

mente se determinan fondos, umbrales y anomalías a estos datos sin un previo tratamiento estadístico (Fig. 3). En el presente trabajo se sugiere un estudio preliminar (correlaciones lineales múltiples) de los datos geoquímicos, con antelación a la determinación de las llamadas anomalías. Este estudio preliminar es tendiente a la determinación de un modelo de regresión a partir del cual se obtengan aquellos valores no afectados por parámetros diferentes a la mineralización y, por ende, realmente significativos para la localización de zonas geoquímicamente anómalas. De la misma forma, se sugiere la determinación de tantas variables como sea posible en las muestras estudiadas para el logro de un modelo más adaptado a la realidad geoquímica.

Los residuos producidos por la regresión constituyen un valioso índice para la delimitación de zonas anómalas durante las labores de prospección, así como también contribuyen a dilucidar las interrelaciones existentes entre la propiedad o parámetros geoquímicos determinados.

BIBLIOGRAFIA

- DAVIS, JOHN C. (1973) *Statistics and Data Analysis in Geology*, John Wiley & Sons, Inc. New York, 550 p.
- SINCLAIR, A. J. (1974) "Selection of threshold values in Geochemical Data using probability graphs". *Jour. Geochem. Explor.*, 3:129-149.

TABLA 1

Muestra	Cu _o ppm Cu	% hid. Fe	Cu _r ppm Cu	Cu _o - Cu _r
1	11	2,4	24	-13
2	16	4,3	41	-25
3	96	15,5	139	-43
4	115	9,7	88	+27
5	93	6,1	57	+36
6	88	6,2	58	+30
7	17	3,2	31	-14
8	110	12,5	113	-3
9	123	14,0	126	-3
10	40	5,5	51	-11
11	95	9,4	86	+9
12	98	6,5	60	+38
13	17	4,5	43	-26
14	20	3,5	34	-14
15	128	15,0	135	-7
16	84	7,0	65	+19
17	29	4,5	42	-13
18	37	5,2	49	-12
19	45	3,6	35	+10
20	32	4,7	45	-13
21	114	8,4	77	+37
22	15	3,0	30	-15
23	48	6,2	58	-10
24	67	6,3	58	+9
25	50	4,0	38	+12
26	37	5,1	48	-11
27	10	2,4	24	-14
28	96	11,0	100	-4
29	41	5,8	54	-13
30	65	5,2	49	+16

Cu_o = ppm de Cu observada. % hid. Fe = % hidróxido de Fe
 Cu_r = ppm de Cu según regresión.
 Cu = 61; s = 38; umbral = 99.

LAS FUENTES TERMALES DE CHICHIRIVICHE, DISTRITO FEDERAL

Por Franco Urbani P.

Escuela de Geología y Minas, UCV.
Apartado 47.351, Caracas 1041-A

(Recibido en septiembre de 1979)

RESUMEN

Se presenta una descripción de las manifestaciones geotérmicas del río Chichiriviche, Distrito Federal. Una fuente es natural y otra emana a través de una perforación. La temperatura máxima medida es de 73°C. Los geotermómetros geoquímicos señalan las siguientes temperaturas: SiO₂ = 100°C, Na-K-Ca = 190°C. Estas fuentes pueden ser apropiadas para el desarrollo de balnearios termales.

ABSTRACT

This is a descriptive note on the geothermal phenomena of the Chichiriviche river, D.F. One is a natural hot spring and the other is an abandoned drill hole from which the water flows. The maximum measured temperature is 73°C. The results of the geochemical geothermometers are: SiO₂ = 100°C and Na-K-Ca = 190°C. These springs are suitable for establishing a public bathing place.

INTRODUCCION

Las fuentes de Chichiriviche son de las menos conocidas en la Cordillera de la Costa. Están ubicadas al sur del caserío de Chichiriviche, a su vez situado a unos 18 km al oeste de Arrecife, Dpto. Vargas, Distrito Federal (Fig. 1). Aparecen a una distancia de 1,3 a 2 km de la costa.

Para llegar a las fuentes, se pasa el pequeño pueblo vacacional ubicado a la orilla de la playa, continuando al sur por la carretera que conduce a la Colonia Tovar.

En la actualidad existen dos manifestaciones termales, la que llamaremos *fuentes natural* (Fig. 1), y otra que es la emisión de agua caliente a través del tubo de una *perforación*, efectuada aguas arriba de la anterior (Figs. 1 y 2).

Las fuentes aparecen en una zona de augengneises muy fracturados, delimitados por fallas de gran extensión (Fig. 1). La geología de esta zona fue presentada en forma regional por WHERMANN (1969, 1971, 1972) y más recientemente con motivo de un proyecto de aprovechamiento de las aguas del río Chichiriviche, fue levantada por GALLOVICH (1976) y posteriormente toda la cuenca del río Chichiriviche fue estudiada por MENDOZA (1978). La descripción de los augengneises puede ser consultada en MENDOZA (1978:78-s).

Con la información a nuestra disposición parece que el primer autor en citar estas fuentes termales es Arístides Rojas en 1872 (ROJAS, 1872 y reimpressiones posteriores 1873:191, 1912: 258 y 1970:27), y nos dice lo siguiente (1873:191):

"Al O. del puerto de La Guaira se encuentra la fuente termal de Chichiriviche, nace de la formación de gneiss, en la cordillera de la costa, y desemboca en el río Chichiriviche. Son muy calientes é hidro-sulfurosas; pero nadie ha observado hasta hoy su temperatura".

Posteriormente, conocemos las menciones de esta fuente por TEJERA (1877:54-55), Wilhelm SIEVERS (1888a: 81; 1888b:70) y ALAMO (1893:300).

Esta fuente fue "redescubierta" y divulgada su presencia durante la ejecución del trabajo de geología regional del área de Colonia Tovar-Guatire, por WHERMANN (1969, 1971, 1972), lo cual dio lugar al trabajo de URBANI (1969, 1972), en donde se presenta la descripción de la fuente, análisis químicos y mediciones de temperaturas.

DESCRIPCION DE LAS FUENTES

Fuente natural

Estas emanaciones aparecen en el cauce del río Chichiriviche, en un trayecto de unos 40 m, y se advierten por el aumento de temperatura de la arena del cauce del río. La fuente más aislada está en la orilla izquierda del río (Fig. 1), saliendo por debajo de varias rocas en la base del talud de la carretera.

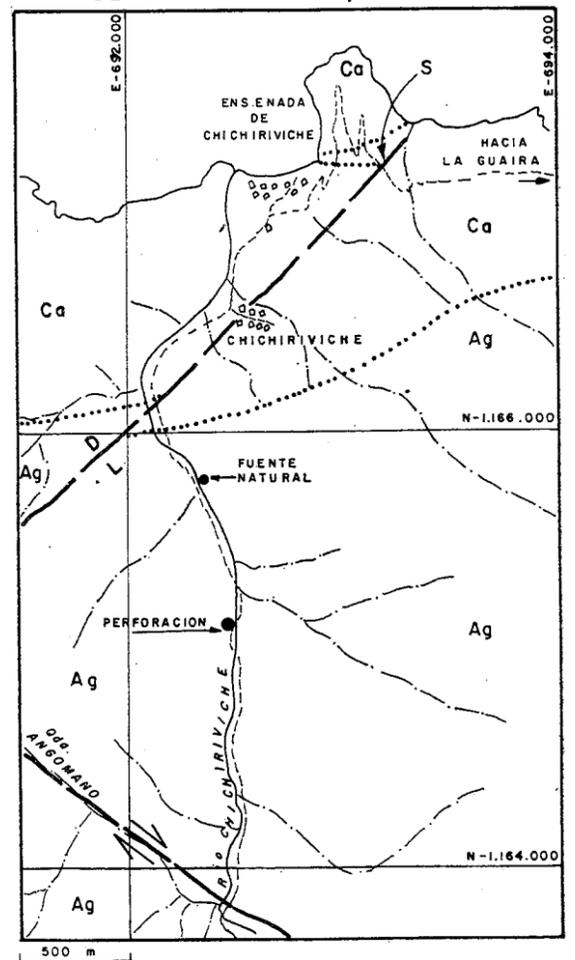
La configuración de la fuente cambia según los aportes de aluviones y modificaciones del cauce del río Chichiriviche; ejemplo de ello es que en junio y agosto de 1969 una de las fuentes estaba totalmente aislada de las aguas del río Chichiriviche. En julio de 1977, al volver a visitar la zona, se notó que la misma fuente se encontraba a las orillas del río, imposibilitando la toma de muestras, y en octubre del mismo año, como consecuencia de grandes y torrenciales lluvias, el cauce del río había cambiado y en ese lugar había un pozo de 40 cm de profundidad en cuyo fondo se notaba la emanación de agua caliente.

Las temperaturas que hemos medido son:

Día y hora:	13-6-69 (1:30 p.m.)	24-8-69 (10 a.m.)	12-7-77 (11 a.m.)	26-7-79 (11:30 a.m.)
Fuente termal aislada (Temperaturas máximas)	55,3°C	55,4°C	43,2°C	44,2°C
Río Chichiriviche al lado de la fuente	26,2°C	26,2°C	25,8°C	27,2°C
Ambiente (aire)	26,8°C	32,3°C	27,5°C	29,5°C

Fig. 1

MAPA GEOLOGICO Y DE UBICACION DE LAS MANIFESTACIONES GEOTERMICAS DEL AREA DE CHICHIRIVICHE, D.F.

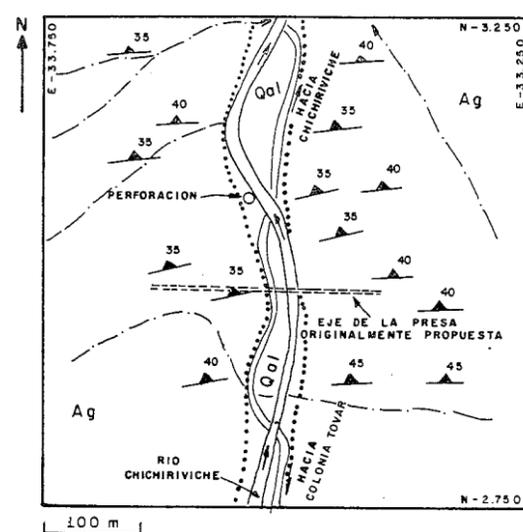


Ca : UNIDAD DE CUARCITAS, ESQUISTOS CUARZO MICACEOS Y ESQUISTOS ACTINOLITICOS.
Ag : UNIDAD DE AUGENGNEISES.
S : SERPENTINITAS.

GEOLOGIA SEGUN J. MENDOZA (1978)
CORDENADAS U.T.M.

Fig. 2

MAPA GEOLOGICO Y DE UBICACION DE LA PERFORACION DEL RIO CHICHIRIVICHE.



Qo1 : ALUVION.
Ag : UNIDAD DE AUGENGNEISES.

MAPA BASE Y GEOLOGIA POR E. GALLOVICH (1976)

En 1969, por lo aislado de la fuente, se tomaron muestras de agua, tanto de la fuente como del río y los análisis se presentan en la tabla 1. Se observó un pequeño depósito de cloruro de sodio y ligero olor sulfuroso.

Fuente de la perforación

Esta fuente es artificial y tiene su origen en estudios geológicos del valle del río Chichiriviche, para un proyecto de elaboración de una presa en el sitio señalado en la Fig. 2, perteneciente al aprovechamiento de las aguas para el acueducto del litoral central, D. F. Con este fin, GALLOVICH (1976) llevó a cabo un estudio geológico y geotécnico de la zona, durante el cual se realizaron perforaciones a lo largo del eje de la proyectada presa y en las zonas de apoyo de los taludes de la misma. La fuente termal artificial corresponde a una perforación en el aluvión del río, numerada "P-14" y ubicada en la margen izquierda del río Chichiriviche, al pie del talud, aguas abajo de la presa (Fig. 2).

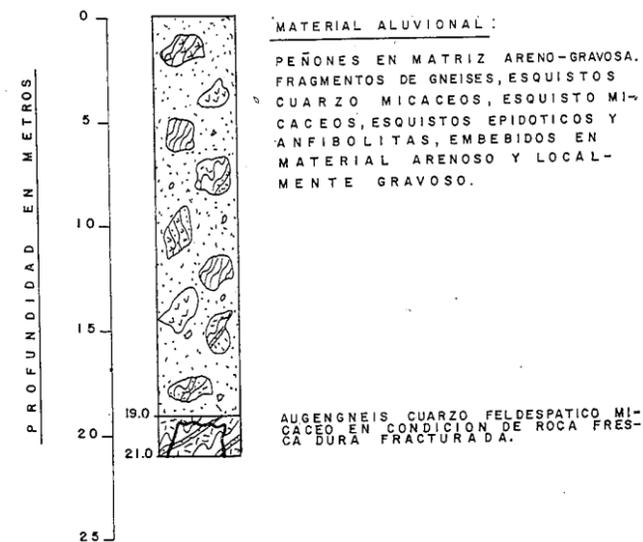


Fig. 3. Columna de perforación P-14 sitio de Presa Chichiriviche, Distrito Federal (Ref.: E. Gallovich, 1976).

La mencionada perforación fue realizada por Tecnosuelo C. A., durante la primera semana de agosto de 1976, utilizando un equipo de rotación y perforando con un diámetro Nx (3").

Se perforaron 19 m de aluvión y se penetró de 19 a 20 m en augengneis, recuperándose las muestras; una vez perforado de 20 a 21 m y específicamente durante la colocación del tubo de 0,5 m de longitud para que el sacamuestras penetrase hasta 21,5 m, se produjo un "reventón", saliendo a la superficie un chorro de agua caliente con gran presión, alcanzando hasta unos 10 m de altura. Posteriormente, durante un intento para recuperar la tubería de perforación, se tapó parcialmente el sondeo con piedras, quedando atrapada la tubería y fluyendo agua caliente que se elevaba hasta unos 40 cm por encima del tubo. Actualmente continúa emitiendo un flujo constante de agua a través del tubo que sobresale unos 20 cm de la superficie, la cual se descarga inmediatamente al río adyacente.

En este lugar no se observan depósitos minerales y a veces sólo se aprecia un ligero olor sulfuroso.

La temperatura del agua fue medida ocho veces a diferentes horas entre julio y octubre de 1977, resultando siempre una temperatura de 73 °C.

La Fig. 3 presenta el perfil litológico del pozo, siendo importante notar que el "reventón" se produjo a 21 m de profundidad.

RESULTADOS Y RECOMENDACIONES

1. Los análisis químicos disponibles tanto de las fuentes termales como del río Chichiriviche se presentan en la tabla 1, donde se puede notar entre otras, las siguientes características:

a) Constancia de la composición de la fuente de la perforación, a través de un período de 2 años y fuerte semejanza con la composición de la fuente natural (analizada hace 10 años).



Fig. 4. Aspecto de la fuente de la perforación, nótese el tubo de donde brota el agua.

b) Concentraciones elevadas de Cl y Na (+ K) en relación a otras fuentes termales de la Cordillera de la Costa. Los valores obtenidos son sólo comparables con aquellos de la fuente de Caruaó, ubicada a 1,5 km al sur de la costa cerca del pueblo de Caruaó, a 98 km al este de Chichiriviche.

c) En las fuentes termales hay altas concentraciones de flúor, habiéndose medido 3, 5 y 12 ppm, que son cifras muy elevadas para aguas naturales, por esto no son aptas para el consumo humano, ya que el nivel máximo establecido por las normas sanitarias es de 1 ppm.

Esta característica también es común con las fuentes termales de Onoto (El Castaño, Maracay), Aguas Calientes (Mariara) y Las Trincheras. Creemos que esto tenga su explicación, en el hecho de que las cuatro fuentes brotan a través de fallas que cortan el macizo de gneises graníticos de la cordillera, este tipo de roca debe tener un contenido de flúor mucho mayor que las rocas esquistosas y sedimentarias, de donde brotan otras fuentes termales en la Cordillera de la Costa.

d) El contenido de mercurio en la fuente de la perforación es de 4 ppb, lo cual está cercano al máximo permitido para consumo humano. Este valor, aunque alto en este sentido, es más bien normal, en comparación a otras fuentes termales del mundo entero y más bien bajo, comparado con aguas relacionadas a actividad volcánica.

No disponemos en la actualidad de la concentración de Hg en otras fuentes termales de Venezuela.

2. Con la información química se hicieron los cálculos correspondientes a los geotermómetros de SiO₂ y Na-K-Ca, cuyos resultados aparecen en la Tabla 1. La muestra N° 2 es la única con valores para ambos geotermómetros y la gran discrepancia, de 99 a 190°C, podría ser debido a problemas de mezclas de aguas de diferentes acuíferos en el subsuelo. No creemos que la diferencia se deba a problemas analíticos, ya que los componentes Na, K, Ca y SiO₂ de esta muestra, fueron analizados en un período menor de 24 horas desde la recolección.

3. Al conocimiento del autor en la Cordillera de la Costa, por medio de perforaciones se han alcanzado acuíferos de aguas calientes en la zona de Mariara, Carabobo (Francisco Seijas, comunicación personal), y en el río Aguas

Calientes, Caruao, D. F. (Roque García, comunicación personal), aunque estas perforaciones estuvieron en su totalidad en sedimentos poco consolidados. Lo interesante de la perforación de Chichiriviche, es que el agua caliente proviene de un acuífero de rocas cristalinas fracturadas (augengneis), funcionando como un pozo artesiano. A pesar de haberse perforado en agosto de 1977, hasta la fecha de

la última observación en enero de 1980, mantiene un caudal constante a temperatura invariable de 73°C.

4. El caudal y la temperatura de la fuente de la perforación justifica la construcción de instalaciones balnearias para fines terapéuticos y recreacionales, incorporando baños calientes y fríos (con agua de río y de mar).

TABLA 1
ANÁLISIS FÍSICO - QUÍMICOS DE AGUAS PROCEDENTES DE CHICHIRIVICHE, D.F.

Ubicación →	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Determinaciones	Río aguas arriba de la perforación	Fuente de la perforación		Fuente natural aislada	Río al lado de la fuente natural	Río 500 m aguas abajo de la fuente natural
Fecha captación	29-7-79	20-10-77	29-7-79	24-8-69	24-8-69	29-7-79
Temperatura	24	73	73	55.4	26.2	25
pH campo	—	7.65	—	—	—	—
pH Laboratorio	7.9	8.2	8.0	7.8	9.0	8.5
Conductancia Espec.	263.9	1956.5	1929	1953	236.2	557.2
Color real	—5	—	—5	2	2	—
Color aparente	—5	—	—5	2	2	—5
Turbiedad	1	2	1	1	2	1
Cloruro (C ₁)	14	244	265	265	9	75
Sulfato (SO ₄)	5	420	411	470	39	5
Nitrato (NO ₃)	0.00	0.00	0.00	0.53	0.00	0.00
Nitrito (NO ₂)	0.00	0.000	0.000	0.005	0.001	0.000
Fluoruro (F)	0.2	5	3	12	0.25	2
Calcio (Ca)	38	21	22	28	26	38
Magnesio (Mg)	2	0	0	7	6	0
Sodio + Potasio (Na)	7	—	227	397	11	30
Potasio (K) *	—	27	—	—	—	—
Sodio (Na) *	—	263	—	—	—	—
Hierro disuelto	0.00	0.00	0.00	0.20	0.70	0.00
Hierro total	0.00	0.00	0.00	0.64	1.00	0.00
Manganeso (Mn) total	0.00	0.0	0.00	0.0	0.0	0.00
Sílice (SiO ₂)	15	50	52	75	15	18
Alcalin. Hasta pH 8.3 (CaCO ₃) total	92	84	80	70	60	94
Dureza Total	104	52	54	100	90	96
Carbonática	92	52	54	70	60	94
No carbonática	12	0	0	30	30	2
Residuo filtrable	184	1369	1350	1242	160	390
Índice Langelier	0.0	—0.3	—0.3	+0.2	+0.7	—0.4
Mercurio (PPB)	1	—	4	—	—	0
Geotermómetros SiO ₂		99	101	120		
Na-K-Ca		190				

Análisis del Lab. de Aguas, Depto. Ing. Sanitaria, UCV., según los métodos descritos en Carrillo (1968) siguiendo las normas de la A.P.H.A. (1966).

* Análisis por absorción atómica.

Análisis de SiO₂ por colorimetría.

AGRADECIMIENTOS

A Eugenio Gallovich (Geosca, Apt. 68.509, Caracas 107), por facilitar la información de su estudio geológico.

A Julio Mendoza (Ofic. R. García, Apt. 66.661, Caracas 106), por las numerosas mediciones de temperatura en 1977.

A Enrique Navarro y Marino Ostos (Esc. Geología, UCV), por la ayuda en el trabajo de campo.

A Felipe Spena (Geosca), por haber facilitado los datos de la perforación.

A G. Carrillo Trillos y Solano Pérez Román (Dep. Ing. Sanitaria, UCV), por los análisis físico-químicos de las aguas.

A A. Ramírez (Instituto de Geoquímica, UCV), por el análisis de Hg.

BIBLIOGRAFÍA

ALAMO, Francisco de Paula. (1893) "Aguas minerales y termales de Venezuela". *El Cojo Ilustrado*, Caracas, año II, N° 40, p. 296, 298-300. (La mención de la fuente de Chichiriviche es en referencia al trabajo de A. Rojas).

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (1966) *Standard methods for the examination of water and wastewater, including bottom sediments and sludges*. A.P.H. A., 12 ed., 770 p.

CARRILLO T., G. (1968) *Manual de laboratorio para análisis de agua, líquidos residuales y otras sustancias*. Dept. de Ing. Sanitaria, UCV., 159 p.

FOURNIER, R. O. (1977) "Chemical geothermometers and mixing models for geothermal systems". *Geothermics*, 5:41-50.

GALLOVICH, Eugenio (1976) "Estudio geológico y geotécnico del sitio de presa en el río Chichiriviche, Distrito Federal". *GEOSCA*, Caracas, 42 p., informe inédito.

MENDOZA G., Julio J. (1978) *Geología de la cuenca del río Chichiriviche, D. F.* Escuela de Geología y Minas, UCV., Trabajo Especial de Grado, 204 p.

ROJAS, Arístides (1872) "Noticia sobre las aguas termales de Venezuela". *Almanaque para todos de Rojas Hermanos. Almanaque eclesiástico, astronómico, mercantil, literario, de variedades y avisos, para el año 1873*, Caracas. (Esta versión original no se ha podido localizar, aunque se conoce su existencia por referencias de otros autores). Reimpreso en texto resumido en *Memoria de la Dirección Ge-*

neral de Estadística al Presidente de los Estados Unidos de Venezuela en 1873, pp. 188-195.

Reimpreso en texto completo en la *Revista Técnica del Ministerio de Obras Públicas*, Caracas, vol. 2, N° 17, pp. 255-263, 1912, y en el libro de Francisco A. Martínez S., *Estudios de aguas termales y minerales de Venezuela*, Talleres Gráficos Universitarios, ULA, Mérida, pp. 19-37, 1970.

SIEVERS, Wilhelm (1888 a) *Venezuela*. L. Friederichsen & Co., Hamburgo, 359 p., 1 mapa geogr.

— (1888 b) "Die Cordillera von Merida, nebst Bemerkungen über des Karibische Gebirge". *Geographische Abhandlungen* (Herausgegeben von Prof. Dr. Albrecht Penck in Wien), Band III, Heft 1, pp. 1-238, 1 mapa geol. coloreado 1:1.000.000. El capítulo sobre las aguas termales fue traducido por Adolf Ernst, "Las aguas termales de la Cordillera Occidental de Venezuela", *Boletín del Ministerio de Obras Públicas*, N° 54, pp. 3-4, 18 feb. 1891, reimprimiéndose en el libro de Francisco A. Martínez S., *Estudios de aguas termales y minerales de Venezuela*, Talleres Gráficos Universitarios, ULA, Mérida, pp. 49-52, 1970.

TEJERA, Miguel (1877) *Venezuela pintoresca é ilustrada. Relación histórica (desde el descubrimiento de la América hasta 1870). geografía estadística, comercial é industrial; usos, costumbres y literatura nacional. Ilustrada con numerosos grabados y cartas geográficas*. Librería Española de E. Denné Schmitz, París, tomo II, p.

URBANI P., F. (1969) "Notas preliminares sobre algunas fuentes de aguas termales de la Cordillera de la Costa". *Bol. Sociedad Venezolana Geólogos*, 4(3):21-44. Esta publicación salió con innumerables errores de impresión, siendo las tablas de análisis químicos completamente inútiles. Por este motivo se reimprimió con el mismo título y algunas adiciones en Laboratorio de Petrografía y Geoquímica. Escuela de Geología y Minas, UCV., *Informe 72-1*, 31 p., 1972.

— (1977) "Geoquímica de las aguas termales de la región de El Pilar-Casanay, Estado Sucre". Escuela de Geología y Minas, UCV., informe inédito presentado a CADAPE, 2 tomos, 523 p. (Puede consultarse en la Biblioteca de la Escuela de Geología). Versión resumida publicada en *Memorias V Congreso Geológico Venezolano*, tomo III, pp. 1061-1065.

WEHRMANN, Miguel (1969) "Geología de la región de Guatire-Colonia Iovar" (Resumen). *IV Cong. Geol. Venezolano, Resúmenes*, pp. 36-37. Resumen reimpreso en *Bol. Geol., Public. Esp. 5, Mem. IV Congr. Geol. Venezolano*, tomo I, pp. 155-156, 1971.

Trabajo completo en *ibidem*, tomo IV, pp. 2093-2121, 1972.