

9280

Tes: 2A03

G: 2

TRABAJO ESPECIAL

**ESTIMACION DE LA RECARGA DEL ACUIFERO
DEL RIO PALMAR A PARTIR DE MEDICIONES DE
PRECIPITACION Y ESCORRENTIA SUPERFICIAL**

PRESENTADO ANTE LA ILUSTRE UNIVERSIDAD
CENTRAL DE VENEZUELA PARA OPTAR AL
TITULO DE INGENIERO HIDROMETEOROLOGISTA

ANGEL JOSE NIETO FONTIVEROS

CARACAS, ABRIL 1.973

UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
Facultad de Ingeniería
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

ESTIMACION DE LA RECARGA DEL ACUIFERO DEL RIO PALMAR
A PARTIR DE MEDICIONES DE PRECIPITACION Y ESCORRENTIA SUPERFICIAL

Trabajo especial presentado ante
la ilustre Universidad Central de
Venezuela para optar al título
de Ingeniero Hidrometeorologista.

Angel Nieto Fontiveros
Caracas, 1973.

UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
Facultad de Ingeniería
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

ESTIMACION DE LA RECARGA DEL ACUIFERO DEL RIO PALMAR
A PARTIR DE MEDICIONES DE PRECIPITACION Y ESCORRENTIA SUPERFICIAL


Angel Nieto Fontiveros


Profesor Guía:
Rafael Convit

DEDICATORIA

A mi hijo:
ANDRES JOSE

RESUMEN

Se ha desarrollado la fórmula de "Maillet", con algunas variantes, para obtener los datos que permitan calcular la recarga en función de la precipitación.

De los anuarios fluviométricos del M.O.P. se tomaron los datos de escurrimiento del río Palmar de los años climáticos 1962-1963 a 1967-1968, con estos datos se dibujaron los fluviogramas correspondientes en los cuales se observa que la época de sequía coincide con un descenso gradual de los valores del caudal, éste se mantiene a expensas del aporte subterráneo, el descenso se interrumpe con las lluvias que hacen que el caudal superficial aumente nuevamente, se dice entonces, que el acuífero está en proceso de recarga.

Uniendo los puntos mas bajos de la curva correspondiente a la recesión, se obtiene la curva de agotamiento, de donde se toman los datos que permiten calcular el volumen potencial del acuífero, como también la recarga "R".

Esquematisando gráficamente en coordenadas aritméticas, los valores de recarga y precipitación se obtiene una recta, con la cual es posible calcular los valores de recarga, conociendo la precipitación del año correspondiente.

Al final se presenta como conclusión una serie de mapas y gráficos, obtenidos en el presente trabajo.

RECONOCIMIENTO

Al Dr. Rafael Convit, por su valiosa colaboración como profesor guía quien coadyuvó en la realización del presente trabajo. Asimismo manifiesto mi agradecimiento a la División de Hidrogeología del Ministerio de Minas e Hidrocarburos, en especial al geólogo Emilio Bueno y al Hidrometeorologista Alfonso Mejía Llamozas por su importante asesoramiento técnico y por la colaboración brindada.

En fin, agradezco a todas las personas e instituciones que en alguna forma contribuyeron a la realización de este trabajo.

INDICE

	Pág.
DEDICATORIA	iii
RESUMEN	iv
RECONOCIMIENTO	v
INDICE	vi
INTRODUCCION	1
1.- SITUACION Y CARACTERISTICAS GENERALES	2
1.1 Ubicación y descripción de la cuenca	2
1.2 Topografía y Suelo	3
1.2.1 Cuenca alta	3
1.2.2 Cuenca media	3
1.2.3 Cuenca baja o vega	3
1.3 Litología y Estratigrafía	5
1.3.1 Formaciones geológicas mas importantes de la cuenca.....	6
1.4 Vegetación	10
2.- CARACTERISTICAS CLIMATOLOGICAS	10
2.1 Clima	10
2.2 Temperatura superficial	11

	Pág.
2.3 Temperatura del agua subterránea	11
2.4 Evaporación	12
2.5 Precipitación	13
3.- ESCURRIMIENTO	15
3.1 Información disponible	15
3.2 Disponibilidades de agua del río Palmar	16
4.- AGUAS SUBTERRANEAS	17
4.1 Definición	17
4.2 Relación entre precipitación y recarga subterránea	17
4.3 Acuíferos	18
4.4 Clasificación de los acuíferos	19
4.5 Factores naturales y artificiales que regulan el funciona- miento de los acuíferos.....	19
4.5.1 Factores naturales que regulan el funcionamiento de los acuíferos.....	19
4.5.2 Factores artificiales principales	20
4.6 Posibilidad de abastecimiento de aguas subterráneas.....	21
5.- CALIDAD Y USO DEL AGUA	21
5.1 Clasificación en cuanto a su uso	22
5.1.1 Agua potable	22
5.1.2 Agua industrial	23
5.1.3 Agua de riego	23

	Pág.
5.2 Calidad del agua	23
6.- CARGA Y DESCARGA DE UN ACUIFERO	24
6.1 Fluviogramas	24
6.2 Descarga del manto aluvial	26
6.3 Curva de agotamiento del manto subterráneo	27
6.4 Fórmulas desarrolladas	29
6.4.1 Fórmulas de la curva de agotamiento	29
6.4.2 Desarrollo de la fórmula de Maillet	31
6.5 Capacidad de almacenamiento	33
6.6 Conclusiones	34
7.- APLICACION DE LAS FORMULAS DESARROLLADAS	35
7.1 Río Palmar en el sitio de aforo Las Múcuras	35
7.2 Parámetros calculados para el acuífero del río Palmar.....	37
8.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	47
9.- REFERENCIAS	49
10.- APENDICES	51
A.- Definición de símbolos y términos usados	51
B.- Lista de gráficos	52
C.- Lista de tablas	53
D.- Anexos	54

INTRODUCCION

La zona centro occidental de la cuenca del Lago de Maracaibo, hidrológicamente está caracterizada por la intermitencia de gran parte de sus ríos; las fuentes superficiales tal como se presentan no garantizan un suministro continuo durante todo el año. Con el objeto de asegurar un suministro permanente de agua se han hecho diferentes estudios tendientes a encontrar la más adecuada solución al problema. Entre las alternativas, está la de represar los principales ríos de la zona, lo cual permitiría almacenar agua durante la época de invierno, garantizando así un suministro permanente.

Hasta tanto estas obras no estén construídas y en funcionamiento, el agua subterránea continuará siendo factor principal en el abastecimiento, por ser una fuente relativamente permanente y por lo general, libre de contaminación.

En el marco de la prospección hidrológica de la zona, el río Palmar, por sus condiciones geológicas especiales, así como por la substancial escorrentía ha determinado su escogencia para el presente estudio.

1.- SITUACION Y CARACTERISCAS GENERALES

1.1 Ubicación y descripción de la cuenca

La cuenca del río Palmar está ubicada en el Edo. Zulia, atraviesa parte de los distritos Perijá, Urdaneta y Maracaibo. Geográficamente la situación de la cuenca está ubicada entre las siguientes coordenadas:

latitud: 10° 08' y 10° 43' Norte

longitud: 71° 53' y 72° 44' Oeste

La cuenca tributaria del río Palmar está localizada en la parte occidental del Lago de Maracaibo hacia donde drenan sus aguas. El área total de drenaje hasta el sitio Las Múcuras es de 1.572 Km². El área parcial de drenaje hasta El Diluvio es de 888 Km². La cuenca se extiende desde la Sierra de Perijá bajando abruptamente con variaciones de nivel bastante marcadas; en la parte media comprendida entre los sitios El Diluvio y Las Múcuras, la pendiente es menos pronunciada, y desde allí hasta su desembocadura, la variación de nivel es cada vez menor, lo que favorece la formación de ciénagas que caracterizan el paisaje.

Un perfil tipo del terreno atravesado por el río sería:

- a) Sierra con terrenos escarpados y cordillera propiamente dicha donde se alcanzan alturas absolutas hasta 2000 m.

- b) Precordilleras con terrenos ondulados de pendiente mediana a fuerte, extendiéndose aproximadamente hasta la cota 500 m.
- c) Zona de terrenos suaves que se extienden hasta la cota 90 m.
- d) Zona de terrenos muy suaves que llegan hasta la cota promedio de 25 m.
- e) Zona cenagosa y plana que se extiende aproximadamente hasta la cota 4 m. sobre el nivel del lago (Gráfico G-1).

1.2 Topografía y Suelo (1)

1.2.1 Cuenca alta, caracterizada por médios montañosos muy quebrados de la Sierra de Perijá, con afloramientos de areniscas y conglomerados. La fuerte pendiente favorece una alta escorrentía.

1.2.2 Cuenca media- Valle encajonado en formaciones coluvioaluviales y terrazas aluviales en su mayoría compuestas de material detrítico cuaternario.

1.2.3 Cuenca baja o vega - Formada por suelos aluviales. La topografía es llana y se pueden diferenciar tres grandes unidades: el cauce mayor muy frecuentemente inundado, con áreas de decantación; la vega de inundaciones estacionales, y la planicie de inundaciones ocasionales.

PERFIL A

PIEDEMONTE DE LA SIERRA DE PERIJA → RIO PALMAR → ORILLAS DEL LAGO DE MARACAIBO

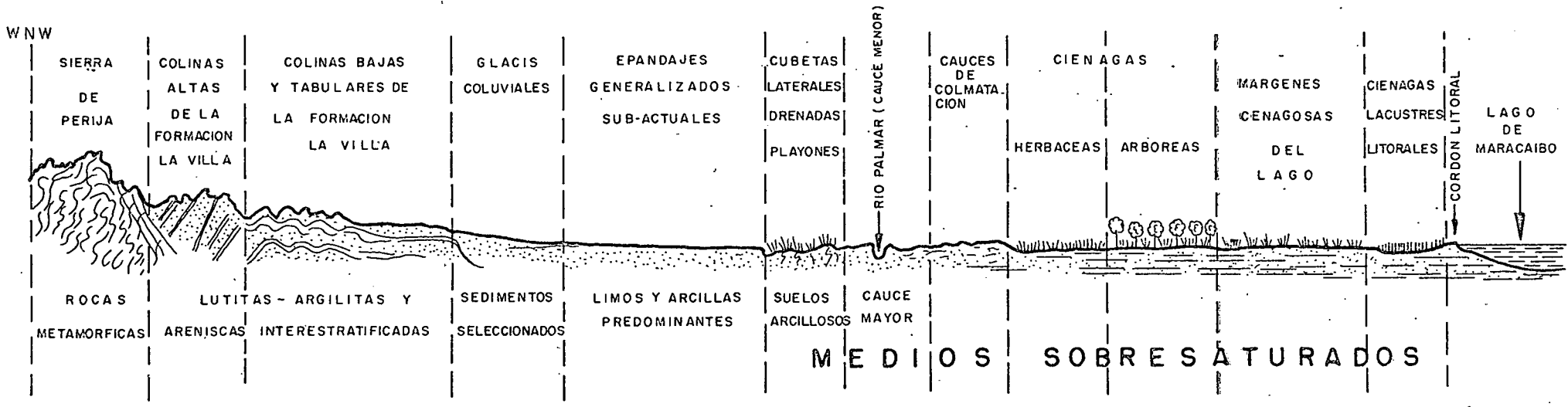


GRAFICO G-1

1.3 Litología y Estratigrafía (1)

El río Palmar como parte integrante de la gran cuenca del Lago de Maracaibo presenta - en general - en su formación y composición, una similitud con la del conjunto.

La formación geológica El Palmar, del Mioceno inferior a medio, consiste principalmente en lutitas, areniscas y arcillas inter-estratificadas con características típicas de materiales sedimentados en aguas salobres de poca profundidad.

La extensión en superficie de esta formación es bastante grande a todo lo largo del pie de monte andino, entre alturas comprendidas desde 100 y 1000 m. Esta formación aporta sedimentos en proporción apreciable a muchos de los ríos del pie de monte, especialmente en el sector comprendido entre los ríos Lobaterita y Mucujepé; estos sedimentos consisten en gran parte en arenas cuarzosas finas a medias y en arcillas.

En la Sierra de Perijá, las características litológicas y estratigráficas se mantienen bastante homogéneas a todo lo largo del principal eje topográfico que tiene rumbo norte-sur franco, desde el río Socuabo hasta la altura de Machiques y luego una dirección sur-este-noreste entre esta localidad y la península de la Goajira.

La cordillera propiamente dicha consiste esencialmente en areniscas alternando con capas de calizas, las que afloran en forma de monoclinales originando formas topográficas escarpadas y crestas nítidamente marcadas.

El conjunto de la vega aluvial del río Palmar se limita por el talud nítido de la formación El Milagro, con materiales arcillosos del Terciario (Gráfico G-2).

1.3.1 Formaciones Geológicas mas importantes de la Cuenca (2)

a. Formación Misoa (Eoceno)

Constituïda por afloramientos de areniscas, lutitas y arcillas, las cuales se encuentran en las colinas bajas que rodean a la ciudad de Maracaïbo, así como junto a la orilla del lago, al norte de la ciudad, y también en el centro de los anticlinales La Concepción, La Paz y Mara. Según distintas fuentes, estas rocas deben ser atribuidas a la Formación Misoa, de edad Eocénica.

La formación Misoa está constituïda por areniscas duras de color gris oscuro a claro, de grano medio a grueso, a veces conglomeráticas, con capas finas y gruesas de arcilla y lutitas, de color marrón a negro, y con venas y delgadas capas ferruginosas y yesosas.

b. Formación La Villa (Mioceno Superior)

La formación denominada La Villa aflora en los anticlinales de La Concepción, La Paz y Mara, así como en las estructuras que se encuentran en el límite oeste de la zona del estudio general.

Esta formación está constituida principalmente por arcilla de color rojo, rosado y gris, con intercalaciones de areniscas grises o rojizas, así como por arcillas arenosas moteadas.

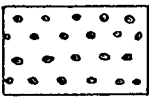
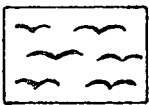

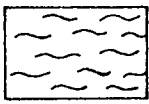
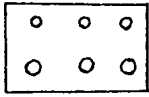
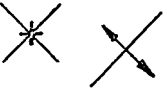

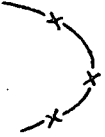

La formación La Villa recubre en forma concordante a la llamada Lagunillas, del Mioceno inferior y medio, y en forma discordante a la formación Misoa, del Mioceno.

c. Formación El Milagro (Pleistoceno)

La formación El Milagro aflora en muchos lugares de Maracaibo y de sus alrededores. Sus afloramientos se distinguen bien, en especial en los farallones que bordean el lago; en la parte septentrional de la ciudad, y en las trincheras abiertas para la red de nuevas carreteras, al sur de la misma. La formación se extiende por casi toda la zona del estudio general, pero en la mayoría de los lugares está cubierta por una capa de suelo vegetal.

La formación El Milagro se compone de areniscas friables de color amarillo a marrón, con zonas rojizas y grises, de grano fino a muy grueso, con grandes cantidades de gránulos y grava fina; y de limos, arcillas y mezclas de éstos, formando capas, lentes, cuñas y bancos sedimentarios irregulares, que en algunos lugares presentan estratificación cruzada. Toda la estructura sedimentaria es indicativa de una deposición en un ambiente de

Leyenda del Mapa Litológico

Símbolo	Litología		Permeabilidad	Acuíferos	Obs.
	Areniscas o arenas predominantes.	Rocas Clásticas Consolidadas y no consolidadas.	Media Alta	De alto rendimiento	Unidad Litológica con altas posibilidades de explotación.
	Pizarras Filitas Esquistos Filíticas	Rocas orgiláceas poco o no metamorfizadas.	Muy Baja	Muy locales, aprovechamientos principalmente por manantiales.	Unidad Litológica prácticamente sin agua explotable.
	Lutitas y Arcillas que suprayacen rocas permeables.		Someros. Practicamente impermeable profundidades variables.	Generalmente sin acuíferos.	
	Rocas de metamorfismo alta y media (gneisses, cuarcitas, esquistos).	Rocas ígneas y metamórficas.	Muy baja	Locales o discontinuos aprovechamientos principalmente por manantiales.	
	Aluviones	Rocas clásticas no consolidadas	Variable generalmente alta.	Frecuentemente extensos y de alto rendimiento (las terrazas pueden drenarse rapidamente).	
	 Rumbo	ELEMENTOS ESTRUCTURALES			Areas sin fotografías aéreas.
ejes de Plezamiento	Buzamiento 	Fallas Regionales	Límite de área en estudio		

llanuras de inundación y en un ambiente deltaico. La mayor parte del perfil se compone de arena y arenisca. Las cantidades de limo y arcilla tanto en la arena como en las capas y demás cuerpos sedimentarios, varían de un lugar a otro, tanto horizontal como verticalmente. Entre los granos se encuentran pequeñas cantidades de minerales oscuros.

En la parte occidental de la zona del estudio, la formación El Milagro yace en forma discordante sobre la formación La Villa y en las cercanías de Maracaibo recubre discordantemente la formación Misoa.

1.4 Vegetación (3)

La parte alta de la cuenca está caracterizada por una cobertura abundante y variada con predominio de bosques de sierra; la zona comprendida entre Las Múcuras y El Diluvio está cubierta por una vegetación predominante del tipo gramínea con ocasionales árboles aislados, selvas de galerías, charrales y terrenos agrícolas.

2.- CARACTERISTICAS CLIMATOLOGICAS

2.1 Clima (3)

El clima está influenciado en cuanto a temperatura por la altura sobre el nivel del mar, practicamente hay una correlación inversa entre la altura y la temperatura media.

El clima en la parte baja de la cuenca es del tipo semi-desértico, con precipitación baja, mientras que en las cabeceras la precipitación es abundante con el clima propio de sierra.

En términos generales la cuenca puede ubicarse dentro de la unidad climática tropical sub-húmeda, con las modificaciones propias de la fisiografía.

2.2 Temperatura superficial

La temperatura superficial de la cuenca es bastante variada e influenciada por las características particulares de la zona. En la parte alta, ubicada en la Sierra de Perijá, la temperatura media es del orden de los 22° C mientras que en la zona ubicada en las cercanías del lago, la temperatura media superficial es del orden de 28° C.

2.3 Temperatura del Agua Subterránea (1)

De los datos existentes en los pozos de observación ubicados en la zona, se ha determinado que la temperatura del agua subterránea presenta variaciones considerables, especialmente en las cercanías del Lago de Maracaibo donde se han encontrado temperaturas ligeramente mayores de 30° C. La temperatura promedio del agua subterránea de la zona es de 26°C.

2.4 Evaporación

La cuenca en estudio está ubicada dentro de la región 1A1 y 1A2 de la clasificación hecha por COPLANARH (4), en donde la evaporación en verano y en términos generales, es mayor que la precipitación; debido a ello la escorrentía es baja. Lo contrario sucede en época de lluvia, período en el cual es abundante la escorrentía.

Datos evapométricos de las estaciones Diluvio y El Palmar (10)

TABLA N° 1
EVAPORACION ANUAL

AÑO	EL DILUVIO (mm)	LAS MUCURAS (mm)
1971	2014	1945
1970	1942	1995
1969	1916	1988
1968	2021	2144
1967	2019	2052
1966	2056	1920
1965	1951	2070
1964	1971	1913
1963	1955	1861

* La evaporación media anual para el período 1963-1971 en la estación El Diluvio es de 1983 mm. y en la estación Las Múcuras es de 1988 mm.

2.5 Precipitación

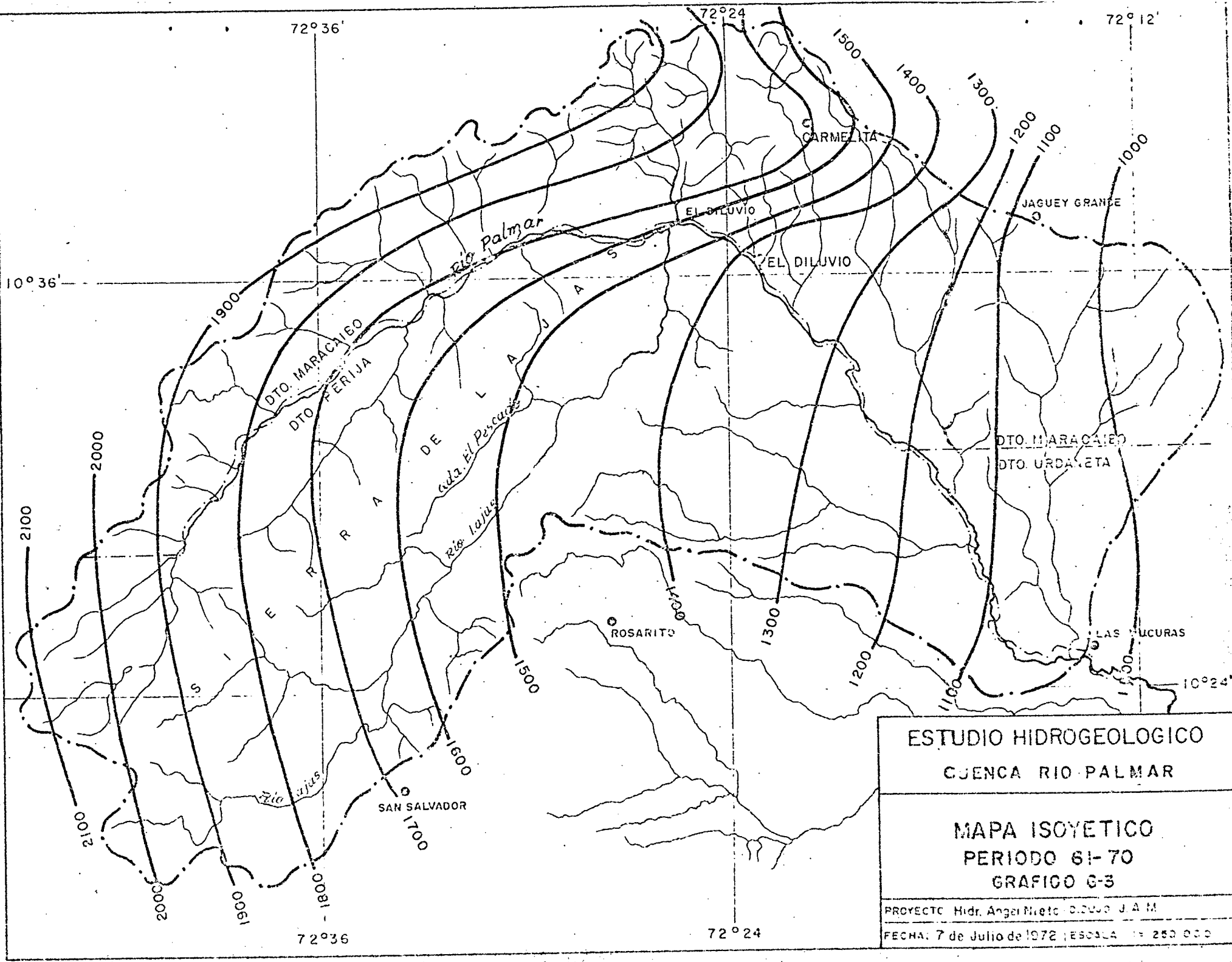
Las precipitaciones están influenciadas por la altura y por la latitud. Esta influencia se manifiesta con un aumento en relación directa con la altura y un notable aumento de norte a sur.

La región en estudio está caracterizada por una baja precipitación en la zona cercana al lago, la cual presenta una situación deficitaria, mientras que en la parte ubicada en la Sierra de Perijá, es abundante.

La precipitación media anual de la hoya es de 1550 mm. la cual se calculó del mapa isoyético elaborado para el período en estudio (1961-70). Los datos utilizados para el trazado de las isoyetas fueron tomadas de las estaciones situadas dentro de la cuenca y con datos de estaciones cercanas ubicadas en la zona de influencia (Gráfico G-3).

TABLA N° 2

ESTACIONES	PRECIPITACION MEDIA ANUAL PERIODO 1961-1968 (mm.)
Las Carmelitas	1757
El Diluvio	1389
Hda. Manantiales	1089
Las Múcuras	1058
Rosarito	1401



ESTUDIO HIDROGEOLOGICO
CUENCA RIO PALMAR

MAPA ISOYETICO
PERIODO 61-70
GRAFICO G-3

PROYECTO Hidr. Angel Nieto D. 2000 J. A. M.
FECHA: 7 de Julio de 1972 ESCALA 1:250 000

ESTACIONES	PRECIPITACION MEDIA ANUAL PERIODO 1961 - 1968 (mm.)
San Salvador	1727
Jaguey Grande	1005
Villa del Rosario	1062
Caño Aburrado	2150
Caño Manzano	2142

3.- ESCURRIMIENTO

3.1 Información Disponible (11)

En el río Palmar existen dos estaciones fluviométricas: Las Múcuras con un área drenada de 1572 Km² con registros diarios, mensuales y anuales para todo el período en estudio; el promedio anual del volumen medio es del orden de 36584 Ha/m que corresponde a un rendimiento de 233 mm. y un gasto medio anual de 11.60m³/seg.

El Diluvio con un área de cuenca de 888 Km², posee registros completos, para el período 1962-63 a 67-68 teniéndose un volumen medio escurrido de 36424 Ha/m correspondiente a rendimiento unitario de 410 mm. y un gasto medio de 11.55 m³/seg.

GASTOS MEDIOS ANUALES EN LAS ESTACIONES
LAS MUCURAS Y EL DILUVIO

TABLA N° 3

AÑO	LAS MUCURAS m ³ /seg	EL DILUVIO m ³ /seg
1967-68	16.2	15.8
1966-67*	23.8	22.7
1965-66	9.83	10.3
1964-65	12.90	12.30
1963-64	12.30	11.40
1962-63	10.30	10.60
1961-62	8.10	8.90

Q_m= 11.6

Q_m= 11.55

* El año 66-67, no fue tomado en cuenta por considerarse un año excepcional

3.2 Disponibilidades de agua del río Palmar.

El escurrimiento a lo largo del año es bastante irregular, presentando entre los meses de febrero a abril un período de escasez marcado, mientras que en el período de octubre a diciembre es abundante. Puesto que las demandas aproximadamente son constantes, los recursos de agua tal como se presentan, difícilmente pueden ser aprovechados. Con el propósito de lograr un suministro continuo, se requiere sistemas reguladores que permitan el almacenamiento

durante el período de abundancia; pero hasta tanto no sean efectuados estos trabajos, el agua subterránea seguirá siendo la principal fuente de suministro, especialmente en la época seca del año.

Al respecto se han hecho estudios de las zonas posibles para embalsar agua, y como factibles para tal propósito se han determinado dos lugares: uno, ubicado en la confluencia del río Palmar y Las Lajas, en el lugar denominado El Diluvio y otro, en Las Múcuras, el cual albergaría un volumen de 205 millones de m³ en su primera etapa (1).

4.- AGUAS SUBTERRÁNEAS

4.1 Definición

Las aguas contenidas en los poros y fisuras de los suelos y rocas mas superficiales de la corteza terrestre son llamadas aguas subterráneas (4).

4.2 Relación entre precipitación y recarga subterránea (4)

En general, la parte de agua precipitada que puede transformarse en agua subterránea, aumenta con la precipitación; si las precipitaciones son en forma de lluvias cortas y dispersas, pueden ser absorbidas todas por el terreno. Las lluvias que tienen lugar después que la falta de humedad ha sido satisfecha, son precisamente las que tienen utilidad en la recarga del almacén de aguas subterráneas. La recarga guarda estrecha relación con la

cobertura vegetal ; donde el terreno es árido, la recarga es menor, pudiendo llegar a ser nula debido a la compactación del terreno.

Lluvias de gran intensidad y corta duración, aportan muy poco al agua subterránea ya que el escurrimiento es casi total. La recarga también es función de la topografía del terreno; zonas con grandes pendientes tienen un escurrimiento mayor siendo la infiltración mínima.

Los lugares llenos de material sedimentario permeable, son por excelencia los que permiten una infiltración mas eficaz. La parte baja del río Palmar atraviesa una zona caracterizada por la presencia de arenas, gravas, areniscas meteorizadas y conglomerados, lo que determina un acuífero de alto rendimiento.

4.3 Acuíferos

Son formaciones geológicas que contienen agua subterránea y permiten su movimiento gravitacional a través de su espacio intersticial. Con la excepción de los acuíferos que contienen aguas fósiles, todos poseen una zona de recarga natural y otra de descarga natural, entre estas zonas se mueven los volúmenes de aguas subterráneas renovables (5).

4.4 Clasificación de los acuíferos (7)

Según sus propiedades los acuíferos pueden ser:

- a) Isótropos, los que poseen propiedades iguales en todas direcciones.
- b) Anisótropos, aquellos cuyas propiedades varían en distintas direcciones.

De acuerdo a la estructura geológica el acuífero puede ser:

- 1) Libre, en el cual el límite superior está determinado por el nivel freático y su recarga es a través del límite superior.
- 2) Confinado, aquel que su parte superior está limitado por una capa impermeable, el agua contenida en su seno está a presión superior a la atmosférica.

4.5 Factores naturales y artificiales que regulan el funcionamiento de los acuíferos.

4.5.1 Factores naturales que regulan el funcionamiento de los acuíferos:

- Geología y estructura de las rocas.
- Litología del medio poroso.
- Extensión y propiedades hidráulicas de los acuíferos.
- Calidad del agua.
- Fluctuaciones del nivel del agua.

- Recarga natural.
- Descarga natural.
- Variaciones laterales de porosidad y permeabilidad.
- Precipitación.
- Vegetación y evapotranspiración.

Eventualmente los factores naturales antes señalados pueden ser modificados parcial o totalmente por la acción directa del hombre.

4.5.2 Factores artificiales principales:

- Aprovechamiento por bombeo de las aguas subterráneas.
- Recarga artificial de los acuíferos.
- Control de las aguas superficiales.
- Zonas de riego.
- Embalses.
- Contaminación.
- Excavaciones y rellenos
- Talas y quemas

Para el desarrollo progresivo de las reservas de aguas subterráneas disponibles es necesario evaluar periódicamente todos los factores naturales y artificiales que regulan el funcionamiento de los acuíferos.

4.6 Posibilidad de abastecimiento de aguas subterráneas

El análisis de los recursos de aguas subterráneas tiene una gran importancia en el desarrollo total del sistema de recursos hidráulicos. Entre las ventajas del agua subterránea se pueden anotar: menores pérdidas por evaporación y la casi invariabilidad de su temperatura, factores de gran importancia ante cualquier alternativa para un plan de desarrollo de la zona. En la parte de la cuenca enclavada en el gran acuífero de Maracaibo, se han hecho exploraciones habiéndose obtenido información que permite hacer un balance y estimación de reservas de aguas subterráneas. La cabecera de la cuenca cuenta con poca información, de tal forma que allí sólo pueden hacerse estimaciones de tipo general.

Los análisis de rendimiento y capacidad específica han determinado que el acuífero aluvional del río Palmar se encuentra entre las posibilidades de un aumento de explotación con respecto a la actual. Esta alternativa tendría el riesgo de la intrusión de agua salobre proveniente del lago lo cual si no se regula haría inaprovechables las aguas del acuífero (1).

5.- CALIDAD Y USO DEL AGUA

Los constituyentes fisicoquímicos-biológicos de un agua definen su calidad, el uso a que se destine determinará su aceptabilidad, de donde se deduce que el término "calidad del agua" es un término relativo (6).

5.1 Clasificación en cuanto a su uso (6)

El agua, en cuanto a su uso se clasifica:

- a) Agua potable;
- b) Agua industrial;
- c) Agua de riego.

5.1.1 Agua potable

Se considera un agua potable la que cumple con las siguientes condiciones:

- 1) clara, incolora, insípida e inodora;
- 2) no debe contener organismos patógenos ni formas biológicas dañinas a la salud humana;
- 3) la concentración de constituyentes químicos no debe ser fisiológicamente dañina.
- 4) no debe ser corrosiva ni depositante del sistema de abastecimiento.

El agua para el consumo, generalmente debe ser sometida a "procesos de tratamiento" para cumplir con los requisitos mínimos para el uso doméstico. El agua subterránea generalmente no requiere tratamiento para el consumo humano, ya que estas aguas no están expuestas a contaminación y en general cumplen con las normas de agua potable (6).

5.1.2 Agua industrial

El criterio de apta o no, está determinado por el tipo de industria y aún variará de acuerdo a las características del proceso industrial.

5.1.3 Agua de riego

Se consideran los efectos del agua no solo en los cultivos sino también en los suelos.

Las características mas importantes de las cuales depende la calidad del agua para riego son: (7).

- 1) Concentración total de sales solubles.
- 2) Proporción relativa de sodio.
- 3) Concentración de boro y de otros elementos tóxicos.

5.2 Calidad del agua

De los análisis hechos al agua extraída del subsuelo del acuífero alimentado por el río Palmar se ha llegado a la conclusión, que en términos generales, es apta para riego, ya que el bicarbonato residual está por debajo del valor máximo permisible 2,5 meq/litro (7).

Al final se agregan los anexos A1-A11. con los resultados de los análisis físico químicos elaborados por la división de hidrogeología del

M. M. H. para cada uno de los pozos de observación situados dentro de la cuenca del río Palmar y sitios cercanos a ella pertenecientes al mismo acuífero.

6.- CARGA Y DESCARGA DE UN ACUIFERO

El volúmen de recarga anual efectiva, permite hacer una estimación de disponibilidades con bastante aproximación. Este volumen puede ser calculado por métodos hidrológicos, con observaciones de superficie como son: precipitación, escurrimiento e infiltración. La producción posible del acuífero puede ser determinada en base a las disponibilidades calculadas.

Por mediciones de la variación diaria del nivel freático pueden estimarse las disponibilidades, teniendo que disponerse para ello de una red piezométrica distribuida sobre la superficie del acuífero (8).

6.1 Fluviogramas

Un fluviograma, es la representación gráfica de un río a través del tiempo, se logra esquematizando los datos de gastos medios diarios en papel semilogarítmico, tales gastos expresados en $m^3/seg.$ son representados en escala logarítmica y el tiempo en días, en escala aritmética.

En época de sequía, el flujo superficial del río continúa debido a los aportes del agua subterránea, haciéndose los valores de "Q" cada vez menores. Este es el llamado período de recesión.

Teóricamente los puntos de recesión deberán estar alineados a lo largo de una recta, pero generalmente no sucede así, bien sea por aportes debidos a lluvias ocasionales (desviación por arriba de la recta) o bien por extracciones artificiales de agua subterránea (desviaciones por debajo de la recta) (8).

Para el caso del río Palmar en el sito de aforo Las Múcuras, la superficie piezométrica del manto está más o menos estabilizada en su perfil mínimo y el caudal base es aproximadamente del orden de $11 \text{ m}^3/\text{seg.}$ según dato tomado de los anuarios fluviométricos existentes.

Análisis de la recarga y descarga del manto aluvial (9)

Cuando el gradiente hidráulico $y-h$ es positivo, el flujo es hacia el río con un caudal proporcional a la recarga. Como se indica en el Gráfico G-4a.

Cuando aumenta el caudal del río, el gradiente: $y-h$ se convierte en negativo y el flujo de la corriente subterránea se invierte, produciendo recarga del manto. Ver Gráfico G-4b.

GRAFICO G-4a

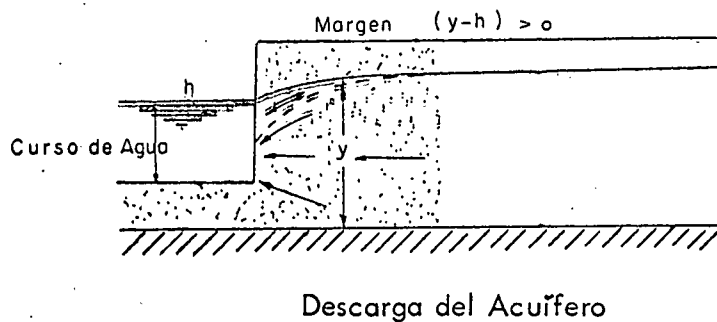
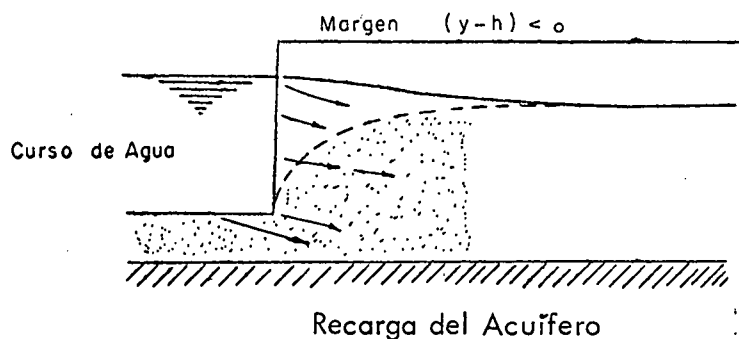


GRAFICO G-4b



El caudal de recarga proveniente del río aumenta proporcionalmente con el incremento del nivel del cauce originando el crecimiento de la carga $y-h$, hasta alcanzar un máximo. Este fenómeno se produce con un cierto desfase respecto al aumento de nivel de agua superficial.

6.2 Descarga del manto aluvial (9)

En la rama o limbo descendente del hidrograma de una creciente están definidas dos partes: una de descenso rápido y a continuación otra, de descenso suave, el nivel piezométrico decrece igualmente en forma

lenta, manteniéndose superior al del río hasta el punto B, llamado origen del agotamiento. (Ver Gráfico G-5).

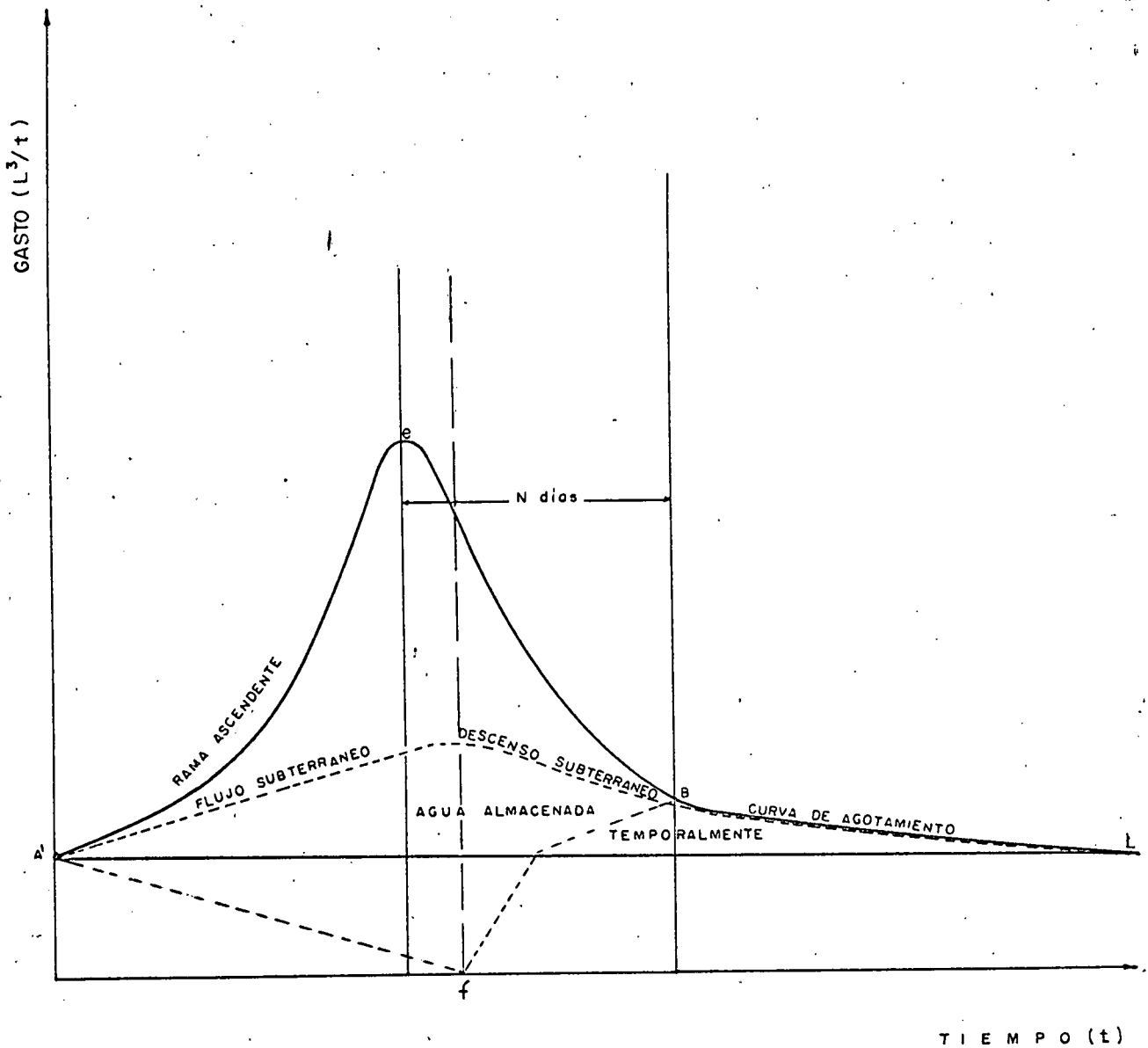
Después de la creciente cuando el nivel del río se mantiene mas o menos estable, alcanza una cota aproximadamente igual a la que tenía antes de la crecida, se dice entonces que éste es el nivel de base.

La parte del hidrograma que se encuentra a partir del origen de agotamiento, representa la llamada curva de agotamiento.

6.3 Curva de agotamiento del manto subterráneo (9)

Es de notable importancia el análisis de las curvas de agotamiento para conocimiento del régimen de los cursos de agua, estas curvas caracterizan el nivel de base de los ríos, así como el régimen en período de sequía. Expresan el movimiento de las reservas de agua subterránea, el vaciamiento de los mantos, etc. y fundamentalmente, permiten el cálculo de la capacidad de almacenamiento de la cuenca vertiente. La curva de agotamiento es el fin de la parte decreciente del hidrograma, comienza en B donde el gráfico presenta un cambio de curvatura y termina en el punto señalado como L. El punto de inicio de la curva de agotamiento (B) se escoge arbitrariamente por comparación con curvas ya estudiadas, también

COMPONENTES DE UN HIDROGRAMA



- A' ORIGEN DEL LIMBO ASCENDENTE DE LA CRECIDA
- B ORIGEN DE LA CURVA DE AGOTAMIENTO
- e PICO DEL HIDROGRAMA
- N $0.827 \times A^{0.2}$ (en días)
- A AREA DE RECEPCION

GRAFICO G-5

existen fórmulas experimentales que permiten su ubicación en forma bastante aproximada. Para la ubicación del punto B en el hidrograma, se han establecido diferentes procedimientos gráficos y analíticos.

$N = 0.827 A \cdot 2$; siendo A el área de recepción en Km^2 y N, el número de días después del máximo del hidrograma.

6.4 Fórmulas desarrolladas

6.4.1 Fórmulas de la curva de agotamiento (9)

Para las fórmulas de las curvas de agotamiento de un curso de agua que drena una cuenca se utilizan las mismas que rigen para el vaciamiento de un manto en régimen no influido (período en que no se reciben aportes), siendo función sólo del volumen de agua acumulada en el manto (ver Gráfico G-3). La explicación general de la fórmula que permite calcular el caudal sería la siguiente:

Se tiene un recipiente lleno de material poroso donde H_0 es el nivel piezométrico en el instante t_0 ; según la ley de Poiseuille el caudal efluente será:

$$Q = Ch$$

siendo h la carga y C un coeficiente numérico. En un intervalo de tiempo muy pequeño el volumen liberado será: Qdt , correspondiendo una pérdida de carga dh , se tiene entonces que:

$$Q dt = Ch dt = -A dh \quad \text{de donde:}$$

$$-\frac{A dh}{h} = C dt \quad \text{integrando:}$$

$$-A (\ln h) = Ct + Cte \quad \text{y}$$

$$(a) T = -\frac{A}{C} (\ln h) + Cte'$$

sabiendo que $Q = Ch$ se tiene igualmente que:

$$\ln h = \ln \frac{Q}{C}$$

sustituyendo este valor en la fórmula (a):

$$T = -\frac{A}{C} \ln \frac{Q}{C} + Cte' \quad \text{se tiene entonces que:}$$

$$Q = Ce^{-(t-Cte) C/A} \quad \text{siendo:}$$

e = base de los logaritmos neperianos

C/A = Coeficiente del agotamiento designado con la letra α

Si se toman Q_0 y Q_1 de dos días consecutivos de un período de agotamiento, corresponde un incremento de T :

$$T_1 - T_0 = 1$$

Quedando la fórmula definitiva

$$Q_t = Q_0 e^{-\alpha t}$$

Esta fórmula da el caudal Q_t en $m^3/seg.$ en el instante t , en función del caudal Q_0 en un instante T_0 tomando como origen del agotamiento. El coeficiente de agotamiento α es función de la naturaleza geológica y de la morfología de la cuenca.

La curva de agotamiento se expresa según la función exponencial:

$$Y = ae^{-nx}$$

donde:

$$e = 2.718 \text{ (base de los logaritmos neperianos)}$$

$a, n,$ constantes

x, y variables.

Esta fórmula puede escribirse tomando logaritmos en los dos miembros:

$$\log. Y = (N \log e) x + \log a$$

6.4.2 Desarrollo de la fórmula de Maillet (9)

Igualmente tomando logaritmos en la fórmula general se tiene:

$$\log Q_t = \log Q_0 - (\alpha \log e) t. \text{ como } \log e = 0.4343 \text{ se tiene:}$$

$$\log Q_t = \log Q_0 - (0.4343 \alpha) t$$

Gráficamente se puede resolver la fórmula, situando en las ordenadas los logaritmos de los caudales en $m^3/seg.$ y en las abscisas los tiempos en días, obteniéndose así la recta representativa. Según la fórmula

general, la ordenada en el origen da el valor de Q_0 . Gráficamente así queda determinado con mayor precisión el valor de Q_0 que por medio de la localización arbitraria sobre el hidrograma (8).

El coeficiente de agotamiento α está determinado por el coeficiente angular de la recta representativa. Del gráfico semilogarítmico se determina el tiempo t transcurrido, correspondiente a un caudal $Q_t = 1 \text{ m}^3/\text{seg}$. y sustituyendo estos valores en la fórmula se obtiene α , el trazado de la curva de agotamiento se logra uniendo los puntos más bajos de la recesión del fluyiograma.

Para el río Palmar, se han tomado los fluyiogramas obtenidos con los datos de escorrentía existentes, habiéndose hecho los cálculos para cada uno de los años obteniéndose el agotamiento, así como la capacidad de almacenamiento.

Los caudales totales, expresados en m^3/seg durante el período de descenso del manto, se graficaron en las ordenadas de papel semilogarítmico, los tiempos se colocan en las abcisas aritméticas. (Gráficos G7 a G12).

Con el objeto de establecer los valores característicos de Q_0 y V_e , se ha tomado el año 1962-63 ya que es el año en que se observa el mayor número de días con ausencia de precipitación; se ha comprobado que tanto mas largo es el período de ausencia de precipitaciones, la curva de agotamiento, es mas representativa (8).

6.5 Capacidad de almacenamiento (9)

Para calcular el volumen potencial, albergado por el acuífero se aplica la fórmula integral.

$$\begin{aligned}
 V_{tp} &= \int_{t_0}^{\infty} Q dt, \\
 V_{tp} &= Q_0 \left[-\frac{1}{\lambda} \right] \left[e^{-\lambda t} \right]_0^{\infty} \\
 V_{tp} &= -\frac{Q_0}{\lambda} \left[\frac{1}{e^{\lambda t}} \right]_0^{\infty} \\
 &= -\frac{Q_0}{\lambda} \left[0-1 \right] = \\
 &= \frac{Q_0}{\lambda}
 \end{aligned}$$

Expresando el tiempo en segundos la fórmula general queda así:

$$V_{tp} = \frac{Q_0}{\lambda} \times 86400 \text{ m}^3 \quad \text{en donde:}$$

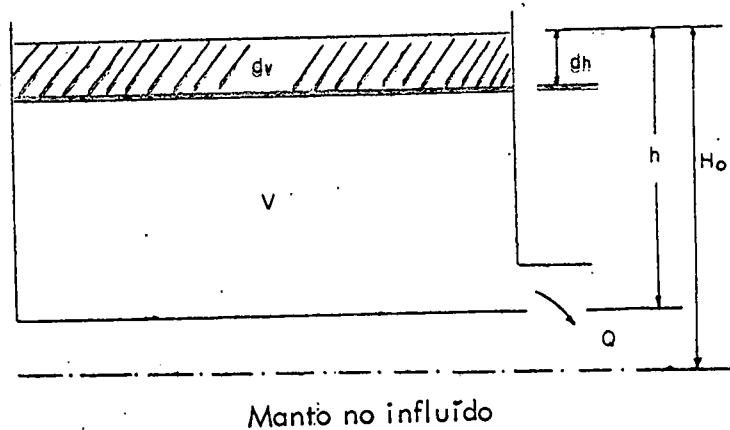
Q_0 = gasto expresado en m^3/seg al comienzo del agotamiento

λ = coeficiente de escurrimiento

86400 = cantidad de segundos en un día

V_{tp} = volumen potencial albergado por el acuífero

GRAFICO G-6



6.6 Conclusiones:

Existen diversidad de fórmulas que permiten el cálculo del agotamiento habiéndose desarrollado la fórmula de Maillet, por ser la de más fácil manejo como también por ser la que se creyó mas adaptable al estudio realizado. Por tratarse de expresiones matemáticas basadas en datos empíricos no deben tomarse como rigurosas ni de precisión absoluta (9).

Las fórmulas se han desarrollado para casos donde el material se considera "no influido" siendo los resultados de una aproximación bastante aceptable.

Al ser aplicadas estas mismas fórmulas a un acuífero abierto, el caso es más complejo ya que además de los factores propios del material acuífero intervienen otros factores como son: características.

geográficas y morfológicas. Además la utilización del coeficiente de almacenamiento igual al coeficiente de agotamiento que en general es diferente no así en el manto no influido, donde los coeficientes de almacenamiento y agotamiento son similares (9).

7.- APLICACION DE LAS FORMULAS DESARROLLADAS

7.1 Río Palmar en el sitio de aforo Las Múcuras

Se ha desarrollado la fórmula de Maillet la cual permite el cálculo del volumen teórico capaz de descargar un acuífero, como también la estimación del volumen explotable, en base al cálculo de la recarga "R" del mismo. Para el caso del río Palmar, se ha elegido, el sitio de aforo, Las Múcuras, con el objeto de determinar, los diferentes parámetros del acuífero alimentado por el río.

Se analizó el período de escurrimiento del año 1962-63 a 1967-68, se elaboraron los fluvigramas (Gráficos G7 a G12) para cada uno de los años climáticos, observándose que el año 1962-63 fue el año con mayor número de días sin lluvia, esto permitió trazar una curva de recesión mas representativa, razón por lo cual fue escogido para calcular tanto el coeficiente de agotamiento " α ", como el volumen potencial del acuífero (V_{tp}).

Tomando los valores:

$Q_0 = 7$, gasto al comienzo del período de agotamiento expresado m^3/seg .

$Q_t = 1$, gasto en m^3/seg

$t = 114$ días, tiempo transcurrido entre Q_0 y Q_t

aplicando la fórmula

$$\log Q_t = \log(Q_0 e^{-\alpha t})$$

se obtuvo

$$\alpha = \frac{\log Q_0}{0.4343 t} = 0,032 121$$

con el valor del coeficiente de agotamiento " α " se procedió al cálculo del volumen potencial del acuífero según fórmula desarrollada:

$$VTP = \frac{Q_0}{0.032121} \times 86400''$$

VTP = volumen total potencial en m^3 .

Q_0 = caudal al comienzo de la recesión

α = coeficiente de agotamiento

En condiciones normales el acuífero no se descarga en su totalidad, sucediendo que el aporte subterráneo al curso de agua superficial, se detiene al comenzar el período de lluvias, momento a partir del cual el acuífero comienza nuevamente a recargarse; el tiempo durante el cual el río subsiste gracias al aporte subterráneo se le llama tiempo de recesión; el volumen real descargado por el acuífero será calculado para ese período, este volumen vendrá expresado por la fórmula:

$$V_e = \int_{t_0}^{t_1} Q_0 e^{-\lambda t} dt$$

$$V_e = -Q_0 \left[\frac{1}{\lambda} \right] \left[\frac{1}{e^{\lambda t}} \right]_0^{t_1}$$

V_e \equiv volumen descargado por el acuífero durante el período de recesión en m^3 .

t = duración del período de recesión en días.

el cual se calculó para cada uno de los años analizados.

La diferencia entre el volumen capaz de descargar el acuífero VTP y el volumen realmente descargado V_e durante el verano, da un volumen remanente " V_R " que representa el volumen de agua efectivo, es decir el agua explotable.

Restando del volumen potencial el año siguiente menos el volumen remanente del año anterior se obtiene la recarga " R ".

$$R = VTP_n - V_e(n-1)$$

7.2 Parámetros calculados para el acuífero del río Palmar.

Coefficiente de Descarga " λ " calculado según fórmula:

$$Q_t = Q_0 e^{-\lambda t}$$

Valores característicos:

$$Q_t = 1 \text{ m}^3/\text{seg}$$

$$Q_0 = 7 \text{ m}^3/\text{seg}; \log Q_0 = 0,845098$$

$$t = 114 \text{ días}$$

$$\log e = 0.4343$$

tomando logaritmos se tiene:

$$\log Q_1 = 0.4343 \alpha t - \log Q_0$$

de donde se tiene:

$$\alpha = \frac{\log Q_0}{0.4343 \cdot t} = 0,032121$$

TABLA N° 4

DATOS OBTENIDOS PARA EL GRAFICO DE RECARGA EN FUNCION DE PRECIPITACION				
AÑO	P (mm)	(VTP) m ³	(Ve) m ³	R (Ha/m)
62-63	1.400	18828803	238542	1186,5
63-64	1.485	12104230	174385	1865,4
64-65	1,360	18828803	308453	776,1
65-66	1.550	8069487	335666	2387,2
66-67	1.520	24208461	2474540	2173,3
67-68	1.495	24208461	663045	1897,2

P = Precipitación anual

R = Recarga del acuífero

TABLA N° 5

Río : Palmar
 Estación: Las Múcuras
 Período: 1962-63 a 1967-68

VALORES CALCULADOS PARA EL ACUIFERO DEL RIO PALMAR CON
 LOS DATOS DE AFORO DE LA ESTACION LAS MUCURAS

AÑO	Q _o (m ³ /seg)	Q x t	log Q _o	VTP	$\frac{1}{e^{\alpha t}}$	Ve
1962-63	7.0	7.0 x 136	0.845098	1882.9	0,012669	23,85
1963-64	4.5	4.5 x 132	0.653213	1210.4	0,014407	17,43
1964-65	7.0	7.0 x 128	0.845098	1882,1	0,016382	30,84
1965-66	3.5	3.5 x 99	0.477121	806,9	0,041597	33,56
1966-67	9.0	9.0 x 71	0.954243	2420,8	0,102218	24,74
1967-68	9.0	9.0 x 112	0.954243	2420,8	0,027389	66,30

Q_o = Gasto al comienzo del agotamiento.
 t = Duración del agotamiento (en días)
 Vtp = Volumen potencial capaz de descargar el acuífero en Ha - m
 Ve = Volumen descargado por el acuífero en Ha-m

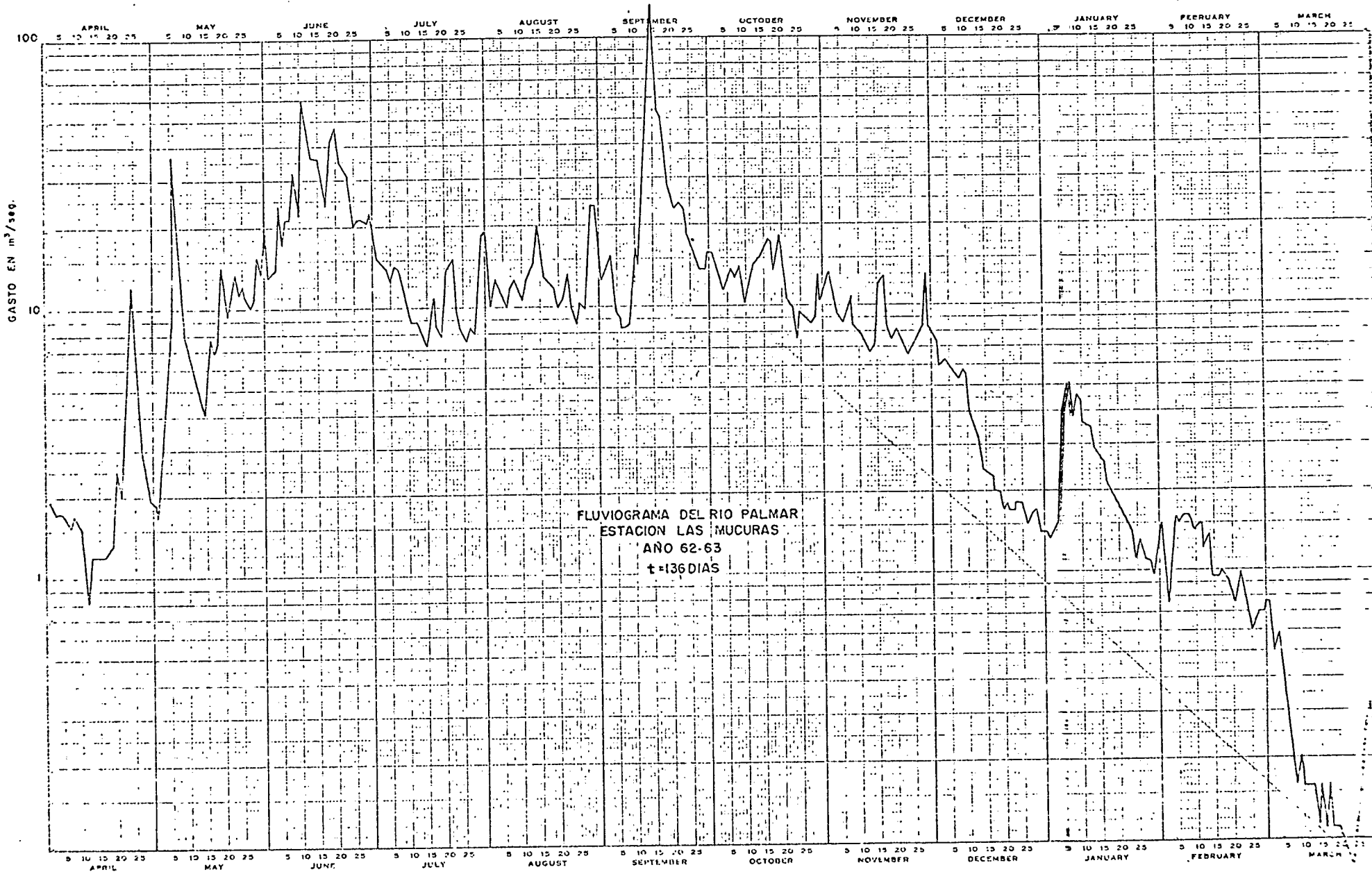
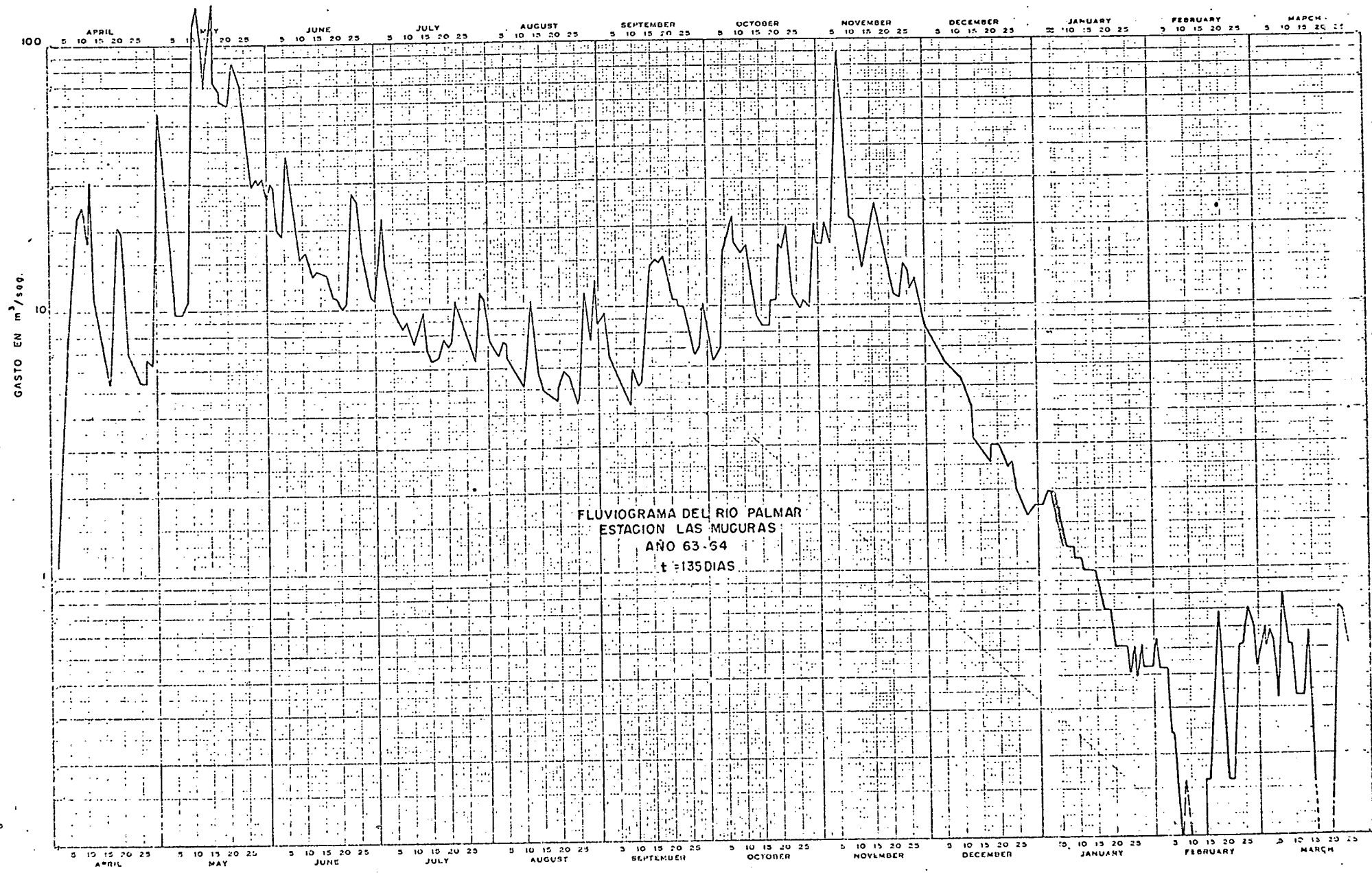


GRAFICO G-7

INGENIERIA DE AGUAS - COMPANY, INC. - MANAGUA, GUATEMALA

NO. 10-11-14-15-16



FLUVIOGRAMA DEL RIO PALMAR
ESTACION LAS MUCURAS
AÑO 63-64
t = 135 DIAS

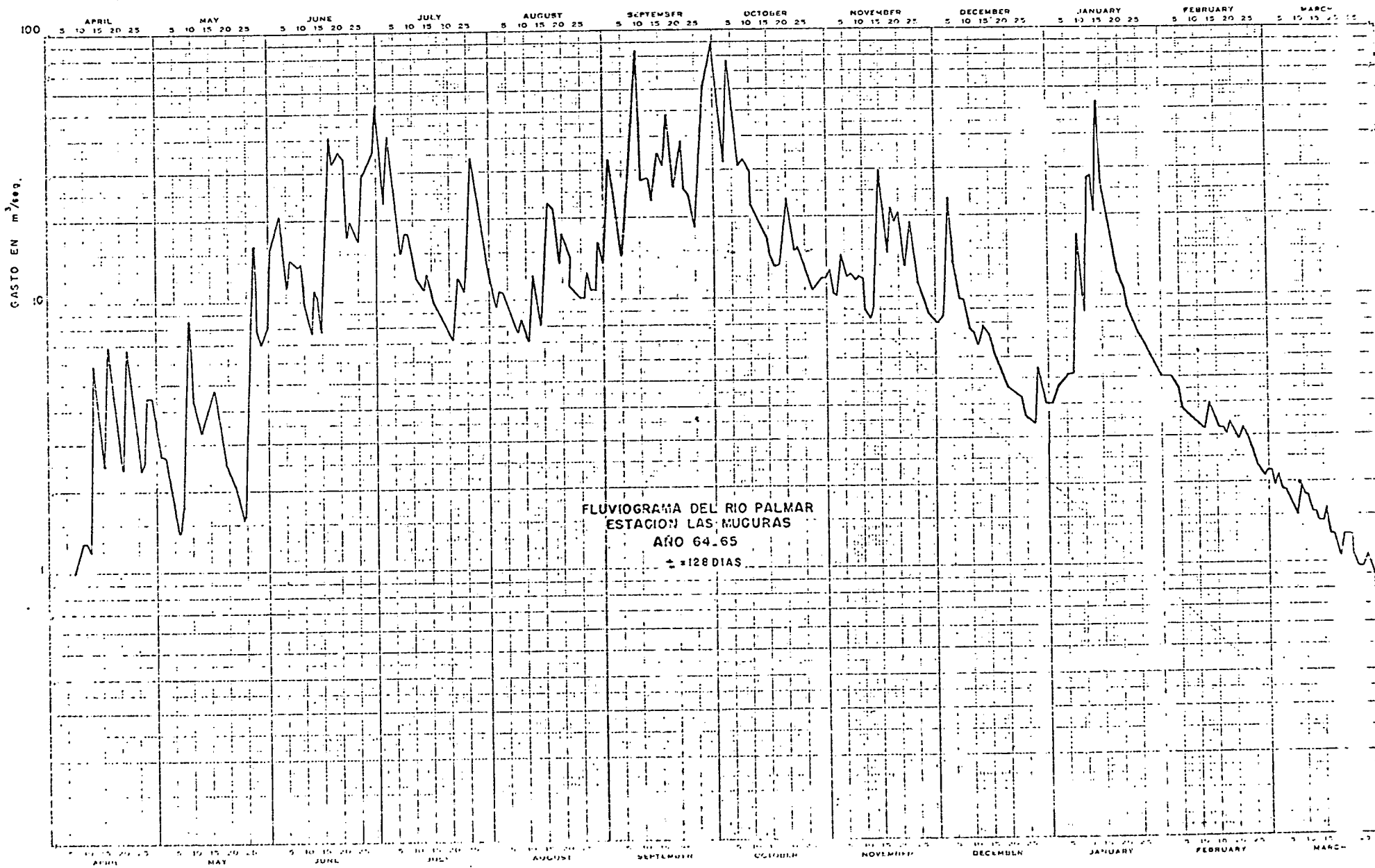
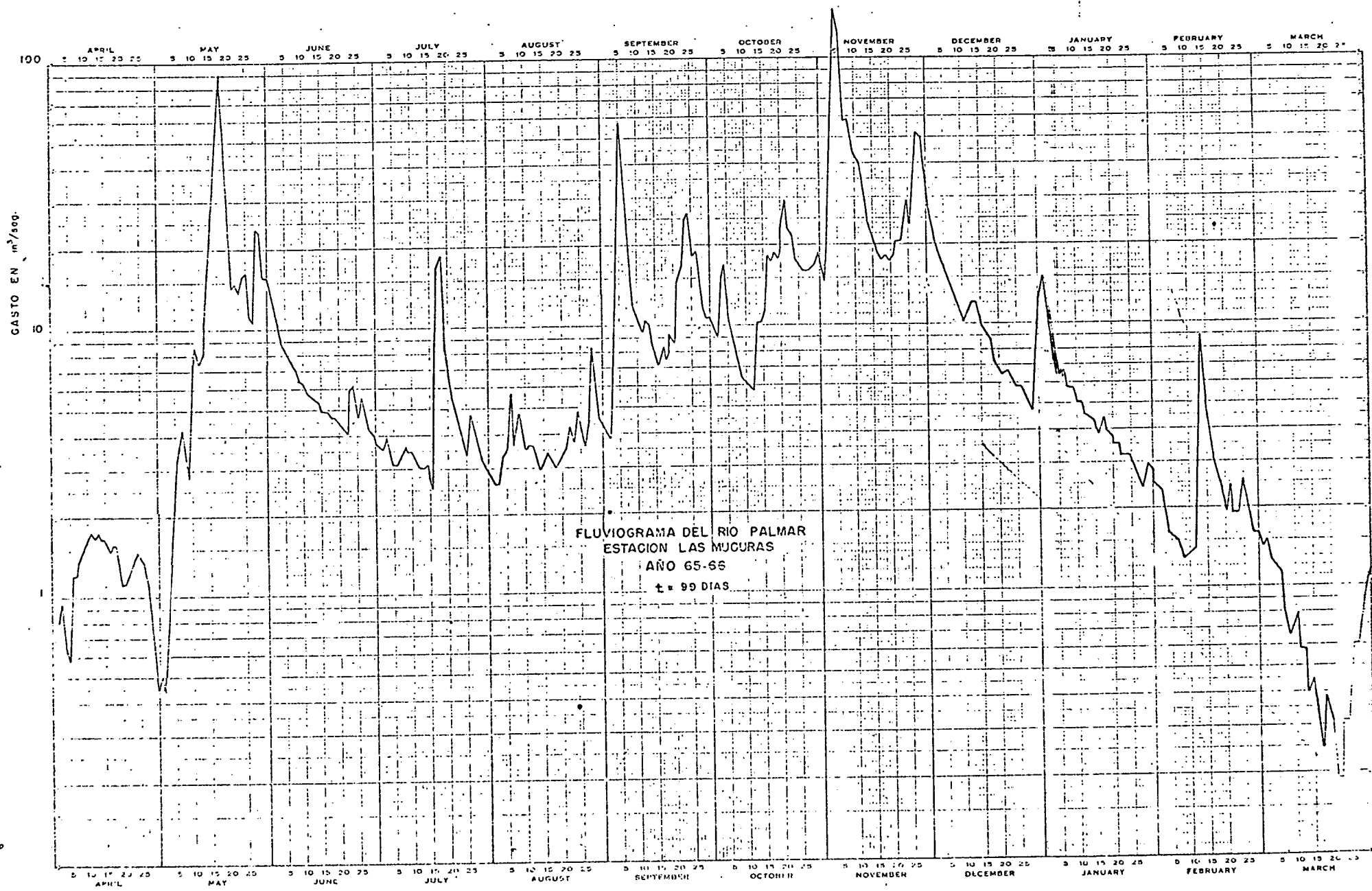
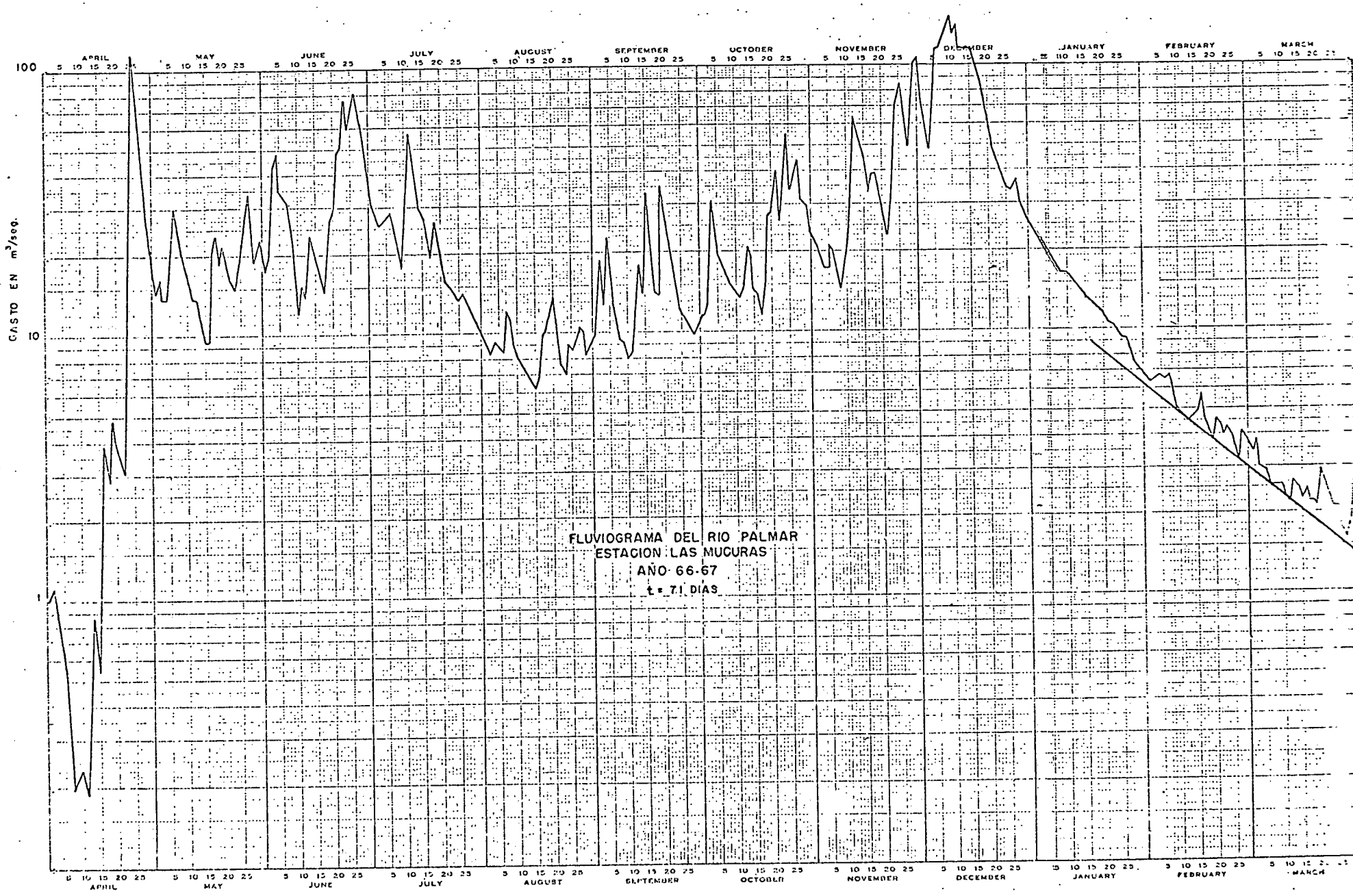


GRAFICO G-9



Chief Engineer, Inc., PHOENIX, ARIZONA, MARSH SUBSISTE.

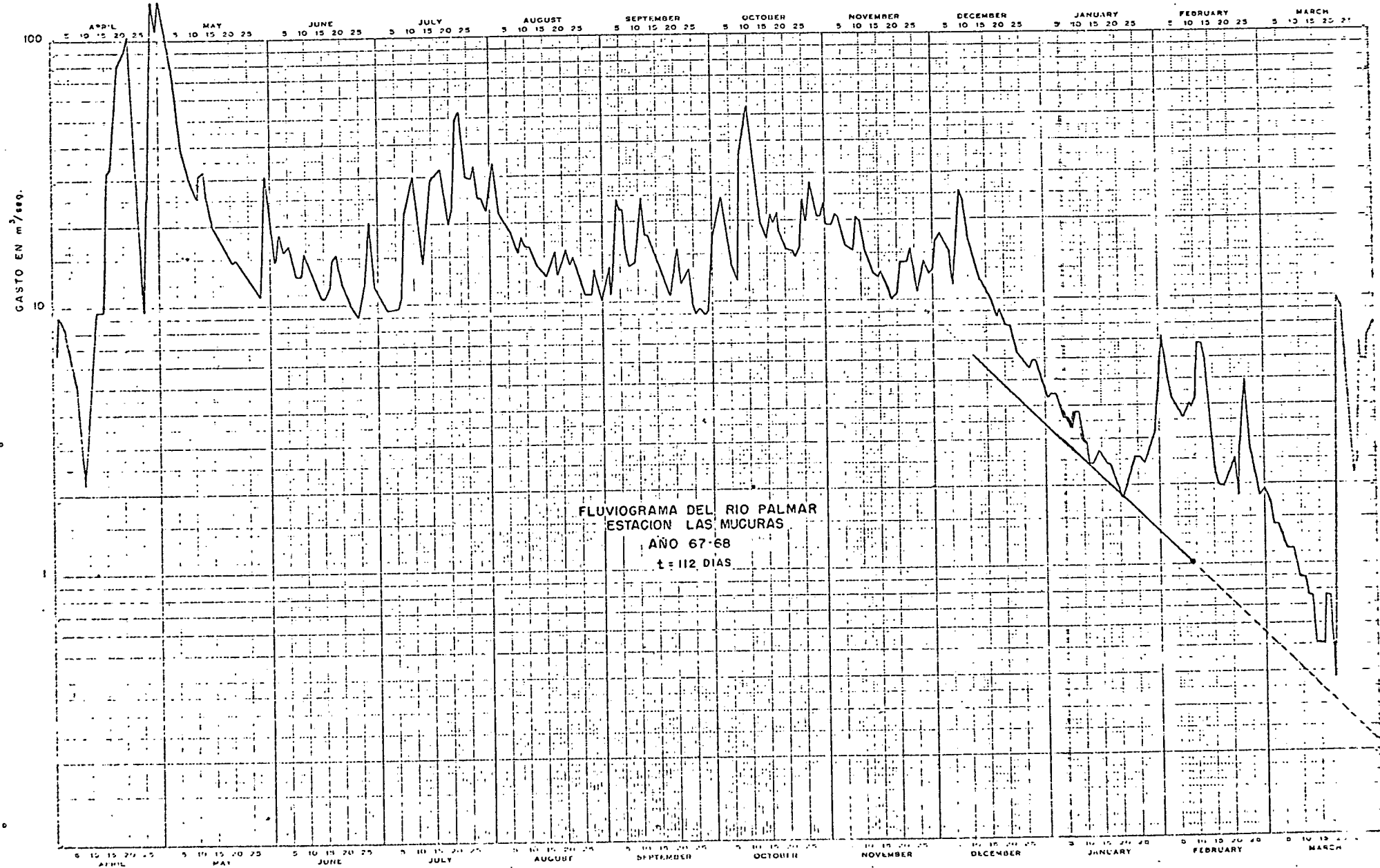
FIG. 10-1-140



FLUVIOGRAMA DEL RIO PALMAR
ESTACION LAS MUCURAS
AÑO 66-67
t = 7.1 DIAS

COLETT MINING COMPANY, INC. HINGWOOD, MARYLAND. DRAWING NO. 111

NO. 871-2149



FLUVIOGRAMA DEL RIO PALMAR
ESTACION LAS MUCURAS
AÑO 67-68
t = 112 DIAS

RECARGA EN FUNCION DE LA PRECIPITACION
RIO PALMAR
PERIODO ANALIZADO: 1962-63 a 1967-68
ECUACION DE LA RECTA: $X = 0.1225Y + 1258$

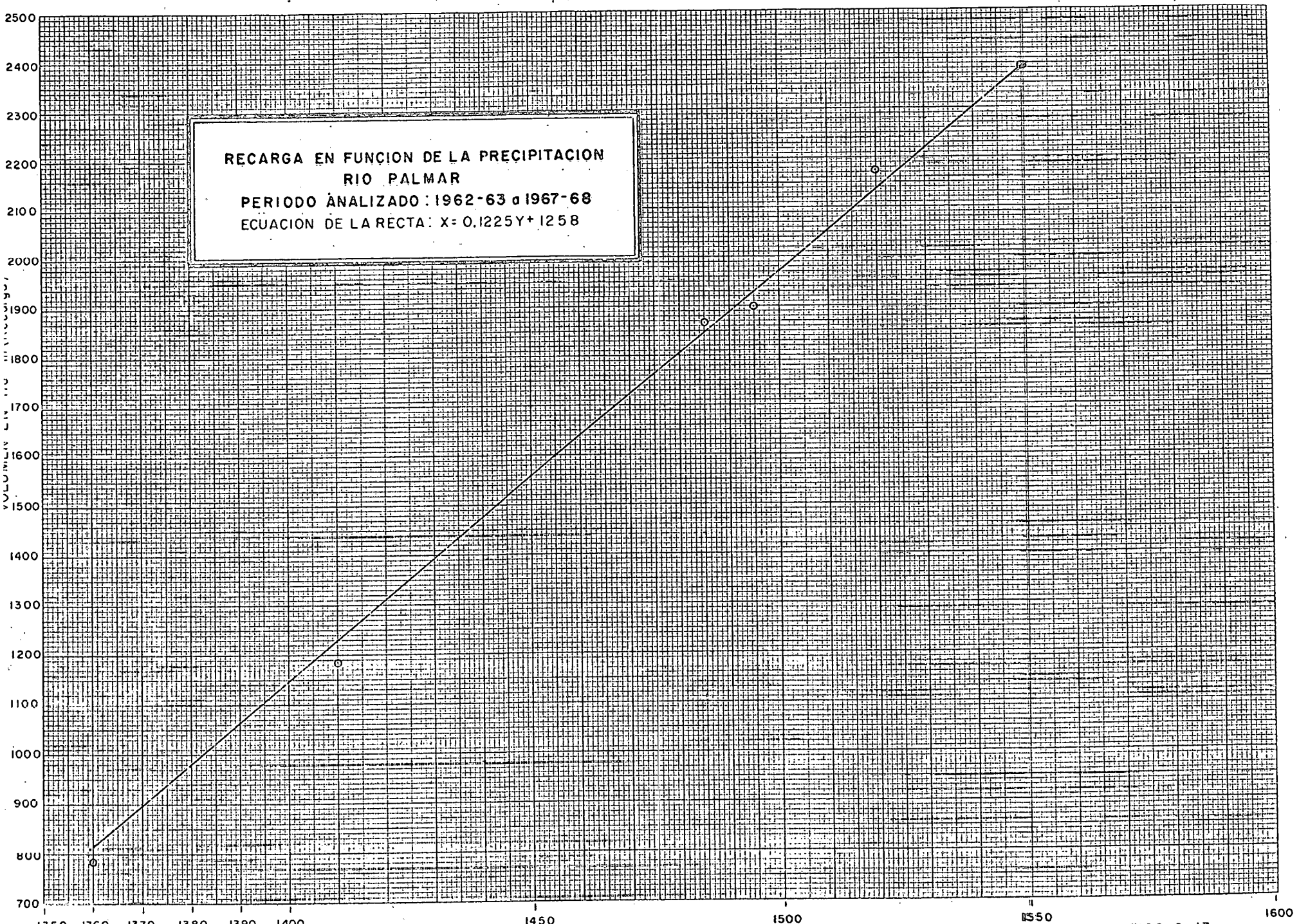


GRAFICO G-13

8.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES:

Cabe resaltar la gran incidencia que sobre la formación del Producto Territorial del Estado Zulia y por lo tanto del país, tienen los tres distritos que delimitan la cuenca del río Palmar: Perijá, Urdaneta y Maracaibo, especialmente en lo que se refiere a los sectores de la ganadería y de la agricultura. Es notable el aporte que en leche, carne y productos agrícolas, se deriva de esta zona. De aquí que sea tan importante desde el ángulo económico-social, el aprovechamiento más eficaz del volumen de agua integrante de la cuenca del río Palmar.

El almacenamiento de este recurso es además de necesario, posible desde el punto de vista técnico. En base a los informes y estudios realizados y a los que actualmente se ejecutan, se puede determinar la alternativa o solución técnico-económica más conveniente para el aprovechamiento del agua de la cuenca. Una vez logrado este propósito, se reducirían las pérdidas que en la agricultura y ganadería, se producen a causa de los veranos y al déficit de agua superficial, y por supuesto se daría un gran impulso e incremento a la producción regional.

De la clasificación hecha por COPLANARH, parte de la cuenca del río Palmar, está ubicada dentro de las zonas deficitarias del recurso agua superficial, debiéndose recurrir al agua subterránea o bien al represamiento del río o al trasvase de ríos cercanos.

En el presente trabajo, se ha desarrollado la fórmula de Maillet con el fin de estimar el potencial subterráneo del acuífero alimentado por el río Palmar; este mismo método ha sido aplicado en otras latitudes habiéndose obtenido resultados satisfactorios, debe sin embargo tenerse en cuenta las restricciones establecidas a fin de obtener resultados aceptables.

En la actualidad el Ministerio de Minas e Hidrocarburos hace estudios hidrogeológicos de la zona, lo cual permitirá hacer una confrontación de los resultados obtenidos a partir de mediciones de precipitación y escorrentía, y los cálculos hechos, con los datos de los piezómetros a instalar. Se recomienda el análisis de un período más amplio, a fin de obtener un gráfico definitivo de recarga en función de la precipitación. Al final del trabajo se presentan una serie de gráficos y tablas como conclusiones.

9.- REFERENCIAS.

Referencia (1)

Estudio para el desarrollo de los recursos de aguas subterráneas en la Región de Maracaibo, volumen V.

TAHAL Ingenieros Consultores de Venezuela C.A.

Referencia (2)

Léxico Estratigráfico de Venezuela

M.M.H Dirección de Geología
año 1956.

Referencia (3)

Mapa Hidrogeológico de la Región Noroccidental de Venezuela.

M.M.H División de Hidrogeología
año 1972.

Referencia (4)

Desarrollo de aguas subterráneas

Universidad Central de Venezuela
Facultad de Ingeniería. año 1967

Referencia (5)

Captación de aguas subterráneas

Ing. Alberto Benitez

Referencia (6)

Normas de calidad de agua potable

Instituto Nacional de Obras Sanitarias
Ing. Carlos Lara Madrid. año 1966

Referencia (7)

Manual de Drenaje Agrícola

Centro Interamericano de Desarrollo Integral de Aguas y Tierras. Prof. Carlos J. Grassi.

Referencia (8)

Evaluación de la recarga de los
acuíferos para una explotación
racional.

Boletín de la Sociedad Venezolana de
Geólogos. Sep-Dic. 1965.

Referencia (9)

Tratado Práctico de las Aguas
Subterráneas.

Ing. Geol. G. Castany

Referencia (10)

Anuarios Climatológicos

M.O.P. División de Hidrología

Referencia (11)

Anuarios Hidrométricos

M.O.P. División de Hidrología.

10.- APENDICES.

A.- DEFINICION DE SIMBOLOS Y TERMINOS USADOS

A = Area de la cuenca

a, c = Constantes

α = Coeficiente de agotamiento

N = Número de días

Q = Gasto expresado en m³/seg.

R = Recarga

Ve = Volumen potencial albergado por el acuífero

Vtp = Volumen total

VR = Volumen descargado por el acuífero

COPLANARH = Comisión del Plan Nacional de Aprovechamiento de los Recursos Hidráulicos.

M.M.H. = Ministerio de Minas e Hidrocarburos

M.O.P. = Ministerio de Obras Públicas

t = Tiempo

X, Y = Variables.

B.- LISTA DE GRAFICOS

	Pag.
G-1	Perfil "A" Piedemonte de la Sierra de Perijá-río Palmar 4
G-2	Mapa Litológico 8
G'-2	Leyenda del Mapa Litológico 9
G-3	Mapa Isoyético período 61-70 14
G-4a	Descarga del Acuífero 26
G-4b	Recarga del Acuífero 26
G-5	Componentes de un hidrograma 28
G-6	Manto no influido 34
G-7	Fluviograma del río Palmar, estación Las Múcuras año 62-63 40
G-8	Fluviograma del río Palmar, estación Las Múcuras año 63-64 41
G-9	Fluviograma del río Palmar, estación Las Múcuras año 64-65 42
G-10	Fluviograma del río Palmar, estación Las Múcuras año 65-66..... 43
G-11	Fluviograma del río Palmar, estación Las Múcuras año 66-67 44
G-12	Fluviograma del río Palmar, estación Las Múcuras año 67-68 45
G-13	Recarga en función de la precipitación, río Palmar. Período 1962-63 al 1967-68 46

C.- LISTA DE TABLAS

	Pág.
<u>Tabla N° 1</u> Evaporación Anual	12
<u>Tabla N° 2</u> Precipitación Media Anual período 1961-68.....	13
<u>Tabla N° 3</u> Gastos Medios Anuales en las Estaciones Las Múcuras y El Diluvio	16
<u>Tabla N° 4</u> Datos obtenidos para el gráfico de recarga en función de la precipitación.....	38
<u>Tabla N° 5</u> Valores calculados para el acuífero del río Palmar con los datos de aforo de la Estación Las Múcuras	39

D.- ANEXOS.

- A-1 Análisis físico químicos pozo N° 6284
- A-2 Análisis físico químico pozo N° 6382
- A-3 Análisis físico químico pozo N° 6383
- A-4 Análisis físico químico pozo N° 6384
- A-5 Análisis físico químico pozo N° 6385
- A-6 Análisis físico químico pozo N° 6386
- A-7 Análisis físico químico pozo N° 6387
- A-8 Análisis físico químico pozo N° 6483
- A-9 Análisis físico químico pozo N° 6484
- A-10 Análisis físico químico pozo N° 6583
- A-11 Análisis físico químico pozo N° 6684

IDENTIFICACION DEL PUNTO: ZU 6284 3 ✓

FECHA DE CAPTACION: 15-2-71

CALICAC. GEOLOGICA: ALUVION

TEMPERATURA DEL AGUA: 30.0 C

PH: 6.8

TOTAL DE SOLIDOS DISUELTOS: 634 PPM

DUREZA TOTAL (COMO CaCO3): 358 PPM

RATA DE ADSORCION DE SODIO: 2.4

% DE SODIO: 39.18

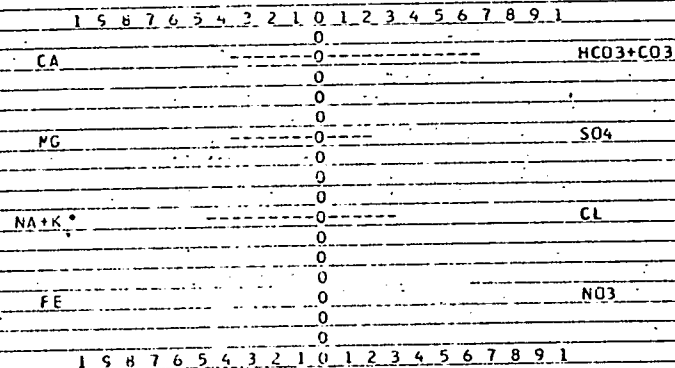
INDICE DE LANGELIER: -0.4

DIAGRAMA DE STIFF

ESCALA: 10 ME/L

CADA GUION: 0.50 ME/L

MILIEQUIVALENTES POR LITRO



**** TIPO DE AGUA: BICARBONATADA SODICA ****

CONSTITUYENTES EN ME/L

CA	MG	NA	K	FE
3.5928	3.5363	4.5675	0.0256	0.0
HCO3	CO3	SO4	CL	NO3
6.3921	0.0	1.8738	3.0456	0.0

< 0 - 0.775

IDENTIFICACION DEL PUNTO: ZU 6382 4 ✓

FECHA DE CAPTACION: -01-71

LAJADA GEOLOGICA: EL MILAGRO FM

TEMPERATURA DEL AGUA: 0.0 C PH: 7.1 TOTAL DE SOLIDOS DISUELTOS: 330 PPM

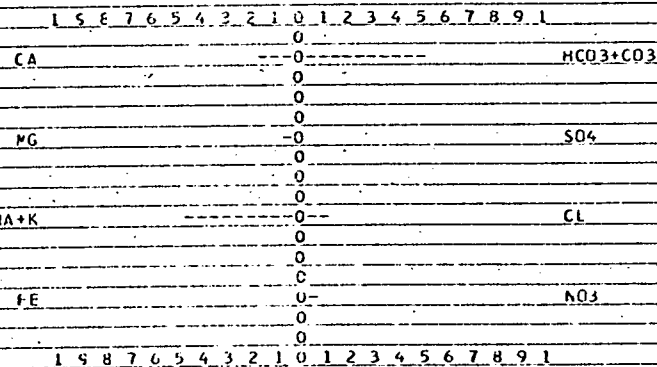
DUREZA TOTAL (CGMO CaCO3): 56 PPM RATA DE ADSORCION DE SODIO: 4.4 % DE SODIO: 69.56

INDICE DE LANGELIER: -0.4

DIAGRAMA DE STIFF

ESCALA: 10 ME/L CADA GUION: 0.50 ME/L

MILIEQUIVALENTES POR LITRO



*** TIPO DE AGUA: BICARBONATA SODICA ***

CONSTITUYENTES EN ME/L

CA	MG	NA	K	FE
1.5968	0.3290	4.3500	0.0512	0.0107
HCO3	CO3	SO4	CL	NO3
5.1137	0.0	0.2082	1.0152	0.3565

= 2.451

IDENTIFICACION DEL PUNTO: ZU 6386 7 ✓

FECHA DE CAPTACION: 09-12-70

UNIDAD GEOLOGICA: EL MILAGRO FM

TEMPERATURA DEL AGUA: 30.0 C

PH: 5.5

TOTAL DE SOLIDOS DISUELTOS: 79 PPM

OLREZA TOTAL (COMO CaCO3): 50 PPM

RATA DE ADSORCION DE SODIO: 0.4

% DE SODIO: 37.71

INDICE DE LANGELIER: -3.3

DIAGRAMA DE STIEF

ESCALA: 1 ME/L CADA GUION: 0.05 ME/L

MILIEQUIVALENTES PGR LITRO

	1	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1
CA											0	----- HCO3+CO3									
											0										
											0										
MG											0	----- SO4									
											0										
											0										
NA+K											0	----- CL									
											0										
											0										
FE											0	----- NO3									
											0										
											0										
	1	5	4	7	6	5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1

*** TIPO DE AGUA: BICARBONATADA MAGNESICA ***

CONSTITUYENTES EN ME/L

CA	MG	NA	K	FE
0.2994	0.7402	0.3430	0.2814	0.0242
HCO3	CO3	SU4	CL	NO3
0.9998	0.0	0.1041	0.6204	0.0

- 0.022

IDENTIFICACION DEL PUNTO: ZU 6387 1

FECHA DE CAPTACION: - -

UNIDAD GEOLOGICA: ALUVION

TEMPERATURA DEL AGUA: 0.0 C

PH: 6.1

TOTAL DE SOLIDOS DISUELTOS: 535 PPM

DUREZA TOTAL (COMO CaCO3): 246 PPM

RATA DE ABSORCION DE SODIO: 3.3

% DE SODIO: 53.36

INDICE DE LANGELIER: -1.8

DIAGRAMA DE STIFF

ESCALA: 10 ME/L

CADA GUION: 0.50 ME/L

MILIEQUIVALENTES POR LITRO

1 9 8 7 6 5 4 3 2 1 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 1

CA

0

HCO3+CO3

MG

0

SO4

NA+K

0

CL

FE

0

NO3

1 9 8 7 6 5 4 3 2 1 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 1

**** TIPO DE AGUA: CLORURADA SODICA ****

CONSTITUYENTES EN ME/L

CA
1.1976

MG
3.7008

NA
5.2200

K
0.3837

FE
0.0269

HCO3
3.6058

CO3
0.0

SO4
1.6656

CL
5.4426

NO3
0.0

IDENTIFICACION DEL PUNTO: ZU 6583 1 ✓

FECHA DE CAPTACION: 7-12-70

UNIDAD GEOLOGICA: EL MILAGRO EN

TEMPERATURA DEL AGUA: 29.0 C

PH: 6.4

TOTAL DE SOLIDOS DISUELTOS: 1980 PPM

DUREZA TOTAL (COMO CaCO3): 820 PPM

RATA DE ADSORCION DE SODIO: 4.0

% DE SODIO: 42.80

INDICE DE LANGELIER: -1.4

DIAGRAMA DE STIFF

ESCALA: 50 ME/L

CADA GUION: 2.50 ME/L

MILIEQUIVALENTES POR LITRO

	1	5	8	7	6	5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	
CA											0											
											0											
											0											
											0											
MG											0											
											0											
											0											
											0											
NA+K											0											
											0											
											0											
											0											
FE											0											
											0											
											0											
											0											

*** TIPO DE AGUA: CLORURADA SODICA ***

CONSTITUYENTES EN ME/L

CA	MG	NA	K	FE
7.5848	8.7597	11.4405	0.8186	0.0269
HCO3	CO3	SU4	CL	NO3
0.9998	0.0	1.3533	27.0720	0.0

DIVISION DE HIDROGEOLOGIA-M.S.H.

IDENTIFICACION DEL PUNTO: ZU 6684 6

FECHA DE CAPTACION: 30-03-71

UNIDAD GEOLOGICA: EL MILAGRO-EM

TEMPERATURA DEL AGUA: 28.5 C PH: 7.2 TOTAL DE SOLIDOS DISUELTOS: 8505 PPM

DUREZA TOTAL (COMO CaCO3): 1804 PPM RATA DE ADSORCION DE SODIO: 13.3 4 DE SODIO: 61.20

INDICE DE LANGELIER: -0.1

DIAGRAMA DE STIFF

ESCALA: 100 PE/L CAUA GUIONE 5.00 PE/L

MILIEQUIVALENTES POR LITRO

1 9 8 7 6 5 4 3 2 1 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 1

CA ---0- HCO3+CO3

MG ---0- SO4

NA+K ---0- CL

FE ---0- NH3

1 5 8 7 6 5 4 3 2 1 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 1

**** TIPO DE AGUA: CLORURADA SODICA ****

CONSTITUYENTES EN ME/L

CA 27.3753 NA 56.5500 K 0.3325 FE 0.0

HCO3 3.1960 CO3 22.9020 SO4 73.3200 CL 0.0 NO3 0.0

1

2

3

