

JASPEROIDE—GUÍA POSIBLE EN LA EXPLORACIÓN MINERA, MESA CENTRAL, MÉXICO

Guillermo Labarthe-Hernández¹,
Luis S. Jiménez-López¹ y
José Luis Motilla-Moreno²

RESUMEN

Dentro de la evolución geológica del Altiplano Central de México, destaca una serie de cuerpos de jasperoide con alineación general de N franco a N20°E, asociados con intrusivos del Terciario, que se alojaron en las fracturas de cizallamiento causadas por la compresión laramídica. Las masas de jasperoide consisten en un reemplazo de la roca encajonante por una sucesión de emanaciones de sílice, de colores predominantemente oscuros, aun cuando en ocasiones presentan manchones más claros. Casi todos están cruzados por numerosas vetillas de cuarzo lechoso y cuentan con frecuentes cavidades con depósito de sílice y óxidos de hierro en fase de vapor. Aisladamente, tienen también vetillas y cavidades rellenas de calcita, óxidos de manganeso y barita. Debido a que la formación del jasperoide es producto de un proceso de mineralización hidrotermal, se considera que la fuente proveedora de sílice y de minerales económicos, en su caso, sea la cúpula del intrusivo del Socorro, por su asociación espacial con el mismo. En numerosos distritos mineros, es notable la relación del jasperoide con cuerpos minerales como en Real de Angeles, Villa de Ramos y la Montaña de Manganeso, en Santo Domingo, Estado de San Luis Potosí. No todos los cuerpos de jasperoide son favorables como guías para la exploración; sin embargo, el color, la textura, la presencia de cavidades y las brechas ayudan a discriminar, en forma inmediata, los cuerpos favorables. Los análisis químicos de los elementos indicio, y su correlación con la geología de la zona, proporcionan los argumentos para una definición mejor de los blancos de exploración. Fueron analizadas 102 muestras por Au, As, Sb, Hg y Zn, habiéndose escogido 44, correspondientes a lugares clave, cuyos datos fueron puestos en gráficas y comparados con los de muestras de los depósitos conocidos de Nueva Zelanda, Nevada y Tayoltita. Los resultados de esta comparación permiten inferir que el Au que pudiera haber en la Mesa Central esté asociado con depósitos de tipo *skarn* como productos distales.

Palabras clave: yacimientos minerales, geoquímica, jasperoide, Mesa Central, México.

ABSTRACT

In the Central Mexico Plateau, there are several jasperoids with a general trend from N to N 20° E, spatially associated to Tertiary intrusives, which were controlled by shear fractures caused by Laramide compression. The jasperoids, usually in dark colors, are masses of silica that replaced marine Cretaceous rocks and, in some cases, Tertiary volcanic rocks. They are crossed by many veinlets of milky quartz and frequently have cavities filled with silica and iron oxide vapor-phase deposits. Sometimes they have veinlets and cavities filled with calcite, manganese oxides and barite. The Socorro intrusive, one of the main multiple intrusions in the area, could be the responsible for the silica and the economic mineral solutions. In several mining districts, there is a close relationship between jasperoids and ore deposits, like Real de Angeles, Villa de Ramos and Montaña de Manganeso. Not all jasperoids are favorable as guides for exploration, but color, texture, brecciation, and vapor-phase deposits can help to make a discrimination of the favorable ones. Their content of certain elements associated with the economic minerals and its correlation with geology, could define better the exploration targets. In this paper, 102 samples were assayed for Au, As, Sb, Hg and Zn, of which 44 were chosen from key places for comparison with known samples from deposits in New Zealand, Nevada and Tayoltita. This comparison makes it possible to infer that Au in Mesa Central would be distal products associated to *skarn* deposits.

Key words: ore deposits, geochemistry, jasperoid, Mesa Central, Mexico.

INTRODUCCIÓN

El término jasperoide fue introducido en la literatura por Spurr (1898), quien escribió: "El jasperoide puede ser definido como una roca constituida esencialmente por sílice criptocristalina, calcedónica o fenocristalina, que ha sido formada por el reemplazo de algún otro material, ordinariamente calcita o dolomita. Este jasperoide puede ser blanco o en varios tonos de rojo, gris, café o negro, resultando los colores de las diferentes formas de hierro en proporciones variables". Lovering (1972) llegó a la conclusión de que "hay un consenso general en dos puntos: (1)

que el jasperoide está compuesto predominantemente por sílice, que en la mayoría de los casos está en forma de cuarzo afanítico o de grano fino; y (2) que el jasperoide se forma por reemplazo de la roca huésped", restringiendo el uso del término jasperoide a la definición original de Spurr (*op. cit.*), significando "un reemplazo silíceo epigenético de una roca previamente litificada. Así definido, el término excluye formas de sílice singenética como el pedernal primario y la novaculita".

ASPECTOS GEOLÓGICOS

LITOLOGÍA

Los cuerpos de jasperoide de la Mesa Central están alojados en fracturas y consisten en un reemplazo de la roca encajo-

¹Instituto de Geología, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Av. Dr. Manuel Nava 5, San Luis Potosí, S.L.P.

²Minera Miquihuana, S.A.

nante, ya sea sedimentaria marina o ígnea, por una sucesión de emanaciones de sílice, produciendo masas de sílice criptocristalina en forma semejante a la de un hongo y en colores predominantemente oscuros como marrón, gris oscuro, rojizo o negro, aunque con cierta frecuencia tienen manchones de color más claro, como rosa, gris claro, crema, amarillo o verde.

Casi todas las masas de jaseroide están cruzadas por vetillas numerosas de cuarzo blanco lechoso y presentan frecuentemente cavidades con depósitos de fase de vapor, que consisten en sílice y óxidos de hierro. Además, muchas de las fracturas están rellenas por óxidos de hierro; en ocasiones, tienen también vetillas y cavidades rellenas de calcita, óxidos de manganeso y barita. En uno de los cuerpos de jaseroide se observó un reemplazo de la roca por rodocrosita; en algunos otros de ellos se aprecia muy bien el reemplazo de la roca sedimentaria encajonante, conservándose su estratificación; no obstante, cuando la silicificación fue muy intensa, se perdieron totalmente las características originales de la roca, presentándose el conjunto como riscos irregulares que sobresalen del terreno.

Lateralmente, de estas zonas jasperizadas completamente, se pasa sólo a horizontes delgados de pedernal negro brillante en la caliza, que más lejos desaparecen y pueden confundirse con pedernal singenético. Con cierta frecuencia, abajo y lateralmente al jaseroide, la roca encajonante se encuentra argilizada total o parcialmente, y en ocasiones está cloritizada ligeramente.

Aparecen, además, cuerpos silíceos tabulares y vetillas que consisten en cuarzo blanco lechoso, de grano más grueso con frecuentes cavidades, con vetas de calcita hasta de 2 m de espesor y vetillas aisladas de óxidos de hierro. Estos cuerpos llegan a tener hasta 2 km de longitud, con espesores que varían entre 2 y 20 m, y en algunos casos hasta de 50 m de anchura. Se considera que estos cuerpos y vetillas representen la última etapa de la formación del jaseroide.

RELACIONES ESTRATIGRÁFICAS

Los cuerpos de jaseroide están reemplazando a las formaciones Tamaulipas, Cuesta del Cura, Indidura y, en menor grado, Caracol. Además, existen algunas zonas aisladas de jaseroide blanco a crema, en las cuales se observa fenocristales aislados de cuarzo anhedral a subhedral en la pasta de sílice criptocristalina. Se cree que este tipo de jaseroide con fenocristales de cuarzo se deba a que el reemplazo sea de alguna unidad riolítica del Oligoceno, ya que en otras áreas del campo volcánico de San Luis (Labarthe-Hernández *et al.*, 1982), la silicificación de rocas riolíticas es muy similar.

EDAD

La edad de los cuerpos de jaseroide de la Mesa Central se deduce por la de la roca reemplazada y también por capas de conglomerado que tienen fragmentos de ellos y de las cuales se conoce su posición dentro de la columna estratigráfica.

Por una parte, en la porción septentrional del Estado de San Luis Potosí (Labarthe-Hernández y Jiménez-López, 1991) existe un conglomerado con fragmentos de jaseroide, sobre el cual descansa una ignimbrita y un derrame lávico riolíticos de 32.7 ± 1.6 y 30.2 ± 1.5 Ma, respectivamente—determinación de K/Ar de roca completa—lo cual da a ese jaseroide una edad mayor que 32.7 Ma. Por otra parte, si los cuerpos de jaseroide con cuarzo anhedral corresponden a reemplazo de rocas volcánicas del Oligoceno (~30 Ma), entonces estos otros cuerpos serán más jóvenes que esta edad.

ORIGEN

Debido a que la formación del jaseroide es causada por un proceso hidrotermal, las teorías de su génesis deben satisfacer los siguientes requerimientos:

1. Una fuente proveedora de sílice.
2. Fluidos, capaces de disolver y transportar sílice a su lugar de depósito, que permitan el reemplazo de la roca encajonante.
3. Velocidades de reacción en este lugar de depósito, de manera que la velocidad de reemplazo sea igual o un poco más rápida que la de la precipitación de la sílice, proveniente de su fuente.

En la cartografía geológica de escala 1:50,000, de las hojas Salinas y Villa de Ramos (Labarthe-Hernández y Aguillón Robles, 1986), se observa una asociación espacial de las masas de jaseroide con la cúpula del intrusivo del Socorro. Lo anterior sugiere una asociación genética, y supone que soluciones residuales ricas en sílice, provenientes de las etapas últimas de la intrusión múltiple, hayan emigrado a través de las fracturas de la porción superior del intrusivo, reemplazando a las rocas sedimentarias marinas.

GEOLOGÍA ECONÓMICA

En diversos distritos mineros, y en nuestro caso en Real de Ángeles, Zac., y Villa de Ramos y la Montaña de Manganeso en Santo Domingo, S.L.P., muy conocidos en el medio minero, las masas de jaseroide están relacionadas espacialmente con cuerpos minerales, tanto de reemplazo como de relleno de fracturas.

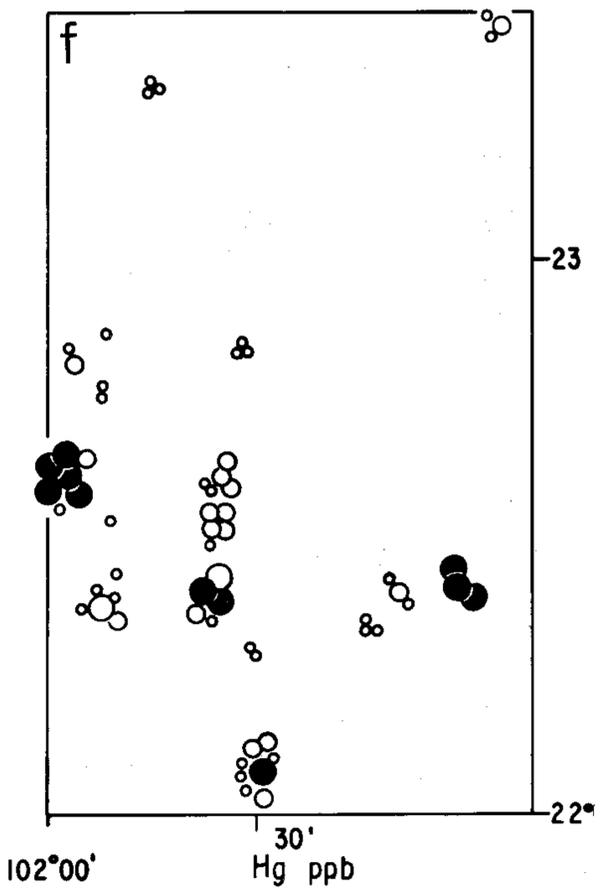
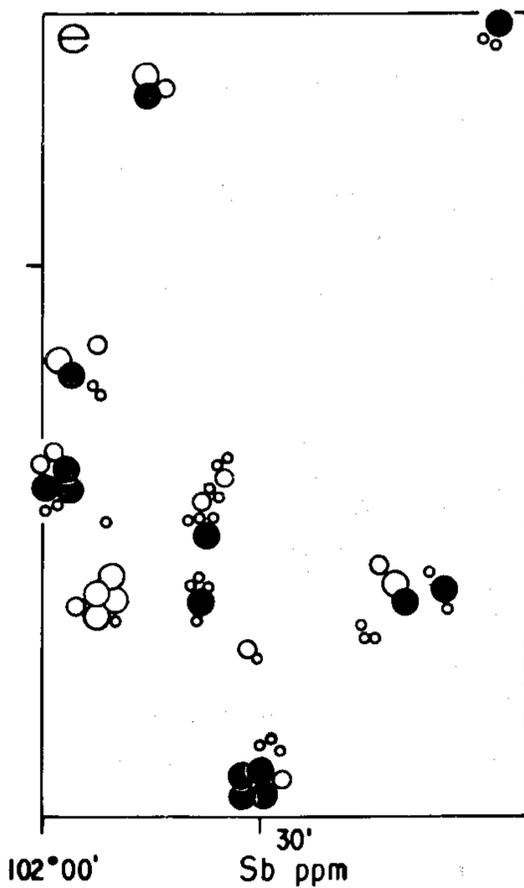
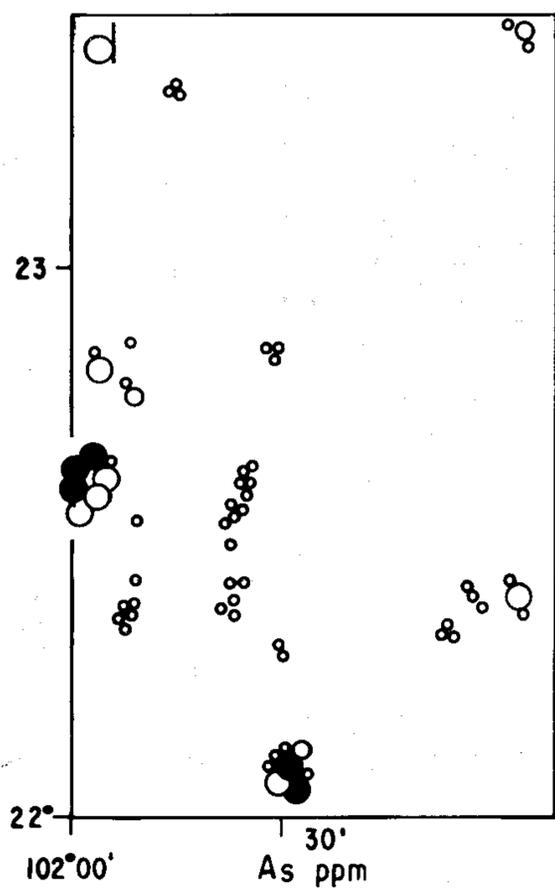
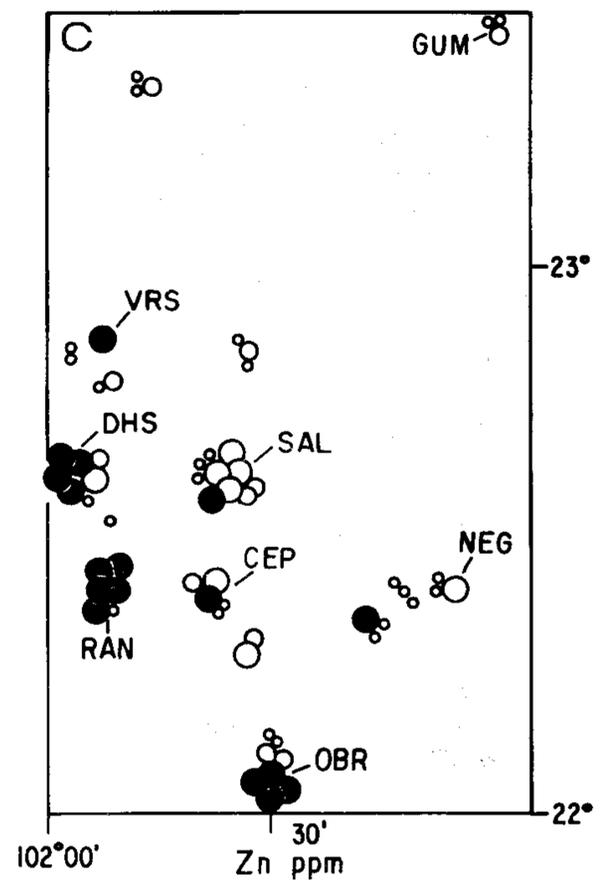
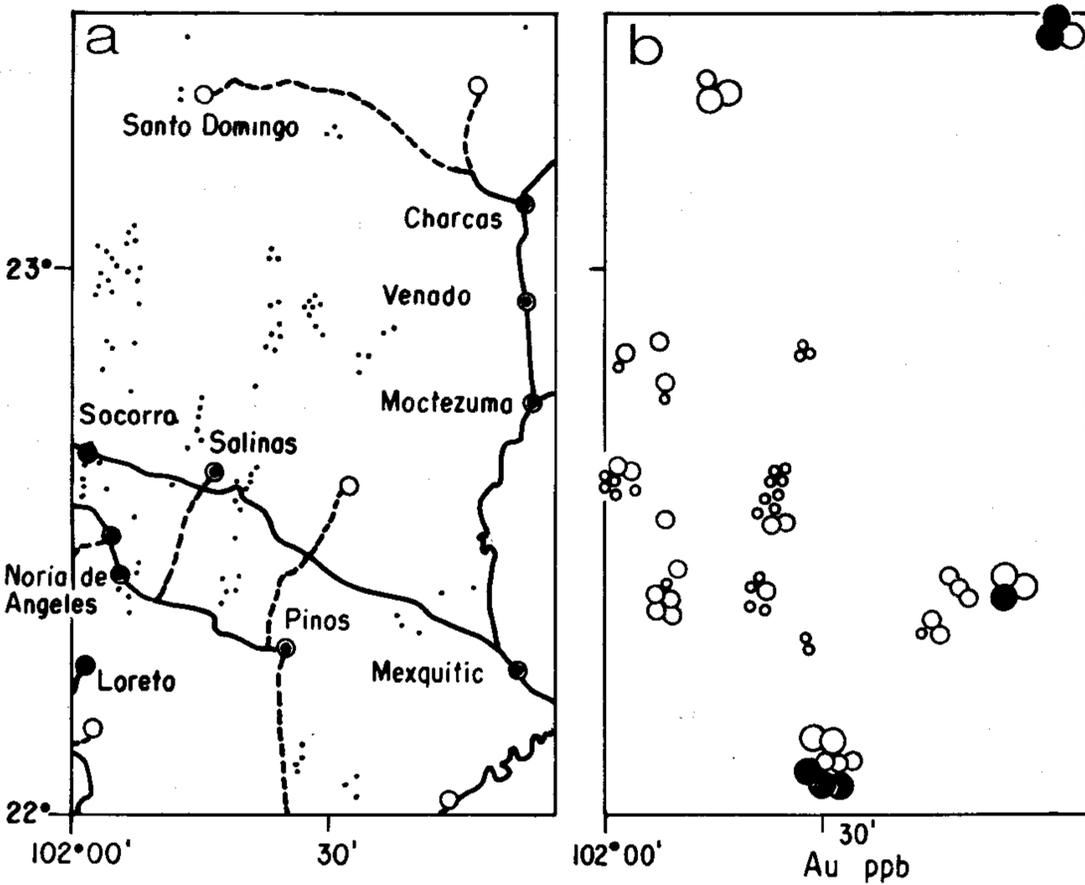
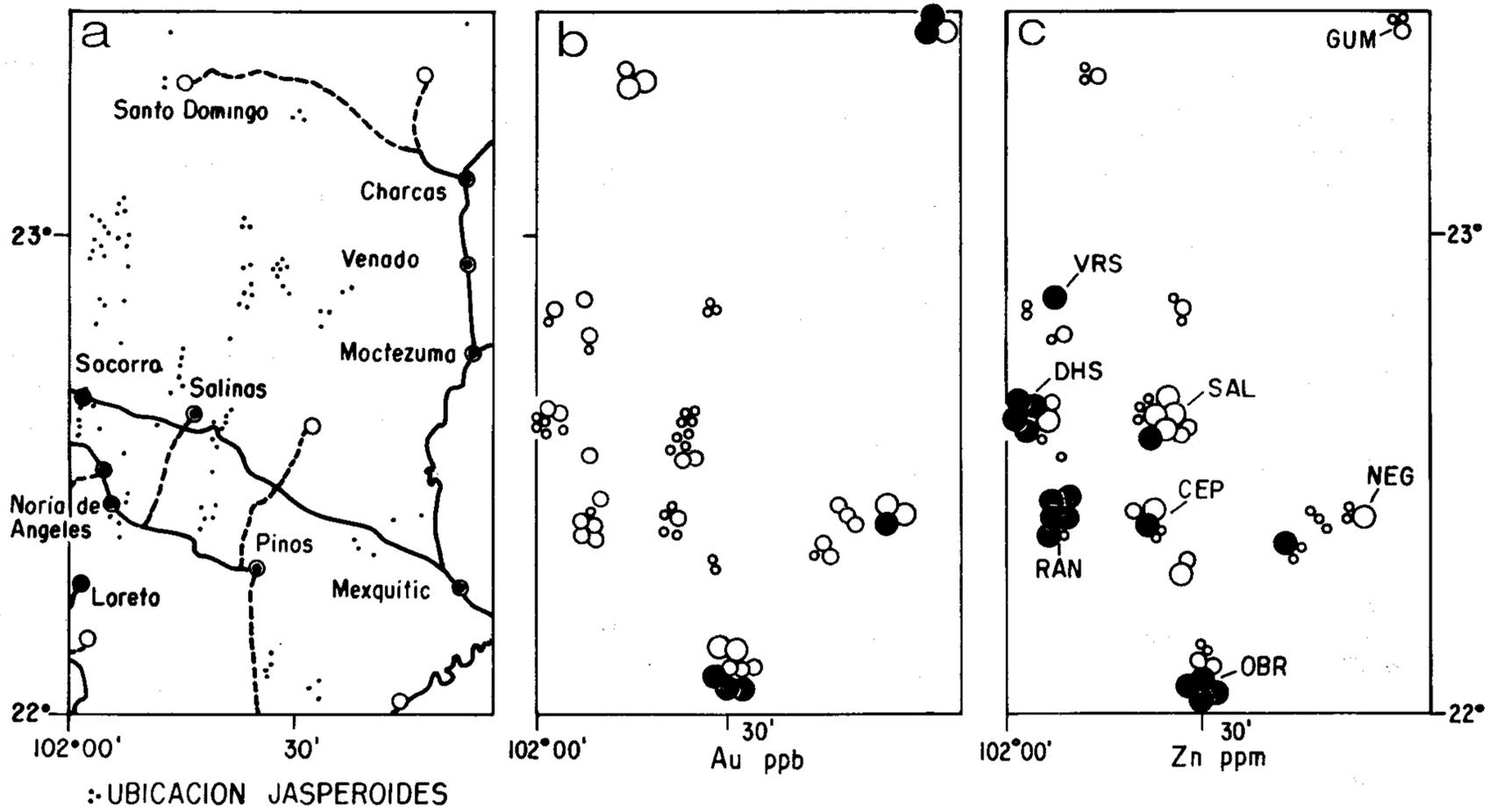
El proceso hidrotermal es pulsante, sellando, fracturando y/o brechando varias veces, debido a diferentes generaciones de soluciones mineralizantes, que reemplazaron a la roca encajonante o se depositaron en espacios abiertos, según su temperatura y presión. Debido a que el jaseroide es resultado de una etapa de este proceso, se convierte en un buen indicador de la mineralización.

No todos los cuerpos de jaseroide son favorables como guías de exploración, dado que en algunos casos las soluciones fueron estériles; en otros, no las hubo en cantidad suficiente para dar salida a los residuos que mineralizan con sulfuros; en otros más, el evento hidrotermal fue incompleto por su cercanía a la superficie. Por otra parte, el grado de meteorización y de erosión puede enmascarar y dificultar la interpretación como indicadores de la mineralización.

Asimismo, el color, la textura, la presencia de cavidades, el brechamiento, el bandeamiento y, en general, los signos propios de un hidrotermalismo muy activo y en varias etapas, ayudan a diferenciar de primera mano los cuerpos de jaseroide favorables de los que no lo son. Los análisis químicos de elementos indicio como Au, Ag, As, Sb, Hg, Zn y Tl, su correlación con la geología de la zona y el control estructural posible, cuando menos ayudarán a tener más elementos para interpretar con mayor certidumbre la existencia de un depósito mineral.

CARACTERÍSTICAS GEOQUÍMICAS

Dentro del programa de cartografía geológica 1:50,000, que el Instituto de Geología y Metalurgia de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí ha venido desarrollando, se cartografió una serie de afloramientos de cuerpos de jaseroide en la Mesa Central (Figura 1, a), con alineación general de N franco a N20°E, asociados con intrusivos del Terciario, que se alojaron en las fracturas y/o fallas de cizallamiento causadas por la compresión laramídica. Un total de 102 muestras fue analizado por Au, Zn, As, Sb y Hg (Figura 1, b-f). Con el propósito de conocer el



Explicación	Au	Zn	As	Sb	Hg
○	< 100	< 100	< 100	< 20	< 400
○	100 - 200	100 - 200	100 - 200	20 - 30	400 - 800
○	201 - 300	201 - 300	201 - 400	31 - 40	801 - 1200
●	> 300	> 300	> 400	> 40	> 1200

Figura 1.- Mapas de análisis geoquímico por Au, Zn, As, Sb y Hg en cuerpos de jasperoide de la Mesa Central. a—Mapa de localización de las muestras; b—Au; c—Zn; d—As; e—Sb; f—Hg. GUM—Gumaro; RAN—Real de Ángeles; OBR—El Obraje; CEP—Cerro Prieto; NEG—El Negro.

comportamiento y la distribución de estos elementos, fueron procesadas gráficas logarítmicas (\ln) de elemento contra elemento, elemento contra cociente de dos elementos, y cociente de dos elementos contra cociente de dos elementos; esto último para forzar la separación de dos elementos de un tercero (Figura 2). Con el objetivo de tener parámetros de comparación, se hizo la elaboración de diagramas triangulares (Figura 3) con datos de los depósitos de Carlin, Nevada (CAR); de fuentes activas geotérmicas de Nueva Zelanda (NZE) y de Steamboat, Nevada (NEV); y de vetas de cuarzo y calcita de Tayoltita, Durango (TAY). Se utilizó la información de estos lugares por ser muy conocidos en la literatura y por representar sistemas hidrotermales con condiciones diferentes de ambiente geológico y origen.

Para las gráficas, fueron utilizadas 44 muestras de sitios en explotación, como Real de Ángeles (RAN) y Gumaro (GUM); así como prospectos que a juicio de los autores reflejan las características generales de los cuerpos de jaseroide de la zona, como El Obraje (OBR), Cerro Prieto (CEP) y El Negro (NEG) [Tabla 1].

La Tabla 2 muestra los valores de la media (\bar{x}), desviación estándar (STD), y *threshold* (THR) en los cuerpos de jaseroide de la Mesa Central; n es el número de datos implicados.

La Tabla 3 muestra la media (\bar{x}) del Au en ppb y de cada uno de los otros elementos en ppm, para cada lugar.

INTERPRETACIÓN DE LAS FIGURAS

El As, Sb y Hg son elementos volátiles que acompañan al Au en depósitos comerciales de gran volumen, como los que hay en Nevada y Nueva Zelanda.

NEV Y NZE son fuentes termales activas con valores comerciales de Au. TAY es un sistema geotérmico fósil, repre-

sentado por vetas de cuarzo y calcita. NEV, NZE y CAR muestran una concentración de volátiles alta (As, Sb y Hg) respecto a la de TAY y MCE. Esta separación fuerte se indica en algunas gráficas (Figura 2). Los valores anómalos de los volátiles en el jaseroide MCE (Figura 1, d-f) reflejan la misma zona, relativamente alta en Zn (Figura 1, c). Estos datos sugieren que la procedencia de As, Sb y Hg sea de la fase de vapor de sulfuros base en zonas profundas. El Au disseminado que se pudiera localizar en MCE estaría asociado genéticamente con depósitos de tipo *skarn*. Sillitoe y Bonham (1990) hacen una descripción de los depósitos de Au alojados en rocas sedimentarias, como productos distales de sistemas magmáticos hidrotermales.

De acuerdo con la última tabla, donde se presenta la media (\bar{x}) de cada uno de los elementos, el Zn es el que se mantiene uniforme en todos los depósitos; en cambio, hay una marcada y fuerte diferencia en los volátiles (As, Sb y Hg). Al parecer, el Au aumenta cuando éstos también lo hacen. La mina de McLaughlin, que produjo entre 70,000 y 80,000 frascos de Hg en el período 1860-1978, es ahora una mina de Au con más de 3 millones de onzas de este metal (Lehrman, 1986). Es posible, también, que los distritos explotados por muchos años por Sb, en la Mesa Central, sean prospectos para Au. No obstante, es claro que estos resultados estadísticos no son los únicos factores determinantes para catalogar a los depósitos de Au comercial; sin embargo, las muestras de estibinita en el Cerro del Calvo reportan 2 g/t de Au. El Negro (NEG) y Cerro Prieto (CEP) son prospectos con posibilidades de Au (Figura 2, b). La mina de Gumaro representó un clavo mineral pequeño en veta, de 150,000 ton con 20-30 g/t de Au.

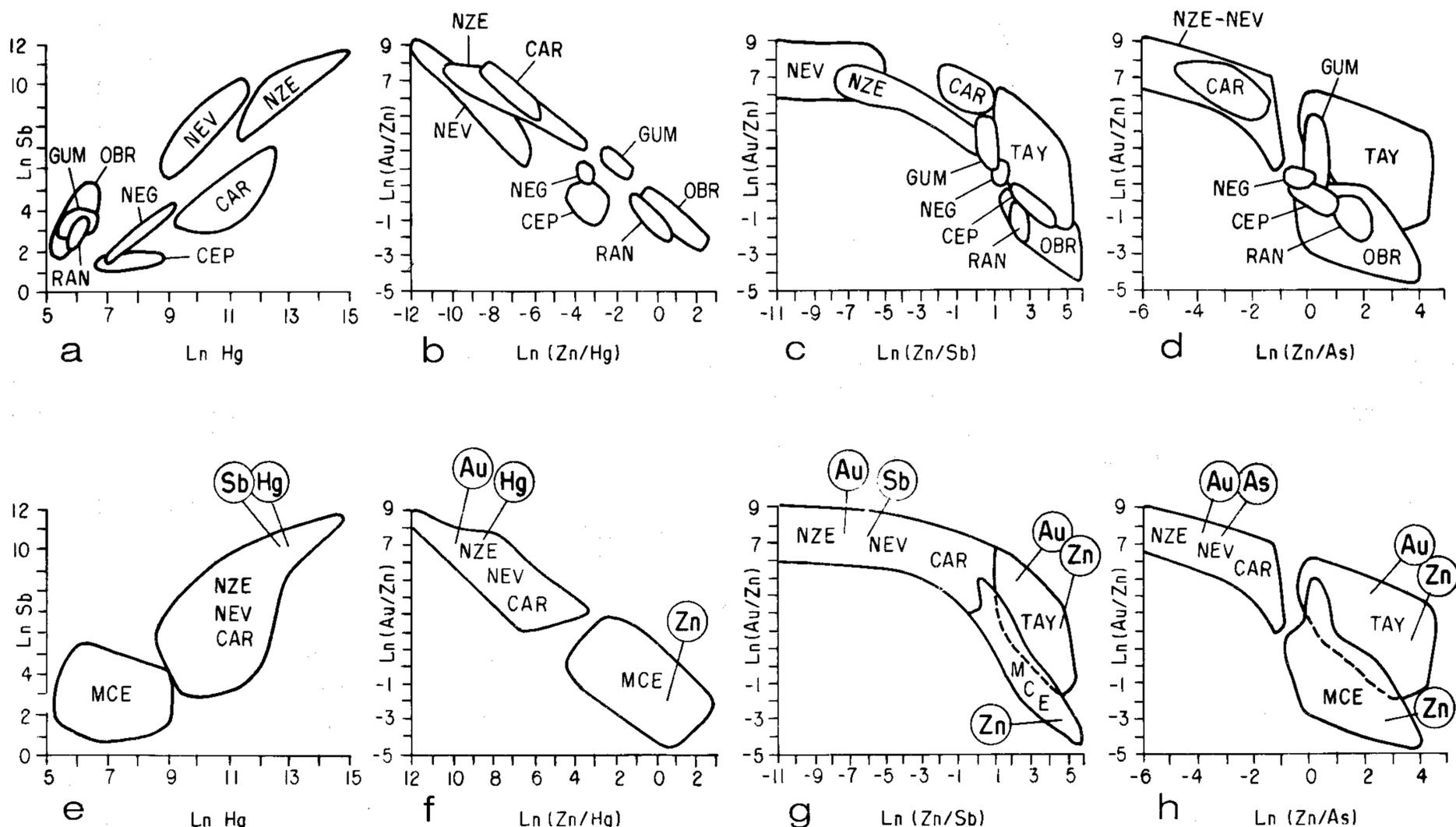


Figura 2.- Gráficas logarítmicas (\ln) de elementos y cocientes de elementos en las que se compara los depósitos de la Mesa Central con localidades típicas. a—Sb-Hg; b—(Au/Zn)-(Zn/Hg); c—(Au/Zn)-(Zn/Sb); d—(Au/Zn)-(Zn/As); e—Sb-Hg; f—(Au/Zn)-(Zn/Hg); g—(Au/Zn)-(Zn/Sb); h—(Au/Zn)-(Zn/As). GUM—Gumaro; RAN—Real de Ángeles; OBR—El Obraje; CEP—Cerro Prieto; NEG—El Negro; NEV—Nevada; NZE—Nueva Zelanda; CAR—Carlin, Nevada; TAY—Tayoltita, Durango; MCE—Mesa Central.

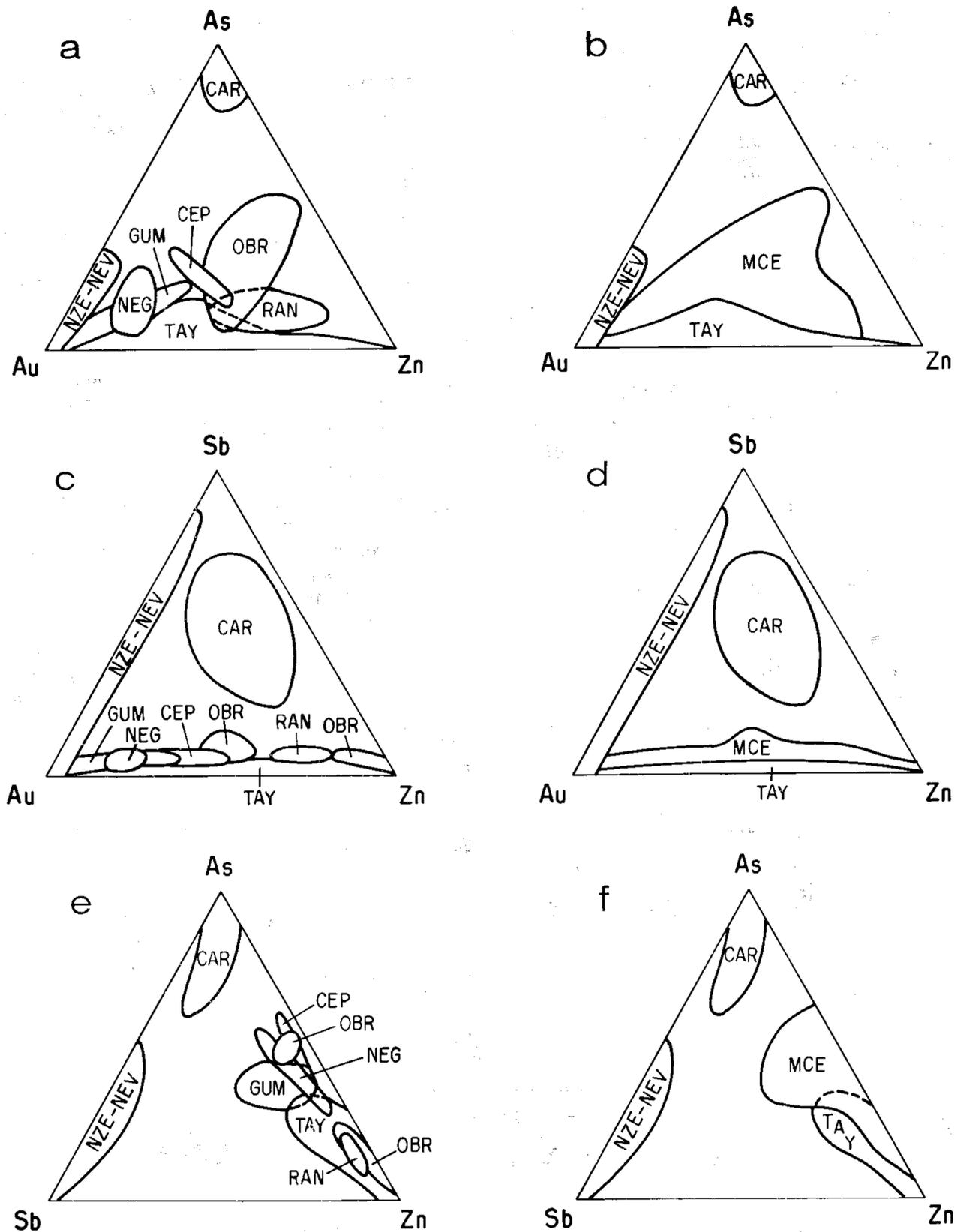


Figura 3.- Diagramas triangulares de elementos en los que se compara a los depósitos de la Mesa Central con los de localidades típicas. Misma explicación que en la Figura 2.

CONCLUSIONES

Dentro de la Mesa Central, se observa una orientación de los cuerpos de jaseroide definida en franjas con un rumbo de N

Tabla 1.- Localidades de la Mesa Central y lugares de comparación.

Clave	Lugar	Muestras
GUM	Gumaro	6
RAN	Real de Ángeles	5
OBR	El Obraje	16
CEP	Cerro Prieto	14
NEG	El Negro	3
LUGARES DE COMPARACIÓN		
NEV	Nevada	4
NZE	Nueva Zelanda	6
CAR	Carlin, Nevada	8
TAY	Tayoltita, Durango	72

franco a N20°E, que coincide con la de las fracturas de cizallamiento producidas por la compresión laramíca. La mayoría reemplaza a las rocas calcáreas de las Formaciones Tamaulipas, Cuesta del Cura, Indidura y, en menor grado, a las lutitas y areniscas de la Formación Caracol. También reemplazan a rocas volcánicas del Oligoceno, como en El Negro y el Cerro del Buen Suceso, este último al sur del poblado del Socorro; no obstante, se trata de dos etapas diferentes de hidrotermalismo, las cuales

Tabla 2.- Datos estadísticos de los análisis químicos.

Elemento	n	x	STD	THR
Au (ppb)	102	143	79	222
Zn (ppm)	99	148	172	320
Sb (ppm)	103	21	19	40
As (ppm)	100	55	78	133
Hg (ppb)	98	499	575	1074

Tabla 3.- Análisis químico de los lugares de comparación.

Depósito	Au	Zn	Sb	As	Hg
NZE	45	68	65,500	7,160	170
NEV	15	100	5,570	346	54
CAR	9	105	173	888	85
TAY	6	104	2	10	SE*
MCE	0.1	148	21	55	0.5

*SE = sin ensaye

se tiene documentadas en edad, ya que existe un conglomerado—conglomerado Zaragoza— (Labarthe-Hernández y Jiménez, 1991) con fragmentos de jasperoide, sobre el cual yacen rocas volcánicas con edades de 32.7 y 30.2 Ma. La otra reemplaza, en El Negro, a la Ignimbrita Ahualulco, de 30.6 Ma (Labarthe-Hernández *et al.*, 1982), y a otras rocas volcánicas del paquete oligocénico.

La distribución geoquímica de los elementos analizados muestra anomalías de Au y Sb en El Obraje, El Negro y Gumaro (Figura 1, b, e). Por otra parte, El Obraje es anómalo en todos los elementos (Figura 1, b-f); respecto al Zn, éste es anómalo en la porción sudoccidental del área (Figura 1, c). NEV, NZE y CAR muestran una alta concentración de volátiles (As, Sb y Hg), en relación con los de TAY y MCE (Figura 2). Se considera que el Au diseminado que pudiera existir en MCE esté asociado genéticamente con depósitos de tipo *skarn*, como productos distales intermedios de sistemas magmáticos hidrotermales, con una proporción relativamente alta en Zn (Figura 1, c).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Labarthe-Hernández, Guillermo; Tristán-González, Margarito; y Aranda-Gómez, J.J., 1982, Revisión estratigráfica del Cenozoico de la parte central del Edo. de San Luis Potosí: Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Instituto de Geología y Metalurgia, Folleto técnico 85, 208 p.
- Labarthe-Hernández, Guillermo, y Aguillón-Robles, Alfredo, 1986, Cartografía geológica 1:50,000, Hojas Salinas y Villa de Ramos, Edos. de San Luis Potosí y Zacatecas: Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Instituto de Geología y Metalurgia, Folleto técnico 106, 56 p.
- Labarthe-Hernández, Guillermo, y Jiménez-López, L.S., 1991, Jasperoides en el Altiplano Potosino: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología; Universidad Autónoma de Hidalgo, Instituto de Investigación en Ciencias de la Tierra; Sociedad Mexicana de Mineralogía; y Secretaría de Educación Pública, Subsecretaría de Educación Superior e Investigación Científica, Convención sobre la evolución geológica de México, y Congreso Mexicano de Mineralogía, 1, Pachuca, Hidalgo, México, Memoria, p. 83 (resumen).
- Lehrman, N.J., 1986, The McLaughlin Mine, Napa and Yolo counties, California, *in* Tingley, J.V., y Bonham, H.F., Jr., eds., Precious-metal mineralization in hot springs systems, Nevada-California: Nevada Bureau of Mines and Geology, Report 41, p. 85-89.
- Lovering, T.G., 1972, Jasperoid in the United States—its characteristics, origin, and economic significance: U.S. Geological Survey Professional Paper 710, 164 p.
- Sillitoe, R.H., y Bonham, H.F., Jr., 1990, Sediment-hosted gold deposits—distal products of magmatic-hydrothermal systems: *Geology*, v. 18, p. 157-161.
- Spurr, J.E., 1898, Geology of the Aspen mining district, Colorado: U.S. Geological Survey Monograph 31, v. 35, 260 p., atlas.

Manuscrito presentado: 15 de enero de 1992.

Manuscrito corregido devuelto por el autor: 21 de octubre de 1992.

Manuscrito aceptado: 6 de noviembre de 1992.