Tons. métricas	Valor en M.N. (Pesos)	Producción de Zinc en Tons. métricas	Valor en M.N. (Pesos)
1521-1890	300,000	...	...	...
1891-1921	2,351,199	...	219,161	...
1922-1948				
(Hasta enero, inclusive)	5,093,055	\$2,510,505,683	3,432,973	\$2,099,845,206

GONZALEZ REYNA : MEXICO

La producción correspondiente a este último período, considerada por años, fué la siguiente :

Cuadro Num. 2

Produccion de Plomo y Zinc de Mexico. y su Valor, de 1922 a Fines de Enero de 1948\*

Años	Plomo			Zinc	
	Kilos	Valor en M.N. (pesos)		Kilos	Valor en M.N. (pesos)
1922	110.455,912	27.404,695		6.141,937	1.756,789
1923	155.720,342	51.040,813		18.481,279	5.900,841
1924	165.062,786	59.475,068		24.659,198	6.904,564
1925	178.661,677	68,983,190		51.794,554	19.230,009
1926	210.794,394	83.912,921		105.366,568	37.875,406
1927	243.346,147	78.370,312		137.723,905	49,055,587
1928	236.485,856	68.129,225		161.747,077	46.970,040
1929	248.400,858	77.748,400		174.049,667	55.043,382
1930	240.937,718	63.487,089		142.900,724	34.589,119
1931	226.780,338	52.303,706		120.289,202	25.674,714
1932	137.325,487	30.695,099		87.844,646	19.797,899
1933	118.693,024	34.744,007		89.339,408	29.877,528
1934	166.332,704	52.097,315		125.185,936	45.113,906
1935	184.193,186	58.425,475		135.921,457	48.758,899
1936	215.723,930	78.265,850		150.250,839	62.464,304
1937	218.133,072	106.129,721		154.624,700	83.733,263
1938	282.368,713	126.196,638		172.217,721	82.938,520
1939	219.506,109	125.414,682		134.166,278	79.028,893
1940	196.253,416	122.607,507		114.955,122	91.110,982
1941	155.258,933	102.138,443		154.996,110	128.711,248
1942	197.019,411	135.568,668		189.873,438	176.438,100
1943	218.126,010	152.693,920		197.199,374	183.395,666
1944	185.281,661	129.147,161		218.965,347	203.637,771
1945	205.314,512	143.720,162		209.940,320	195.244,497
1946	140.143,274	114.773,514		139.535,164	133.266,057
1947	223.134,964	345.134,841		195.814,073	230.919,761
1948 (Ene)	13.600,782	21.897,261		18.989,374	22.407,461
<b>Sumas</b>	<b>5,093.055,216</b>	<b>\$2,510.505,683</b>		<b>3,432.973,418</b>	<b>\$2,099.845,206</b>

\* Todas las estadísticas que aparecen en este trabajo fueron proporcionadas por la Dirección de Industrias Extractivas, Secretaría de Economía.

La producción anterior proviene, casi en su totalidad, de minas cuyos criaderos guardan minerales con leyes de plata, y en no pocos casos con leyes de oro y con algo de cobre.

Los yacimientos exclusivamente de plomo o de zinc no son abundantes como podría pensarse al considerar la producción de esos metales. Su número es pequeño si se compara con el que corresponde a aquellos de donde se extraen en conexión con otros metales.

Los criaderos exclusivamente plomosos, como los de la mina Bilbao, Zac., y algunas en la parte occidental del Estado de Chihuahua, se hacen notables por la alta pureza de su mineral, mucho del cual se ha obtenido de la zona de oxidación, en Bilbao, y de la de los sulfuros en las minas del poniente

## PART VII: LEAD-ZINC SYMPOSIUM

de Chihuahua. En el primer caso se explotan minerales con 74% de plomo, y en el segundo, en el Municipio de Casas Grandes, con 70.3% de plomo. En depósitos exclusivamente plumbíferos como los de La Esperanza, Nay., que se describen posteriormente y que son morfológicamente distintos a los antes citados, el porcentaje de plomo en sus minerales es muy variable.

### LOS YACIMIENTOS DE PLOMO Y ZINC

A continuación, y en forma general, se hace referencia a los depósitos de plomo y zinc de México. Posteriormente en el desarrollo de este trabajo, y puesto que sería imposible hacer la descripción de siquiera un buen número de sus yacimientos, se describirán brevemente las características de algunos de ellos.

*Distribución Geográfica.*—Tratar de hacer una relación siquiera semi-completa de la distribución geográfica de los depósitos de plomo mexicanos, muy numerosos y distribuidos en casi todos los estados mineros del país, sería cosa larga que ocuparía mucho espacio y además estaría fuera de la índole general de este trabajo; por lo tanto, nos concretaremos a decir que de los 29 estados y dos territorios que forman el país, son 22 los estados productores de plomo, y un territorio. Geográficamente son tan sólo las entidades federales del sureste: Yucatán, Campeche, Tabasco, Chiapas, y Territorio de Quintana Roo, y los estados de Colima y Tlaxcala, y el Distrito Federal, los que no producen plomo. En pequeñas cantidades y como depósitos cuya importancia se desconoce, se han localizado yacimientos de plomo en los estados de Colima y Chiapas. Así pues, y como puede verse en el mapa que acompaña a este trabajo, mostrando la distribución geográfica de los yacimientos de plomo en la República, se notará que la abundancia de esos criaderos es notable. En dicho mapa solamente se han incluido los depósitos más conocidos.

Puesto que genéticamente los yacimientos de plomo y zinc están íntimamente relacionados, la distribución geográfica de éstos corresponde a la de aquellos. Por otra parte, como la asociación de los criaderos plomo-zincíferos y los que en gran número se han explotado y explotan por plata es muy crecida, en el mapa que se acompaña no se han indicado, ni con mucho, todos ellos.

Los yacimientos exclusivamente de zinc que hasta la fecha se han encontrado en México, son unos cuantos; esos criaderos se han descubierto y trabajado en Sierra Mojada, Coah.; Taxco, Gro.; Victoria, Tamps.; Sierra de Plomo-Zinc, Municipio de Pihuamo, Jal., y en algunas partes de los estados de Chihuahua y Zacatecas.

Para tener una idea de la localización de los criaderos de zinc bastará ver el mapa que se ha mencionado, pues como se dijo, en casi todos ellos aparece el zinc en proporciones más o menos considerables para ser de gran valor económico cuando se tienen las facilidades necesarias para explotarlo, y cuando la demanda ha hecho que su precio sea lo suficientemente alto.

De acuerdo con los datos disponibles los yacimientos de zinc en México se encuentran en los estados de Aguascalientes, Coahuila, Chihuahua, Durango, Guanajuato, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, México, Michoacán, Morelos, Nayarit, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, San Luis Potosí, Sinaloa, Sonora, Tamaulipas y Zacatecas, así como en el Territorio de Baja California. Esos depósitos metalíferos son particularmente abundantes y productivos en los estados de Chihuahua, Zacatecas y San Luis Potosí, cuyas producciones han alcanzado las mayores cifras, tanto ahora como en años pasados, según hacemos notar posteriormente, al tratar sobre producción.

*Los Criaderos Plomo-Zincíferos y sus Asociaciones Petrológicas.*—Genéticamente los depósitos plomo-zincíferos del país se encuentran asociados con rocas tanto sedimentarias como ígneas. En el primer caso con calizas, calizas dolomíticas, y lutitas; en el segundo con andesitas, riolitas, rocas graníticas, monzonitas cuaríferas, alaskitas, traquitas, dioritas, etc., según se indica en el siguiente cuadro, donde se incluyen otros datos correspondientes a los yacimientos que se han seleccionado, como ejemplos:



## Características de los Criaderos de Pomo y Zinc

Yacimientos	Localización	Asociaciones Petroológicas	Morfología	Elementos Geométricos	Potencia o Dimensiones	Contenido Metálico (promedio)
Santa Bárbara	Santa Bárbara, Chih	lutitas, andesitas, riolitas	vetas	N-S; 45° a 75° E	hasta 30 ms.	Pb: 1.5% a 15%. Zn: 1.5% a 10%. Ag: 200 a 300 g/t. Au: 13 a 6g/t.
Parral	Parral, Chih	calizas arcillosas, andesitas	vetas	NE-SW; SE	desde angostas hasta 18ms.	Pb: 5.8% a 33.3%. Zn: 4% a 20%. Ag: 222 a 300.
Naica	Saucillo, Chih	calizas	mantos, chimeneas	mantos: NE; NW chimeneas: casi verticales	muy variables, algunas grandes	Pb: 13.5%. Zn: 10%. Ag: 400 g/t. Au: 1/3 g/t.
Santa Eulalia	Aquiles Serdán, Chih	calizas, margas, riolitas, monzonitas	mantos, chimeneas	mantos: NW-SE-poco echado, chimeneas: casi verticales	muy variables, algunas muy grandes	Pb: 5.4% a 35.3%. Zn: Ag: 1% a 1.430 g/t.
Sierra de Almoloya	Cigarrero, Chih	calizas, diorita(?)	vetas y cuerpos irregulares-reemplazamiento	N40 W; casi vertical	dimensiones irregulares	Pb: 5% a 20%. Zn: 25% a 35%. Ag: 600 g/t.
Los Lamentos	Mpio. de Villa Ahumada, Chih	calizas	mantos	N 60° a 70° E; 15° a 22° NW	20 a 150 ms. de ancho; 5 a 13 ms. de espesor	Pb: 22%. Ag: 180 g/t.
San Pedro Corralitos	Mpio. de Casas Grandes, Chih	calizas, lutitas, diorita y andesitas	vetas, chimeneas, mantos	vetas: E-W; N-NE-SW;	mantos: variables	Pb: 3% a 7%. Zn: 5% a 7%. Ag: 1 a 2
El Manto y La Fajilla	Tejamén, Dgo.	riolitas	mantos y vetas	NE 35° SW; 20 a 45° SE	de 0.20 a 2.00 metros	Pb: 5% a 30%. Zn: 2%. Ag: 25 a 15 kilos por ton
La Ojuela	Mpio. de Mapimi Dgo.	calizas, calizas dolomíticas, dioritas, andesitas, alaskitas	chimeneas, mantos, vetas vetillas	en la intersección de las estructuras o siguen los planos de es trañficación de las calizas y dolomitas: N 45° W; 33° W	de 10 a 40 ms. de diámetro las chimeneas; más de 900 ms. de profundidad	Pb: 15% a 18%. Ag: 400 a 500 gms. Au: 6 a 9 gms. por ton
Sierra de Ramírez	La Punta de Santo Domingo, Dgo.	calizas	vetas	N45° W; casi verticales	0.80 ms. en promedio	Pb: 2%. Zn: 3%. Ag: 300 gms. por ton
Zimapan	Zimapan, Hgo.	calizas, dioritas, monzonitas	vetas, chimeneas, etc.	diversos: chimeneas: verticales	muy variable en las vetas. chimeneas: 40 ms. diámetro y 420 verticales de 1 a 4 ms.	Pb: 7.4%. Zn: Ag: 611 g/Ton
El Edén	Zacatecas, Zac.	andesitas	vetas	NW a SE; 45° NE	angostas, en los bolsones; variable	Pb: 2.5%. Zn: 4.0%. Ag: 150 gms. por ton
Bilbao	La Blanca, Zac.	lutitas, granitos	vetas, bolsones, costras	N-S; 70° E, o vert.	angostas, en los bolsones; variable	Pb: 74.0%
La Montaña	Santa Rosa, Mazapil, Zac.	calizas	vetas	N 75° W; 65° SW	0.30 ms. con ensanchamientos	Pb: 10% a 30%. Ag: 200 g/ton. Au: 2 g/Ton
Providencia	Concepción del Oro, Zac.	calizas, monzonitas	chimeneas	casi verticales	diámetro variable; verticalmente cientos de metros	Pb: 8%. Zn: 9%. Ag: 200 g/t. Au: 0.5 g/ton
Plateros	Fresnillo, Zac.	calizas, lutitas, granodiorita	vetas	NW a SE; NE	angostas	Pb: 4.9%. Zn: 7.0%. Ag: 164 g/ton. Au: 0.78 g/ton
San Marín, San Luis	Zacatecas, Zac.	andesitas, dioritas	vetas	NW a SE; SW	1.50 ms.	Pb: 6.0%. Zn: 9.0%. Ag: 400 g/ton. Au: 1.5 g/ton
Estrellas, Gallega	Zacatecas, Zac.	andesitas, dioritas	vetas	NW a SE; SW	2 a 8 ms.	Pb: 7%. Zn: 10%. Ag: 150 g/ton. Au: 1.0 g/ton

Muchas veces los depósitos minerales se asocian con ambos tipos de rocas. Otras, como ocurren en algunas de las sierras de constitución caliza de las porciones desérticas o semi-desérticas del Estado de Chihuahua, las relaciones que entre sí guardan las rocas ígneas y sedimentarias en relación con los procesos de mineralización no son observables, puesto que en ellas no se han encontrado ni en la superficie ni a la profundidad en los labrados mineros, las rocas ígneas a las que genéticamente se ligan los criaderos.

Las formaciones calizas mineralizadas con plomo y zinc corresponden, por su edad, al Cretácico. En varias partes donde las calizas no son fosilíferas se tiene duda de que sean del Cretácico, y se cree que pertenecen al Jurásico Superior, correlacionando sus características con las de las formaciones jurásicas ya bien determinadas.

Las rocas ígneas, tanto intrusivas como extrusivas, son de edad terciaria.

*Epocas y Provincias Metalogenéticas.*—Todos los depósitos de minerales plumbo-zincíferos de México corresponden a una sola Epoca metalogenética, de edad terciaria, que se inicia según hemos podido investigar durante el Mioceno, casi contemporáneamente con la gran actividad ígnea de esa edad, notable por sus muy potentes derrames de rocas andesíticas e intrusiones dioríticas, cuarzo-monzoníticas, monzoníticas, etc., asociadas con formaciones sedimentarias. Esta Epoca metalogenética se prolongó hasta el Plioceno, al que corresponden por su edad los yacimientos plumbíferos del tipo de los de Bilbao, Zac., y algunos de la vertiente del Océano Pacífico, relacionados en su origen con rocas riolíticas y graníticas.

Los yacimientos de plomo y zinc del país según hemos podido agruparlos, pertenecen a dos provincias metalogenéticas, que en su orden de importancia económica, son: la del Norte, y la del Centro, Sur y Sur-este. Puesto que la importancia comercial de los criaderos del tipo localizado en Nayarit y otras partes de la vertiente al Pacífico de la Sierra Madre Occidental carecen de valor económico si se comparan con los situados en las provincias ya mencionadas, no se toman en consideración, pero en todo casocabría incluirlos dentro de la Provincia Central.

La división anterior obedece no sólo a una separación desde los puntos de vista de las asociaciones petrológicas típicas de los yacimientos, o simplemente por razones geográficas, sino que en cada una de las dos provincias, y debido precisamente a que los fenómenos de mineralización se efectuaron en rocas con características físicas y estructurales distintas, y puesto que al efectuarse los fenómenos de mineralización éstos tuvieron controles estructurales distintos, se originaron yacimientos que morfológicamente difieren mucho, según se hace notar posteriormente.

Los fenómenos tectónicos de mediados del Terciario, que con gran magnitud se dejaron sentir en México, abrieron los caminos de ascensión para la circulación de las soluciones mineralizadoras. Sin embargo, y como veremos después, esos esfuerzos en los casos de rocas ígneas dieron lugar a criaderos de formas distintas a los localizados en calizas, donde los esfuerzos tectónicos terciarios se manifestaron en estructuras preexistentes, favorables a una mineralización más abundante.

*Estructuras.*—Antes de ascender las soluciones mineralizadoras los procesos de mineralización se vieron precedidos por los siguientes fenómenos, observados en numerosos casos de minas explotables por plomo y zinc. En las rocas sedimentarias al plegarse ya fuera como resultado de esfuerzos tectónicos, o bien debido al empuje que hacia la superficie de la tierra ejercieron grandes cuerpos de rocas intrusivas en las zonas mineralizadas, formaron sinclinales y anticlinales cuyos ejes, como se ha notado en la mina de La Ojuela, Dgo., se fracturaron o bien formaron zonas estructuralmente favorables para los fenómenos subsecuentes de mineralización, determinando en gran parte la morfología de los depósitos metalíferos.

Durante el Mioceno y el Plioceno, al desarrollarse los notables períodos eruptivos que de preferencia se manifestaron en toda la Altiplanicie Mexicana, en la parte meridional de la República, y en porción de tierra que hoy constituye la Sierra Madre Occidental, se abrieron las fracturas por donde fluyeron las lavas, y como resultado de los paroxismos volcánicos e ígneos intrusivos, también se originaron los sistemas tectónicos principales, que caracterizan geológicamente a esas partes del país. Por su

interés económico en relación con los procesos de mineralización que siguieron, el sistema de estructuras orientado generalmente de N.W. a S.E., con variante N.-S. y casi E.-W., es de gran importancia.

En grandes áreas las lavas terciarias cubrieron a las formaciones sedimentarias, pero en otras, principalmente donde se alojaron cuerpos de rocas intrusivas, sólo las fracturaron. Esos fracturamientos, que en muchos casos se tradujeron en fallas, se orientan formando ángulo con las estructuras pre-existentes en las rocas sedimentarias : pliegues. Lo anterior es de gran importancia económica en la formación de los yacimientos metalíferos, como se explicará posteriormente.

Por otra parte los receptáculos en las rocas calizas, algunos de los cuales seguramente comenzaron a desarrollarse antes de mediados del Terciario, como son los debidos a procesos de solución, que continuaron hasta la mineralización de las calizas, son también de importancia. Además, y según parecen demostrarlo las evidencias de campo y de laboratorio, la composición química de determinados horizontes estratigráficos en las calizas, que por su contenido de magnesia se clasifican como calizas dolomíticas, favorecieron en muchos criaderos, a procesos de mineralización selectiva, por reemplazamiento, como se apunta a continuación.

*Procesos de Mineralización.*—Las soluciones mineralizadoras precipitaron sus cargas de diversas maneras en las dos provincias metalogenéticas a que antes se hizo mención. En la del Norte los procesos fueron más complicados, de acuerdo con los caminos que siguieron y con el carácter físico y composición química de las rocas. En la otra provincia los fenómenos de mineralización fueron simples puesto que las soluciones, ascendiendo por grietas y fallas pre-existentes, y al perder temperatura y fluidez alcanzando las temperaturas críticas apropiadas, se fueron precipitando sus minerales a diversos niveles y con distintas concentraciones por lo que respecta a su riqueza y mayor o menor contenido de plata, pues debe recordarse que en casi todas nuestras minas de plomo y zinc, sus minerales se presentan asociados a los de otros metales. Así por ejemplo, se formaron los yacimientos plomo-zincíferos de Anganguero, Mich., apareciendo como vetas en rocas andesíticas ; los de igual forma de Tejamén, Dgo., y La Paloma, Nay., etc., en rocas riolíticas. La mineralización está constituida en esos casos por galena y esfalerita. Con esta última en Anganguero se encuentra greenockita. Además, hay abundancia de pirita y algo de calcopirita.

En algunos casos, como el de los criaderos de Zimapán, Hgo., donde se pueden estudiar depósitos que por sus características de mineralización corresponden a los de las dos provincias metalogenéticas, se han encontrado y estudiado en la mina La Sirena vetas tabulares que en las partes donde las rocas calizas están en contacto con las rocas intrusivas : monzonitas, se han formado cuerpos mineralizados de forma irregular que se han clasificado como de contacto metamórfico, y puede estudiarse perfectamente la zona de silicatación donde aparecen minerales como granates, danburita, apatita y actinolita. Formando los minerales de valor económico se tienen galena y blenda con ley de plata, estando acompañados por pirita, pirrotita, arsenopirita y jamesonita.

En el área mineralizada de Zimapán los criaderos metalíferos aparecen dentro de los límites de una zona de fracturas, bastante ancha, donde también se observan varios diques monzoníticos. En la Mina La Colorada el cuerpo mineralizado sigue el contacto S.W. entre las rocas monzoníticas y las calizas, creyéndose, por la forma y aspectos del criadero, que después de intrusionada la cuarzomonzonita, ésta, al enfriarse, sufrió fenómenos de contracción creando así los espacios libres que las soluciones mineralizadoras ocuparon después. Es notable observar que en esta misma mina aparece una serie de vetas escalonadas, paralelas o casi paralelas entre sí, orientadas de N.E. a S.W., que no pueden, de acuerdo con los estudios de campo, ser debidas a una falla en echelon, sino que más bien deben su origen a la contracción del cuerpo intrusivo al disminuir en volumen al enfriarse. Estas vetas se localizan tanto en las calizas como en las rocas intrusivas, cerca de sus contactos, y su relleno metalífero está formado por galena, blenda, arsenopirita, pirita y pirrotita.

Como se indicó ya, los depósitos minerales de Zimapán participan de características muy parecidas a las que hemos estudiado en los yacimientos del norte. La mineralización se depositó en ciertos casos, formando chimeneas : criadero de Lomo de Toro. En zonas mineras donde se han explotado

criaderos plomo-zincíferos en chimeneas se ha visto que los procesos de mineralización han dado lugar, considerándolos en conexión con las estructuras mineralizadas, a depósitos metalíferos notables por su morfología. Esos procesos estuvieron precedidos por fuerzas que actuaron afectando a las rocas sedimentarias: calizas y calizas-dolomíticas donde invariablemente se formó este tipo de yacimientos.

En primer lugar, al levantarse las rocas sedimentarias para formar las escarpadas sierras aisladas y con desarrollos de más o menos consideración en sus ejes longitudinal y transversal, orientadas en su mayor parte de N.W. a S.E., se plegaron para producirse anticlinales, unas veces simétricos y otras asimétricos, siendo frecuentes los que aparecen tumbados y montados para dar lugar a estructuras a veces complicadas. Siguiendo los ejes de las estructuras se crearon líneas de debilidad que se convirtieron en fracturas. Cruzando a esas estructuras se desarrollaron con posterioridad nuevos sistemas de fracturas y fallas que forman en su intersección ángulos de diversas magnitudes. Las nuevas fracturas se originaron como consecuencia de los últimos esfuerzos orogénicos, o bien son debidas a cuerpos de rocas ígneas intrusivas: dioríticas, monzoníticas y graníticas, alojados en las rocas sedimentarias. Lo anterior puede observarse en zonas mineralizadas como La Ojuela, Dgo., donde los sistemas de fracturas y fallas, a veces mineralizadas, se orientan como sigue: Primer grupo: N.-S.; W. Segundo grupo: E.-W.; N. En Naica los sistemas de fracturas y fallas son tres: primero: N.E.-S.W.; segundo: E.W., y el tercero se desarrolla de N. a S. Como un tercer ejemplo puede citarse a Santa Eulalia, con cuatro sistemas, algunos de los cuales tienen variantes: el primer grupo se orienta de N. a S. y tiene variantes al N. 10° E. y al N. 10° W.; el segundo grupo corre al N. 55° E.; el tercero al N. 70° W., y el cuarto al N. 30° E.

Las intersecciones de las estructuras descritas sirvieron como caminos de circulación a las aguas meteóricas, que siguiendo cursos frecuentemente caprichosos en sentido vertical al ir disolviendo a las calizas y calizas dolomíticas gracias a su contenido de dióxido de carbono, fueron preparando lentamente las rutas por donde posteriormente ascenderían las soluciones termo-minerales que al depositar su carga metalífera iban a dar lugar a criaderos de gran magnitud y con formas caprichosas, pues al irse disolviendo las calizas, en algunos casos dejaron chimeneas verticales o casi verticales, otras tomaron formas tortuosas: como de un tirabuzón y con ramificaciones irregulares. En otros casos las aguas meteóricas al llegar a determinados horizontes estratigráficos disolvieron a las calizas y entonces dieron origen a cavernas que posteriormente fueron rellenadas por los agentes mineralizadores derivados de los cuerpos de rocas intrusivas terciarias, que ascendieron por las chimeneas. La mineralización de valor económico de estos yacimientos está constituida por galena y blenda, con cantidades variables de pirita, a veces muy abundante; calcopirita, pirrotita, argentita, y en ciertos casos plomo antimonial.

*Enriquecimiento secundario.*—Los procesos que determinaron la alteración y enriquecimiento secundario de los yacimientos plomo-zincíferos de México tiene características diversas en los distintos criaderos, de acuerdo con la ubicación de éstos en las zonas climáticas donde se localizan, y también según las facilidades que para su circulación en la zona mineralizada tuvieron los agentes que determinaron los enriquecimientos secundarios. En los depósitos metalíferos más fracturados los procesos alcanzaron mayores profundidades que en otros donde los criaderos no daban lugar a la fácil penetración de las aguas de percolación para alcanzar profundidades más grandes; como ejemplo puede citarse el de las minas de la Sierra de Santa María, del área mineralizada de Velardeña, donde la zona de oxidación de los yacimientos tuvo una profundidad de unos 100 metros.

En cambio, en depósitos metalíferos como los de La Ojuela, donde las aguas meteóricas que alteraron al criadero circularon por las chimeneas mineralizadas en una distancia vertical considerable, dieron origen a una zona de oxidación y enriquecimiento secundario de considerable magnitud vertical, que según se ha visto en las explotaciones mineras alcanzó profundidades variables entre 500 y 650 metros, de donde se extrajeron toneladas enormes de carbonatos y sulfatos de plomo: cerusita y anglesita. Como resultado de esas explotaciones han quedado huecos gigantescos en el interior de la mina.

Se ha visto que por lo general la zona de oxidación alcanza desarrollos verticales considerables en los criaderos correspondientes a la provincia metalogenética del norte, donde los yacimientos en calizas y calizas dolomíticas afectan formas de chimeneas, a veces muy irregulares. Allí los climas son los propios de las regiones desérticas o semidesérticas.

En el caso de criaderos en forma de vetas, como los de La Paloma, Nay.; Plomosas, Sin.; San Roberto, en Zacatecas, Zac.; Taxco, Gro.; Zona de Taviche, Oax., etc., la zona de oxidación de los criaderos no alcanza grandes profundidades: generalmente entre los 50 y los 150 metros.

Existen muchos depósitos de plomo y zinc donde las zonas de oxidación y de los sulfuro-primarios no aparecen bien definidas, teniéndose entonces el telescopiamiento de ambas. En otros casos los procesos de oxidación fueron parciales, y dejaron dentro de las zonas de oxidación cuerpos de sulfuros primarios; lo anterior se ha notado principalmente en criaderos donde los cuerpos mineralizados toman formas de vetas y chimeneas. Los mejores ejemplos se tienen en los niveles de algunas minas de Veta Grande, Zac.; Zimapán, Hgo.; Naica, Casas Grandes, Cuchillo Parado y muchos otros Minerales en el Estado de Chihuahua.

Las zonas de enriquecimiento secundario de los criaderos de plomo y zinc de México, con leyes de plata y oro, han producido enormes bonanzas, notables por la magnitud de los cuerpos o clavos de mineral explotados.

*Tipos morfológicos.*—Los criaderos plomo-zincíferos de México toman diversas formas, que pudiéramos separar en tres grupos según la provincia metalogenética.

**Primer Grupo.**—En la Provincia del Centro, Sur, Sur-este, y del Pacífico los yacimientos toman las siguientes formas: vetas y vetillas, ambas tabulares y de potencias muy variables: desde unos cuantos centímetros o como simples hilillos, hasta cuerpos de diez o más metros de anchura, con un llenamiento cuya riqueza es muy variable, desde una fracción de 1% hasta 70% de Pb, y con zinc desde menos de 1% hasta 45%. Generalmente se encuentra que los respaldos de las vetas son firmes y bien definidos. Otras veces la mineralización aparece como boleos o como bolsones contenidos en el cuerpo de vetas cuarzosas con más o menos calcita y fluorita; esos cuerpos mineralizados aparecen siguiendo el rumbo y echado de las vetas y varían grandemente en sus dimensiones. Hay minas donde los valores costeables se aprecian como grandes masas de formas irregulares. Otras veces este tipo de cuerpos mineralizados es de escasa importancia por lo que respecta a sus dimensiones. De igual manera la riqueza de sus minerales es variable; algunos clavos de estos tipos morfológicos han contenido cientos y miles de toneladas de minerales y su disfrute ha dado lugar a bonanzas y épocas de auge.

Existen minas donde los minerales de plomo y zinc, junto con sulfuros de fierro y cobre se aprecian impregnando de manera insignificante a las rocas de los respaldos que limitan a los cuerpos mineralizados. Este tipo de criaderos es raro y casi nunca reviste valor comercial ni por la calidad del mineral ni tampoco por la abundancia de la mineralización. A los tipos morfológicos citados corresponden criaderos como los siguientes: Mi, Mina, Nay.; varios en Taxco, Gro.; en los municipios de Ixtapan y Zacualpan, Méx.; Taviche, Oax.; Plomosas, Sin.; Santa Bárbara, San Francisco del Oro, Parral, etc., en Chih.; Pánuco, Veta Grande, El Bote y Fresnillo, Zac.; El Doctor, Qro., etc., siendo común que los minerales guarden leyes de plata con algo de oro.

**Segundo Grupo.**—En la Provincia metalogenética del Norte los cuerpos mineralizados, de gran potencialidad gracias a las dimensiones de las estructuras que rigieron el control de la mineralización, muestran una morfología distinta. Los criaderos se aprecian formando chimeneas de grandes y pequeñas dimensiones, casi verticales en cientos de metros y con secciones más o menos circulares o elípticas. Otras veces estas chimeneas están lejos de ser sencillas en sus formas, pues en el sentido vertical se ramifican para volver a unirse a mayores profundidades, o bien siguen cursos tortuosos que dan la idea de espirales. Las chimeneas cortan en su desarrollo vertical a los planos de estratificación de las rocas calizas y de calizas dolomíticas que atraviesan. La mineralización, circulando lateralmente a partir de las chimeneas, siguiendo los planos de estratificación de las formaciones

sedimentarias, se alojó en ellas para dar lugar a nuevos tipos morfológicos: mantos donde por lo regular se aprecian señales claras de procesos de reemplazamiento metasomático selectivo, pues éste se hizo más notable e intenso siguiendo horizontes donde la caliza, por su contenido de magnesia, viene a ser una caliza dolomítica. La potenciade estos mantos varía hasta alcanzar espesores máximos de poco más de diez metros en varios de los criaderos que se han explotado en las minas de la Sierra de Santa Eulalia. En casos como Plomasas, Chih., la potencia de los mantos, siguiendo el echado de las lutitas donde queda el cuerpo mineralizado, tienen espesores de unos tres metros poco más o menos. En muchas minas los mantos mineralizados se ensanchan y estrechan sucesivamente, para formar especie de cuerpos lenticulares.

El otro tipo morfológico que se nota y que casi siempre sigue horizontes estratigráficos que corresponden a los bancos de caliza, es el de cuerpos mineralizados de grandes dimensiones, que ocupan lo que en épocas anteriores a los procesos de mineralización deben haber sido cavernas de solución. De este tipo de criaderos son notables los de las minas de Santa Eulalia, Chih.; a algunos de ellos se les han apreciado las siguientes dimensiones: 20 metros de ancho, 10 metros de espesor, y entre 50 y 100 metros de largo.

En este tipo de criaderos, en Naica, han sido notables los llamados "diques," por los mineros locales; esos "diques" no son sino grandes masas de caliza que durante los procesos de mineralización al irse rellenando el hueco de la caverna por las soluciones termominerales, se desprendieron del cielo para sumergirse en las soluciones minerales, aun pastosas y calientes, no solidificadas. Estas xenolitas se han encontrado en el curso de las explotaciones mineras.

A los tipos morfológicos de este segundo grupo corresponden criaderos de minas o campos mineros tan famosos como La Ojuela, Dgo.; La Mitra, N.L.; Zimapán, Hgo.; Eureka, Providencia y La Leona, en las Sierras de Mazapil y Concepción del Oro, Zac.; Sierra Mojada y Santa Elena, Coah.; en el Estado de Chihuahua son numerosos los ejemplos, algunos muy notables son los de Santa Eulalia, San Carlos, Cuchillo Parado, Los Lamentos, Naica, Sierra de Almoloya, etc.

Tercer Grupo.—Los yacimientos clasificados aquí vienen a constituir combinaciones de los dos grupos anteriores. Por lo general se encuentran en el norte del país, y aparecen como vetas y vetillas que atraviesan a las formaciones sedimentarias donde se localizan criaderos en forma de chimeneas, mantos y lentes:

Por lo regular los minerales en los criaderos de los grupos segundo y tercero no sólo son abundantes, sino que también contienen altos porcentos de plomo y zinc con buenas leyes de plata.

*Asociaciones mineralógicas.*—En muchos de los criaderos plomo-zincíferos las asociaciones mineralógicas que presentan son demasiado sencillas, concretándose casi exclusivamente a galenas de grano fino que generalmente llevan altos valores de plata; a galenas de grano grueso, a esfalerita, y a marmatita en muchos de los criaderos del centro, sur, sur-poniente y costa del Pacífico. Frecuentemente estos yacimientos, que principalmente aparecen como vetas, tienen también, sobre todo a niveles más profundos, mayores cantidades de calcopirita. La pirita aparece indistintamente. Los minerales de la ganga, sin valor económico, incluyen: cuarzo, algunas veces calcita primaria, barita y fluorita. Además, óxidos de fierro. En las zonas de oxidación de los criaderos los minerales de valor económico son carbonatos de plomo y zinc: cerusita y smithsonita, o bien el plomo como anglesita.

En los depósitos del norte de México, asociados con calizas u otras rocas sedimentarias, la mineralogía es más complicada, pues a veces muestra gran variedad de especies mineralógicas, como ocurre en Santa Eulalia, Naica, etc., Chih., o en La Ojuela, Dgo.

Los minerales de valor económico son, en el caso del plomo: galena de grano grueso, o cristalizada; entre mayor sea el tamaño de los cristales menor es la proporción de plata que contiene. Los minerales de plomo de la zona de oxidación son principalmente cerusita y algo de anglesita. Con los minerales antes citados se encuentra argentita, y en algunas minas como Los Lamentos, wulfenita y vanadinita hermosamente cristalizados, rellenando cavidades preexistentes. Los tonelajes de estos dos minerales, que se han explotado, han sido considerables. Los minerales de zinc de valor

comercial son : blenda en el caso de los sulfuros primarios, a veces va acompañada de greenockita, y otras veces, como en Plomosas y Cuchillo Parado, Chih., por minerales de indio y germanio. La presencia de estos últimos, asociados con galena y esfalerita en la mina, y gracias a sus propiedades piro luminiscentes sirve maravillosamente para localizar el manto mineralizado cuando las frentes de explotación se encuentran llenas de polvo ; simplemente basta raspar las paredes con una navaja o un clavo de acero para que se produzcan huellas luminosas que desaparecen inmediatamente.

Con la blenda se ha encontrado algo de wurtzita y willemita, pirita, pirrotita, arsenopirita y marcasita. En la zona de oxidación los minerales de zinc son smithsonita y calamina mezclados con óxidos de fierro y carbonato de plomo.

Los minerales de la ganga incluyen : hematita, limonita, siderita, óxidos de manganeso, barita, calcita, yeso, cuarzo, y diversos silicatos.

*Génesis de los yacimientos y Tipos genéticos.*—De acuerdo con las observaciones que se han efectuado en muchos criaderos plomo-zincíferos de México, en ambas provincias metalogenéticas, se ha llegado a la conclusión de que invariablemente se encuentran genéticamente ligados a cuerpos de rocas ígneas de edad terciaria, a los cuales se hizo referencia en otra parte. Las relaciones de origen entre las formaciones petrológicas de donde se derivaron las soluciones termominerales y los yacimientos metalíferos son generalmente claras en la mayor parte de los casos, pero en algunos, como por ejemplo en los depósitos metalíferos de Naica, Chih., no ha sido posible encontrar, ni en los labrados más profundos de las minas, rocas ígneas a las cuales puedan ligarse genéticamente los yacimientos minerales, contenidos en calizas de edad cretácica. Seguramente que los cuerpos de rocas intrusivas a los que deben su origen aun no se han descubierto por encontrarse a mayores profundidades, como se localizaron en los labrados profundos de las minas de La Mitra, N.L., o como parece comprobarse por estudios recientes hechos en el caso del Tiro y mina de San Antonio, en Santa Eulalia, con motivo de una catástrofe minera ocurrida a fines de 1945, cuando se dió una barrenación en una frente perfectamente seca, y al tronarse se vino una avalancha de agua a razón de 400,000 litros de agua por minuto, durante dos horas. La mina se inundó hasta el nivel hidrostático normal. Se principió a desaguar bombeando, y, de acuerdo con la información proporcionada por las autoridades de la mina sólo se bajaba el nivel del agua unos seis milímetros en 24 horas.

En un principio se pensó que la barrenación había dado con una gran caverna rellena con agua, y que al tronarse los barrenos produjo la inundación y terrible catástrofe. Sin embargo la temperatura de las aguas : 34°C., hizo sospechar otro origen, pensándose en manantiales subterráneos, y se ligó esta presunción con los manantiales termales localizados al pie de la Sierra de Santa Eulalia, por el oriente. Al ser estudiadas las aguas se obtuvieron resultados que son confusos, pero que pueden considerarse para pensar que provienen de un cuerpo intrusivo de rocas aun calientes, posiblemente del tipo granítico o sienítico, al cual deben su contenido mineralógico que acusa la presencia de una gran variedad de elementos, algunos de los cuales son raros : zinc, plomo, cobre, estaño, plata, cerio, berilio, níquel, lantano, silicón, neodimio, praseodimio, germanio, indio, etc. (comunicación-verbal del Dr. W. Hewitt).

Las rocas graníticas y riolíticas, así como las de otras composiciones : monzonitas, andesitas, dioritas, diabasas, etc., se han encontrado en muchos de los yacimientos y puede relacionarse con ellas el origen de la mineralización.

Las soluciones termominerales al ascender y depositar sus cargas metalíferas de acuerdo con las variantes físico-químicas que iban prevaleciendo, originaron yacimientos como los de Zimapán, Hgo., que se han clasificado, en parte, como del tipo hipotermal o de alta temperatura en sus zonas profundas, y mesotermas en el resto. Otro criadero que es notable por su riqueza y que se ha clasificado como hipotermal, es el de Santa Bárbara, Chih. Los yacimientos hipotermas son raros ; la mayoría se clasifican como mesotermas, siendo ejemplos de ellos, los depósitos minerales de Velardeña y La Ojuela, Dgo. ; Santa Eulalia, Naica, etc., Chih. ; Anganguero, Mich. ; Providencia, San Eligio, etc., en Zac. ; Sierra Mojada, Coah., y otros muchos.

*Paragénesis.*—Se han hecho los estudios paragenéticos de la mineralización en varias de nuestras minas de plomo y zinc, habiéndose encontrado relaciones muy interesantes entre unos minerales y otros, que han indicado su edad relativa, la influencia de unos en los procesos de mineralización, temperaturas a que se efectuó el depósito metalífero, etc. Como resultado de los estudios paragenéticos también se ha encontrado la solución a ciertos problemas metalúrgicos, y se espera resolver otros.

Al hacer la descripción de la paragénesis de los minerales plomo-zincíferos de México se hará en forma general, y sólo en algunos casos se particulariza.

En el caso de los yacimientos que aparecen en la provincia metalogénica del Centro, Sur y Sierra Madre Occidental, en forma de vetas, bolsones y boleos, o en ciertos casos impregnando brechas en fallas, sus minerales no siempre presentan las mismas características paragenéticas que se observan al estudiar las superficies pulidas de los minerales correspondientes a depósitos metalíferos de la provincia metalogénica del Norte, donde los fenómenos de mineralización, tipos de criaderos y especies mineralógicas muestran fenómenos más complejos.

En los yacimientos de los metales que se han venido considerando, cuando las asociaciones mineralógicas son sencillas, esto es, que no forman agregados complejos, se ha visto que la secuencia paragenética es: primero pirita, siguiendo después la blenda y en seguida la galena. De este tipo de secuencia paragenética se tienen muchos casos en los yacimientos de la costa del Pacífico. Cuando la galena es de grano fino generalmente contiene altos valores en plata, mineral que aparece como argentita. En los criaderos de la región de Amaculí y Las Coloradas, Dgo., donde en la parte superior los yacimientos fueron notablemente ricos en oro, a medida que se ganó profundidad en las minas el oro fué disminuyendo y la ley de plata aumentando, como pasó en la mina de la Piedra Bola. En otra parte del área mineralizada, al comenzar a aparecer los minerales básicos, primero el plomo y después el zinc, los valores en plata fueron menores y los de oro casi desaparecieron. El oro primario es singénico con la pirita, o inmediatamente posterior.

En los yacimientos de Anganguero, Mich., la galena y la esfalerita aparecen cuando menos parcialmente, como minerales singénicos; como producto final de la deposición de minerales primarios apareció la greenockita, mineral que rodea a la blenda.

En el norte, en los criaderos de Plomosas y en el de Cuchillo Parado, ambos en el Estado de Chihuahua, los minerales muestran que la secuencia paragenética es: pirita, galena, y esfalerita (los sulfuros de plomo y zinc son parcialmente singénicos). Entre la galena y la esfalerita, rodeándolos completamente, se tienen minerales secundarios de indio y germanio, que al estudiarse con luz ultravioleta fluorescen hermosamente.

Los yacimientos de plomo y zinc del norte de México son notables por la gran variedad de especies mineralógicas que presentan, sobre todo en la zona de oxidación. En minas como Santa Eulalia se han identificado hasta unos 60 minerales. La paragénesis de los minerales de este tipo de criaderos, como los de Naica, San Pedro Corralitos, Los Lamentos, Sierra de Almoloya, Cigarrero, Plomosas, San Carlos, etc. en Chih.; Providencia, Eureka, La Leona, etc., Zac.; Velardeña, La Ojuela y Jimulco, Dgo., y Zimapán, Hgo., presentan una serie de problemas paragenéticos por demás interesantes. Al estudiar los minerales se ha notado que la mineralización hipogénica, constituida por un agregado complejo de sulfuros, muestra las siguientes relaciones que casi invariablemente corresponden a todos los yacimientos, salvo excepciones donde el orden en que los minerales se depositaron, varía un poco, según las condiciones de temperaturas, presiones y concentraciones a que estuvieron sujetas las soluciones termo-minerales al ascender y precipitar sus cargas metalíferas a distintos niveles de su camino hacia la superficie.

Corrientemente se nota en casi la generalidad de los casos que el primer mineral en formarse fué el cuarzo, cuya deposición fué predominante al principio, continuando después durante todo el proceso de mineralización, en menor cantidad.

El segundo mineral en precipitarse de las soluciones mineralizadoras fué la pirita, que según puede notarse en las superficies pulidas tuvo un amplio período de formación puesto que además de verse



que fué el primer sulfuro en aparecer, también muestra que es singenético con los otros sulfuros. Después de la pirita comenzaron a precipitarse, primero pirrotita y casi al mismo tiempo arsenopirita, seguidos por calcopirita y casi simultáneamente por esfalerita, cuando menos en la fase inicial del período de formación del sulfuro de zinc. Se observa que como en el caso de la calcopirita y la esfalerita, entre esta última y la galena, siguiente mineral en formarse, existe una relación singenética análoga. Durante el período de la precipitación de la galena aparece también la argentita, y después, sucesivamente : pirargirita y proustita. En Zimapán, Hgo., y zona minera de El Doctor, Qro., se encuentra con cierta abundancia jamesonita, que parece comenzó a formarse en un período de tiempo que queda entre los que corresponden a los minerales de zinc y plomo.

Al estudiarse microscópicamente las superficies pulidas se nota la presencia de fluorita, que según parece estuvo formándose simultáneamente con todos los sulfuros que se iban precipitando. Parece que las soluciones mineralizadoras contenían más o menos abundancia de fluor, lo cual debe haber facilitado el movimiento de las soluciones termominerales hasta llegar a alcanzar las temperaturas críticas de precipitación para los diferentes minerales que las componían.

Las relaciones paragenéticas de los minerales se han hecho tomando como ejemplo los estudios practicados con minerales procedentes de los grandes criaderos productores de plomo y zinc : Santa Eulalia, Parral y Santa Bárbara, Chih., y Zimapán, Hgo.

Los minerales supergenéticos de la zona de oxidación de los yacimientos antes citados, al estudiarse microscópicamente, muestran que son productos derivados de los sulfuros primarios, como sigue : De la galena : cerusita, en primer término, seguida de anglesita, y después en menor cantidad : plumbojarosita, galena secundaria, y mimetita. De la esfalerita : primero smithsonita, y después calamina, hidrozincita y algo de willemita. Los productos de oxidación de la calcopirita : calcopirita secundaria, que aparece reemplazando a la primaria ; finalmente, por oxidación de ambas calcopiritas aparecen azurita y malaquita. La oxidación de los minerales de plata produjo argentita secundaria, y en la porción superior de los criaderos se encontraron clavos muy ricos de halógenos de plata, cuya riqueza invariablemente decrete con la profundidad.

Entre los minerales secundarios sin ningún valor económico se formaron : azufre, (raro) cuarzo, óxidos de fierro, calcita, fluorita, yeso, etc.

#### PRODUCCION

*Origen de la producción.*—La producción minero-metalúrgica de plomo y zinc de la Nación en los últimos años ha tenido diversas procedencias : (a) de la explotación de criaderos metalíferos directamente ; (b) de la fundición de graseros antiguos ; (c) aprovechamiento de terreros antiguos ; (d) beneficio de retajes viejos en las minas.

*Explotación de yacimientos.*—El mayor volumen, casi la totalidad de la producción mexicana de plomo y zinc proviene de este origen, unas veces de la zona de oxidación de los criaderos metalíferos, y en la mayoría de los casos los minerales proceden de la zona de los sulfuros primarios, donde las asociaciones mineralógicas forman sulfuros complejos que en grandes volúmenes son beneficiados por el sistema de flotación selectiva, y los concentrados remitidos a las fundiciones.

Los minerales oxidados, que hasta hace pocos años eran extraídos en grandes cantidades, han disminuído sensiblemente en los depósitos metalíferos que ahora se trabajan intensamente, pues las explotaciones, profundas, han rebasado la zona de los óxidos. Sin embargo, las reservas disponibles de carbonatos en muchas minas del norte de la República, sobre todo, son considerables.

La calidad de los minerales por lo que respecta a su valor comercial teniendo en cuenta sus contenidos de plomo, zinc, plata y oro, se puede juzgar viendo los cuadros números 3 y 5.

Si intentáramos poner en una lista las minas productoras de plomo y zinc clasificándolas de acuerdo con los estados donde se encuentran, esta sería muy larga, razón por la cual y solamente para que se tenga una idea de cuál es la producción de dichos metales, por estados, se incluye en los cuadros Nos. 4 y 4 A, donde para poder comparar las producciones correspondientes a períodos de cada diez años,

PART VII: LEAD-ZINC SYMPOSIUM

se dan los datos estadísticos oficiales de 1922, 1932, y 1942, que a su vez pueden compararse con los contenidos en cuadros números 5 y 6.

Al juzgar las producciones se verá que existen diferencias muy considerables. Eso se debe a que en los cuadros Nos. 4 y 4A se apunta la producción global total. En el cuadro No. 5 únicamente la de las principales empresas productoras, y en el cuadro No. 6 : la correspondiente a barras de plomo auro-argentífero producidas por las grandes fundiciones centrales. Así pues, en los datos numéricos de cuadros 5 y 6 no se incluye la producción de muchos mineros y empresas de segunda categoría.

*Producción Global de Plomo, por Estados, en los Años de 1922, 1932 y 1942  
(producciones en kilos)*

Cuadro No. 4

<i>Estados</i>	1922	1932	1942
Chihuahua .....	65.310,579	98.503,629	143.763,412
Zacatecas .....	18.403,999	17.737,123	38.117,048
San Luis Potosí.....	2.349,000	4.358,394	12.103,527
Coahuila.....	5.766,346	3.767,516	4.030,276
Durango.....	19.176,459	2.779,929	3.120,683
Michoacán .....	6,365	2.730,892	1.966,301
Nuevo León .....	1.036,125	1.063,680	1.549,508
Tamaulipas .....	6,603	19,782	1.103,516
Guerrero .....	680,970	528,274	999,333
Sinaloa .....	...	55,746	536,431
Hidalgo .....	184,260	90,028	234,745
Sonora.....	32,200	136,658	234,552
Oaxaca .....	...	61,001	218,322
Querétaro .....	360,000	157,570	208,642
Guanajuato.....	20,311	123,802	122,113
Aguascalientes .....	89,519	...	109,917
Jalisco .....	...	353,695	88,372
Nayarit.....	...	160,525	78,849
México .....	...	25,680	66,833
Baja California. T. Norte .....	...	...	98
Sumas .....	113.422,736	132.653,924	208.652,478
* Indeterminado general .....	...	4.671,563	237,833
Sumas .....	...	137.325,487	208.890,311
** Producción que debe restarse .....	2.966,824	...	11.870,900
Producciones Anuales.....	110.455,912	137.325,487	197.019,411

\* Compras efectuadas en México, D.F., de procedencia desconocida.

\*\* Controlado de más en comparación con la Dirección General de Estadística, u otras fuentes de información.

## GONZALEZ REYNA : MEXICO

Producción Global de Zinc, por Estados, en los Años de 1922, 1932 y 1942  
(producciones en kilos)

Cuadro No. 4A

Estados	1922	1932	1942
Chihuahua .....		77.392,225	129.733,082
Zacatecas .....	La producción de este año, muy pequeña, se obtuvo como subproducto en el beneficio de minerales que contenían zinc.	8.999,938	42.536,915
San Luis Potosí.....		1.215,128	24.539,144
Michoacán .....			2.683,717
Coahuila .....			2.293,195
Nuevo León .....			1.039,933
Hidalgo .....			735,887
Guerrero .....			285,926
Sonora .....		237,355	
Sumas .....	6.141,937	87.844,646	203.847,799
* Indeterminado general .....	...	...	...
Sumas .....	...	...	...
** Producción que debe restarse .....	...	...	13.974,361
Producciones Anuales.....	6.141,937	87.844,646	189.873,438

\* Compras efectuadas en México, D.F., de procedencia desconocida.

\*\* Controlado de más en comparación con la Dirección General de Estadística, u otras fuentes de información.

## PART VII: LEAD-ZINC SYMPOSIUM

## PRINCIPALES EMPRESAS PRODUCTORAS DE

Año de

Cuadro No. 5

Estado, Municipio y Empresa	Toneladas de Mineral Extraídas y Beneficiadas	Leyes Medias				
		Oro grms.	Plata grms.	Plomo %	Cobre %	Zinc %
<b>CHIHUAHUA</b>						
<b>ALDAMA</b>						
Cía. Mra. Nacional, S.A. ....	18,578	...	24	7.53	...	15.94
Unid. Plomosas .....	...	...	...	...	...	...
<b>AQUILES SERDÁN</b>						
Cía Industrial El Potosi, S.A. ....	128,266	...	162	7.48	...	9.30
<b>CHIHUAHUA</b>						
<b>American Smelting &amp; Refining Co. ....</b>						
Unid. Avalos .....	218,290	...	191	10.15	...	11.40
Unid. Avalos .....	...	...	...	...	...	...
<b>HIDALGO DEL PARRAL</b>						
Cía. Mra. Asarco, S.A. (Unid Parral).....	476,070	1.6	129	4.31	0.61	5.92
<b>MANUEL BENAVIDES</b>						
Cía. Mra. Nacional, S.A. ....	139,100	0.2	102	6.80	...	...
<b>SAN FRANCISCO DEL ORO</b>						
San Francisco Mines of Mexico Ltd. ....						
Unid. San Francisco .....	453,900	0.7	139	5.86	0.59	8.99
Unid. Clarines.....	95,357	1.0	151	4.41	0.82	7.82
<b>SANTA BARBARA</b>						
Cía. Mra. Asarco, S.A. ....	360,410	1.0	201	5.03	0.65	7.10
Unid. Santa Bárbara .....	...	...	...	...	...	...
(Incl. Moctzm. y Met.)						
<b>GUERRERO</b>						
<b>TAXCO</b>						
Cía. Mra. de Alarcón, S.A. ....	74,300	0.3	236	4.22	...	9.77
(Incluida Cía. Mra. San Isidro, S.A.) ...	...	...	...	...	...	...
<b>MICHOACAN</b>						
<b>ANGANGUEO</b>						
American Smelting & Refining Co. ....	134,220	0.6	739	1.84	...	1.08
Unid. Anganguero .....	...	...	...	...	...	...
<b>SAN LUIS POTOSI</b>						
<b>CHARCAS</b>						
Cía. Mra. Asarco, S.A. ....	250,950	0.3	205	3.02	0.51	10.63
Unid. Charcas .....	...	...	...	...	...	...
<b>LA PAZ</b>						
Neg. Mra. Santa María de la Paz y Anexas en Matehuala, S.A.....	123,802	2.1	437	1.75	...	2.57
<b>ZACATECAS</b>						
<b>CONCEPCIÓN DEL ORO</b>						
Cía. Mra. de Peñoles, S.A. ....	163,723	0.48	227	8.04	...	15.51
<b>FRESNILLO</b>						
The Fresnillo Co. ....	655,418	0.7	285	3.90	0.54	4.86
<b>TOTALES</b> .....	<b>3,292,384</b>	...	...	...	...	...

OBSERVACIONES: Para hacer una aproximación sobre el PLOMO y ZINC afinados obtenidos, se calculan los

## GONZALEZ REYNA : MEXICO

## PLOMO Y ZINC EN LA REPUBLICA MEXICANA

1947

Cuadro No. 5

Clase	Productos Obtenidos del Beneficio					Destino
	Contenido en Kilogramos					
	Oro	Plata	Plomo	Cobre	Zinc	
Concentrados	...	428	1.259,663	...	2.764,677	Fund. Chihuahua y exporta
	...	...	...	...	...	
Concentrados	...	26,701	9.829,290	...	10.287,852	Fund. Chihuahua y exporta
Concentrados	...	36,016	17.434,704	...	18.494,511	Fund. Chihuahua y exporta
	...	...	...	...	...	
Concentrados	552	50,820	18.352,694	2.492,448	23.891,116	Fund. Chihuahua, Mexican Zinc Co. y exporta
Concentrados	19	11,836	8.520,367	...	...	Fund. Chihuahua
Concentrados	...	...	...	...	...	
Concentrados	188	56,268	24.637,980	2.451,455	34.531,507	Funds. Chihuahua, Torreón y exporta
Concentrados	57	11,148	3.768,836	627,891	5.679,961	
Concentrados	271	55,691	15.158,664	1.493,296	22.809,555	Fund. Chihuahua, Mexican Zinc y exporta
	...	...	...	...	...	
Concentrados	8	14,152	2.710,060	...	7.685,077	Fund. San Luis
	...	...	...	...	...	
Concentrados	66	94,002	1.291,022	...	2.250,699	Funds. Chihuahua, San Luis y Mexican Zinc. Co.
	...	...	...	...	...	
Concentrados	20	43,459	6.530,333	1.109,639	22.070,378	Fund. San Luis y exporta
	...	...	...	...	...	
Concentrados	244	45,413	2.106,368	...	2.705,978	Fund. San Luis y exporta
Concentrados	50	36,703	14.013,083	...	23.774,580	Exporta
Concentrados	287	170,391	24.422,582	3.650,321	28.690,362	Funds. San Luis, Chihuahua y exporta
	1,762	653,028	150.027,646	11.825,050	205.627,253	

descuentos de fundición y afinación.

PART VII : LEAD-ZINC SYMPOSIUM

*Barras de Plomo Auro-Argentífero Producidas por las Fundiciones Centrales Compradoras  
Año de 1947*

Cuadro No. 6

Estado, Municipio y Empresa	Peso Toneladas	Contenido en Kilogramos			
		Oro	Plata	Plomo	Cobre
Coahuila Torreón Cía. Met. de Peñoles, S.A. ....	55,314	2,193	317,418	53,576,329	247,509
Chihuahua Chihuahua American Smelting & Refining Co. ....	99,568	1,597	359,120	98,714,198	...
San Luis Potosí San Luis Potosí Cía. Mra. Asarco, S.A. ....	41,994	796	252,635	41,216,332	...
Totales.....	196,876	4,586	929,173	193,506,859	247,509

*Fundición de grasas.*—En distintas partes de la nación en siglos pasados se explotaron minerales de plomo, fáciles de fundir, procedentes de la zona de oxidación de los criaderos ; al haber fundido esos minerales quedaron tonelajes bastante considerables de grasas, que debido a lo muy imperfecto de los antiguos procesos de fundición, al descargar los hornos y tirar las grasas o escorias, éstas aun contenían un alto porcentaje de plomo, mismo que en la actualidad y gracias a los sistemas modernos de fundición, se ha estado recuperando y ha contribuido a la producción nacional de plomo con miles de toneladas de este metal.

Esta clase de explotaciones se ha venido haciendo en antiguos centros mineros como Zimapán, Hgo. ; Pinal de Amoles, Qro., y Sombrerete y Chalchihuites, Zac. De los lugares mencionados en Zacatecas las grasas se remiten para ser fundidas a otras partes. En Mazapil y Cedros, también en el Estado de Zacatecas, allí mismo se han fundido como unas 300,000 toneladas de grasas. Las grasas de Mazapil contenían, de acuerdo con los análisis hechos : 10.3% de plomo, 1.06% de fierro, 15.70% de cal, 94 gramos de plata por tonelada, y 0.37 gramos de oro, también por tonelada.

En Cedros se han beneficiado unas 135,000 toneladas de grasas con un contenido promedio de : 55.7 gramos de plata por tonelada, 9.1% de plomo, 16.4% de fierro, 17.8% de cal, 30.3% de sílice, 31.09% de insoluble, 0.48% de azufre, y 4.2% de zinc.

*Terreros.*—Como testigos de las grandes explotaciones mineras del tiempo de la colonia, cuando los métodos de beneficiar minerales eran tan imperfectos e ineficientes, quedaron grandes terreros a donde se arrojaba todo el mineral entonces considerado incosteable. Esos terreros, conteniendo minerales de plata con plomo y poco zinc fueron de gran volumen, y gracias a las plantas modernas de beneficio ha sido posible y ventajoso, económicamente, extraer sus valores de plomo, zinc y plata. El tonelaje de terreros que hasta la fecha se ha beneficiado se estima en varios millones.

*Retaques.*—Debido a causas análogas a las encontradas en la antigüedad para tratar los minerales que por incosteables se tiraron a los terreros, se dejaron en el interior de muchas minas, como retakes, minerales conteniendo plomo-argentífero, o plomo-zincífero actualmente de valor económico, que varias compañías y operadores mineros han venido extrayendo.

RESERVAS

Por lo que toca a las reservas plumbo-zincíferas con que cuenta México, éstas se ignoran con precisión. Las grandes empresas han hecho en sus minas, a medida que es indispensable, los desarrollos

necesarios para preparar macizos y reservas suficientes para determinado período de años. En cambio la numerosa mayoría de los pequeños mineros y compañías chicas que operan en corta escala no se preocupan por investigar las reservas de mineral de que en el futuro puedan disponer. Lo anterior se debe a una serie de factores de orden económico que se traducen en costos, y como apenas si cuentan con capitales de operación limitados que solamente alcanzan para cubrir gastos de explotación, no disponen de los fondos indispensables para desarrollos y cálculo de reservas.

*Reservas a la vista.*—Las compañías mineras que operan en grandes escalas conocen sus reservas de mineral bloqueado o a la vista, solamente con unos cuantos años de adelanto puesto que de ninguna manera, como es fácil entender, les sería costeable hacer todas las obras necesarias para conocer de manera definitiva las reservas positivas que tienen dentro de sus propiedades. Se estima que las reservas probadas en las minas de Parral, Santa Bárbara, San Francisco del Oro, Santa Eulalia, San Pedro Corralitos, Plomosas, San Carlos, Naica, Sierra de Almoloya, etc., en Chihuahua; Providencia, San Eligio, Eureka, La Leona, Plateros y Fresnillo, Zac.; Angangueo, Mich.; Zimapán, Hgo.; Taxco, Gro.; Charcas, S.L.P., etc., son suficientes para mantener el ritmo de la producción actual de plomo y zinc de México por muchos años. Además, las leyes de sus minerales no parecen disminuir.

*Reservas probables.*—La cantidad de mineral probable, parcialmente conocido en los centros mineros antes citados, y en los de Bismark, Las Adargas, Los Lamentos, Cuchillo Parado, Casas Grandes, en el Estado de Chihuahua; en Santa Rosa, Nieves, Río Grande, Chalchihuites, La Blanca, El Bote, etc., en el Estado de Zacatecas; en Xichú, Gto.; El Doctor, Qro.; Matehuala, S.L.P.; Minas Viejas y La Mitra, N.L.; Zacualpan, Méx.; Taviche, Oax., etc., son consideradas como de gran importancia tanto por su volumen como por el promedio de sus contenidos metálicos en plomo y zinc con leyes de plata y oro, así como por el cobre que contienen dichos minerales.

*Reservas posibles.*—Nunca se ha intentado, que sepamos, hacer la estimación de cuáles cantidades puedan considerarse como reservas posibles de minerales plomo-zincíferos en el país. Son una infinidad las minas de esos metales que en pequeña escala se trabajan en las sierras aisladas, por mineros que disponen de poco capital y que en consecuencia se concretan tan sólo a ir explotando los yacimientos metalíferos de su propiedad siguiendo las zonas mineralizadas, donde se encuentran los clavos más ricos, pero sin hacer las obras de exploración necesarias para apreciar, aunque fuera aproximadamente, las reservas con que pueda contarse.

Dentro de la categoría que se trata pueden incluirse, entre muchas, minas o centros mineros como los siguientes, que son los más conocidos. En Sonora:—Sahuaripa y Baroyeca; en Chihuahua: Sabinal, Milpillas, Uruachic, Urique, Balleza y Cieneguita; en Coahuila:—Santa Elena y Jimulco; en Durango: Topia, Pánuco y Huasamota; en Zacatecas: Mezquital; en Jalisco: Zonas de Mascota, Pihuamo y Ahuijullo; en Querétaro: zonas de El Doctor, Pinal de Amoles y Tolimán; en Oaxaca: regiones de Tlaxiaco, Teojomulco, Sola de Vega, Lachiguri y Taviche.

Muchas de las minas cuyas reservas se desconocen y de las que únicamente se sabe que guardan una mineralización rica y abundante, se convierten en productoras cuando los precios del plomo y el zinc son lo suficientemente altos para garantizar una explotación ventajosa, que permita obtener algunas ganancias.

*Otras reservas y zonas por explorar.*—Por lo ya dicho, de acuerdo con las evidencias que la experiencia nos ha proporcionado en las minas de plomo y zinc de México, llegamos a la conclusión de que nuestras reservas de esos metales para el porvenir no solamente se encuentran en lo que hasta la fecha conocemos. Seguramente las minas que en la actualidad se explotan continuarán rindiendo frutos por muchos años, pero además de esas reservas hay que considerar las reservas potenciales que se encuentran representadas por los grandes tonelajes de marmatita en el caso del zinc, y que por hoy su tratamiento metalúrgico entraña un problema que no hace deseable esa clase de minerales. Como zonas típicas de estos yacimientos pueden citarse las de Pánuco y San Roberto, en Zac.

No son pocas las minas de plomo y zinc localizadas en lugares lejanos de las grandes sierras o

de las zonas semi-desérticas del norte de México, que no es posible trabajar, pues hasta esos lugares aun no se dispone de las facilidades de acceso necesarias y la carencia de agua y madera en el desierto, y la falta de plantas de beneficio cercanas que abarataran los costos de fletes, hacen incosteable su explotación por ahora, no obstante que sus criaderos prometen por lo poco que de ellos se conoce, ser buenos productores, ya que sólo existen pequeñas obras mineras que tuvieron que abandonarse por incosteabilidad al tener sus dueños que enfrentarse a problemas como los ya citados.

Las riquezas potenciales de plomo y zinc de México se han estimado que son considerables, y para su descubrimiento, creemos que las investigaciones geológico-mineras deben efectuarse de preferencia en el norte del país para localizar yacimientos típicos de la primera provincia metalogenética. Las exploraciones en las sierras Madre Occidental y en la del Sur, pondrán de manifiesto criaderos en forma de vetas, bolsones y boleos, correspondientes a la segunda provincia metalogenética.

## DISCUSSION

IVAN F. WILSON said that he would like to congratulate Dr. González Reyna for this interesting paper, which illustrates his wide knowledge of the various mining districts of Mexico. He asked which regions of that country he considered most favourable for the discovery of new deposits of lead and zinc by means of detailed geologic investigations.

J. GONZALEZ REYNA. (Reply to discussion). The best possibilities for the probable discovery of new ore deposits of lead and zinc are in northern Mexico, and along the Western Sierra Madre. The new discoveries in most cases will be the result of detailed geological studies and field exploration work.