MINISTERIO DEL AMBIENTE Y DE LOS RECURSOS NATURALES RENOVABLES
DIRECCION GENERAL DE INFORMACION E INVESTIGACION DEL AMBIENTE
DIRECCION DE HIDROLOGIA
DIVISION DE AGUAS SUPERFIALES
DPTO. DE INVESTIGACIONES HIDROLOGICAS

CARACTERISTICAS FISIOGRAFICAS Y CRITERIOS GEOLOGICO-HIDROLOGICOS PARA LAS PRACTICAS DE MEDICIONES EN MICROCUENCAS DEL SECTOR GEOTERMICO EL PILAR - CASANAY

Autor:
David Pérez Hernández

Caracas, Abril, 1984

I N D I C E

Página

1. INTRODUCCION 1

2. ANTECEDENTES 1

3. LOS SITIOS DE MEDICION PROPUESTOS 3

4. FISIOGRAFIA, ANALISIS COMPARATIVO DE LAS MICRO-CUENCAS DEL SALVAJE Y LA MONTAÑA 6

5. CARACTERISTICAS GENERALES TERMICAS E HIDROQUIMICAS DE LAS AGUAS DE ALGUNOS CURSOS SUPERFICIALES. PERIODO SECO (FEBRERO 1984)..... 10

6. GEOMETRIA Y ESTABILIDAD DE LAS SECCIONES. INSTALACIONES FLUVIALES 13

7. RECOMENDACIONES FINALES 15

8. BIBLIOGRAFIA 17

1. INTRODUCCION

Como resultado del Convenio de Cooperación Técnico establecido entre el Ministerio de Energía y Minas, CADAFE y el Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables, se procedió a realizar una inspección de campo al sitio de interés en la última semana del mes de Febrero del presente año, con miras a definir el tipo de instalaciones hidrometeorológicas, así como los procedimientos y metodologías a ser implementados en los ríos y fuentes de agua de carácter termal factibles de ser medidas, con el proposito de obtener la más detallada información que conduzca a la evaluación de los recursos hidráulicos, así como los factores que puedan favorecer un más eficiente desarrollo de un campo geotérmico en la zona. La visita al área se ha considerado beneficiosa, mientras que ha permitido en la época seca, reconocer diferentes cauces naturales, sitios con manifestaciones geotérmicas activas, así como detallar aspectos geométricos, de resistencia estructural de los suelos en los taludes y observar las condiciones del flujo en los canales en condiciones de alta temperatura de las aguas, ello ha conducido a fijar mejor los criterios para practicar mediciones, así como en la elección de las cuencas, instrumentación a seleccionarse y los sitios definitivos.

2. ANTECEDENTES

En informes previos (1) y (2), de la Dirección de Hidrología, se han presentado detalles de las condiciones hidrometeorológicas de la región, así como recomendaciones relativas a las cuencas del área donde sería aconsejable iniciar mediciones hidrológicas y térmicas sistemáticas.

Al presente además se ha recabado información general sobre:

- La ubicación y características de las fuentes termales
- Datos relativos a niveles estáticos en pozos de la zona con interés hidrogeológico.
- En el último reconocimiento (Febrero 1984), se precisó la importancia y vinculación de la geología y la presencia de intrusiones igneas con las manifestaciones geotérmicas, lo cual ha sido útil para asignar relevancia a áreas locales en lo relativo a cuantificación y análisis del régimen hidrológico y definición de sitios de localización de estaciones meteorológicas.

En esta oportunidad se visitaron sitios de afloramientos de rocas igneas subvolcánicas* reconociéndose distintos cursos de agua de régimen permanente y efímeros, que evidenciaban diferentes grados de actividad geotermal.

3. LOS SITIOS DE MEDICION PROPUESTOS

Existen dos alternativas para practicar mediciones hidrológicas en los ríos de la "Región Geotérmica", que podrían ser factibles de ser llevadas a cabo. La primera como fue tentativamente sugerida (2), comprendería la realización de instalaciones en cuencas relativamente de gran extensión como la de Chaguaramas y otra que ha sido reconocida su relevancia, después de visitar últimamente la zona y haberse observado en toda su importancia las evidencias termales, contemplaría medicio - nes en algunos de sus afluentes, en cuyas microcuencas se encuentran localizadas gran número de anomalías geotérmicas. Una de ellas de particular interés como lo es la Qda. La Montaña que drena la vertiente

---

* Ríodacitas, cuenca del Río Rivilla

meridional de la Serranía de la Pica y contribuye a la Qda. Chaguaramas por su márgen izquierda, fué recorrida en buena parte de su curso, así como tramos de la confluencia con el río Chaguaramas, considerándose ventajosa su selección por cuanto:

1.- Existen dentro o en sus bordes las más importantes anomalías geotermales como son Las Minas, Buena Esperanza, Aguas Calientes y seguramente otras no identificadas en los tramos medios-inferiores encubiertas por un grueso manto de detritus orgánicos y restos vegetales saturados, lo cual le da a esta microcuenca una relevancia en comparación a otras áreas prospectivas.

Las características del relieve más disectado en esta microcuenca, permite que muchos detalles de la geología superficial sean mejor analizados y los costos de una perforación exploratoria para cubrir un intervalo estratigráfico, serían menores en comparación a otras áreas con menor disección geológica.

2.- La extensión superficial de la cuenca es reducida manteniéndose un caudal mínimo (85 LPS, Feb.1984) permanente en la época seca, lo cual facilitaría practicarse mediciones sistemáticas de escorrentía, sedimentos, hidroquímicos, en uno o varios sitios con lo cual la interpretación de los datos puede facilitarse y conducir a establecer relaciones con factores geológicos, hidrogeológicos y otros aspectos físicos de la zona a una escala local, sin incorporar excesivos elementos aleatorios

dependientes de procesos meteorológicos (distribución de la lluvia, intercepción-recarga, evapotranspiración, etc.) con lo cual se lograría definir balances hidrológicos a nivel de microcuenca. Es importante señalar que muchos aspectos geológicos relacionados con el yacimiento geotérmico (grado de fracturamiento de las rocas, tectónica, capas sellantes, zonas impermeables, etc.) pueden ser entonces detallados a un más alto grado y de esta forma, precisarse la significancia e interacción de procesos geológico-hidrológicos como también hidrogeoquímicos, asociados al comportamiento del yacimiento, tanto en lo relativo a recirculación, almacenamiento de los fluidos geotermales (aguas y gases) como en lo referente a su funcionamiento como sistema energético.

3.- El acceso por vía terrestre permite la realización de mediciones en diferentes sitios en períodos breves, lo cual puede ser llevado a cabo por personal de la zona hidrológica auxiliar de Carúpano. En época lluviosa el acceso se hace más difícil, pero sería factible montar guardias para aforar específicamente las crecientes. Tal dificultad la ofrece también el río Chaguaramas, el cual se desborda en grandes extensiones, haciendo dificil la instalación de una estación fluviométrica del tipo convencional.

4.- Una instalación en un pequeño canal amerita una menor inversión y costos de mantenimiento respecto a un cauce

mayor, así como mayor seguridad de los instrumentos en caso de crecientes, comenzándose a generar información que puede ser posteriormente complementada con datos de estaciones adicionales, según lo justifique el avance y desarrollo del proyecto.

5.- Se debe tratar de que cualquier actividad de perforación exploratoria futura en el área, esté cerca ó en las inmediaciones a los sitios con disponibilidad de información hidrológica y la selección de ésta microcuenca o como opción la del salvaje por las razones expuestas en 1, cumplen con este importante requisito. Ello sería de gran apoyo para el estudio al menos local, de el yacimiento geotermal.

Como desventajas pueden ser indicadas:

a) Tratándose de un área reducida, la información recolectada puede representar condiciones hidrológicas, meteorológicas, hidrogeológicas, geológicas, tectónicas y hasta geoquímicas, no factibles de generalizar a otras zonas inmediatas, que pueden ofrecer mejores perspectivas de desarrollo (aún no confirmado); sin embargo, por los reconocimientos de campo practicados por diversos técnicos venezolanos y extranjeros y las evidencias técnicas ventajosas reportadas en estudios preliminares, es procedente hacer énfasis en las mediciones en áreas con altas perspectivas de desarrollo.

b) La localización de la estación fluviométrica en el tramo inferior puede estar afectada en crecientes por remansos de la Qda. Chaguaramas y se hace difícil seleccionar un sitio localizado aguas arriba de las fuentes de aguas calientes, dado que el cauce tiene una alta proporción de peñones en el lecho siendo su régimen de carácter torrencial, esta particularidad es común a muchas otras fuentes termales, lo cual hace más complejo practicar las mediciones hidrológicas.

c) El diseño de la estación y criterios de medición en fuentes termales (temperatura superficial registrada en la Qda. La Montaña, aguas calientes: 95°C, emisión de gases, contaminación atmosférica, corrosión, etc.), hace que tanto la instrumentación como los métodos de campo sean muy específicos y diferentes a los utilizados en las prácticas hidrológicas convencionales.

4. FISIOGRAFIA, ANALISIS COMPARATIVO DE LAS MICROCUENCAS EL SALVAJE Y LA MONTAÑA

Ambas cuencas presentan afloramientos de rocas de edad Cretácica Inferior del Grupo Sucre, fuertemente dislocadas y afectadas por procesos tectónicos, lo cual se refleja marcadamente sobre el relieve y la estructura general y local del drenaje. Esta actividad ha sido mayor recientemente y se manifiesta en la configuración adoptada por depósitos sedimentarios dispuestos en los valles de relleno (Chaguaramas-El

Pilar) que exhiben cierto grado de basculamiento debido a movimientos epirogenéticos, además del alto grado de fracturamiento y estructuras tectónicas de desplazamiento, especialmente en las areniscas y calizas que conforman las áreas de más elevado relieve de estas cuencas.

Procesos de reorientación y capturas de drenaje como la desarrollada en el tramo inferior de la Qda. La Montaña, en las inmediaciones a su confluencia con el río Chaguaramas quién drenaba originalmente al Este hacia la Qda. Santa Tecla, es otra evidencia de la significancia de estos efectos dentro de un área local que además de ofrecer manifestaciones geotermales (Aguas Calientes)*, muestra un elevado grado de perturbación tectónica, desarrollo de bloques y corrimientos transcurrentes de orientación N-W, asociados al sistema de drenaje superficial.

En la Tabla No. 1, se especifican algunas características fisiográficas y geomorfológicas de las microcuencas de interés, evaluadas de cartas a escala 1:25.000.

T A B L A No. 1

CARACTERISTICAS FISIOGRAFICAS DE LAS QUEBRADAS LA MONTAÑA Y EL SALVAJE - SECTOR GEOTERMICO EL PILAR, ESTADO SUCRE

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Micro-cuenca	Area (Km2)	Long.cauce (Km)	Perímetro (Km)	Pend.media (m/m)	Factor de forma	Long.canales (Kms)	Densidad de drenaje (Km⁻¹)
El Salvaje	4,0	3,30	9,0	0,15	0,12	8,3	2,08
La Montaña	2,8	3,05	7,3	0,10	0,31	7,3	2,70

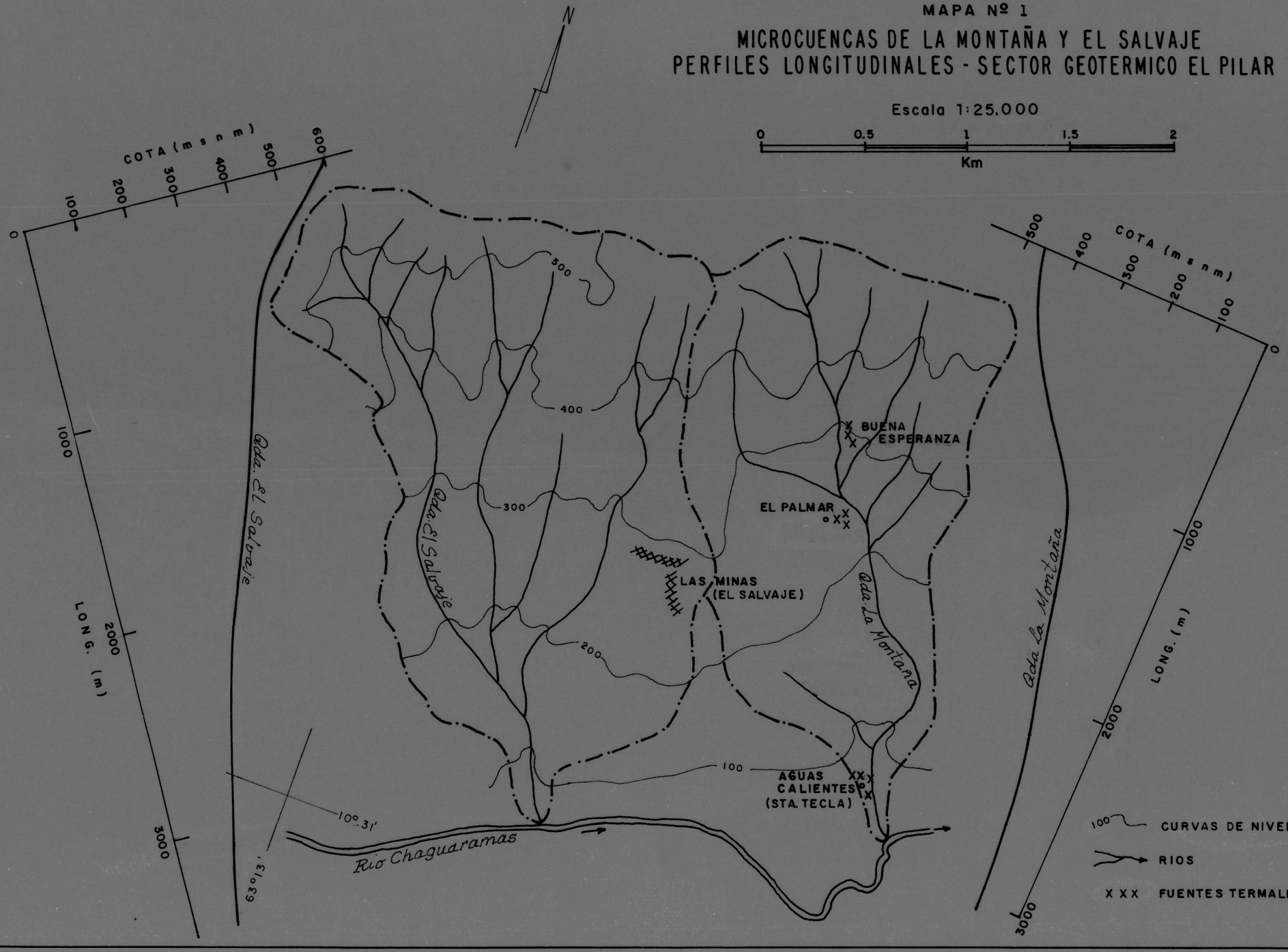
* Esta fuente termal también se identifica como Santa Tecla.

MAPA Nº 1

MICROCUENCAS DE LA MONTAÑA Y EL SALVAJE
PERFILES LONGITUDINALES - SECTOR GEOTERMICO EL PILAR

Escala 1:25.000

0 0.5 1 1.5 2
Km



El Mapa No. 1 muestra además de los detalles topógraficos e hidrográficos de estas cuencas, un perfil longitudinal de los cuales se ha determinado las pendientes promedios. Es notorio destacar que siendo la Quebrada La Montaña de menor área y con una longitud del cauce similar al de la Quebrada El Salvaje, presente un perfil longitudinal más bajo que el de éste último; mientras que los procesos erosionales y de disección geológica han debido operar con análogas intensidades en ambas microcuencas (distribución y tipo similares de rocas, análoga cobertura vegetal, condiciones climáticas, etc.),este comportamiento puede atribuirse a un más activo tectonismo y en consecuencia,a un mayor grado de deformación y fracturamiento local de las rocas. En un recorrido a través de diferentes niveles altitudinales sobre el curso de la Quebrada La Montaña, se evidencia reducción notable y en casos incrementos de los flujos, especialmente en áreas inmediatas a las emanaciones geotermales, así como amplias fluctuaciones en la termicidad de las aguas; ello sugiere que sobre el mismo lecho, normalmente con abundantes desarrollos de acumulación de peñones, el agua se infiltra en forma efectiva, y ello es favorecido por un alto grado de fracturamiento de las rocas en contacto con el relleno sedimentario y el manto de peñones. Si tal fracturamiento sirve de vía de interconexión de las aguas con zonas de almacenamiento de las aguas subsuperficiales profundas,donde se incrementa notablemente el gradiente geotérmico desde donde son forzadas a ascender a la superficie a través del sistema fracturado,entonces es explicable que este modelo de circulación al menos local se produzca.

5. CARACTERISTICAS GENERALES TERMICAS E HIDROQUIMICAS DE LAS AGUAS DE ALGUNOS CURSOS SUPERFICIALES PERIODO SECO (FEBRERO 1984)

Aprovechando la participación conjunta de algunos asesores del proyecto en geología (Geólogos Mac Sotay y Matiska) se tubo oportunidad de visitar zonas de interés y recorrer algunos cursos superficiales que si bien no ofrecen manifestaciones geotérmicas, si presentan afloramientos de rocas ígneas subvolcánicas llegándose hasta el afloramiento de un dique en la cuenca del río Rivilla*. En este río que registraba pocas variaciones a lo largo del cauce con un caudal de 250 lts/s, no se detectaron temperaturas anómalas y las aguas ofrecen un ph ligeramente ácido en ambientes estancados, donde es activa la alteración de la materia orgánica de origen vegetal. En el sector de Las Minas, el ph de las aguas es ácido y se registran fluctuaciones térmicas notables, a medida que se hacen más inmediatas las fuentes termales, decreciendo rápidamente la temperatura del agua a niveles ambientales como resultado de la aireación y la turbulencia en su descenso. En el sitio de aguas calientes la temperatura alcanza 95°C y al igual que en Las Minas, se produce eyección de gases acompañados de azufre, aunque en aquellas existe en menor proporción.

En ciertos sectores, la mezcla de aguas de los canales y el sistema fracturado en areniscas no es activo, como ocurre entre un pequeño curso superficial con un gasto de estiaje de 3 Lts/seg, que bordea el sector Norte de Las Minas el cual conserva bajas temperaturas y las fumarolas inmediatas que presentan gran actividad geotermal. Acá el gradiente hidráulico está asociado a zonas de recarga tal vez distantes y/o profundas, pero evidentemente, existe algún grado de interco-

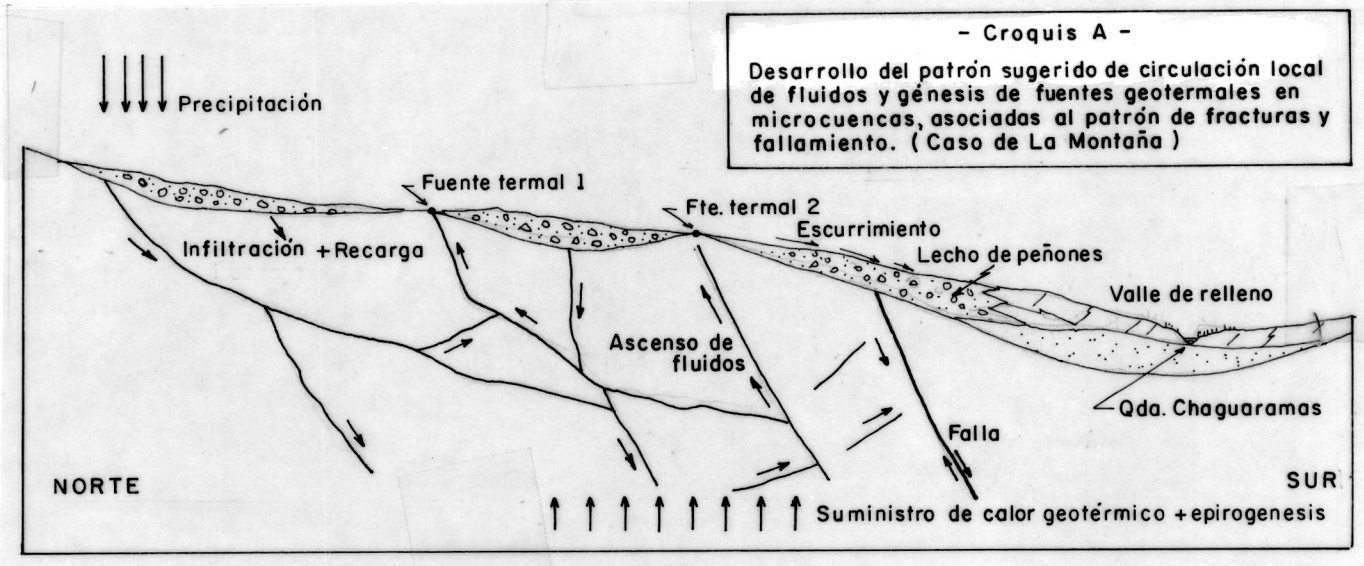
---

* Este presenta un espesor de 15-20 m y está inclinado 70°SE.

nexión de los flujos procedentes de otras zonas de suministro, con el sistema rocoso fracturado. Mientras que el sector de Las Minas se encuentra en el borde de las dos microcuencas (Mapa No. 1), es de pensar en la existencia de divisorias hidrogeológicas entre cuencas, más complejas que las mostradas por el sistema de drenaje superficial.

Esto ha sido adelantado por la reciente misión Japonesa (3) al explicar* el orígen de las aguas en algunas fuentes en base a criterios geoquímicos, "On the otherhand, the generic correlation of hot springs between El Salvaje and Buena Esperanza, is relatively high."

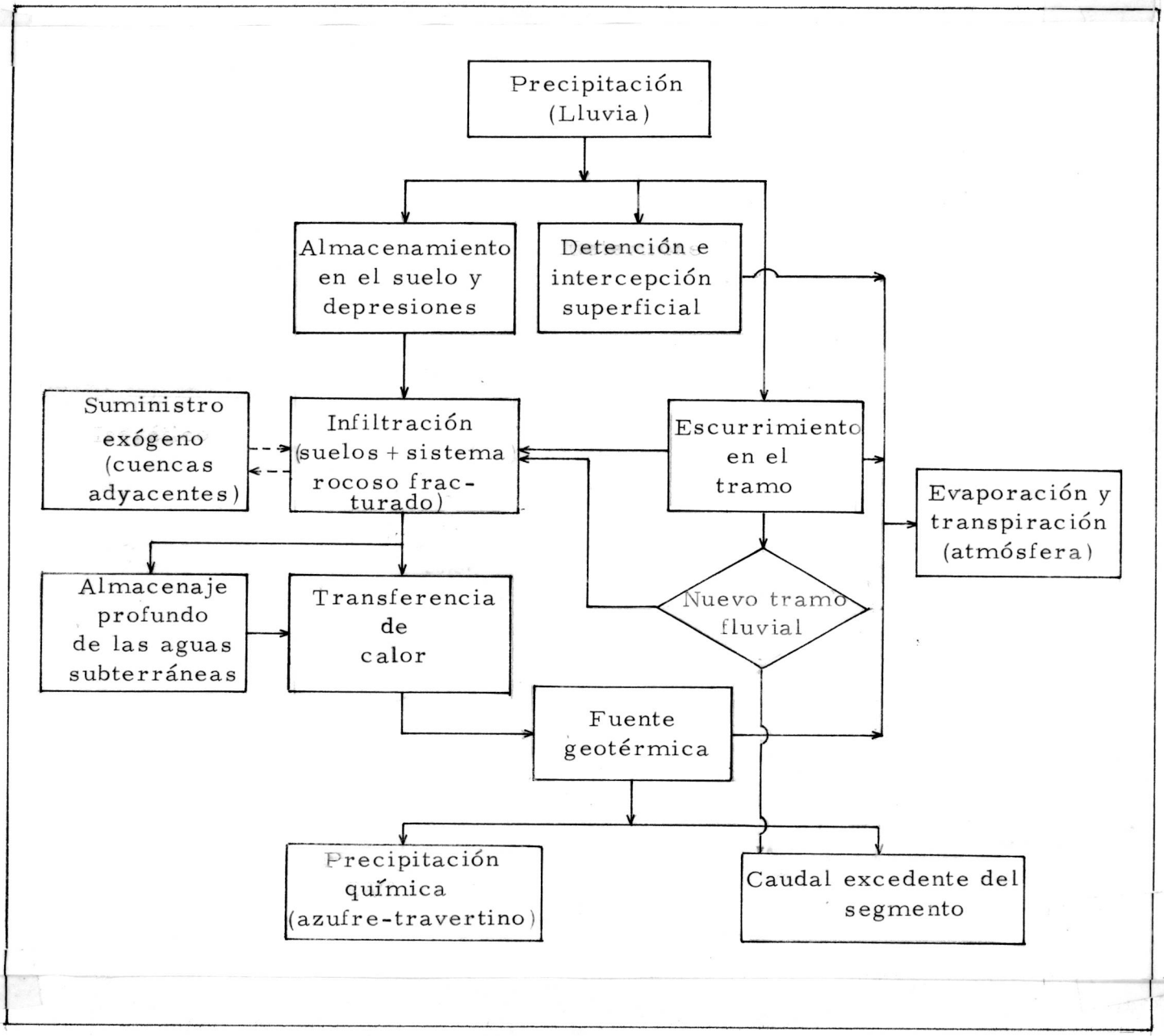
Therefore, the both hot springs must have been formed by the some mechanism and are heated by steams, Which may have same chemical compositions". Así para establecer la interrelación de algunos procesos del ciclo hidrológico con la ocurrencia de fuentes termales y particularmente, para orientar definitivamente las mediciones hidrológicas en las áreas de interés, se ilustra en el gráfico No. 2, la estructura de un modelo gráfico que a nivel preliminar es útil para la prospección geotérmica del área y que debe ser verificado al disponerse de apropiadas mediciones hidrológicas y contarse con detalles más completos del ambiente geológico.



* Este informe ha adelantado interesantes modelos sobre el orígen del yacimiento y la química de las aguas.

GRAFICO No. 2

UN MODELO GRAFICO SIMPLIFICADO ILUSTRANDO LA INTER-RELACION DE ALGUNOS PROCESOS DEL CICLO HIDROLOGICO CON FUENTES TERMALES EN EL SECTOR GEOTERMICO DEL PILAR.



6. GEOMETRIA Y ESTABILIDAD DE LAS SECCIONES. - INSTALACIONES FLUVIALES

De los diferentes cursos superficiales visitados, se levantaron cuatro secciones transversales en el tramo inferior de la Quebrada La Montaña, las cuales se ilustran en el Gráfico No. 2, todas se localizan entre la carretera vía Guarumera y la confluencia con el río Chaguaramas, según el croquis complementario. El canal aca está bien alineado y presenta profundidades máximas comprendidas entre 1.5-2.0 m, respecto al tirante de desborde.

En este tramo, el canal cuyo ancho no excede los 10 m., disecta la planicie fluvial del río Chaguaramas, la cual exhibe una buena cubierta boscosa y presenta zonas sometidas a laboreo agrícola. Materiales finos estratificados, con lentes de gravas depositados por el río Chaguaramas, en estados previos de su desarrollo conforman las riberas, que ofrecen estabilidad ante los flujos de las avenidas periódicas. La escorrentía concentrada en el canal de la Quebrada, ha producido arrastre de los materiales finos y el lecho ha desarrollado una mayor rugosidad hidráulica, al concentrarse las gravas y peñones. Ello no representa sin embargo, un serio problema para las mediciones de caudales en bajos niveles. Sin embargo, debido a las condiciones de termicidad del agua, es necesario utilizar un sistema del tipo marginador para practicar las mediciones de velocidades con un mínimo riesgo para los observadores. La sección para ubicar el limnímetro más recomendable, corresponde a un tramo inmediato aguas arriba a la carretera vía Guarumera donde el riesgo de inundaciones del río Chaguaramas no afectaría el instrumental, la mira exterior debe ser de tipo aérea y medidas de protección contra la corrosión, así como por la acción térmica

SECCION Nº 1 - 15 mts. AGUAS ABAJO DE LA CARRETERA VIA GUARUMERA

SECCION Nº 2 - 30 mts. AGUAS ABAJO DE LA CARRETERA VIA GUARUMERA

SECCION Nº 3 - 45 mts. AGUAS ABAJO DE LA CARRETERA VIA GUARUMERA

SECCION Nº 4 - 60 mts. AGUAS ABAJO DE LA CARRETERA VIA GUARUMERA.

PROF. (m)

PROGRESIVAS (mts.)

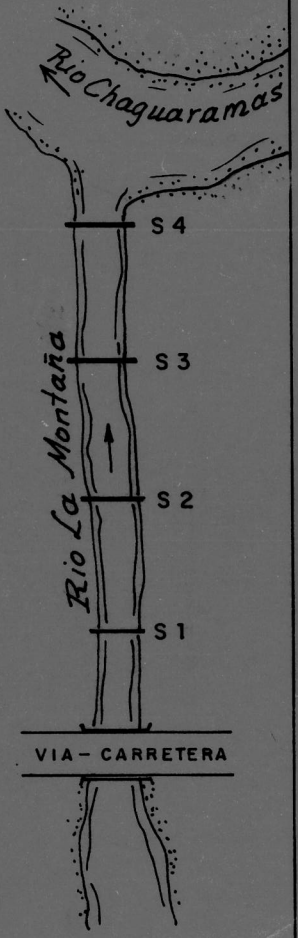


GRAFICO Nº 2

SECCIONES TRANSVERSALES EN LA QDA. LA MONTAÑA VIA CARRETERA LA GUARUMERA - ESTADO SUCRE -

de las aguas deben contemplarse, para preservar los aparatos registradores. Mientras que esta región presenta una densa población rural y el sitio está adyacente a una vía de tráfico, es recomendable responsabilizar a una persona de la localidad de su atención.

Con respecto a las estaciones meteorológicas las especificaciones y criterios de instalación son las establecidas en el informe (1) preliminar "Evaluación del Potencial Geotérmico" y no amerita comentarios adicionales.

7. RECOMENDACIONES FINALES

1. Es fundamental para la marcha de este proyecto en lo referente a evaluación de los recursos hidráulicos, que se proceda a disponer de las inversiones en equipos e instalaciones, sin que se distancie notablemente el inicio de las mediciones y que los costos en el futuro se hagan más elevados.

2. Es necesario reforzar en estas primeras fases, lo referente a hidroquímica y análisis más detallados de la termicidad de las aguas en base a mediciones esporádicas, especialmente en el período seco, lo cual puede ir clarificando detalles relativos a geotermometría, reciclaje, tiempo de residencia de las aguas, relaciones entre las aguas y rocas reservorios, circulación local y general de los fluídos, etc.

   El aforamiento y determinación de los gastos de estiaje puede simplificarse notablemente si se construyen vertederos triangulares en las secciones bajo control, alternativa ésta no descartable, especialmente para reforzar las mediciones en pequeños tributarios

que ameritan se controlen con aforos eventuales y muestreos de sus aguas.

3. A nivel de estas microcuencas es apropiado iniciar programas de levantamientos geofísicos y geológicos en mayor grado de detalle, especialmente en lo relativo a: espesores de materiales de cubrimiento, fracturas, fisuramiento y grado de porosidad y permeabilidad de las rocas, volúmenes de materiales y termicidad tanto superficial de los suelos como de aguas y rocas, que favorezcan deducir al menos antes de iniciarse un programa de perforaciones, cual es el probable contenido energético del yacimiento y fundamentalmente, cuales serían los sitios de mayores perspectivas para iniciar la fase de perforación; ello de otra parte, asociado al conocimiento de la componente de la lluvia que contribuye a recargar el yacimiento geotérmico y en base a un factor de eficiencia de extracción de vapor, podría entre otros diversos métodos, conducir a evaluar preliminarmente la capacidad de generación de electricidad, lo cual en definitiva es el principal objetivo de este proyecto.

8.BIBLIOGRAFIA

1. GONZALEZ V. ET AL (1981) Evaluación del Potencial Geotérmico-Región Nor-Oriental de Venezuela. MEM, Caracas.

2. PEREZ H. DAVID. ET AL (1982) Reconocimiento e Inspección de Campo para realizar Instalaciones y Mediciones Hidrológicas en Areas Perspectivas Geotérmicas, Sector Casanay-El Pilar, Edic.MARNR. Dirección de Hidrología , Caracas.

3. WEST JAPAN ENGINEERING CONSULTANTS INC (1982). Report on Fact-Finding Survey of Cariaco-El Pilar Geothermal Región in Norteast, Venezuela.

DPH/mii
27-4-84