

24/78



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

**ESTUDIO GEOHIDROLOGICO DEL AREA  
URBANA DE MONTERREY, N. L.  
Y ZONAS ALEDAÑAS**

**TESIS PROFESIONAL**

Para obtener el título de:

**INGENIERO GEOLOGO**

Presenta:

**AURELIO REYES RAMIREZ**

MEXICO, D.F.

1987



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

C O N T E N I D O .

PAGINA

I.- I N T R O D U C C I O N

1.1.- PROLOGO -----	01
1.2.- ANTECEDENTES -----	03
1.3.- LOCALIZACION GEOGRAFICA Y VIAS DE COMUNICACION ----	10
1.4.- DEMANDA ACTUAL Y FUTURA DEL AGUA -----	11
1.5.- HIDROLOGIA -----	15

II.- C L I M A T O L O G I A

2.1.- PRECIPITACION -----	21
2.2.- TEMPERATURA -----	23
2.3.- EVAPORACION Y TRANSPIRACION -----	25
2.4.- EVAPORACION POTENCIAL ANUAL -----	26
2.5.- EVAPOTRANSPIRACION -----	27
2.6.- USO CONSUNTIVO -----	28
2.7.- RELACION DE PRECIPITACION / EVAPORACION POTENCIAL / EVAPOTRANSPIRACION -----	29
2.8.- VEGETACION -----	30
2.9.- CLIMAS -----	32

III.- B A L A N C E H I D R O L O G I C O

3.1.- GENERALIDADES -----	33
3.2.- COMPONENTES DEL CICLO HIDROLOGICO Y FACTORES QUE IN FLUYEN EN SU COMPORTAMIENTO -----	34
3.2.1.- PRECIPITACION -----	34

3.2.2.- EVAPORACION, TRANSPIRACION Y EVAPOTRANSPIRACION	--	35
3.2.3.- ESCORRENTIA	-----	39
3.2.4.- INFILTRACION	-----	41
3.2.5.- CAMBIO DE ALMACENAMIENTO	-----	42
3.3.- ECUACION PARA EL BALANCE HIDROLOGICO Y RESULTADOS	--	44
IV.- G E O L O G I A		
4.1.- FISIOGRAFIA Y GEOMORFOLOGIA	-----	50
4.2.- GEOLOGIA GENERAL	-----	51
4.3.- ESTRATIGRAFIA	-----	52
4.4.- TECTONICA	-----	59
4.5.- GEOLOGIA HISTORICA	-----	61
4.6.- HIDROGEOLOGIA	-----	64
4.6.1.- FORMACIONES PERMEABLES E IMPERMEABLES	-----	65
V.- H I D R O L O G I A   S U B T E R R A N E A		
5.1.- CENSO Y PIEZOMETRIA DISPONIBLE	-----	68
5.2.- CARACTERISTICAS HIDRAULICAS DE LOS ACUIFEROS	-----	70
5.2.1.- ACUIFEROS EN ROCAS CARBONATADAS	-----	70
5.2.1.1.- EVOLUCION PIEZOMETRICA DEL ACUIFERO CALIZO	-----	72
5.2.1.2.- CAPACIDAD PRODUCTORA DEL ACUIFERO CALIZO	-----	75
5.2.1.3.- ESQUEMA DE FLUJO REGIONAL EN CALIZAS	-----	76
5.2.2.- ACUIFERO ALUVIAL Y LUTITAS FRACTURADAS	-----	79
5.2.2.1.- TRANSMISIVIDAD, CAUDAL ESPECIFICO Y COEFICIENTE DE ALMACENAMIENTO	-----	79

5.2.2.2.- PROFUNDIDAD A NIVEL ESTATICO -----	80
5.2.2.3.- ELEVACION DE NIVEL ESTATICO -----	81
5.2.2.4.- EVOLUCION DE NIVEL ESTATICO -----	82

## VI.- H I D R O G E O Q U I M I C A

6.1.- INTRODUCCION -----	84
6.2.- SULFATOS -----	88
6.3.- CLORUROS -----	89
6.4.- CONDUCTIVIDAD ELECTRICA -----	89
6.5.- BICARBONATOS -----	90
6.6.- CALCIO Y MAGNESIO -----	90
6.7.- CONCLUSIONES, ACUIFERO CALIZO -----	90
6.8.- ACUIFERO ALUVIAL -----	91
6.9.- ISOTOPOS, ACUIFERO CALIZO -----	92
6.10.- CONCLUSIONES -----	96

## VII.- B A L A N C E G E O H I D R O L O G I C O

7.1.- ACUIFERO CALIZO -----	97
7.2.- ACUIFERO ALUVIAL -----	101
7.2.1.- ENTRADAS	
7.2.1.1.- POR FLUJO HORIZONTAL -----	102
7.2.1.2.- POR FLUJO VERTICAL -----	104
7.2.2.- SALIDAS	
7.2.2.1.- POR FLUJO HORIZONTAL -----	104

7.2.2.2.- PGR FLUJO VERTICAL -----	104
7.2.3.- CAMBIO DE ALMACENAMIENTO -----	105
7.2.4.- PLANTEAMIENTO DE LA ECUACION DE BALANCE -----	105
VIII.- RELACION AGUA SUPERFICIAL Y AGUA SUBTERRANEA.	
6.1.- INTERRELACION DEL ACUIFERO CALIZO Y ALUVIAL -----	106
6.2.- DISCUSION DE RESULTADOS DEL BALANCE HIDROLOGICO Y GEOHI DROLOGICO -----	107
6.3.- ALTERNATIVAS -----	109
IX.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
9.1.- CONCLUSIONES -----	111
9.2.- RECOMENDACIONES -----	112
BIBLIOGRAFIA	

INDICE DE TABLAS, FIGURAS Y PLANOS.

TABLA	1.4.1.	DEMANDA DE AGUA EN POBLACIONES RURALES DE MENOS DE 2500 HABITANTES EN FUNCION DE CLIMAS PREVALECIENTES.
TABLA	1.4.2.	PROYECCIONES DEMOGRAFICAS
TABLA	1.4.3.	SERVICIO DE AGUA EN LOS PRINCIPALES <u>MU</u> NICIPIOS DEL EDO. SEGUN SU POBLACION
TABLA	2.3.4.5.6.	VALORES DE LA EVAPORACION POTENCIAL
TABLA	3.2.	CARACTERISTICAS CLIMATOLOGICAS E <u>HIDRO</u> METRICAS POR ZONAS DE INFLUENCIA
TABLA	4.3.1.	TABLA ESTRATIGRAFICA
TABLA	5.1.3.	CENSO DE POZOS
TABLA	5.2.2.4.1.	EVOLUCION MEDIA, AREA METROPOLITANA
TABLA	6.1.	ANALISIS FISICO QUIMICOS, ACUIFERO <u>CALI</u> ZO.
TABLA	6.9.1.1.	COMPOSICIONES ISOTOPICAS PROMEDIO, ACUIFERO <u>CALIZO</u> .
TABLA	7.2.1.	ENTRADAS. ACUIFERO ALUVIAL.
TABLA	7.2.2.1.	SALIDAS. ACUIFERO ALUVIAL.
FIGURA	1.4.1.	PRONOSTICO DE DEMANDA DE AGUA POTABLE, MONTERREY Y ZONAS DE INFLUENCIA.
FIGURA	1.4.2.	PROYECTO EN PROCESO, ACUEDUCTO LINARES-MONTERREY.
FIGURA	1.4.3.	PROYECTO ACUEDUCTO MONTERREY- ESTACAS.
FIGURA	1.4.4.	PROYECTO ACUEDUCTO FALCON - MONTERREY.
FIGURA	1.4.5.	PROYECTO ACUEDUCTO PRESAS SAN JUAN, EL CUCHILLO E ICAMOLE - MONTERREY.
FIGURA	1.4.6.	PROYECTO ACUEDUCTO MONTERREY - GOMAS.
FIGURA	2.1.1.	HISTOGRAMAS DE PRECIPITACION MEDIA <u>ME</u> N

		SUAL Y ANUAL, ESTACION MINA.
FIGURA	2.1.2.	HISTOGRAMAS DE PRECIPITACION MEDIA <u>MEN</u> SUAL Y ANUAL, ESTACION ICAMOLE.
FIGURA	2.1.3.	HISTOGRAMAS DE PRECIPITACION MEDIA <u>MEN</u> SUAL Y ANUAL, ESTACION RINCONADA.
FIGURA	2.1.4.	HISTOGRAMAS DE PRECIPITACION MEDIA <u>MEN</u> SUAL Y ANUAL, ESTACION POTRERO REDONDO.
FIGURA	2.1.5.	HISTOGRAMAS DE PRECIPITACION MEDIA <u>MEN</u> SUAL Y ANUAL, ESTACION TUNEL SAN FCU.
FIGURA	2.1.6.	HISTOGRAMAS DE PRECIPITACION MEDIA <u>MEN</u> SUAL Y ANUAL, ESTACION CIENEGA DE FLO- RES.
FIGURA	2.1.7.	HISTOGRAMAS DE PRECIPITACION MEDIA <u>MEN</u> SUAL Y ANUAL, ESTACION CADEREYTA.
FIGURA	2.1.8.	HISTOGRAMAS DE PRECIPITACION MEDIA <u>MEN</u> SUAL Y ANUAL, ESTACION SABINAS HGO.
FIGURA	2.1.9.	HISTOGRAMAS DE PRECIPITACION MEDIA <u>MEN</u> SUAL Y ANUAL, ESTACION CERRALVO.
FIGURA	2.1.10.	HISTOGRAMAS DE PRECIPITACION MEDIA <u>MEN</u> SUAL Y ANUAL, ESTACION MONTERREY.
FIGURA	2.1.11.	HISTOGRAMAS DE PRECIPITACION MEDIA <u>MEN</u> SUAL Y ANUAL, ESTACION BUSTAMANTE.
FIGURA	2.1.12.	HISTOGRAMAS DE PRECIPITACION MEDIA <u>MEN</u> SUAL Y ANUAL, ESTACION SAN ANTONIO DE LAS ALAZANAS.
FIGURA	2.1.13.	HISTOGRAMAS DE PRECIPITACION MEDIA <u>MEN</u> SUAL Y ANUAL, ESTACION PAJONAL.
FIGURA	2.1.14.	HISTOGRAMAS DE PRECIPITACION MEDIA <u>MEN</u> SUAL Y ANUAL, ESTACION TOPO CHICO.
FIGURA	2.1.15.	HISTOGRAMAS DE PRECIPITACION MEDIA <u>MEN</u> SUAL Y ANUAL, ESTACION STA. CATARINA.
FIGURA	2.1.16.	HISTOGRAMAS DE PRECIPITACION MEDIA <u>MEN</u> SUAL Y ANUAL, ESTACION LA POPA.
FIGURA	2.1.17.	HISTOGRAMAS DE PRECIPITACION MEDIA <u>MEN</u> SUAL Y ANUAL, ESTACION VILLA DE ALLENDE

FIGURA	2.1.19.	HISTOGRAMAS DE PRECIPITACION MEDIA M <u>EN</u> SUAL Y ANUAL, ESTACION SALTILLO.
FIGURA	5.1.4.	EVOLUCION DEL NIVEL ESTATICO, POZO MINA No. 1.
FIGURA	5.1.5.	PRUEBA DE BOMBEO, RECUPERACION, POZO LA SILLA No. 2.
FIGURA	5.1.6.	PRUEBA DE BOMBEO, ABATIMIENTO, POZO MA-MULIQUE No.1.
FIGURA	5.1.7.	PRUEBA DE BOMBEO, ABATIMIENTO, POZO BUE-NOS AIRES No.5.
FIGURA	5.1.8.	PRUEBA DE BOMBEO, ABATIMIENTO, POZO BUE-NOA AIRES No. 5.
FIGURA	5.1.9.	PRUEBA DE BOMBEO, RECUPERACION, POZO --BUENOS AIRES No. 5.
FIGURA	5.1.10.	PRUEBA DE BOMBEO, ABATIMIENTO, POZO BUE-NOS AIRES No. 4.
FIGURA	5.1.11.	PRUEBA DE BOMBEO, RECUPERACION, POZO --BUENOS AIRES No. 3.
FIGURA	5.1.12.	PRUEBA DE BOMBEO, ABATIMIENTO, POZO BUE-NOS AIRES No. 3.
FIGURA	5.1.13.	PRUEBA DE BOMBEO, ABATIMIENTO, POZO BUE-NOS AIRES No. 2.
FIGURA	5.1.14.	PRUEBA DE BOMBEO, ABATIMIENTO, POZO BUE-NOS AIRES No. 2.
FIGURA	5.1.15.	PRUEBA DE BOMBEO, ABATIMIENTO, POZO BUE-NOS AIRES No. 1.
FIGURA	5.1.16.	PRUEBA DE BOMBEO, RECUPERACION, POZO --BUENOS AIRES No. 1.
FIGURA	5.1.17.	PRUEBA DE BOMBEO, RECUPERACION, POZO --BUENOS AIRES No. 1.
FIGURA	5.1.18.	EVOLUCION PIEZOMETRICA, VOLUMENES DE -EXTRACCION Y PRECIPITACION PLUVIAL, CAM

PO MINA.

- FIGURA 5.1.19. EVOLUCION PIEZOMETRICA, VOLUMENES DE EXTRAC  
CION Y PRECIPITACION PLUVIAL. CAMPO BUENOS  
AIRES.
- FIGURA 5.1.20. HIDROGRAFO REGIONAL, CAMPO MINA.
- FIGURA 5.1.21. HIDROGRAFO REGIONAL, CAMPO BUENOS AIRES.
- FIGURA 5.2.1.2.1. PERIODO DE ABATIMIENTO EN LA ZONA DE MINA.
- FIGURA 5.2.1.3.1. SECCION GEOLOGICA ENTRE LA SIERRA MADRE Y -  
MONTERREY N.L.
- FIGURA 5.2.1.3.2. SECCION GEOLOGICA ENTRE MONTERREY Y MINA.
- FIGURA 5.2.1.3.3. SECCION GEOLOGICA ENTRE MONTERREY Y MINA.
- FIGURA 5.2.2. PROFUNDIDAD DE LOS NIVELES ESTATICOS (1974)  
CAMPO MINA.
- FIGURA 7.2.1.2.1. PREDICCION DE COMPORTAMIENTO DE LOS NIVELES  
PIEZOMETRICOS EN SECUENCIA DE AÑOS LLUVIO--  
SOS EN EL CAMPO MINA.
- FIGURA 7.2.1.2.2. PREDICCION DE COMPORTAMIENTO DE LOS NIVELES  
PIEZOMETRICOS EN SECUENCIA DE AÑOS SECOS EN  
EL CAMPO MINA.
- PLANO 1.3.1. PLANO DE LOCALIZACION.
- PLANO 1.5.1. LOCALIZACION DE CUENCAS.
- PLANO 3.2.1.1. POLIGONOS DE THIESSEN.
- PLANO 3.2.1.2. ISOYETAS MEDIAS ANUALES.
- PLANO 4.2.1. GEOLOGICO.
- PLANO 5.1.2. LOCALIZACION DE APROVECHAMIENTOS.A.ALUVIAL.
- PLANO 5.2. PROFUNDIDAD DEL NIVEL ESTATICO.A. ALUVIAL.
- PLANO 5.2.2.3.3. ELEVACION DEL NIVEL ESTATICO.A. ALUVIAL.
- PLANO 5.2.2.4.2. EVOLUCION DEL NIVEL ESTATICO.A. ALUVIAL.
- PLANO 5.2.2.1. CAUDAL ESPECIFICO. A. ALUVIAL.
- PLANO 6.2.2.1. SULFATOS, ACUIFERO BUENOS AIRES.

PLANO	6.2.2.	SULFATOS, ACUIFERO MINA.
PLANO	6.3.1.	CLORUROS, ACUIFERO MINA.
PLANO	6.4.1.	CONDUCTIVIDAD ELECTRICA, ACUIFERO MINA.
PLANO	6.4.2.	CONDUCTIVIDAD ELECTRICA, ACUIFERO BUENOS AIRES.
PLANO	6.6.1.	RELACION Ca./Mg. ACUIFERO MINA.

# 1.- I N T R O D U C C I O N

## 1.1.- PROLOGO

Para planear y fincar el desarrollo de una región, es indispensable tener un conocimiento adecuado de los recursos de agua - disponibles, tanto superficiales como subterranas, a fin de programar su manejo integrado como una sola unidad.

Para lograr un buen conocimiento de los recursos de agua subterranas en una región dada, se requiere de un programa de investigaciones de campo especializadas y la aplicación de los conocimientos teóricos modernos en hidrología subterranas, para determinar - la cuantía, distribución y calidad de las aguas a fin de integrar un estudio geohidrológico cuantitativo que permita conocer las condiciones de recarga-descarga, la interrelación agua superficial, - agua subterranas y las condiciones de explotación a que se encuentran sujetos los acuíferos.

Dependiendo del grado de conocimiento al que se llegue respecto al funcionamiento de los acuíferos en una zona, un estudio geohidrológico realizado podrá tener carácter de preliminar o completo, según la información disponible, las actividades ejecutadas y el período de trabajo, ya que buena parte de los rangones que intervienen en los estudios no es posible acelerarlos, pues dependen del tiempo, tales como las evoluciones piezométricas, volúmenes de explotación, condiciones climatológicas etc.....

Por lo cual un estudio geohidrológico completo requiere de muchos años de observación y control; es por esto que dependiendo del tipo, calidad y cantidad de información con que se inicia este estudio, se debe considerar de carácter preliminar.

## 1.2.- ANTECEDENTES.

El área estudiada comprende a la Ciudad de Monterrey y zonas circunvecinas, incluyendo las contrafuertes de la Sierra Madre Oriental, desde Villa Santiago hasta cerca de la población de San José de los Nuncios, Coahuila, incluye porciones del anticlinal de San Blas, los Muertos, los Frailes, Minus Viejas y los de las Mitras, Loma Larga y Topo Chico, la topografía en la zona serrana es sumamente accidentada, presentando pendientes muy fuertes y grandes acantilados, circundando valles cerrados que forman en muchos sitios verdaderos cañones, en general estos accidentes son concordantes con las estructuras geológicas; en la zona del valle que es donde se asienta la ciudad se extiende una extensa planicie, con poco relieve y pendientes suaves, que ya puede considerarse como la planicie costera del Golfo de México, su altura sobre el nivel del mar es en promedio 500 mts. y el de las Sierras de 1200 a 3200

Diversos organismos estatales y federales, han tratado de solucionar el problema de abastecimiento de agua hacia esta ciudad, logrando su objetivo solo a medias, debido principalmente a que no existe una fuente de suministro natural continua y renovable, ya que el desmesurado crecimiento de la población rebasa las predicciones de consumo; además que esta área se encuentra en una zona semi desértica donde las condiciones climáticas no son de lo más favorables, como se vera en el capítulo correspondiente.

Se tiene conocimiento de las fuentes de abastecimiento desde 1956, cuando la ciudad se abastecía por medio de los manantiales - Ojos de Santa Lucia y otros de menor cuantía diseminados en todas las partes bajas de la serranía, los cuales aportaban mas de 1000 LPS. ademas de aportación de agua superficial de los rios que tenían escurrimientos permanentes o de larga duración, la ciudad seguía con su crecimiento paulatino, creando con ello mayores necesidades de agua. Fue en 1905, cuando se concesionó a una compañía - particular el abastecimiento de agua a la ciudad, para lo cual elaboró estudios y obras en el Cañon de la Huasteca y frente de las - sierras, (manantiales del Diente y la Estanzuela) con la finalidad de captar 1500 LPS.; posteriormente en 1908, construyó la galería de San Jeronimo sobre el río de Santa Catarina y la conducción de los manantiales descritos anteriormente; estas obras se proyectaron considerando una población de 200 000 habitantes. Para 1923, - las exigencias de la ciudad requerían un mayor consumo de agua, - especialmente en su área industrial, es por este motivo que se empiezan a perforar pozos en los rellenos aluviales de la ciudad, alcanzando en 1940 la cantidad de 94; el aumento de la población sumado a un intenso período de sequía intensificó esta actividad a - tal grado que en 1947 el número de estos eran ya de 225 pozos en - operación con su consabida repercusión en los afloramientos naturales, reduciendo los gastos de los manantiales considerablemente.

Esta es una época en que se toma especial interes en la zona, con el objeto de optimizar este recurso y se efectuan varios estu-

dios y diversas obras, de las cuales las principales son, un estudio presentado por la Cámara de Comercio en 1944; el del Dr. Paul Waitz de la SRH, en 1947, el del Ing. Alfonso O. Carreño de la Dirección de Geología en 1950: el del Ing. Jose S. Noriega, en 1951; el de la firma FORC Sacom y Davis y el del Ing. Lorenzo Torres Iza bal en 1953. Además diversos trabajos de carácter local como el del geólogo Emilio Böse en 1906; también el estudio de la Sierra de los Muertos de W. E. Humphrey y los estudios efectuados por los Ings. Raúl Pérez y Teodoro Díaz.

En 1948 se inicia la perforación de pozos para el abastecimiento exclusivo de agua potable y ya para 1950 se tienen 17 pozos en operación en los rellenos aluviales, mientras que el número de estos, para otras actividades creció hasta 369; en ese año, 1950 se perforó el primer pozo profundo en calizas, en el flanco sur de el Cerro de las Mitras, el cual resultó Artesiano y con una producción de 100 LPS. En 1953 se terminó de construir la Galería de la Huasteca; obteniéndose un gasto de 500 LPS. En 1954, bajo la intensa sequía se tenían ya perforados 555 pozos, tres de ellos en calizas y muy profundos, esto motivó a la SRH a proponer zonas favorables para perforación de pozos profundos en las calizas, estas zonas fueron las Mitras Loma Larga; Las Mitra Obispado y Topochico, para estas fechas las aguas subterráneas del acuífero aluvial ya sobreexplotado, se declaró en veda total.

El gasto promedio que se obtenía del acuífero aluvial, era de 2 000 LPS., para el acuífero calizo se pretendía obtener 1 000 LPS y los tuncles de captación darían un gasto de 1000 a 1 500 LPS., - las cuales sumaban un gasto probable de 4 500 LPS.

En 1957 empiezan a explorar alternativas fuera de la Subcuenca del área de estudio (Santa Catarina y Pesqueira), pero dentro de la Cuenca del Río Salinas, de mayor amplitud; 14 000 km<sup>2</sup>, ver plano 1.5.1. esta alternativa sería el anticlinal de Mina, el único que reunía las características geológico estructurales, para establecer un campo de explotación, se inicia un pozo profundo de explotación, el cual da un caudal de 150 LPS y un Qe 10 LPM.

La Jefatura de agua potable y alcantarillados, a través del Ing. Heinz Lesser Jones, concluyó las observaciones de 8 perforaciones mas en el campo Mina, a profundidades variables de las que se extraían 1 090 LPS, y publicó sus observaciones, dando como resultado el conocimiento de un acuífero de gran potencialidad, cuyo funcionamiento esta regulado por la precipitación regional.

En julio de 1970 se tiene conocimiento de que la Dirección de Aguas Subterráneas había perforado y supervisado 16 pozos exploratorios en calizas, de las cuales 9 fueron en el campo de Buenos Aires, 3 en la zona de Cerritos y 1 en Mamulique obteniendo 931 LPS. tambien en ese año la Comisión de Agua Potable de la ciudad, contrata a la compañía Cieps, cuyo objetivo es efectuar un estudio geológico en acuíferos calizos, la cual perfora 24 pozos profundos

en calizas para su definición, distribuidos como sigue:

- 13 en el campo de Buenos Aires
- 4 en Monterrey
- 3 en la Silla
- 2 en Topo Chico
- 5 en extensión Mina
- 1 en Jardín
- 2 en Cerritos
- 1 en Manulique

En 1975 culmina el periodo de observaciones en el campo Mina, se empezó extrayendo  $6.5 \times 10^3$  m<sup>3</sup>/año en 1958 y hasta este año se extrae  $52.0 \times 10^6$  m<sup>3</sup>/año, existen 26 pozos perforados en este campo y sus caudales varían de 70 a 250 LPS.

A finales de 1980 el problema de abastecimiento del agua potable industrial y agrícola se acrecenta y se crea la necesidad de realizar actividades contundentes por parte de las autoridades, -- por tal motivo se empieza la ejecución del programa de abastecimiento de agua por la ciudad y al corredor industrial Linares - Monte-Morelos-Allende-Monterrey.

Para 1981 se han efectuado la construcción de otras 16 perforaciones a profundidades variables entre 410 y 1 900 m. situadas - en las estructuras geológicas de Topo Chico, Buenos Aires, La Goma

Estacas y Bustamante, el caudal total aforado fue de 877 LPS., don de la calidad de los campos Buenos Aires y Topo Chico marcadamente manifiesta, solo es de 311 LPS., para estas fechas tambien se tenian ya perforados 60 pozos en la zona de Monterrey - Monte Morg los de las cuales 44 fueron aforados, proporcionando un caudal de 1 209 LPS. aunque solo es disponible el de los pozos de la zona - Guadalupe- San Roque y Ciudadela de 250 - 300 LPS.

En 1982 la presa de Carro Prieto esta practicamente concluida, se llevan aproximadamente 40 km. de acueducto terminado desde los rios San Juan hasta San Roque y algunas plantas de bombeo, -- asi como la construcción de algunos pozos en el tramo terminado - que en conjunto aportan 110 LPS.

El abastecimiento de la ciudad en este año es de  $5.66 \text{ m}^3/\text{seg}$  que significa una deficiencia de  $3 \text{ m}^3/\text{seg}$  el cual se distribuye - como sigue:

Campo Mina	932	LPS.
Villa Santiago	1 052	LPS.
La Boca	1 020	LPS.
Acuífero Aluvial		
Ciudad de Monterrey	796	LPS.
Sist. Sta.Catarina	1 760	LPS.
Pozos de San Roque	110	LPS.
T O T A L	5 660	LPS.

Nuevamente la ausencia de lluvias en la zona, ha producido -

un abatimiento intenso en la disponibilidad existente, el gobierno del Estado y la SRH, reprograman actividades para 1983, 1984 y 1985

El principal objetivo es incorporar al servicio de nuevas fuentes de abastecimiento, rescatar volúmenes que se pierden, como fugas en la conducción y redes de distribución, así como la racionalización del agua, este programa comprende la aceleración de la construcción del acueducto Linares - Monterrey. Para primero derivar el Río Ramos, la incorporación del Río Pilón y de pozos del área de Monte Morelos, derivación del Río Potosí y finalmente la incorporación de la Presa de Cerro Prieto, que en conjunto aportarían 5 800 LPS., de estos la mayoría sería agua superficial y únicamente 500 provendrían de agua subterránea.

Ademas se restringiría el abastecimiento de  $5.66 \text{ m}^3/\text{seg}$  a --  $5.0 \text{ m}^3/\text{seg}$ . También se programó la creación de un plan emergente el cual consistió en la perforación de 115 pozos en los aluviones de la ciudad de Monterrey. Siendo está un área intensamente sobre-explotada, el objetivo es aliviar la escasez en lo que se terminan los trabajos anteriores, de estos pozos es en esencia los datos -- que tomaremos para la evaluación geohidrológica, ya que son las -- que mayor información se tiene.

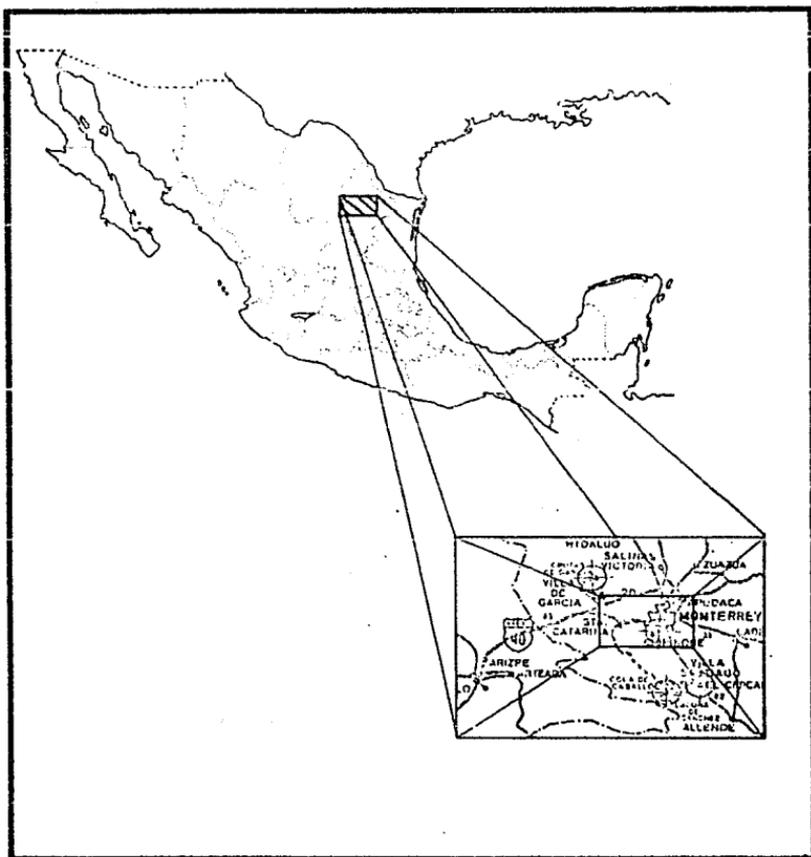
### 1.3.- LOCALIZACION GEOGRAFICA.

El área estudiada comprende a la ciudad de Monterrey y zonas circunvecinas, abarcando los municipios de Nicolas de la Garza, - Villa García, General Escobedo, Santa Catarina, Villa Santiago, - Garza García, Villa del Carmen, Salinas Victoria, Zazua, Ciénega de Flores, Villa de Juárez, Guadalupe, Doctor González, Mina Apodaca y parte de Cadereyta. Con un total de 4 118 km<sup>2</sup>, geográficamente limitada entre los paralelos 25° 30' y 26° 00'; de latitud Norte por los meridianos 100° 00' y 100° 40' de longitud Oeste.

Su localización y acceso es muy completa, se puede llegar a ella por medio de innumerables carreteras que convergen a la ciudad y caminos vecinales, así como líneas de ferrocarril y aéreas; dentro de las más importantes son: la Carretera Federal No. 85, - México - Laredo y la Estatal No. 40, que cruza la región de Poniente a Oriente y une las poblaciones de Monterrey, Cadereyta, Nuevo León con Reynosa, Tamps.

Ver plano 1.3.1.

PLANO DE LOCALIZACION.



#### 1.4.- ASPECTOS SOCIODEMOGRAFICOS.

##### DEMANDA ACTUAL Y FUTURA DE AGUA.-

En agosto de 1980 el gobierno del Estado elaboró un estudio de población total estatal y proyecta sus resultados hasta el año de 2020, así mismo relacionó está con la demanda actual y futura de abastecimiento, en este estudio dividió al Estado en cinco zonas que son:

MONTERREY Y ZONAS DE INFLUENCIA

REGION ORIENTE DE SABINAS

REGION ORIENTE CHINA - BRAVO

REGION LINARES - MONTE MORELOS

ZONA SUR.

De los cuales la suma total para este año fue de 2 337 000 habitantes, en el presente trabajo unicamente nos avocaremos a analizar datos de nuestra región de estudio que correspondería a la Cd. de Monterrey y zonas de influencia, la cual representa un 90.38 % de la población total del Estado.

Ver tablas y figuras 1.4.1.

La población de nuestra zona de estudio para diferentes periodos y su demanda de agua en  $m^3$ /seg, serían:

AÑO	POBLACION (HABITANTES)	$m^3$ /SEG
1980	2 113 400	8.5
1985	2 647 300	10.7
1990	3 196 200	14.1
1995	3 941 900	18.1
2000	4 871 400	24.2
2005	5 957 500	30.9
2010	7 291 800	39.2
2015	8 715 200	48.9
2020	10 427 000	61.0

Estos datos representan 348 lts/día - persona e incluye todas las actividades, tanto industrial, agrícola y agua potable.

Una metodología breve de los lineamientos que se siguen para el cálculo de la demanda de agua, actual y futura, descansan en - datos estadísticos de diversas dependencias gubernamentales y organismos públicos y privados.

Su investigación parte del consumo observado por personas para diversas categorías, localidades y estratos demográficos, se cuenta con estadísticas demográficas para 1940, 1950, 1960 y 1970.

Para las proyecciones demográficas se cuenta con tres métodos

El aritmético, el geométrico y el de crecimiento anual, de los cuales; el último es el que se utilizó para el análisis, debido a que es más consistente en los resultados; para el desarrollo se aplica la fórmula:

$$PF = PA ( 1 - X )^N$$

DONDE: PF = POBLACION FUTURA  
 PA = POBLACION DEL CENSO ANTERIOR  
 N = NUMERO DE AÑOS  
 X = RAZON DE CRECIMIENTO ANUAL

Los coeficientes de consumo de agua por habitante están en función del clima y del número de habitantes de la población, en estas dotaciones se consideran las indicadas para las condiciones inmediatas y futuras de la localidad e incluye el abastecimiento para servicios públicos.

(ver figuras y tablas 1.4.1 y 1.4.2 )

Actualmente la demanda de agua para la ciudad es de 8.66 m<sup>3</sup>/seg. de los cuales solo se está obteniendo 5.66 m<sup>3</sup>/seg. de las diferentes fuentes de explotación existiendo una deficiencia de 3 m<sup>3</sup> se., aunque este valor no concuerda con la proyección del estudio está se debe a que la ausencia de lluvias ha motivado al gobierno a restringir el consumo hasta 5 m<sup>3</sup>/seg, y se están creando programas emergentes cuyo principal objetivo es incorporar al servicio -

nuevas fuentes de abastecimiento y rescatar volúmenes que se pierden por fugas de conducción y en las redes de distribución, estas fuentes provendrían de zonas lejanas, ya que en este valor de abastecimiento, se esta tomando en cuenta en fuentes como:

Campos Mina, Buenos Aires, Monterrey y Topo Chico, el Manantial de la Estanzuela, el Tunel Cola de Caballo y la Presa de la Soca.

El proyecto mas importante es el Acueducto de Linares - Monterrey, el cual conduciría un caudal de  $7 \text{ m}^3/\text{seg.}$ , provenientes de la Presa Independencia y Cerro Prieto, localizadas en las cuencas cercanas con disponibilidad de agua superficial, ademas de la perforación de pozos, a todo lo largo del acueducto, tambien se tiene elaborado todos los proyectos de conducción de agua por medio de los acueductos Monterrey - Estacas; Presa Falcon - Las Blancas Monterrey; las Gomas - Monterrey, todos a cargo del Plan Nacional Hidráulico.

(Ver planos y figuras 1.4.1 a 1.4.6 )

La construcción de estos proyectos requieren de una infraestructura amplia y a costos tambien muy altos, ademas de los efectos sociales que repercutiran en las zonas afectadas.

## 1.5.- HIDROLOGIA.

El área de estudio cae dentro de la región hidrológica No.24 (S.A.R.H. Dirección General de Hidrometría), la cual es drenada -- por el río San Juan, afluente del Río Bravo, abarca una superficie de 47.505 km<sup>2</sup>, que a su vez se subdividen en otras subcuencas; la del Río Alamo con 4 296 km<sup>2</sup>, la del Río San Juan con 32 972 km<sup>2</sup> y otros escurrimientos menores del orden de 10 237 km<sup>2</sup>.

La presente descripción corresponde a la porción de la Cuenca del Río Bravo en su margen derecha, de la Presa Falcon, enclavada en el municipio de Mier Tamps. Hasta su desembocadura con el Golfo de México, esta presa se encuentra a una altitud de 53.34 m. sobre el nivel del mar y su cortina dista 441 kms. del litoral del Golfo de esta manera la pendiente media es de 0.00012 ó sea que el Río - prácticamente corre en una llanura; la confluencia con el Río Alamo ocurre a 23 kms. aguas abajo de la presa y a 58 kms. con el río San Juan.

El Río San Juan es la corriente más importante de la región - Nor-este del país dentro de sus cuenca quedan ciudades como Saltillo, Coah., Monterrey, N.L. y Camargo, Tamps. se han realizado para el control de su cauce obras importantes como la Presa Rodrigo Gómez ( La Boca ) La Presa Marte R. Gómez ( El Azucar ) y el sistema de dotación de agua potable para la ciudad de Monterrey.

Por su ubicación el río queda expuesto a frecuentes perturbaciones ciclónicas del Golfo, provocando con ello que su regimen de

dos afluentes en su margen derecha que son: el Arroyo del Nimbre y el de las Tranquitas; aguas abajo a la altura de la Mina - N.L., recibe un afluente izquierdo llamado Río Chiquito y todavía cerca de Salinas Victoria recibe dos afluentes izquierdos mas el arroyo de la Negra y Mamulique, en esta parte del río va por Ciénega de Flores, al unirse al Río Pesqueira. Su área de Cuenca es de 15 357 km<sup>2</sup>, su pendiente media a lo largo del recorrido es de 0.01.

#### Río Pesqueira.

Nace a 25 km. al N.E. de Saltillo en la Sierra de San José de los Nuncios con el nombre de Río Jaguey y se dirige hacia Ramos Arizpe, Coah., antes de llegar a este poblado recibe en su afluente derecho al arroyo Tranquitas, estas corrientes constituyen el Río de los Muertos, que siguen una dirección N.E., hasta Villa de García, donde cambian su rumbo y fluye directamente hacia el Este, ya con el nombre de Río Pesqueira confluye con Río Salinas, aguas abajo recibe la aportación izquierda del Arroyo Camajan a la altura del Ayancual, se desvía hacia el Noroeste que lo hace pasar los Ramones y las Herrera, para finalmente desaguar a 28 kms. mas adelante al río de San Juan como afluente izquierdo, en este último recorrido recibe la aportación del Arroyo Sabinal, el Arroyo Derramedero; su área de Cuenca hasta la confluencia con el Río San Juan es de 20 562 km<sup>2</sup>, su pendiente promedio en su recorrido es de 0.011.

escurrimiento sea muy irregular, así también que sus afluentes presentan regimenes hidrométricos distintos entre sí, por ejemplo el Río Pesqueira es una corriente intermitente que en promedio tiene unos cuatro meses de estiaje, en el que su escurrimiento es nulo, caso contrario al Río Pílon, que en sus origenes, incluso esta alimentado por algunos manantiales, que hacen de él ser de un regimen perene, aunque sus escurrimientos bajan notablemente en épocas de estiaje, como se vera en el capítulo posterior.

A continuación se hace una descripción de los afluentes del Río San Juan, aunque hay que hacer la observación que el área de estudio solo abarca parte de las cuencas del Río Pesqueira y Santa Catarina, pero dada la influencia de la precipitación en toda la Cuenca con respecto a la recarga en rocas carbonatadas es necesario mencionarlos:

#### Río Salinas.

Nace al Surceste de Saltillo mediante la confluencia de los arroyos de la Paz y del Río Grande, que se juntan cerca del poblado de General Zepeda, Coah. y forman el Arroyo Patos, este recibe en su margen izquierdo el Río San Miguel y los Arroyos del Mimbres y Loma Prieta, posteriormente se dirige, hacia el Norte, al poblado Presa de las Esperanzas, cerca del cual recibe otro afluente que viene desde la Sierra de San Marcos, en dirección Sureste, una vez unidos forman el Río Salinas, cuya dirección general es hacia el Oriente, en las cercanías del Paredon recibe -

### Río San Juan.

Es el que da el nombre a todo el conjunto de corrientes y aun cuando no es mas largo, ni el de mayor área que el de los demas.-- Nace en la Sierra de la Cebolla, en la Sierra Madre Oriental y toma la dirección dominante N.E., recibiendo numerosos afluentes que convergen hacia Villa Santiago, N.L. En esta primera parte de su recorrido.

Fue construída y funciona desde 1957, la Presa Rodrigo Gómez, la Boca, de  $40.8 \times 10^6 \text{ m}^3$  de capacidad; que principalmente se ha destinado al abastecimiento de agua potable de la Ciudad de Monterrey. Para riego en la zona de Cadereyta.

Un afluente importante del Río San Juan era el Río Santa Catarina, cuyo origen se remonta a los Cañones de la Purísima, del Álamo y San Juan Bautista, en la Sierra Madre Oriental, a unos 40 kms al S.E. de la ciudad de Monterrey, estas corrientes se orientan originalmente hacia el este. Pero a la altura del Rancho "La Leboquilla"; encuentran una ramificación de la propia sierra que modifica por completo su dirección y que obliga al Río Santa Catarina a fluir hacia el Nor-este hacia Santa Catarina N.L., todavia tiene que recorrer 65 kms, para confluir con el San Juan en afluente izquierdo, su rumbo general es al Oriente y pasa por Monterrey, Villa Juárez y Cadereyta. Su área de Cuenca es  $1913 \text{ kms}^2$  y su pendiente media es de 0.02.

Inmediatamente aguas abajo de la confluencia de este río con el San Juan, ingresa otro en su margen derecha, el Río Ramos, es-

ta corriente se origina en el Cañon de las Adjuntas, en la Sierra Madre Oriental, a unos 20 kms. al Noroeste de Allende N.L., siguiendo una trayectoria inicial S.E. hasta Santa Cruz, donde cambia - su rumbo a N.E. hasta Rincón de Leal, cambiando hacia el Norte hasta su confluencia con el Río San Juan, su área de Cuenca es de 952 km<sup>2</sup> y su pendiente es de 0.030, esta formado prácticamente por un solo colector general y corre muy encañonado como receptor de una cuenca alargada y angosta, a 26 km; aguas abajo de esta confluencia y despues de pasar por el poblado de Topshuaje, se une su afluente derecho al Arroyo Garrapatas cuyo origen de cuenca es comun con el Río Ramos, desarrolla una cuenca de 283 km<sup>2</sup>.

Despues de la confluencia del arroyo Garrapatas el cauce -- principal del Río San Juan describe varias sinuosidades que, en - conjunto, lo hacen tomar la forma de la parte superior de un semi círculo, que en su extremo oriental llega casi hasta las enramadas, 6 kms. aguas arriba de este poblado, el Río San Juan recibe un afluente derecho importante, el Río Pilón.

#### Río Pilón.

Nace con el nombre de Río Rayones cerca de la Ciénega de la Purísima, sus fuentes originales estan constituidas, principalmente por los escurrimientos de la vertiente Noroeste de la Sierra de San Antonio del Coahuilón y la Ventana, captados a lo largo de un colector general orientado del NW - SE, que viene del Cerro de la Viga hasta Rayon, a lo largo de este primer cauce, el Río Rayones

pero al llegar a los Sauces, lo desvía directamente hacia el Norte hasta Rayon, sigue su curso pasando por Monte Morelos, Ignacio Ramirez, General Teran etc... hasta unirse con el San Juan, el Río San Juan continúa a lo largo de un cauce muy sinuoso con dirección general hacia el Oriente, hasta el Rancho de la Escalera, donde recibe otro afluente derecho, el Arroyo Mohinos, posteriormente sigue hacia el Noroeste y pasa por China y General Bravo, N.L., donde a 15 kms mas abajo recibe en su margen izquierdo al Río Pesqueira y se puede decir que a partir de esta confluencia queda totalmente constituido con una cuenca de 29 839 kms<sup>2</sup>. Unicamente recorre en dirección Norte 20 kms, para llegar al arroyo Alamos, donde cambia su dirección al NE y recorre 40 kms. para llegar a la Cola de la Presa Marte R. Gómez.

( Ver plano de localización de Cuencas 1.5.1.)

## II. CLIMATOLOGIA

### 2.1. PRECIPITACION.

Con la información de lluvias de las estaciones climatológicas se formaron los histogramas mensuales y anuales; los cuales se presentan graficados en las figuras 2.1.1. a 2.1.17.

Con los valores promedio de la precipitación anual se formó el plano de isoyetas anuales en el periodo analizado (INSISA, 1972)

En los histogramas, formados por la precipitación media mensual en el periodo, se observa que las lluvias mínimas se presentan entre enero y marzo registrándose valores de 3 y 4 mm. en las estaciones Mina e Ixcapala respectivamente, las precipitaciones altas se presentan en septiembre, con frecuencia estas lluvias ocurren debido a perturbaciones ciclónicas.

El valor más alto, en el periodo analizado, registró en la Estación Potrero Redondo con 308 mm. y el más reducido en este mes se presentó en el Ejido Mina con 3.6 mm.

El periodo de lluvias en el área ocurre durante el verano, entre los meses de junio a octubre de cada año, la precipitación veraniega representa aproximadamente el 65 % de la anual de cada estación.

En los histogramas anuales se observa que la variación de la lluvia de un año a otro es fuerte. De tal manera que las máximas lluvias anuales registradas en el periodo, se presentaron en 1958

1967-68 y 1973, y las mínimas durante 1957, 1961-62 y 1969. Parecen existir períodos de retorno en la ocurrencia de las lluvias máximas de 6 a 9 años y en las mínimas de 5 a 7 años; con presencia de años consecutivos de alta precipitación (1967 y 1968) y de períodos de sequía (1961 y 1962).

Los promedios anuales, en el período, registrados en las estaciones del área varían de 185.1 mm. en la estación Rinconada a 1276.8 mm. en la Estación Potrero Redondo.

De las 40 estaciones climatológicas analizadas, 15 registran precipitaciones inferiores a 500 mm/año; 17 entre 500 y 700 mm/año, 5 entre 700 y 1 000 únicamente 2 mayores de 1 000 mm/año. Las 15 primeras estaciones se encuentran ubicadas en la región Oeste entre Saltillo, Topo Chico y la Poba, las siguientes 17 estaciones se localizan en la región Sur de Monterrey entre la ciudad y Allende.

En el plano de isoyetas medias anuales se observa que las lluvias se incrementan del Oeste, Norte y Este al centro y Sureste del área, definiéndose dos áreas de elevada precipitación: Ciénega de Flores y Villa Santiago y Allende... La distribución irregular de la lluvia se debe a que los frentes de aire caliente cargados de vapor de agua provenientes del Golfo de México al ascender en la atmósfera y avanzar tierra adentro en el Estado de Nuevo León, su dirección Sureste, choca en los flancos Este de la Sierra Madre Oriental, provocando precipitaciones más intensas y con mayor frecuencia que en resto del área estudiada, -

donde las lluvias ocurren por fenómenos de convección.

Las máximas lluvias del año se presentan durante el mes de - septiembre acompañadas frecuentemente por ciclones que intensifican la precipitación.

La lluvia media anual en el período 1957-1973 es de 542.0 mm cubre fácilmente en un 75% del área (curva de 700 mm.) se registra una lluvia media anual del orden de 417 mm.

### 2.1. Ciclones.

Tal como se ha mencionado anteriormente esta cuenca oriental está sujeta a la influencia de los vientos cargados de humedad -- provocados por los sistemas de alta presión que se establecen en el Golfo de México y a los alisios profundos de junio a octubre, -- así como a los frentes fríos que viajan procedentes de los E.U. -- Sin embargo, la Sierra Madre Oriental provoca un efecto de barrera ocurriendo las precipitaciones más intensas cercanas a la misma - Sierra.

Esto origina que se localicen zonas de abundante vegetación y que tenga regiones semi áridas y áridas.

### 2.2. TEMPERATURA.

La temperatura es uno de los factores que mas influye en las perdidas de agua por evaporación y evapotranspiración, así como -- sobre la humedad relativa, es junto con la precipitación, el elemento mas comunmente observado; las principales causas que influyen sobre este efecto son:

La Latitud.- Que determina la inclinación de los rayos solares y la duración del día.

La insolación.- Es la cantidad de calor que llega a la superficie terrestre en forma de rayos solares.

Y por último las condiciones orográficas.

De el trazo de isotermas media anual se observa que las temperaturas tienen un rango de  $21^{\circ}$  C. a  $25^{\circ}$  C., predominando  $22^{\circ}$  C. en el área de influencia la temperatura media fluctua alrededor de  $21^{\circ}$  C., común máximo de  $27.1^{\circ}$  C., en Villa Juárez y un mínimo de 14.5 en Laguna de Sanchez.

Los valores de las temperaturas máximas anuales, ocurre en el Centro y Norte del área ( $44^{\circ}$  a  $47^{\circ}$  C.) en Villa Juárez y disminuye hacia el Sur ( $34^{\circ}$  a  $38^{\circ}$  C.) en la Sierra Madre Oriental.

Con respecto a las temperaturas mínimas se observa que los valores son relativamente homogéneos en toda la región con temperaturas que fluctúan entre  $0^{\circ}$  y  $4^{\circ}$  C.

Los meses mas calurosos del año son abril y mayo con temperaturas mayores de  $40^{\circ}$  C. y de  $50^{\circ}$  C., cerca de la ciudad de Monterrey.

La característica general es que en toda la zona las temperaturas menores ocurren en el lapso de noviembre a marzo de cada año con las mínimas en diciembre o enero (menos de  $0^{\circ}$  C.) a partir de abril se incrementan, alcanzando el valor mas alto en junio, julio y agosto.

La Latitud.- Que determina la inclinación de los rayos solares y la duración del día.

La insolación.- Es la cantidad de calor que llega a la superficie terrestre en forma de rayos solares.

Y por último las condiciones orográficas.

De el trazo de isoterma media anual se observa que las temperaturas tienen un rango de  $21^{\circ}$  C. a  $25^{\circ}$  C., predominando  $22^{\circ}$  C. en el área de influencia la temperatura media fluctúa alrededor de  $21^{\circ}$  C., común máximo de  $27.1^{\circ}$  C., en Villa Juárez y un mínimo de 14.5 en Laguna de Sanchez.

Los valores de las temperaturas máximas anuales, ocurre al Centro y Norte del área (  $44^{\circ}$  a  $47^{\circ}$  C.) en Villa Juárez y disminuye hacia el Sur (  $34^{\circ}$  a  $38^{\circ}$  C.) en la Sierra Madre Oriental.

Con respecto a las temperaturas mínimas se observa que los valores son relativamente homogéneos en toda la región con temperaturas que fluctúan entre  $6^{\circ}$  y  $4^{\circ}$  C.

Los meses mas calurosos del año son abril y mayo con temperaturas mayores de  $40^{\circ}$  C. y de  $50^{\circ}$  C., cerca de la ciudad de Monterrey.

La característica general es que en toda la zona las temperaturas menores ocurren en el lapso de noviembre a marzo de cada año con las mínimas en diciembre o enero (menos de  $0^{\circ}$  C.) a partir de abril se incrementan, alcanzando el valor mas alto en junio, julio y agosto.

### 2.3.- EVAPORACION Y EVAPOTRANSPIRACION.

El agua del suelo regresa a la atmósfera por la transpiración de las plantas y por la evaporación, estos fenómenos corresponden a la fase del ciclo hidrológico, que consume la mayor cantidad de agua por lo que es primordial y necesario conocer las pérdidas totales por estos dos conceptos.

La suma de la evaporación que se produce en las plantas, la transpiración de las mismas, la evaporación que tiene lugar en el suelo, así como la evaporación de superficie de agua libre, si las hubiera, se ha denominado en conjunto "Evaporación total", "Uso - Consumitivo" ó "Evapotranspiración".

La evaporación y la evapotranspiración son fenómenos sumamente complejos y resultan afectados por muchas circunstancias de las cuales se conoce su influencia cualitativamente, ya que cuantitativamente es difícil valorizarla, entre los factores que tienen mayor influencia sobre ambos fenómenos se pueden citar los siguientes: La temperatura del agua y del aire; velocidad del viento, estado higrométrico del aire, presión barométrica y composición química del agua.

Una característica especial de la evaporación y la evapotranspiración es su constancia en magnitud, durante largos períodos de tiempo y la relativamente pequeña amplitud de las fluctuaciones -- que se presentan año tras año en comparación con la precipitación

lo cual se debe a la estabilidad de los diversos factores que influyen en las primeras.

Tanto la evaporación como la evapotranspiración son factores indicativos de cambios en las condiciones de humedad en una cuenca y consecuentemente se pueden utilizar para la estimación de demandas de agua para riego.

(Ver tabla 2.3.4.5.6).

#### 2.4.- EVAPORACION POTENCIAL ANUAL.

En términos generales, en zonas en las cuales la precipitación es deficiente y las temperaturas son altas, se observan las mayores evaporaciones potenciales, teniendo valores que fluctúan alrededor de 2 000 mm a mayores, en cambio de regiones con mayor precipitación se reducen a unos 1 500 mm localizándose estas en estratificaciones de la Sierra Madre Oriental y zonas adyacentes.

El lapso de mayor evaporación comprende los meses de marzo a agosto presentándose las máximas entre julio y agosto con valores medios mensuales para este período que fluctúan alrededor de 220 mm en zonas áridas y de 180 mm en fracciones húmedas concordea con la temperatura, el período de menor evaporación comprende los meses de octubre - noviembre a febrero - marzo, mostrándose en los meses de enero - diciembre los valores más bajos con mínimas que fluctúan de 60 - 80 mm.

Para la determinación de los parámetros de la evapotranspiración potencial y real debido a que no se dispone de datos de insta

laciones apropiadas se consideró está, aplicando diversas técnicas que se describen en el capítulo posterior. Tabla 2.3.4.5.6.

## 2.5 EVAPOTRANSPIRACION.

Según Thornthwaite.- Las principales observaciones son que en la parte limitada por la Sierra Madre Oriental, se tienen evapo -- transpiraciones que fluctúan alrededor de los 800 mm., mientras que estos valores se incrementan hacia el Norte donde alcanzan máximos de 1 500 mm., comparando estos valores con los de la precipitación media, se observa que son notablemente mayores que la lluvia, especialmente en zonas áridas y semi áridas (Norte de la Cuenca), donde resultan hasta tres veces mas que la precipitación local.

La evapotranspiración "Real" según Turc.- Este autor hace una correlación de datos de precipitación y de temperaturas medias anuales para obtener la evapotranspiración "real" que puede producirse en la zona, no toma en cuenta cultivos sino que cuantifica las perdidas por evapotranspiración total en la cuenca considerando condiciones de vegetación natural.

Concluye que a la diferencia de valores obtenidos por Thornthwaite las evapotranspiraciones muestran valores notablemente menores ajustandose a la disponibilidad y distribución de la precipitación, en las zonas áridas y semi áridas, los valores fluctúan alrededor de 300 y 500 mm. Mientras que en las cercanías de la Sierra Madre se incrementan a unos 800 mm., comparando estas ci-

fras con aquellas de la precipitación media anual, se observa la evapotranspiración. Según este autor fluctúan entre un 80 y 100 % de la precipitación total.

(Ver tabla 2.3.4.5.6).

## 2.6.- USO CONSUNTIVO SEGUN BLANEY - CRIDDLE

Para tener una idea de las pérdidas de agua por uso consuntivo se consideró conveniente aplicar la fórmula de Blaney-Criddle, sin considerar cultivos específicos; en este procedimiento se toma en cuenta la temperatura promedio mensual, la insolación y una corrección de humedad, con lo cual se obtiene la llamada "fuerza evaporante" que debiera ser ajustada por "coeficientes de uso consuntivo" determinados en cada localidad para diversos cultivos, - especies y variedades vegetales que interesen, en función de su - evolución a lo largo del ciclo vegetativo, se tomo como límites - probables de variación de dicho coeficiente para las especies importantes, tomando en cuenta zonas de clima árido y semi árido ó - húmedo y semihúmedo, estos coeficientes son los globales, es decir valores medios del ciclo, estos coeficientes seran;  $K = 0.80$  para zonas áridas y semiáridas.  $K = 0.75$  para regiones subhúmedas y  $K = 0.70$  para zonas húmedas, aplicados en cada una de las estaciones dependiendo de su localización.

Las conclusiones observadas en estos cálculos son al igual que con Thornthwaite mucho mayores que las precipitadas, solamente la zona Sierra Madre Oriental se tienen usos consuntivos que - fluctúan alrededor de los 900 mm. Incrementandose estos valores -

hacia el Norte donde alcanzan máximos de 1 500 a 1 600 mm.

(Ver table 2.3.4.5.6).

## 2.7 .- COMPARACION DE VALGRES DE PRECIPITACION / EVAPORACION POTENCIAL Y EVAPOTRANSPIRACION.

Estas comparaciones sirven para delimitar aproximadamente zonas en que se presentan faltantes o excedentes de agua, tomando en cuenta condiciones naturales de vegetación sin riego (Turc) o cultivos irrigados (Blaney-Criddle), así como tambien determinar a lo largo del año cual es el período de faltantes o excesos, siendo -- los primeros indicativos de necesidades de riego.

Comparación con estos valores según Blaney-Criddle.

En términos generales, unicamente las estaciones cercanas a la Sierra Madre Oriental y solo durante el mes de septiembre y en algunas ocasiones tambien octubre, la precipitación excede a la -- evapotranspiración y evaporación potencial, mientras que en todos los meses restantes ambas son mayores que la precipitación con -- excepción de Laguna de Sanchez, en que dicho período de exceso -- incluye a agosto, tambien se observa que generalmente la evaporación potencial es mayor que la evapotranspiración.

Diferencia entre precipitación y evapotranspiración "real" -- segun Turc.-

Con base en el calculo de estas diferencias se observa que -- las laminas con valores máximos son igualmente en los albores de la Sierra Madre Oriental con valores máximos hasta de 300 mm., re

duciendose estas hacia el Norte para alcanzar mínimos de 50 mm., - y en algunas fracciones localizadas al occidente de la cuenca se - llegan a tener valores negativos con laminas de 50 mm.

Deduciendo zonas de recarga importantes en las zonas serranas mientras que en las cuencas de Doqueira y Salinas en su parte Oeste presentan gran deficiencia de humedad.

Diferencia entre precipitación y evapotranspiración según -- Blaney - Criddle.- En esta diferencia se consideró que toda área - estaba cubierta por cultivos diversos bajo riego, por lo cual esta evapotranspiración puede considerarse como máxima.

Los valores obtenidos muestran que en toda la cuenca hay deficiencias de agua en año y medio, existiendo solo un valor positivo de 0 mm., al Sureste de Monterrey, los valores fluctúan de 200 a - 400 las cercanías de la Sierra Madre Oriental y aumentan al Norte y Oeste de la cuenca a Laminas de 1 200 mm por año.

Con esta información solamente se pretende dar una idea general de los faltantes de agua, que por las condiciones antes mencionadas, pueden corresponder aproximadamente a las deficiencias máxi mas que pueden presentarse.

## 2.8.- VEGETACION.

Esta es una generalización de un estudio realizado por la di-rección General del Servicio Meteorológico Nacional en el área del Valle y corresponde a las partes donde inicia la zona serrana.

Por la densidad aparente de plantas tipo, la clasificación - de está vegetación caería en matorral alto subperennifolio con aca

cia *Pithecollobium* - *Helietta* (Hojas Mendoza Paulino, 1955, 85, - 86).

Es el tipo denominado *Flemonet Scrub* por Muller, 1939, matorral submontano de Rzedowsk, 1951 y que correspondería al matorral *Subbiname Parvitolio* de Miranda y Hernández X ( 1963 ) cubre aproximadamente un 3% m; con temperatura anual calculada de 17,5° a 29° C. y precipitación de entre 500 a 1 000 mm.

La vegetación es un matorral alto, en algunas ocasiones llega a ser bosque bajo de acuerdo con la humedad y condiciones de protección, las plantas dominantes son de 4 a 6 mts. de altura, la mayoría de hojas pequeñas (*Manotilla*) y algunas deciduas breves.

Hacia las partes más bajas existen las especies del matorral circundante aunque con un aporte exuberante, ejem:

Chaparro Prieto (*Acacia Kidiguia*)

Anacahuíta (*Cordia Coisera*)

Huizache (*Acacia Fainesiana*)

Varios nopales (*Opuntia* SP)

Conforme se asciende es mas frecuente:

La Terraze (*Pithecollobium* - *Pallens*)

El Tepeguaje (*Leucaena Polverulenta*)

Y la característica y olorosa *Barreta* (*Helietta Parvitolis*), así como la *Hierba del Potro* (*Caesalpinia Mexicana*), *Guejillo* o *dormilón* (*Leucaena Leucocephala*) y otras; hacia las partes más altas o en lugares protegidos aparece los encinos (*Quercus fusiformis*) la cobertura total de esta vegetación varía aproximadamente entre 45 y 65 %.

D E T E N A L Denomina a esta flora como matorral tamaulipeco.

## 2.9.- CLIMA.

Existen variaciones muy amplias en este renglon, se pueden observar rangos amplios, son cuatro los predominantes en esta región:

a.) El seco.- Con invierno y primavera secos, semicálido con invierno benigno, típica del Oeste de la zona.

b.) Semiseco.- Con invierno seco y primavera seca, templado, con invierno benigno, representado por la zona de Monterrey.

c.) Seco.- Con invierno seco, semi - cálido con invierno benigno representado por la zona de Monte Morelos.

d.) Semi - seco.- Con estación seca bien definida, cálido, con invierno benigno, representado por la zona Noroeste.

Se menciona para comprobar otras clasificaciones de climas, según Kooppen en la zona del Valle se tiene un clima desértico con lluvias en verano (BW) y en las zonas circundantes de la vertiente de la Sierra Madre Oriental se presenta un clima templado moderado lluvioso (Cf).

Segun Thornthwaite en la zona del valle, prevalece un clima árido con pequeña o ninguna demasía de agua, pudiendo ser megatermico o mesotermico semi - cálido (Ed A' a' o' Ed B<sub>4</sub>' a') las zonas circundantes a la Sierra Madre Oriental corresponden a una clasificación tipo sub - humedo seco (C, d B<sub>4</sub> a'), sub - humedo lluvioso (C<sub>2</sub> B<sub>5</sub> B'<sub>3</sub> a'), y humedo (B<sub>3</sub> r B<sub>2</sub> a').

### III. BALANCE HIDROLOGICO.

#### 3.1. GENERALIDADES.

El concepto de ciclo hidrológico lleva consigo el movimiento o transferencia de masas de agua, este movimiento permanente del ciclo se debe fundamentalmente a dos causas:

- a.) El sol que da la energía ascendente.
- b.) La gravedad que influye en la energía descendente.

Del agua que alcanza la superficie del terreno, una parte que da retenida en charcas o pequeños surcos (Almacenamiento Superficial) y en su mayoría vuelve pronto a la atmósfera en forma de vapor. Otra parte circula sobre la superficie y se concentra en pequeños depósitos que luego convergen en arroyo y más tarde desembocan en los ríos (Escorrentia Superficial) esta agua ira a los lagos o al mar, donde será evaporada o bien se infiltra en el terreno. Por último hay una tercera parte de la precipitación que penetra bajo la superficie del terreno (Infiltración), a través de los agujeros o canaliculos del suelo y va rellenando poros o fisuras de este medio, una buena parte de la infiltración no desciende hasta la zona saturada sino que queda en la zona de humedad del suelo y vuelve a la atmósfera por evaporación o de un modo mas importante por transpiración de las plantas, en la práctica no es fácil separar estos fenómenos asignandoles el término de la evapotranspiración.

El origen de las aguas subterráneas hay que buscarlo en el agua meteórica, la cual es el resultado de la condensación del

vapor de agua e incluye a todas las aguas meteóricas que caen en la superficie de la tierra, bajo diversas formas; estas precipitaciones se dividen en tres tipos, según el fenómeno meteorológico - que las origina.

- a.) Precipitaciones ciclónicas o de frenta (Caliente o frío)
- b.) Precipitaciones con conversión.
- c.) Precipitaciones orográficas.

En nuestra zona de estudio las primeras y tercera son las más predominantes.

### 3.2. COMPONENTES DEL CICLO HIDROLOGICO Y FACTORES QUE INFLUYEN EN SU COMPORTAMIENTO.

#### 3.2.1. PRECIPITACION.

Los resultados pluviométricos que más interesan a la hidrología Subterránea son los referentes a las precipitaciones medias mensuales, los aparatos usados para conseguir este fin son los pluviómetros y los pluviografos, estos miden la lluvia total caída en un período de tiempo determinado.

La lluvia recogida por un pluviometro puede calificarse como puntual y solo es representativa de una superficie muy pequeña situada alrededor de ella. De los métodos usados para determinar la Pluviometría media caída sobre una cuenca de gran tamaño son el de Thiessen y el de Isoyetas.

(Ver planos 3.2.1.1. al 3.2.1.3.).

El método de Thiessen consiste en atribuir a cada pluviometro una zona de influencia determinada y generalizar esto por medio de la ecuación.

$$P_m = \frac{\sum P_i S_i}{S_i}$$

$P_m$ .- Precipitación media

$S_i$ .- Superficie de cada zona de influencia.

$P_i$ .- Precipitación de cada pluviometro

(Ver datos en tabla 3.2. ya que fue el método usado en nuestro analisis).

El Método de Isoyetas. Se llama a la curva que representa los puntos que tienen el mismo valor de lluvia en un periodo de tiempo determinado, para su calculo se trazan las isoyetas sobre la cuenca objeto del estudio y se planimetría la superficie comprendida entre cada dos isoyetas consecutivas, asignando a esa superficie una pluviometría igual al valor medio de las dos isoyetas consideradas, se generaliza usando la formula.

$$P_i S_i = P_m S_i = P_m S_i = \frac{P_i S_i}{S_i}$$

En este analisis unicamente se incluye el plano 3.2.1.2 por ser más representativo de las condiciones de la región, pero no fue usado este método.

### 3.2.2. EVAPORACION, TRANSPIRACION Y EVAPOTRANSPIRACION.

La evaporación se refiere a la cantidad de agua meteórica que cae sobre la tierra y vuelve a la atmósfera en forma de vapor de agua, la fuente de vapor mas importante lo constituyen los

oceanos, la dificultad de medir por separado la evaporación del agua del subsuelo, la evaporación de la precipitación interceptada por la vegetación y la transpiración, dió como origen otro concepto, la evapotranspiración.

Los factores que afectan la evaporación como fuente de energía, para que se efectue el proceso son: la radiación solar, el viento, la presión atmosférica, la temperatura del aire, del agua y la humedad relativa del aire, en la zona estudiada dadas las condiciones de latitud, altitud y posición con respecto a los vientos predominantes, se tienen rangos variables de evaporación potencial aunque predominan los valores altos.

(Ver tabla 3.2.).

La transpiración es el resultado del proceso físico biológico por el cual, el agua cambia de estado líquido a gaseoso, a través del metabolismo de las plantas y pasa a la atmósfera. Existen varios tipos de plantas que según su manera de abastecerse de agua se clasifican como:

Hidrofitas.- Viven total o parcialmente sumergidas en agua.

Mesofitas.- Toman el agua de la zona no saturada del suelo.

Xerofitas.- Toman el agua de la zona de aeración.

Freatofitas.- Que pueden alternativamente tomar agua de la zona no saturada o de la saturada del suelo.

En nuestra área de estudio la mayor parte de la vegetación pertenece al tipo de las mesofitas y xerofitas, lo cual aunado a

las condiciones climáticas prevalocientes crean una gran deficiencia de humedad.

Evapotranspiración.- En condiciones reales la evaporación y la transpiración van de la mano; este término solo es aplicable correctamente a una determinada área cubierta de vegetación, cuando esta no existe, unicamente podra hablarse de evaporación.

En la zona de estudio se calcula este término porque de una u otra manera existe vegetación en la superficie del terreno, ya sea mas abundante o mas escasa, unicamente el área que se podría considerar no vegetal es el área urbana, por la carpeta asfáltica que la cubre, ademas en está misma área los componentes del ciclo hidrológico tambien se deforman de alguna manera, pero dado que el analisis se efectuó a una gran porción de la cuenca del Río San Juan (aproximadamente 18 000 kms<sup>2</sup>), se considera que dicha área no influirá en los resultados generales.

Sin pretender una total sistematización, los métodos mas aplicados para el calculo de la evapotranspiración, pueden agruparse así:

- a.) Métodos basados en Física teorica del Microclima.
  - Balances de energía.
  - Perfiles de humedad y velocidad del viento.
  - Flujo turbulento de humedad.
  - Formulas semiempíricas ó combinadas.
- b.) Medidas Directas.

Evapotranspirometros.

Lisímetros.

Parcelas y cuencas experimentales.

Perfiles de humedad del suelo.

c.) Métodos empíricos.

Relación evapotranspiración - evaporación media en estanques.

Formula de Thorntwaite.

Formula de Blaney - Criddle.

Formula de Markink.

Formula de Peetman.

Formula de Turc.

La evaporación es un fenómeno microclimático y en consecuencia serán tanto más valiosos los métodos cuanto más se considere esta cuestión, pero la necesidad de tener al menos ordenes de magnitud, hace aceptar en muchas ocasiones los valores deducidos de formulas empíricas que apoyan los datos meteorológicos corrientemente asequibles.

Estos métodos tienen la ventaja de su mayor economía, pues en general se basan en datos que se pueden obtener corrientemente en cualquier estación climatológica del mundo, en este caso, dadas las carencias de instrumentación y de datos que manejan las estaciones en el país, no se tiene mas remedio que usar métodos empíricos pero a su vez estos métodos dependiendo de los parametros que se usen para su aplicación reducen todavía mas su uso.

Se realizaron numerosos intentos por calcular la evapotranspiración real usando formulas empíricas como la de Blaney - Criddle, Thornthwaite, Scutarge, L. Serna, pero desafortunadamente ninguno se podría ajustar a los requerimientos del estudio, o daban valores muy altos fuera de toda lógica o los parametros que se manejan no se podían usar, por tal motivo el uso de las formulas empíricas de Turc fue el que mas se ajustó al analisis.

$$ETR = \frac{P}{0.9} - \frac{L^2}{t^2}$$

Donde: L = 300    25 t    0.5 t<sup>2</sup>

t = Temperatura Media Anual

P = Precipitación Media

Los parametros que se usan son los que mas se toman en cualquier parte del mundo y aunque muchos autores la critican por dar valores de sobreestimación su autor lo justifica con varias observaciones en muchas cuencas del mundo y en todos los climas, además que calibra mejor en nuestro modelo de funcionamiento que los demás métodos.

(Ver tabla 3.2. se omiten los calculos de los demas métodos por su volumen tan considerado).

### 3.2.3. ESCORRENTIA.

Se denomina escorrentia a la parte de la lluvia que no se infiltra en el terreno, ni se pierde por evaporación y discurre li-

bremento sobre la superficie del suelo formando cursos de agua superficial, esta ocurre cuando se ha alcanzado la máxima capacidad de intercepción del agua por vegetación de almacenamiento en superficie, así como la capacidad de infiltración del suelo, esta escorrentía puede ser hipodérmica y subterránea. en la cuenca de estudio se manejan volúmenes no muy considerables de escorrentía superficial con respecto al total precipitado, este es del orden de 9.7 % del total aforado.

(Ver tabla 3.2.).

Para el cálculo de la escorrentía subterránea se utiliza el método de cálculo del caudal base por medio de hidrogramas, se le llama caudal base a la aportación que una corriente recibe del subsuelo en un cierto período dado, generalmente se hace referencia al año hidrológico, es decir diferenciando perfectamente la época de estiaje y la época de lluvia, en la época de estiaje la curva del hidrograma tiene una tendencia parabólica descendente, hasta que se inicia el período de lluvia donde bruscamente asciende, repitiéndose este patrón en los subsecuentes años hidrológicos. El análisis de estos hidrogramas se hace aplicando la fórmula:

$$Q_B = Q_{0B} - t$$

Donde:  $Q_0$  = Caudal inicial de descarga base

= Característica de vaciado, coeficiente propio de cada cuenca.

$$\text{Log } Q = \text{Log } Q_0 - \frac{t}{2.3} = \frac{2.3 \log \frac{Q_0}{Q}}{t}$$

De la cual se va a obtener el caudal que sale de la cuenca en

forma subterránea.

En la zona de estudio, después de analizar los hidrogramas de todas las estaciones de aforo se observa que dichas corrientes por ser tan erráticas, no presentan un caudal continuo en su año hidrológico por lo tanto, no existe ningún volumen cedido por el acuífero aluvial y más bien las corrientes se comportan como afluentes; solo algunas estaciones como la Tepahuaje, la Tapaeta y la Arca, presentan evidencias de un cierto caudal base en su subcuenca de influencia, pero es tan insignificante con respecto a los volúmenes de aforo que no se toma en cuenta.

La recarga por infiltración directa del agua de lluvia es mínima cuando la precipitación es torrencial, pero a su vez este volumen crea corrientes superficiales importantes, aunque no mas perenes, son lo bastante grandes para permitir una recarga considerable, esta podría ser la mayor fuente de recarga para zonas áridas como la considerada, está recarga únicamente alimentaría al acuífero aluvial ya que se tienen evidencias que el acuífero calizo es totalmente independiente de éste.

#### 3.2.4. INFILTRACION.

La infiltración es el proceso, mediante el cual el agua penetra en el suelo a través de la superficie de la tierra y queda retenida por el o alcanza el nivel acuífero, incrementando el volumen acumulado anteriormente.

La relación entre la intensidad de la lluvia es la capacidad de la infiltración será la que determine la cantidad de agua que

ecuación de balance y va a depender del valor que tomemos para otro parámetro de la ecuación, el cambio de almacenamiento.

Por último hay que recalcar que el valor de la infiltración no es sinónimo de recarga al acuífero, este último término sería el volumen que ingresa al acuífero, mientras que la infiltración es el volumen que ingresa al subsuelo.

### 3.2.5. CAMBIO DE ALMACENAMIENTO.

El incremento de la reserva de agua utilizable por las plantas, esta reserva es debida a que las plantas, salvo algunas excepciones, precisan para vivir en su zona radicular exista oxígeno libre y por esto la zona no debe de estar saturada completamente de agua, cuando el agua pasa por esta zona penetrando mas, la planta toma del terreno el agua capilar suspendida o aislada, el máximo contenido disponible lo señala la capacidad de campo, existe el límite inferior en contenido de agua a partir de la cual las raíces no tienen la fuerza de succión suficiente para extraerla y el punto de marchitez permanente.

Estos parametros mencionados son muy difíciles de obtener en la práctica, tanto por el poco avance instrumental que prevalece en México, como el grado de dificultad que se presenta al sacar valores reales de estos (Capacidad de campo de la planta, punto de marchitez permanente, profundidad radicular), de ahí que también se considere como una incognita de la ecuación de balance, sin embargo considerando trabajos realizados en otras partes del mun-

penetrara en el suelo y la que por escorrentia directa alimentará los cauces de las corrientes superficiales, está capacidad de infiltración va decreciendo con el tiempo a partir de un máximo al comienzo de la lluvia.

Existen dos factores que afectan la infiltración:

- a.) Las que definen las características del terreno medio o permeable.
- b.) Las que definen las características del fluido que se in filtra (agua).

En áreas urbanas se reduce considerablemente la posibilidad de infiltración.

Los métodos para determinar la capacidad de infiltración son:

- a.) Infiltrómetros (Medidas Locales).
- b.) Analisis de hidrogramas de escorrentia en cuencas pequeñas.
- c.) Lisímetros.

Un Limnigrafo instalado en la sección transversal del cauce, situado en una cota anterior, obtendra un registro continuo de niveles y su correspondiente traducción a caudales, que nos permite deducir el volumen de agua que ha discurrido superficialmente, dato esencial para el balance hidrológico (Escorrentia), en la zona de estudio la mayoría de los cauces que drenan despues de la lluvia, incluso moderada, producen un apreciable incremento del caudal superficial, aunque intermitente.

El valor de la infiltración representa una incognita en la -

do por diversos investigadores (Custodio) se considera que en cuencas españolas el valor del cambio de almacenamiento, como una décima parte del volumen anual precipitado, aunque esta consideración es muy arriesgada.

### 3.3.- ECUACION PARA EL BALANCE HIDROLOGICO Y RESULTADOS.

#### ECUACION DE BALANCE.-

Se plantea la ecuación para un intervalo de tiempo de 1957 - a 1973, esto es porque en ese entonces prevalecía condiciones mas naturales que en la actualidad, además se cuenta con información de la extracción artificial de que era objeto el acuífero calizo y aluvial en aquel entonces.

La ecuación sería:

$$P = ETR \quad Ex \quad Av \quad I$$

Donde: P = Precipitación Media Anual

ETR= Evapotranspiración real Media Anual

Ex = Escorrentía Media Anual

Av = Cambio de almacenamiento

I = Infiltración Media Anual

Para los valores de la infiltración, se toma en cuenta las descargas del acuífero calizo y aluvial de esta época, que aunque no puede ser representativo de la recarga total de la cuenca subterránea que se está analizando, porque generalmente y en este caso la cuenca hidrológica no corresponde a la subterránea, pero da

una idea del orden de magnitud de recarga del acuífero, esto es porque, según observaciones realizadas a la fecha, el comportamiento del acuífero calizo solo es afectado por la precipitación y el bombeo, actualmente la extracción intensiva de estos acuíferos ha repercutido grandemente al secar casi en su totalidad los manantiales que antes descargaban naturalmente (Heins Lesser Jones 1957; Ruben Chavez Guillón, 1982), lo que podría traducirse teóricamente en ordenes de magnitud infiltrada igual a la descargada, aunque debe existir un volumen que se pierde naturalmente siguiendo la trayectoria del dren estructural de estas formaciones, hacia partes profundas en la planicie costera, las cuales son difícilmente cuantificables.

Se estimó que el volumen medio anual descargado por los acuíferos a través de los manantiales y extracciones en esta época fue de  $327.34 \times 10^6$  mts<sup>3</sup>/año, distribuidos en la forma siguiente:

Acuífero aluvial	2 500	l.p.s.
Acuífero aluvial	2 090	l.p.s.
Galerías y tuneles	1 000	l.p.s.
Manantiales	1 500	l.p.s.
Campo Buenos Aires	1 000	l.p.s.
Campo Mina	1 090	l.p.s.
Otros Campos	1 200	l.p.s.

T O T A L

10 380 l.p.s.

$$= 327.34 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{año}$$

de las cuales una parte era usado para uso de las necesidades de los habitantes de la región y otros eran descargados en forma natural hacia los corrientes superficiales ( C I E P S , 1972), este volumen correspondería al 3.24 % del total precipitado en las subcuencas analizadas, valor que tomaremos en el balance general y de ahí deducir una idea del valor del cambio de almacenamiento, también generalizado; es importante enfatizar que se está englobando en este análisis a toda el área cubierta, incluyendo los sedimentos aluviales y calizos, tomando este criterio tenemos:

#### SUBCUENCA DEL RIO SANTA CATARINA.

$$P = ETR \quad Ex \quad Av \quad I \quad \text{Donde: } P = 1060.44 \times 10^6 \text{ mts}^3/\text{año}$$

$$ETR = 933.51 \times 10^6 \text{ mts}^3/\text{año}$$

$$Ex = 28.61 \times 10^6 \text{ mts}^3/\text{año}$$

$$Av = ?$$

$$I = ?$$

(Ver tabla 3.2.).

$$Av = P - ETR - Ex - I_1$$

$$Av = 1060.44 \times 10^6 - 933.51 \times 10^6 - 28.61 \times 10^6 - I_1$$

$$Av_1 = 98.86 \times 10^6 - I_1$$

Analogamente para las demas subcuencas.

#### SUBCUENCA DEL RIO GALINAS

$$Av_2 = 56.37 \times 10^6 - I_2$$

#### SUBCUENCA RIO PESQUEIRA

$$Av_3 = 43.65 \times 10^6 - I_3$$

## SUBCUENCA DEL RIO RAMOS, SAN JUAN ALTA Y MEDIA.

$$Av_4 = 479.42 \times 10^6 - I_4$$

## SUBCUENCA RIO PILON

$$Av_5 = 339.10 \times 10^6 - I_5$$

## SUBCUENCA BAJA DEL RIO SAN JUAN

$$Av_6 = - 268.31 \times 10^6 - I_6$$

Pero sabemos que:  $I_1 \quad I_2 \quad I_3 \quad I_4 \quad I_5 \quad I_6 = I_7$  puede ser --  
equivalente al volumen descargado por los dos acuíferos menciona-  
dos. Por lo tanto en forma general:

$$Av_7 = Av_1 \quad \dots \quad Av_6$$

$$Av_7 = 749.61 \times 10^6 - 327.34 \times 10^6 = 422.27 \times 10^6 \text{ mts}^3/\text{año}$$

Que representaría un 4.19 % del volumen total precipitado en  
el área de análisis. Particularizando este valor para todas las -  
subcuencas, tendríamos.

## SUBCUENCA DEL RIO SANTA CATARINA

$$Av_1 = 98.86 \times 10^6 - I_1 \quad \text{despejando la infiltración}$$

$$I_1 = 98.86 \times 10^6 - Av_1$$

Pero sabemos que  $Av_1 = 4.19 \%$  del total precipitado  
 $= 44.45 \times 10^6 \text{ mts}^3$  (ver tabla 3.2.)

Por lo tanto

$I_1 = 54.41 \times 10^6 \text{ mts}^3/\text{año}$  que representa el 5.12 % de la -  
precipitación media anual de la subcuenca.

Analogamente:

## SUBCUENCA DEL RIO SALINAS

$$I_2 = 56.37 \times 10^6 - Av_2$$

$$Av_2 = 47.82 \times 10^6 \text{ mts}^3/\text{año}$$

$I_2 = 8.54 \times 10^6 \text{ mts}^3/\text{año}$ , que representa el 0.749 % de la precipitación media anual de esta subcuenca.

## SUBCUENCA DEL RIO PESQUICIRA

$$I_3 = 43.65 \times 10^6 - Av_3$$

$$Av_3 = 37.14 \times 10^6 \text{ mts}^3/\text{año}$$

$I_3 = 6.50 \times 10^6 \text{ mts}^3/\text{año}$ , que representa el 0.733 % de la precipitación media anual de esta subcuenca.

## SUBCUENCA DEL RIO RAMOS, SAN JUAN ALTA Y MEDIA

$$I_4 = 479.92 \times 10^6 - Av_4$$

$$Av_4 = 125.30 \times 10^6 \text{ mts}^3/\text{año}$$

$I_4 = 354.62 \times 10^6 \text{ mts}^3/\text{año}$ , que representa el 11.85 % de la precipitación media anual de esta subcuenca.

## SUBCUENCA DEL RIO PILON

$$I_5 = 339.10 \times 10^6 - Av_5$$

$$Av_5 = 142.75 \times 10^6 \text{ mts}^3/\text{año}$$

$I_5 = 196.34 \times 10^6 \text{ mts}^3/\text{año}$ , que representa el 5.76 % de la precipitación media anual de esta subcuenca.

## PORCION BAJA DEL RIO SAN JUAN

$$I_6 = -268.31 \times 10^6 - Av_6$$

$$Av_6 = 25.09 \times 10^6 \text{ mts}^3/\text{año}$$

$I_6 = -293.40 \times 10^6 \text{ mts}^3/\text{año}$ , valor negativo que cae fuera de lógica ya que no puede haber volumen de infiltración negativos, pero se podría explicar tomando en cuenta las características del subsuelo en las que el valor de escorrentía pasa casi en su totalidad hacia la Presa Marte R. Gómez, sin embargo un cierto volumen de esta corriente es infiltrado, como los valores de evapotranspiración

ón real son muy grandes, prácticamente todo el volumen precipitado se evapora, tomando este criterio:

$$I_6 = 39.31 \times 10^6 - Av_6 \qquad Av_6 = 25.09 \times 10^6 \text{ mts}^3/\text{año}$$

$I_6 = 14.21 \times 10^6 \text{ mts}^3/\text{año}$ , que sería un 2.57 % de la sacorrentía media anual en esta subcuenca.

De las subcuencas antecedentes siempre habra un valor de escorrentía en una lluvia torrencial como las que predominan en la región.

#### R E S U L T A D O S .

Como se puede ver en los valores analizados, las precipitaciones casi concuerdan con las de evapotranspiración, dejando valores muy pequeños para los demas parametros, sin embargo aunque el valor de infiltración es bajo y logicamente esta subestimado al tomar como base unicamente las salidas cuantificables de los dos acuíferos, podemos afirmar con base en observaciones realizadas hasta la fecha que este valor esta dentro de un rango aceptable evidenciando un equilibrio entre la extracción y la recarga con tendencia a la sobreexplotación en forma general, pero se podrían aprovechar volúmenes considerables en las cuencas con valores de infiltración como la del río Ramos, San Juan Alta, Media y la del río Pílon, descartando una mayor explotación en las subcuencas restantes.

#### IV. GEOLOGIA.

##### 4.1. FISIOGRAFIA Y GEOMORFOLOGIA.

El área de estudio se encuentra ubicada dentro de las dos -- principales unidades paleogeográficas del Jurasico Superior; al -- Sur sobre la cuenca sedimentaria mesozoica y al Norte sobre el Col -- fo de Sabanas.

Estas unidades corresponden a las provincias fisiográficas de la Sierra Madre Oriental y la de Cuencas y Sierras de Coahuila - (Humphrey, 1956), de ahí que la zona está emplazada en tres zonas geomorfológicas bien definidas, la tercera de las cuales sería la porción Sur de la provincia de Sierras Tamaulipecas; estas provin -- cias se describen brevemente como sigue:

##### PROVINCIA SIERRA MADRE ORIENTAL.

Constituida por una franja de montañas anticlinales y valles sinclinales extensos y profundos, el límite Este y Norte de la Me -- seta Central, se extiende desde el Oeste de Ciudad Victoria, Tamps hasta el Sur de la ciudad de Monterrey, donde cambia bruscamente hacia el Oeste en dirección a la ciudad de Saltillo, el relieve - relativo entre las montañas y planicies del Noreste de México es del orden de 800 a 1 300 mts. Y se forman buenos receptores de - agua con salidas naturales en forma de ríos, como el del anticli -- nal de los Muertos, cuya salida natural es el río Santa Catarina actualmente seco, o el anticlinal de Rayones, cuya salida natu -- ral es el Río Ramos de gran caudal.

#### PROVINCIA DE SIERRAS TAMAULIPECAS.

Se aplicó este nombre a aquellas sierras relativamente bajas en las que se incluyen, las Sierras de San Carlos, las Grullas, - las de Papagayos, la de Picachos, la de Lampazos - Sabinas, la de Don Martín, el lomerío de Peyotes y la Sierra del Burro, ocupan - el lugar que ha sido definido como la Península de Tamaulipas del Oxfordiano Inferior.

#### PROVINCIA DE SIERRAS Y CUENCAS DE COAHUILA.

Se caracteriza por sus montañas y sierras alargadas con amplios valles intermedios, cuyas formas cerradas reflejan el carácter de los estratos constituyentes y su deformación estructural, la intensidad de la deformación es menor que la que se observa en los plegamientos de la Sierra Madre Oriental, frecuentemente los ejes de los anticlinales se bifurcan dando lugar a extensos valles llamados Potreros, en comparación con las de la Sierra Madre Oriental en la que los anticlinales se alargan decenas y hasta -- centenas de kilómetros formando estrechos y profundos valles intermedios.

#### 4.2. GEOLOGIA GENERAL.

Se ha escrito mucho y muy variado sobre la geología de la -- formación Moreste de México por su importancia estructural y tectónica de los espectaculares eventos ocurridos en el periodo de -- fines del Cretácico y principios del Terciario, varios investiga --

gadores, tanto nacionales como extranjeros han aportado algo; por este motivo se tratará de enfocar lo mas representativo que hasta la fecha se ha escrito.

Los elementos paleográficos de la parte inferior del Jurásico Superior en el Noroeste de México, ejercieron una profunda influencia en la sedimentación tectónica posterior, elementos como el Geosinclinal Mexicano, la Península de Yucatán y el Golfo de Sabinas, marcaron formas y depósitos definitivos para su conformación actual, elementos que a su vez están intimamente relacionados a la faja móvil principal de la Cuenca Mesozoica del Geosinclinal Mexicano, caracterizada por hundimientos longitudinales de formación subsecuente; la sedimentación de éste Geosinclinal está constituida principalmente por clásticos finos marinos normales y rocas carbonatadas, aunque algunos materiales de medio ambiente restringido como anhidrita, yeso, carbonatos químicamente precipitados, lodos oscuros carbonosos y bituminosos no son raros, especialmente a principios del Jurásico Superior y preferentemente cerca del límite de los elementos positivos.

#### 4.3. ESTRATIGRAFIA.

Aunque difiere por su medio de depósito entre una provincia y otra como se mencionó anteriormente, se plantea la secuencia mas representativa posible.

Las unidades litoestratigráficas se pueden agrupar en tres grandes conjuntos, el primero de ellos se caracterizó por ser de

depósitos marinos de influencia calcarea, con un alcance estratigráfico del Jurasico Superior; el segundo de naturaleza marina, - mas que clástica, alcanza hasta el Paleoceno y el tercero corresponde a depósitos continentales de edad Terciaria y Cuaternaria - (Mitro, 1961), a continuación se hace una breve descripción de estas unidades.

**Serie Sabinense.**- Es una unidad cronoestratigráfica propuesta por Humphrey y Díaz (1956), que abarcó desde Calloviense al Pogiandense y que incluye los grupos Zuloaga y Casita, unidades que definen una secuencia evaporítica calcarea en la base y clástico - calcarea hacia la cima e indica que fueron desarrolladas en facies lagunares, costeras y extralitorales dentro de ambientes marinos de transición; en el grupo Zuloaga se incluyen las formaciones Novillo, Olvido, la Gloria, Zuloaga y Minas Viejas no obstante dentro del área de estudio unicamente se presenta la caliza Zuloaga y los yesos de Minas Viejas.

**Formación Minas Viejas (Humphrey, Díaz) .-** Se compone principalmente de anhidritas con pequeñas intercalaciones de Lutita Calcarea, areniscas y calizas arcillosas, subyace a la formación Zuloaga en un contacto gradual.

**Caliza Zuloaga (Imlay, 1938) .-** Calizas extralitorales de poca profundidad, estratificación delgada a mediana, con intercalaciones de lutitas y nodulos de pedernal, así como calizas dolomíticas de estratificación gruesa con pedernal, presenta abundantes fracturamientos rellenos de calcita.

Grupo la Casita, (Humprey) .- Depósitos de ambiente cercano a la costa, incluye a la formación la Casita y la Caja, en el área de estudio solo aflora la Casita.

Formación Cúpido.- La formación Cúpido representa las facies sedimentarias de un complejo carbonatado depositado en aguas someras, se han dividido en seis miembros, que corresponden a seis facies lateralmente consistentes (Conklin and Moore, 1977).

#### I.- FACIES PELAGICAS O DE CUENCA.-

Las formaciones que se incluyen en este grupo son; Formación Taraises, Manchaca, San Marcos, Sarril Viejo, las Vigas, en el área de estudio unicamente aflora la formación Taraises, que es una unidad altamente fosilifera, la cual consiste en una alternancia de calizas arcillosas, con lutitas que descansan sobre la formación de la Casita en forma concordante, su extratificación es delgada de color gris oscuro con pequeñas interestratificaciones de caliza marrón y lutitas grises.

#### II.- FACIES DE PRE - ARRECIFE Y TALUD.-

Consiste en capas de caliza gruesa a muy gruesa bioclasticas (Charleston, 1973), cuya textura varía de Wackestone a Grainstone.

#### III.- FACIES ARRECIFAL.-

Es un depósito muy masivo, característico por su potencia de estratos que produce formas resistentes a la erosión y escapes verticales, esta unidad se encuentra altamente fracturada y parcial-

mente dolomitizada.

#### IV.- FACIES DE POST - ARRECIFE SOMERAS.-

Unidad con una muy gruesa estratificación, su textura varía de Packstones café oscuro a Graistones grisáceos y calizas bioclasticas oscuras, Packstones y Grainstones.

#### V.- FACIES INFRANETIRICA Y DE MAREA.-

Estratificación delgada y gruesa, esta unidad es notable por su alta variabilidad de litofacies; presenta calizas de textura variable (Wackestone a Grainstone) color negro; calizas negras -- Wackestone agujeradas; "dolomíticas" café claro con nodulos de evaporitas y calizas grises con laminaciones de algas enmarcadas.

#### VI.- FACIES, LAGUNARES PREDOMINANTEMENTE EVAPORITICAS.-

Son estratos gruesos mas resistentes que las dos unidades anteriores, es una caliza oscura, de estratos gruesos, de textura Wackestone y Packstone, con requenidos y algunas algas, ocasionalmente nodulos de pedernal.

Los afloramientos a las facies pelagicas de la Tamaulipas inferior se localizan al Este del área de estudio formando los núcleos de las sierras de los Picachos, Sabinas, Santa Clara y Lampazos.

#### FORMACION LA PEÑA.-

Consiste generalmente de margas grises que interperizan a rosa rojizo y lutitas limosas altamente calcareas, interestratificadas calizas arcillosas de estratificación de delgada a media, -

con cantidades subordinadas de lutitas laminares y pequeños lentes de pedernal negro (Humprey, 1956) y su espesor promedio es de 30 - mts., llegando a 100 mts. en el Cerro de la Silla.

Caliza Aurora.- Termino usado informalmente para designar a todos los tipos de rocas carbonatadas en el Noroeste de México entre las formaciones la Peña y Cuesta del Cura y sus equivalencias dentro del grupo Washita (Humprey, 1956), consta de una secuencia monotonamente de calizas grises de textura fina, densa, con rudistas, de estratificación gruesa y con un espesor que varía de 250 a 300 mts., más al Oriente esta formación consiste de calizas de estratificación media a gruesa con nodulos de pedernal gris, sin rudistas.

FORMACION KIAMICHI.- Se compone de estratos de lutita, calizas arcilloas y predominantemente lutitas calcareas o margas, se le encuentra al Oriente de la zona.

FORMACION CUESTA DEL CURA.- Consiste principalmente de calizas grises y negras, de estratificación delgada, con escasas intercalaciones de lutita negra, las calizas presentan bandas y pequeñas capas alternantes de pedernal negro, su principal característica lo constituye la ondulación de planos de estratificación y su incompetencia estructural ya que se encuentra altamente plegada con un alto índice de fracturamiento.

El inicio del Cretácico Superior se caracteriza por un cambio en el patron sedimentológico, representado por una litología predominante, arcillo - arenosa, la cual contrasta con unidades cal-

careas perteneciente al Cretacico Inferior.

La Serie del Golfo (Hill, 1887 y PEMEX, 1969) .- Es una unidad cronoestratigráfica que abarca desde el Cenomanense Superior al Maestrichtense, que incluye a los sedimentos agrupados en las siguientes unidades litoestratigráficas; grupo Eagle Ford, grupo Austin, grupo Taylor y grupo Navarro.

#### GRUPO EAGLE FORD (F. Roemer, 1852, PEMEX, 1969).-

Dentro de la cuenca sedimentaria, Mesozoica, se depositan en la porción occidental, la formación Indidura y hacia el Oriente la formación Agua Nueva (Humphrey, 1956), sobre la Península de Tamaulipas se deposita la formación Eagle - Ford; siguiendo la secuencia.

#### FORMACION AGUA NUEVA.-

Está constituida por capas de caliza color gris oscuro y negro, parcialmente arcillosas que alternan con lutitas laminadas de color gris oscuro, a veces bituminosas o carbonosas, su espesor varía de unos cuantos metros hasta 180 mts. (Alvarez, 1971).

#### FORMACION INDIDURA.-

En su porción inferior se compone de lutitas calcareas de color gris laminadas y calizas en capas delgadas con intercalaciones de lutita, en la porción media superior se compone de lutitas arenosas y lutitas calcareas respectivamente.

#### FORMACION EAGLE FORD.-

Esta constituida de capas delgadas de lutitas interestratificadas con calizas arcillo arenosas, las calizas son laminadas, -- gris obscuro a negras, hacia la base se presentan margas en capas finas y hacia la parte superior se hace mas calcarea, es común observar en esta parte pequeñas fracturas rellenas de yeso y abundantes nodulos de pirita, el espesor es de alrededor de 60 mts.

#### FORMACION SAN FELIPE.-

Esta constituida por una serie de calizas compactas, delgadas, arcillosas en parte, con buena estratificación, de colores -- gris claro, verde oscuro; hacia la porción superior se torna mas arcillosa y se presentan intercalaciones de lutita gris con esporadicas capas de bentonita, su espesor medio es de 550 mts. (Alvarez, 1971).

#### FORMACION PARRAS.-

Compuesta de lutitas marrón gris obscuro y negras carbonosas, yesíferas con intercalaciones delgadas de lutitas negras densas y lutitas pulverulentas tobáceas, su espesor alcanza los 1 500 mts. (Lesser, 1977) no aflora en el área de estudio.

#### FORMACION AUSTIN.-

En su parte inferior consiste en una caliza crema-blanca, de estratificación delgada y textura fina, hacia la parte superior -- presenta calizas cretáceas, margas y limolitos calcáreos.

#### FORMACION MENDEZ.-

Consiste en una secuencia arcillosa, altamente calcarea, de gran espesor, hacia el oeste pasa rápidamente a una secuencia extremadamente gruesa de areniscas, conglomerados y calizas conglomeráticas, lutitas arenosas y lutitas que constituyen la formación difunta.

#### CONGLOMERADO SABINAS - REYNOSA (PLIOCENO).

Constituido por clastos redondeados de caliza de tamaños variables, bien graduados de color claro y fragmentos subredondeados de pedernal, hacia la porción inferior la matriz es arenosa variando hasta la porción superior que es Caliche, se encuentran espaciados en toda el área, presentando acuñamientos, se encuentra sobreyaciendo discordantemente a las formaciones del Cretácico Superior. Cuaternario; depósitos aluviales. Material clásico de origen continental.

#### 4.4. TECTONICA.

Las estructuras del Noroeste de México son en gran parte el resultado de un fuerte movimiento orogénico postpaleoceno - pre - Eoceno Superior, tuvo como precursores leves movimientos Epeirogénicos y orogénicos para que posteriormente ocurriera el paroxismo final; durante el Eoceno, dando como resultado la formación de antefosas como la de Parras y aportación de un gran espesor de clásticos.

Durante las fases de la deformación ocasionada por los esfuerzos de la Revolución Laramide, los materiales del Mesozoico

fueron deformados de acuerdo con la posición del área de sedimentación con respecto a los elementos paleogeográficos positivos del principio del Jurásico Superior, ocasionando la actual orientación de las diversas estructuras, excepto en aquellas en que debido a esfuerzos Post-eocénicos han cambiado sus primeras posiciones, así en los estratos situados en los lugares de mayor profundidad del Geosinclinal Mexicano, fueron plegados y afallados por las fuerzas laramídicas de compresión en una faja de anticlinales y sinclinales, cuyos ejes son generalmente paralelos al actual frente topográfico de la Sierra Madre Oriental, ejemplo; las Mitras, Topo Chico, Minas Viejas, Higuerae, García, etc....., estas fuerzas actuaron en direcciones más o menos normales a los bordes de la Península de Coahuila y Tamaulipas o de W-E en el Oeste de México y de S-N en la región Central Norte, contra el borde de la Península de Coahuila; la más notable y espectacular deformación es el cambio en el rumbo tectónico regional de la Sierra Madre Oriental en el área de Monterrey donde la dirección Nor-este, voltea en un apretado manajo de pliegues estrechados y convexos hacia el Noroeste, algunos de estos pliegues frontales, buzan al W bajo la Cuenca de Parras, que se ensancha; al Sur de Monterrey las rocas del Cretácico Superior de los pliegues frontales de la Sierra Madre Oriental cabalgan a menudo hacia el Este sobre estratos cretácicos más jóvenes, al W de Monterrey no se ha demostrado cabalgamientos a gran escala de los pliegues frontales más boreales (Sierra de los Muertos) cuyo flanco Norte se encuentra intermitente recostado al

Norte a lo largo del rumbo regional.

Hacia el Norte y Noroeste de Monterrey tenemos estructuras suavemente plegadas y quizas normalmente afalladas (Picachos y Sabinas), que muestran un marcado contraste con los elementos intensamente plegados y deformados de la Provincia de Sierras y Cuenecas de Coahuila; al Oeste de la zona.

La deformación ha sido sumamente intensa, es por esto que entre mas conocimiento se tenga de está será mas fácil determinar la dirección de flujo que toma el agua en su recorrido hacia las zonas de menor presión o hacia su nivel de flujo base, tambien es importante recalcar que a veces esta deformación ha servido para crear marcadas diferencias de presión entre un punto a otro, lo que se ha traducido al realizar perforaciones a la obtención de pozos brotantes.

#### 4.5. GEOLOGIA HISTORICA.-

Las estructuras del Noreste de México son debidas en gran parte a la acción de la Revolución Laramide, como se menciona en el subcapítulo anterior, el carácter y extensión de los tipos tectónicos de dicha zona está en relación con la naturaleza de las secciones sedimentarias y las fuerzas relativas de los elementos positivos contemporaneos, o sea la Paleográfica del Jurásico Superior y con la erosión progresiva de las zonas marginales de este período y del Cretácico Inferior.

Poco se conoce sobre los hechos estratigráficos y tectónicos

de épocas anteriores al Jurásico Superior; seguramente los mares -  
tuvieron una amplia distribución durante el final del Paleozoico,  
estos sedimentos serían deformados, alterados e intrusionados por  
una Orogenia Regional aparentemente durante todo el Triásico y --  
probablemente durante la mayor parte del Jurásico Inferior y Me -  
dio, esta zona fue sujeta de erosión, evidenciándolo, gruesas ca-  
pas rojas no marinas de Alto Villa Juárez, Dgo. al Norte de Torre-  
gón, asignada como formación Puizachal (Imlay, 1948).

Las aguas marinas mesozoicas penetraron en los sitios del --  
Geosinclinal Mexicano y el Golfo de Sabinas a principios del Jura-  
sico Superior y después de extenderse rápidamente al Norte, Noro-  
este y Noreste, fueron parcialmente restringidas en apariencia -  
por movimientos ascendentes de las masas terrestres contemporáneas  
de modo que se desarrollaron condiciones lagunares semi-cerradas  
a principios del Oxfordiano, estos ambientes restringidos fue-  
ron borados por el depósito normal de calizas marinas en aguas se-  
meras, excepto al Sur de Monterrey donde permanecieron ambientes  
semi-cerrados (Yeso de la formación Olvido y Minas Viejas), duran-  
te el Kimmeridgiense medio, las aguas marinas volvieron a avanzar  
sobre todas las áreas negativas al final del Jurásico, tal vez --  
las aguas marinas se hayan retirado ligeramente de las áreas mar-  
ginales, pero pronto regresaron a principios del Cretácico Infe-  
rior, esta sedimentación se caracteriza por ser una mezcla de las  
finos y lodos calcareos (facies pelágicas o de Cuenca, F. Terci -  
ses); estos materiales finos posiblemente se derivaron de las & -

reas terrestres que sufrieron, cuando menos local y marginalmente un rápido levantamiento a principios del Cretácico, para suministrar inmensas cantidades de clásticos gruesos (Akroa San Marcos) a principios del Aptiano tuvo lugar una marcada disminución de la profundidad de los mares; indicada por un depósito general de calizas rudistas en aguas someras y calcarenitas dolomíticas, junto con conglomerados intraformacionales que constituyen los estratos más altos del grupo Nuevo León, (Formación Cúpido); durante el Aptiano superior hubo una entrada considerable de clásticos finos, como lo indica la amplia distribución de lutitas y margas de la formación la Peña, posiblemente estos materiales representen sedimentos derivados de los suelos en las áreas de tierras bajas que sufrieron subitos movimientos marginales durante está época.

En el Albiano y Cenomaniano Inferior, todo el Norte de México estuvo cubierto por mar, en el que depositaron lodos finos en las áreas geosinclinales y bancos de rudistas en aguas someras - sobre lo que fueron los bordes de la anterior Península de Coahuila y fue hasta fines del Cretácico Superior cuando el mar se empezó a retirar de dicha Península así como las de las partes boreales del Geosinclinal Mexicano y del Golfo de Sabinas, fue entonces cuando se depositaron sedimentos de agua salobre continental, a lo largo de los bordes de las antiguas áreas peninsulares y empezaron a desarrollarse antefosas, conjuntamente con la elevación y plegamientos de las masas terrestres, como la de Parres; y fue hacia el Paleoceno cuando la sedimentación marina cesó en todo el

Norte de México; fue también en esta época cuando todo en Norte y Noroeste de México sufrió lo que probablemente fue la culminación de los esfuerzos compresionales de la Revolución Laramide, el plegamiento estuvo acompañado por la intrusión de rocas ígneas intermedias; la historia posterior a este tiempo ha sido de erosión y -acumulación, modificada por fallas normales en gran escala y por una mayor o menor actividad de rocas ígneas efusivas.

#### 4.6. HIDROGEOLOGIA.

El agua en el subsuelo circula y se almacena en los poros que dejan entre sí las partículas de material acumulados por los procesos erosivos, es decir, en un medio poroso y solo se localiza en ductos de gran tamaño en algunos acuíferos constituidos por rocas volcánicas o rocas carbonatadas, como en el acuífero calizo en estudio, estos ductos han sido formados a través de porosidad secundaria, tales como cavidades de disolución, fracturamiento o entre planos de estratificación, en los cuales es difícil establecer una relación tipo de comportamiento de flujo como ocurre en un medio poroso.

Otro de los aspectos importantes que influyen el movimiento de agua en calizas son los cambios laterales de litología, originados por la relación geológica tiempo espacio conjuntamente denominada "Facies", las cuales existen zonas bien marcadas en el área de estudio, mismas que producen cambios en las características hidrogeológicas primarias, produciendo variaciones en la magnitud de estas (Luis Velázquez, 1985); es decir se mantiene en el cerc-

ter de acuífero, pero su potencialidad se ve disminuida, quedando supeditada la explotación a condiciones locales en donde las propiedades hidroológicas son adecuadas y originadas principalmente -- por procesos secundarios.

#### 4.6.1. FORMACIONES PERMEABLE E IMPERMEABLES.-

Como se menciona anteriormente, el acuífero calizo lo conforman rocas de gran o mediana porosidad secundaria, tales como la caliza Aurora y la Formación Cupido en su facie postarrecifal, constituida por areniscas calcareas, calcarenitas y calizas dolomíticas; prearrecifal, compuesta principalmente de calizas biocásticas y litocásticas; le siguen en orden decreciente, en función de su contenido arcilloso o salino, la formación de Taraises y la caliza Cuesta del Cura, de ahí en fuera todas las demás formaciones se -- consideran impermeables, tanto por su considerable espesor, como por su carácter arcilloso, aunque existen algunas excepciones como la de la Formación Méndez, donde en su parte posterior debido a -- fracturamiento secundario, posición topográfica y estructural favorable, se obtienen caudales de bajo rendimiento, la mayoría de los cuales alimentan al Acueducto Linares - Montemorelos; la Formación Aurora posee un alto grado de porosidad y permeabilidad secundaria como consecuencia de los procesos físicos y químicos que actúan -- posteriores a su depósito, tales como fracturas, zonas de colapso diaclasas, fallas, estructuras de disolución ( estilolitas ), --

zonas de corrosión y pequeñas aberturas circulares; la Formación Cupido asocia diferentes litologías que integran un complejo arrecifal, cada una de estas presenta porosidades y permeabilidades primarias, altas y bajas con características similares a la formación Aurora; sin embargo en las facies arrecifales es donde encuentran la mayor permeabilidad primaria. (Luis Velázquez, 1985). estas facies constituyen las partes mas prominentes de las sierras y se pueden observar en las sierras de las Lomas, Minas Viejas, Potrero Chico, Topo Chico, Potrero de García, La Silla y la Huasteca, - estos afloramientos corresponden a los estratos mas jóvenes, encontrándose la parte basal hacia el Estado de Coahuila, de esta manera el emplazamiento del arrecife se localiza siguiendo la dirección de las sierras mencionadas, las facies pelagicas se encuentran en las sierras de Lampazos, Sabinas - Santa Clara, Picachos y La - margen oriental de la Sierra Madre Oriental, por consiguiente esta franja es poco atractiva para un buen acuífero en la Formación Cupido.

Por último los sedimentos aluviales de comportamiento separado al esquema hidrodinámico del acuífero calizo, por estar intermedio un gran espesor de formaciones impermeables, se define claramente como un acuífero aluvial libre, aunque de escasa magnitud; - en esta unidad se agrupan los depósitos de las partes bajas de las sierras y en los valles intermedios, estos materiales terrigenos - corresponden a los remanentes del conglomerado Sabinas - Reynosa -

del Terciario Superior y a los constituidos por depósitos de talud y aluviales, conglomerados, gravas y arenas recientes; su disposición geológica les permite recibir recarga de flujo superficial -- provenientes de las sierras o infiltración directa del agua meteorica, aunque en porcentajes muy bajos, como se vera en el capítulo posterior.

## V. HIDROLOGIA SUBTERRANEA.

### 5.1. CENSO Y PIEZOMETRIA DISPONIBLE.

Como ya se ha mencionado el abastecimiento de agua para la Ciudad de Monterrey proviene del agua superficial de las Presas La Boca y Cerro Prieto, y en menor cuantía del agua subterranas; en este caso del acuífero aluvial y el constituido por rocas carbonatadas, este último con problemas geohidrológicos de difícil solución, en especial su cuantificación porque no se cuentan con herramientas teóricas para analizarlo como en el caso del aluvial ya que estas han sido desarrolladas para estudiar el agua del sub suelo en acuíferos granulares, sin embargo las observaciones de su evolución piezométrica, relacionadas con la precipitación y su descarga, nos dan una idea de su potencialidad.

Los campos de pozos o perforaciones realizadas en rocas calizas son:

- Campo Mina
- Campo Buenos Aires
- Campo Papagayos
- Campo Higueras
- Campo Extensión Mina
- Campo Jardín
- Campo Topo Chico
- Campo Cerritos
- Campo Monterrey

Campo la Silla

Campo Durazno

Y en rocas aluviales y lutita fracturada son:

Campo Atongo

Campo Boca

Campo Calles

Campo Guadalupe.

Campo San Roque

Campo Ciudadela

Campo San Mateo

Campo Zona Metropolitana

Aunque es difícil enmarcar todos estos campos en un solo estudio geohidrológico y para fines de este trabajo, únicamente se mencionan sus características de explotación y descarga en forma general, y cual puede ser su repercusión en el área estudiada.

(Ver planos 5.1.2. y tablas de Censo 5.1.3.)

La información piezométrica disponible es variable de un campo de pozos a otro; la historia mas extensa corresponde al Campo - Mina en el cual se realizan observaciones piezométricas desde 1958 se cuenta con datos mensuales del nivel estático del pozo No. 1, - de 1955 a 1957 (Figura 5.1.4.) y de niveles dinámicos de la mayoría de los pozos hasta la fecha, así como los niveles estáticos de los pozos no operados, tambien cuentan con datos correspondientes al paro general de bombeo efectuado en diciembre de 1974.

Del campo Buenos Aires se cuenta con información piezométrica

en el intervalo de 1966 a 1974 y de 1980 a 1984, niveles dinámicos en los pozos de operación.

Para los pozos de la Silla, Cerritos, Papagayos y Jardín, se cuenta con datos mensuales de 1966 a 1971.

Para los pozos Durazno se cuenta con información general de bombeo en 1974 y de 1980 a 1984.

En el resto de los pozos no se han realizado observaciones piezométricas en forma sistemática, en términos generales se concuerdan la profundidad a nivel estático correspondientes a la fecha de terminación y solo en los campos San Roque, Ciudadela, y San Mateo se tienen observaciones de 1981 a la fecha; en los pozos antiguos de la Zona Urbana se cuenta con las profundidades de 1953 y las que se obtienen a la realización del programa de emergencia en 1984, los cuales no tienen relación alguna, ya que los primeros están en desuso.

## 5.2. CARACTERISTICAS HIDRAULICAS DE LOS ACUIFEROS.

### 5.2.1. ACUIFERO EN ROCAS CARBONATADAS.

Generalmente, las características hidráulicas de un acuífero calizo no pueden determinarse mediante pruebas de bombeo; la teoría de hidráulica de los pozos es aplicable a medios homogéneos con régimen de flujo laminar, mientras que estos acuíferos se caracterizan por su heterogeneidad y un régimen de flujo turbulento.

Sin embargo se realizaron algunas pruebas de bombeo en el campo Buenos Aires y la Silla (Figura 5.1.5. a 5.1.17), las cua-

les nos dan trasmisibilidades que varían de  $10^{-2}$  a  $6.29 \times 10^{-6}$  - indicativas de la gran heterogeneidad que existe en el acuífero - calizo, con estos mismos valores se calculó el coeficiente de almacenamiento dando valores también muy bajos, típicos de este tipo de acuífero, originalmente se trató de determinar estos coeficientes en la forma convencional, pero la velocidad con que se recuperan los pozos al suspender el bombeo es tan alta que prácticamente es imposible medirlos.

Por lo tanto se tomó el valor calculado por CIEPS, 1972 usando la observación semanal de los niveles estáticos de ciertos pozos en los que no se bombeaba, se hizo este análisis en período de estiaje, como si se estuviera efectuando una prueba de bombeo en un gran pozo, considerando que las demás perforaciones que sí bombeaban su extracción global producía el abatimiento en los pozos observados, llegó a determinar que:

$$T = 3.3 \times 10^{-3} \text{ mts}^2/\text{seg.}$$

Con un coeficiente de almacenamiento variable de:

$$0.00066 \quad S \quad 0.0013$$

Valor que concuerda con las características de este tipo de acuíferos.

Una medida de la capacidad transmisora de un acuífero es el caudal específico ( $Q_s$ ) el cual varía entre 3 y 45 l.p.e./mts., tomando como promedio el valor de 3 a 12 l.p.e./mts., valor que concuerda con el que llegó a obtener CIEPS para la trasmisibilidad.

(ver tablas 5.1.3).

El amplio rango con que varía el caudal específico, la transmisibilidad y la existencia de pozos "secos" próximos a los productores, reflejan la distribución errática de los conductos lo cual -- nos permite calificar de moderada la transmisibilidad de estos acuiferos, por lo que toca a su capacidad almacenadora estos acuiferos se caracterizan por coeficientes de almacenamiento bajos incluso - en condiciones de no confinamiento, en las áreas de recarga el -- acuifero calizo es de tipo frático o libre, por lo tanto, en ---- ellas su coeficiente de almacenamiento es sensiblemente igual a su porosidad, fuera de estas áreas el acuifero está confinado por lo que dicho coeficiente es mucho menor, a esta baja capacidad almacenadora se debe en parte, las rápidas recuperaciones que presentan los niveles piezométricos durante la época de lluvias.

#### 5.2.1. EVOLUCION PIEZOMETRICA DEL ACUIFERO CALIZO.

En la figura No. 5.1.4. se ilustra la evolución piezométrica observada en el pozo No. 1 del Campo Fino, durante el intervalo de enero de 1955 a abril de 1957, puesto que el pozo fué el primero - que se perforó en este campo y no se operó en todo el lapso mencionado la evolución mostrada es representativa del comportamiento natural de los niveles piezométricos del acuifero en esta área, en - que se observan movimientos de nivel estático aún sin operación, - gobernados en este caso por la precipitación.

La figura 5.1.18. muestra el comportamiento de los niveles -

dinámicos de los pozos 1, 5, 7, 8, 9 y 10 en el intervalo de 1957 a 1973 del Campo Mina y se muestra también la historia de las extracciones mensuales del campo y la variación de la precipitación pluvial en la estación climatológica Mina, en este mismo intervalo de tiempo; en la cual se observa que a pesar de que para 1973 en el que se alcanza extracciones de  $2.5 \text{ m}^3/\text{seg.}$  los niveles dinámicos, no presentan grandes abatimientos, mas lo presentan en 1962 y 1965 donde las precipitaciones en los meses de abril y mayo; junio, julio y agosto fueron de 0.

También la figura S.1.19. muestra el comportamiento de los niveles dinámicos de los pozos 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 y 11 del Campo Buenos Aires en el intervalo de 1967 a 1974, así como la historia de las extracciones mensuales del campo y la variación de la precipitación pluvial en la estación de Santa Catarina, en el mismo intervalo de tiempo en la cual los movimientos del nivel dinámico son similares a los del campo Mina y sus mayores elevaciones se presentan en los meses de mayor precipitación.

Aunque evidentemente estos niveles están afectados por las pérdidas locales en los pozos de bombeo y por las interferencias entre ellos, las evoluciones presentadas proporcionan una idea muy útil respecto a la respuesta del acuífero a la recarga y descarga, como puede observarse, la evolución del nivel dinámico es muy semejante a todos los campos, son notables las fuertes oscilaciones típicas de un acuífero artesiano, los niveles piezométricos descienden rápidamente durante las épocas de estiaje y se recuperan en corto tiempo durante la temporada de lluvias.

El descenso de los niveles piezométricos es una consecuencia de la descarga natural y artificial del acuífero, es explicable, - entonces, que la velocidad de abatimiento alla aumentado en el tiempo con el volumen de extracción, en 1956 cuando la explotación - aún no se iniciaba en el Campo Mina, dicha velocidad era apenas de 0.5 mts/mes en 1958, está fecha en que se inició la operación en - el mismo campo; la velocidad de abatimiento aumentó a 0.7 mts/mes, para 1962 ya era de 1.3 mts/mes y así sucesivamente hasta 1973, - año en que alcanzó un valor de 2.3 mts/mes.

Tambien se observa que la recarga del acuífero calizo es variable de un año a otro y depende de la precipitación pluvial, -- así años con precipitación inferior a la media anual, como 1961, - 1962 y 1964, los niveles piezométricos descendieron progresiva - mente sin reflejar descarga significativa, en cambio, en algunos años con precipitación mayor como 1963, 1965, 1966 se registraron recuperaciones entre 15 y 30 mts. en corto tiempo.

(Ver hidrografo regionales figuras 5.1.23. y 5.1.24.)

De la correlación de los datos pluviométricos y piezométricos se desprende que no existe una relación sencilla entre la pre cipitación anual y la recuperación de los niveles acuíferos, posi blemente esto se daba a que intervienen otros factores, como la - intensidad de la lluvia, la distribución de esta en el área, la - precipitación antecedente, las condiciones de humedad del suelo, -

etc. sin embargo la correlación de la recuperación de los niveles piezométricos con el promedio de lluvias del año respectivo y el del anterior, muestra una dispersión menor, aunque no se puede considerar que sugiera una relación bien definida.

En diciembre de 1974, se efectuó un paro general de bombeo con el propósito de obtener datos confiables de la posición de los niveles estáticos, la configuración en el Campo Mina (Figura 5.1.22.) apoyada en estos datos, reveló que la operación del Campo no ha generado todavía una depresión en la superficie piezométrica, esto se atribuye a que los abatimientos provocados por el bombeo se propagan lateralmente con rapidez, no dando lugar a la formación de conos de abatimiento, finalmente, puede verse que para el año de 1984 la profundidad de los niveles estáticos se diferencian en mucho de los originales, aproximadamente 110 mts en el Campo Mina y 16 mts. en el Buenos Aires lo que puede indicar que el volumen de extracción ha rebasado al volumen que se recarga.

Si sumamos a esto la ocurrencia de algunos períodos prolongados de sequía, es lógico suponer momentos críticos en la utilización de estos acuíferos, por lo tanto, la factibilidad de extraer cantidades adicionales de agua subterránea, a largo plazo, estará condicionada al mayor desgaste de este acuífero.

#### 5.2.1.2. CAPACIDAD PRODUCTORA DEL ACUÍFERO CALIZO.

En un sistema acuífero de las proporciones del estudiado, la capacidad productora de un campo de pozos no dependen tanto de la

recarga total del sistema es función de la recarga local, de la transmisibilidad y de la profundidad de los niveles estáticos, sino -- mas bien de la cantidad de agua que circula por ellos, por un lado, además de la explotación económica del mismo; bajas transmisibilidades y/o niveles estáticos profundos, se traducen en altos - costos del bombeo y pueden limitar la capacidad productora del campo a volúmenes de extracción reducidos, aunque la recarga total - del sistema sea muy considerable.

La profundidad de los niveles de bombeo depende de dos factores principales. La profundidad a nivel estático y el caudal específico de los pozos; la profundidad a nivel estático, a su vez, depende de la respuesta del acuífero a la recarga y a la descarga, - por su parte, el caudal específico depende de la transmisibilidad - en el entorno del pozo y de las pérdidas locales en el mismo; se desconoce la cuantía de la recarga que reciben las calizas acuíferas en las diferentes áreas, pero se conocen sus efectos sobre los niveles piezométricos; se sabe que provoca recuperaciones anuales hasta de 30 mts. en períodos de lluvias y abatimientos sostenidos hasta de 4.1 mts/año, en el Campo Mina. Como se observa en los hidrografos regionales.

### 5.2.1.3. ESQUEMAS DE FLUJO REGIONAL EN CALIZAS.

A primera instancia se observa que los acuíferos calizos, como el Mina y el Buenos Aires, por citar los mas importantes, su alimentación es local y solamente estaría condicionada a sus afloramientos receptores en el anticlinal de los Muertos por un lado y entre las montañas cercanas de los Frailes y Minas Viejas por -

el otro, su extensión de recepción sería de 590 Km<sup>2</sup> aproximadamente para el caso de Buenos Aires y de 300 Km<sup>2</sup> para el de Mina; implicaría que sus volúmenes de almacenamiento acuífero serían mucho menores de acuerdo a los valores de "S" para este tipo de acuíferos, lo que contradice de cierta manera la realidad, ya que las extracciones son del orden de  $31.5 \times 10^6$  mts<sup>3</sup>/año, para el caso de Mina y  $55.5 \times 10^6$  mts<sup>3</sup>/año, para el caso de Buenos Aires, si su precipitación media anual es de 257.7 mm. para uno y 465.6 para otro, tendríamos un volumen precipitado en su área de influencia de  $75.8 \times 10^6$  mts<sup>3</sup>/año y  $274.7 \times 10^6$  mts<sup>3</sup>/año respectivamente; manejando los porcentajes obtenidos para la infiltración en el balance hidrológico tendríamos un volumen infiltrado de  $0.55 \times 10^6$  mts<sup>3</sup>/año en el caso Mina y  $14.6 \times 10^6$  mts<sup>3</sup>/año en el caso Buenos Aires valores que de ninguna manera concordarían con la realidad, por tal motivo se plantean dos opciones para el modelo de funcionamiento del acuífero calizo, generalizado.

- 1.- Que se este tomando agua de un almacenamiento acumulado a través de su historia.
- 2.- Que existe un flujo de entrada, aparte, proveniente de otras estructuras aflorantes de las mismas formaciones conectadas entre sí incrementando su alimentación.

El comportamiento lógico del acuífero nos conduce a suponer la segunda hipótesis ya que los valores del coeficiente de almacenamiento son muy bajos (4.19% del total precipitado) y el acuífero se agotaría en menos tiempo del establecido por los hidrografos re

gionales.

La superficie de alimentación hasta los lugares de afloramiento de las calizas permeables, viajando en confinamiento de puntos de presión mas altas a mas bajas siguiendo el dren estructural, - los observamos de las serranías cercanas a Saltillo, La Paila, Parras y en general de la Sierra Madre Oriental, mas los pequeños anticlinales y sinclinales emplazados dentro de la Cuenca del Río Salinas como la Sierra de Fichos, Higuera, Jardín, las Gomas, Estacas, Minas Viejas, Los Frailes, etc.

Lo que si debe quedar claro es que todos los acuíferos no son de agua fija de reserva acumulada a través de los años, sino que -- mas bien responde al ciclo de lluvia, como lo evidencia el estudio isotópico en el área de Mina, donde se dedujo que solo se extrae - agua de reciente infiltración, menos de 20 años y por las recuperaciones muy rápidas en la época de lluvias y abatimientos muy pronunciados en época de estiaje, motivo por el cual para fines de explotación, no es de importancia primordial el almacenamiento que - pueda contener el espesor total del acuífero y su extensión, sino - mas bien el volumen de agua que circula a través de estos estratos permeables en toda la Cuenca.

A manera ilustrativa se presentan cortes esquemáticos explicando esta circunstancia (Lesser J. 1958) figura S.2.1.3.1. a la S.2.1.3.3., en la mayoría de los casos los pozos se ubican para

alcanzar las formaciones acuíferas a la menor profundidad posible, o sea en los flancos de los anticlinales, donde la presión hidrostática sea suficiente para permitir la circulación de agua confinada.

#### 5.2.2. ACUIFERO ALUVIAL - LUTITAS FRACTURADAS.

Como se mencionó anteriormente el acuífero aluvial consta de varios campos de pozos, los cuales en forma regional se podrían -- considerar como uno solo, ya que la mayoría están emplazados en un medio geológico similar, la parte aluvial de la provincia de cuencas y valles, aunque también se menciona que por las características de este trabajo únicamente se analizará una subzona de este -- gran acuífero, el correspondiente al área urbana de Monterrey. La influencia de la gran cantidad de pozos emplazados a todo lo largo del Acueducto Linares - Montemorelos - Monterrey en los que que dan incluidos campos como el Atongo, Calles, Ciudadela, San Roque y San Mateo, únicamente se engloba en el caudal que se aporta al Acueducto.

##### 5.2.2.1. TRASMISIBILIDAD, CAUDAL ESPECÍFICO Y COEFICIENTE DE ALMACENAMIENTO.

Estos conceptos van de la mano uno del otro y aunque sus representaciones son diferentes el conocimiento de alguno de ellos -- nos da una idea de los otros, desafortunadamente la información -- que se tiene es muy raquítica y solamente tenemos datos del caudal

específico ( $Q_e$ ), concepto que da el caudal aportado del acuífero - por cada unidad de abatimiento, sus unidades son l.p.s./mts., estos valores varían de 0.042 a 1.0 el cual se puede considerar de medio a bajo, valores que indican una gran heterogeneidad entre estos materiales, los mas altos se encuentran siguiendo las margenes del Río Santa Catarina y sobre los sedimentos del mismo, los mas bajos en la zona de los pozos emplazados al Noreste del poblado de Topo Chico y a la entrada al valle del Río Santa Catarina.

#### 5.2.2.2. PROFUNDIDAD AL NIVEL ESTÁTICO.

Con respecto a la profundidad del nivel estático tenemos datos de diciembre de 1954, en el que se observa que las mayores profundidades se dan en la entrada del valle del Río Santa Catarina concordante con su mayor cota topográfica, estos son hasta de 30 mts. de profundidad, en está configuración todavía no se marcaban conos de abatimiento inducido; mas bien la tendencia de salida de flujo es hacia el cauce del Río Santa Catarina, hacia la Planicie Costera, mientras que para las profundidades de julio y agosto de 1984 ya se observan varios conos de abatimiento inducido, tanto en la zona industrial, en la zona centro de la ciudad, esto se deba a que existe en está área la mayor profundidad de sedimentos aluviales y los pozos proporcionan mejores resultados que en otras zonas, concentrandose una gran cantidad de estos aquí, aunque hay que hacer la observación no varían mucho en valores de las de 1954

lo cual podría ser indicativo de una tendencia de equilibrio del - acuífero.

(Ver planos 5.2.2.2.1. y 5.2.2.2.2).

### 5.2.2.3. ELEVACION DEL NIVEL ESTÁTICO.

La elevación del nivel estático es un parámetro más indicativo de las condiciones de explotación y tendencia de la recarga - del acuífero ya que se incluye en esta información la topografía - de la zona la cual en la mayoría de los casos juega un papel impor- tante en la estructura del acuífero, además que se visualiza con - mayor claridad la problemática de este. Se tiene información inedi- ta elaborada por la Residencia de Geohidrología y Zonas Áridas en el Estado de julio de 1972, en que su configuración marca una ten- dencia escalonada de descarga de flujo hacia la porción Noreste y Este de la zona (Apodaca, Santa Rosa, Huinala) sin ninguna aparen- te perturbación en sus curvas que nos indiquen alguna deformación por inducción artificial, mas bien al parecer todavía sigue su flu- jo natural de salida; también se tienen datos de 1954 los cuales - al compararlos indican alguna recuperación de sus niveles estáti- cos; o al menos que sus niveles han tenido poca variación, sin em- bargo las configuraciones de 1984 presentan diferencias con las de 1972, por un lado su dirección de flujo se acentuó mas hacia el -- cauce del Río Santa Catarina y sus curvas ya no son tan homogéneas como las de 1972, en estas ya se pueden observar efectos inducidos

por bombeo, principalmente en la zona de Av. Ceylan y González (Pozos N - 38, N - 6, M - 7) y en la zona industrial, así como hacia San Rafael, sin embargo al elaborar la evolución de este período - el resultado es una recuperación del orden de 0.67 mts/año, aunque cabe aclarar que estos datos no son muy confiables ya que fueron elaborados a través de la superposición de las configuraciones de 1984 y 1972 y por lo tanto los errores en el procesamiento se incrementan, ya que en la elaboración de estas siempre existe el criterio del técnico y puede presentar con más facilidad errores humanos que si esta información se obtiene directamente del pozo.

(Ver planos 5.2.2.3.1., 5.2.2.3.2 y 5.2.2.3.3.).

#### 5.2.2.4. EVOLUCION DEL NIVEL ESTÁTICO.

La evolución del nivel estático es un parámetro que indica la historia de su variación a través del tiempo, esta puede ser debido a condiciones naturales (Años lluviosos, grandes sequías) o inducidos (generalmente por bombeo) y es una forma indicativa de un buen uso o mal uso que se este haciendo de un acuífero. Nuevamente hay que hacer notar que la evolución realizada en este trabajo está basada en datos obtenidos por superposición de curvas del nivel estático, por lo mismo deben de tomarse con cierta reserva, puesto que los resultados son mucho más favorables que lo que puede ocurrir en realidad esta presenta recuperaciones hasta de 40 mts. en su nivel estático en doce años, lo cual podría ser indicativo de -

una explotación incipiente del acuífero o poco representativa, en el cual volúmenes considerables de agua subterránea se perderían en el flujo de salida natural.

La evolución promedio en el período considerado es de 8.108 - mts. lo que indica una recuperación del nivel estático por año de 0.67 mts.

(Ver tabla 5.2.2.4.14. y plano 5.2.2.4.2.)

## VI. HIDROGEOQUIMICA.

### 6.1. INTRODUCCION.

El agua al precipitarse hacia la corteza terrestre entra en contacto con el suelo y subsuelo; del flujo base horizontal, que se crea se lleva a cabo una acción disolvente y de intercambio iónico, proceso que continúa conforme el agua se infiltra y circula por el medio poroso, esto ocurre, porque al entrar en contacto con diversas formaciones geológicas en su recorrido va disolviendo sales y cambiando su composición química en la que intervienen además procesos como la temperatura, áreas de contacto, velocidad de circulación, etc.

El estudio de los cambios que ocurren en la composición química del agua, a través del tiempo y el espacio durante su circulación en el ciclo hidrológico, permite determinar la distribución espacial de calidades de agua en la zona de estudio, así como inferir o continuar evaluaciones asociadas al funcionamiento de los acuíferos existentes, la investigación hidrogeoquímica se realiza en tres etapas diferentes:

- a.) Recolección de muestras de agua y su envío al laboratorio
- b.) Ordenamiento y pasos operacionales, tanto analíticos como gráficos de los resultados de análisis físico - químicos.
- c.) Las configuraciones hidrogeoquímicas de las concentraciones

nos mas significativas de acuerdo al conocimiento que se tenga --  
del marco geohidrológico.

Para su análisis se sigue la metodología siguiente:

1.- Selección de concentraciones ionicas para su cálculo, --  
elaboración de graficas o diagramas que permitan diferenciar, iden-  
tificar y atribuir ciertos aspectos a las muestras analizadas.

2.- Descripción de las concentraciones ionicas que permitan -  
localizar áreas con calidades semejantes, así como describir zonas  
donde se incremente o disminuya determinado tipo de concentración.

Se considera que las concentraciones ionicas mas significati-  
vas para la descripción hidrogeoquímica son:

Los sólidos totales disueltos (S.T.D.).

Los aniones, como los sulfatos ( $SO_4^-$ ).

Los cloruros ( $Cl^-$ ).

Los bicarbonatos ( $HCO_3^-$ ).

Los cationes, como el calcio (Ca ).

El magnesio (Mg ).

El sodio (Na ).

La resistividad, la conductividad eléctrica, la relación ---  
Mg/Ca, la alcalinidad y la dureza total. De acuerdo a la utiliza -  
ción que se le piense dar al agua, está debe cumplir con ciertos -  
requisitos que varían entre límites muy amplios, ya sea que se em-

plien para uso potable, domestico, agricultura o industria; a continuaci3n se presentan las tablas que marcan estos rangos; publicadas en la Secretar3a de Salubridad y Asistencia, en el Diario Oficial, el d3a 2 de junio de 1953.

Para el uso notable:

CARACTERISTICAS F3SICAS	L3MITE M3XIMO PERMISIBLE	OBSERVACIONES
TRABIDAL	10 (Escala de Silice)	DE NO CUMPLIRSE
COLOP	20 (Escala Platino - Cobalto)	CON LOS RESULTADOS ANTERIORES.
SABOR	Inspida	SE ADMITIRAN AQUELLOS QUE SEAN
OLOR	Inodora	TOLERABLES PARA LOS USUARIOS.

CARACTERISTICAS QU3MICAS	L3MITE M3XIMO PERMISIBLE EN PPM (EXCEPTO *)
Nitr3geno Amomacal (N)	0.50
Nitr3geno proteico (N)	0.10
Nitr3geno de nitratos (N)	5.00
Potencial Hidr3geno (pH)	7.00
Ox3geno consumido (O)	3.00
3cidos totales disueltos (STD)	1000
Alcalinidad total (CaCO <sub>3</sub> )	400
Dureza total (CaCO <sub>3</sub> )	300
Cloro (Cl)	250
Sulfatos (SO <sub>4</sub> )	250
Magnesio (Mg)	125
Zinc (Zn)	15
Cobre (Cu)	3
Fluoruro (F)	1.50
Hierro (Fe) y Manganese (Mn)	0.30
Ars3nico (As)	0.05
Selenio (Se)	0.05
Cromo (Cr)	0.05
Compuestos fen3licos, (Fenol)	0.001

CARACTERISTICAS BIOL3GICAS	NUMERO M3XIMO PERMISIBLE
ORGANISMOS DE LOS GRUPOS COLI Y COLIFORMES	20
COLONIAS BACTERIANAS POR CENT3METRO C3BICO DE MUESTRA	200

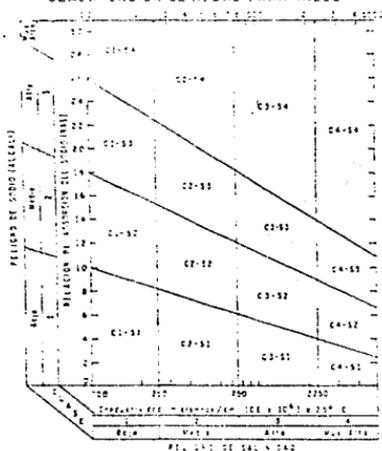
## Para uso agrícola:

TOLERANTES	SEMITOLERANTES	SENSIBLES
Espárragos	Girasol (nativo)	Nuez encarculada
Palma datilera	Papa	Nogal Negro
Azucorera	Algodón	Nogal Perna
Bemolacha		
Alfalfa	Jitomate	Ciruelo
Gladiola	Melano	Peral
Haba	Chicharos	Manzano
Cebolla	Hoaa Keyged	Uva (malaga y Sultana)
Nabo	Robin	
Col	Olivo	Nigo Kadota
Lechuga	Cebada	Nirpura
Manshoria	Trigo	Cereza
	Maiz	Chabacano
	Soroto	Durazno
	Avena	Naranjo
	Calabacita	Ajucate
	Elemento "Bell"	Turronja
	Camote	Limonero
	Trigo lima	

(De: Suelos Salinos y Sódicos.- 1954)

\* (En orden de pendiente de más a menos tolerante).

## CLASIFICACION DE AGUAS PARA RIEGO



DE: SUELOS SALINOS Y SÓDICOS

MUY TOLERANTES	MEDIANAMENTE TOLERANTES	POCO TOLERANTES
$CE_e \times 10^3 = 12$	$CE_e \times 10^3 = 10$	$CE_e \times 10^3 = 4$
Porabel	Jitomate	Sofaro
Prato. C col - rosada	Brócoli	Apio
Espárragos	Col	Flores
Espinaca	Chilo dulce	
	Coliflor	
	Lechuga	
	Maiz dulce	
	Papas	
	Manshoria	
	Chicharos	
	Calabaza	
	Pepinos	
$CE_e \times 10^3 = 10$	$CE_e \times 10^3 = 4$	$CE_e \times 10^3 = 3$

## PLANTAS FORRAJERAS

MUY TOLERANTES	MEDIANAMENTE TOLERANTES	POCO TOLERANTES
$CE_e \times 10^3 = 14$	$CE_e \times 10^3 = 12$	$CE_e \times 10^3 = 4$
	Trebol Blanco	Trebol blanco - Holandés
	Trebol Amarillo	
Zacate Alcalino de Coqui	Zacate indio - perenne	Trebol alsike
Zacate Bermuda		Trebol rojo
Zacate Knotes		Trebol ladino
		Piñapela
	Zacate Sudan	
	Trebol Hubam	
	Alfalfa (California Común)	
Cebada (para heno)	Trigo (para heno)	
Trifolium (para de pájaro)	Avena (para heno)	
	Gramma azul	
	Bromo suave	
	Veza leonesa Cicer	
$CE_e \times 10^3 = 12$	$CE_e \times 10^3 = 4$	$CE_e \times 10^3 = 2$

## CULTIVOS COMUNES

MUY TOLERANTES	MEDIANAMENTE TOLERANTES	POCO TOLERANTES
$CE_e \times 10^3 = 12$	$CE_e \times 10^3 = 10$	$CE_e \times 10^3 = 4$
Cebada (grano)	Centeno (grano)	Alubias
Bemolacha Azucarera	Trigo (grano)	
Colza	Avena (grano)	
Algodón	Arroz	
	Sorgo (grano)	
	Maiz	
	Linaza	
	Girasol	
	Higuierilla	
$CE_e \times 10^3 = 10$	$CE_e \times 10^3 = 6$	

(De: Suelos Salinos y Sódicos 1954).

Para uso industrial:

CALIDAD DE AGUA PARA ALGUNAS INDUSTRIAS.				
ELEMENTO UNIDAD	MINAS		BUENOS AIRES	
	POZOS	POZOS	POZOS	POZOS
Fe	---	9	---	---
Fe	0.1	1.0	1.0	0.3
Mn	0.1	---	---	0.05
Ca	---	20	75	---
Mg	---	12	30	---
Cu	0.01	---	---	---
NH <sub>4</sub>	---	---	---	---
Zn	---	---	---	---
HCO <sub>3</sub>	---	---	---	---
SO <sub>4</sub>	---	---	---	500
Cl	---	200	300	500
F	---	---	---	---
NO <sub>3</sub>	---	---	---	---
DUREZA	25	100	150	---
pH	2.5-10.5	6-10	6-9	---
S.T.D.	100	---	100	---

(Fu: John Ben, 1970)

Desafortunadamente como se ha venido mencionando para el acuífero calizo solo se tienen datos de sus exponentes mas representativos; el acuífero Mina y Buenos Aires, mientras que para el acuífero aluvial solo conocemos sus concentraciones de (S.T.D.), es por ello que el análisis sera en base a estos datos.

(Ver tabla 6.1.).

## 6.2. SULFATOS.

Proviene de la disolución de rocas y suelos que contienen yesos, fierro y compuestos sulfurosos, las concentraciones mas altas ocurren en el acuífero Mina, alcanzando valores hasta de 102.46 mg/litro, en el pozo No. 25, con un promedio de 85.65 mg/litro pa-

ra Mina y 16.73 mg/litro para Buenos Aires, presentando valores - que caen dentro de la clasificación para agua potable (Una vez -- mas se evidencia la mayor circulación de agua del acuífero Mina - que para el Buenos Aires), además que los pozos de mayor concen-- tración están captando la formación Luloaga.

(Ver planos 6.2.1. y 6.2.2.).

### 6.3. CLORUROS.

Proviene de la disolución de rocas y suelos, en especial eva poritas, grandes concentraciones aumenta el poder corrosivo del - agua y en combinación con el sodio da un sabor salado, sus concen traciones al igual que para los sulfatos, son mayores en el Campo Mina existiendo valores hasta de 105.0 mg/litro en el pozo No. 21 con un promedio de 88.57 para este acuífero y de 16.30 para el -- Buenos Aires, no rebasando el máximo permitido para uso potable, - existiendo una explicación igual que los sulfatos para este gran cambio de concentraciones entre un acuífero y otro.

(Ver plano 6.3.1.).

### 6.4. CONDUCTIVIDAD ELECTRICA.

Está depende de la cantidad de sales disueltas en el agua, - es una medida de la capacidad del agua de conducir corriente eléct rica, varía en la concentración y grado de ionización de los ---- constituyentes, así como de la temperatura, su valor es igual al -

recíproca de la resistividad y proporcional a la concentración de sólidos totales disueltos, los valores son mayores igualmente para el acuífero Mina pero caen dentro del rango de aptos para agua potable.

(Ver planos 6.4.1. y 6.4.2.).

#### 6.5. BICARBONATOS.

Proviene de la incorporación del bioxido de carbono en el agua y de la disolución de rocas carbonatadas, como la caliza y la dolomita, producen alcalinidad, en combinación con calcio y magnesio es causa de la dureza en este caso las concentraciones son mayores en el Campo Mina pero por poco margen y sus valores están abajo del máximo permisible para gua potable.

#### 6.6. CALCIO Y MAGNECIO.

Proviene de casi todo el tipo de suelos y rocas pero en especial de las calizas, dolomitas y yesos, son los principales responsables de la dureza del agua, la cual origina incrustación en tuberías reduciendo su eficiencia, sus valores están abajo del máximo permisible, aunque predominan los valores mas altos en el Campo Mina.

#### 6.7. CONCLUSIONES. ACUIFERO CALIZO.

Como se puede observar el agua de los dos campos emplazados esencialmente en las formaciones Cupido y Aurora son de buena cali

dad, quedando mayormente manifiesta la del Campo Buenos Aires, -- que junto con la de Tpo Chico son las mejores que se observan, -- concluyendo que las que se presentan mas próximas a la Sierra Madre Oriental tienen menor recorrido que las de dentro de la cuenca.

#### 6.8. ACUIFERO ALUVIAL.

Para el acuífero aluvial los únicos valores con los que se cuentan son los de sólidos totales disueltos el cual es una medida de todas las concentraciones que se encuentran, proviene de la disolución de minerales que forman los suelos y las rocas, pueden incluir constituyentes orgánicos que son residuos que quedan al evaporarse cierta cantidad de agua, este valor es arbitrario, ya que durante la evaporación de la muestra los sólidos volátiles se pierden, los bicarbonatos se convierten en carbonatos y se retienen cantidades variables de agua de cristalización que no alcanza a evaporarse, estos valores solo proporcionan un índice del ataque del agua sobre las formaciones geológicas, además de la solubilidad del subsuelo, lo que indica que entre mayor cantidad de S.T.D. tendremos agua con mayor tiempo de circulación o que ha circulado en rocas muy solubles, lo cual concuerda con los valores de la configuración, en este caso su rango de valores es variable de 200 a 3500 ppm. presentando las mayores al centro Norte de la ciudad, en los alrededores de los pozos N - 22 y N- 8, y --

las menores en las zonas de alimentación del acuífero.

(Ver plano 6.8.1.).

Evidenciando así la solubilidad en las rocas y suelos constituyentes así como su mayor recorrido a través de ellos en las zonas de mayor concentración, su rango de valores sobrepasa las máximas permisibles, encontrándose los mas bajos valores siguiendo la dirección de flujo del Río Santa Catarina y las zonas de alimentación del acuífero.

#### 6.9. ISOTOPOS.ACUIFERO CALIZO.

Su presencia en el agua y el avance de la Física Atómica, han dado lugar al desarrollo de técnicas para el estudio de las aguas subterráneas, su metodología esta basada en el descubrimiento del Tritio ( $^3\text{H}$ ) cuya existencia es normal en el agua y se incorpora muy facil a está,haciendolo ideal como trazador en este tipo de estudios. Su aplicación esta basada en tres aspectos fundamentales:

- a.) Ubicar los problemas a resolver o que se puedan resolver en la aplicación de esta técnica aún a determinada área de estudio
- b.) La selección correcta del muestreo.
- c.) La realización de un estudio preliminar y un definitivo con objeto de calibrar el punto "b".

Los isotopos con núcleos inestables se conocen como radiactivos y requieren antes de llegar a una situación estable de su nú -

cleo, de una desintegración o decaimiento por la emisión de partículas nucleares, este proceso es instantáneo y obedece a una ley exponencial y el grado de decaimiento de cualquier radioisotopo es proporcional al número de átomos radioisotopicos que existen en un tiempo dado, la ley de decaimiento es exclusiva de cada radioisotopo y se describe por su vida media ( $T_{1/2}$ ), que es el tiempo requerido para que ocurra un decaimiento de la mitad de los átomos radioactivos existentes, esta ley es el principio básico que se utiliza para determinar la edad del agua muestreada. La unidad de medida de la energía emitida en el proceso es el Curie =  $3.7 \times 10^{10}$  desintegraciones por segundo. A la generación natural de isotopos que llegan a constituir parte de moléculas de agua se les ha denominado isotopos ambientales, en la cual se pueden considerar la existencia de dos subgrupos. La de isotopos estables y la de los radioactivos; entre los estables esta el Deuterio y el Oxígeno 18, mientras que entre los radioactivos encontramos al Tritio y al Carbono 14, existen mas pero no es necesario mencionarlos.

El tritio es un isotopo radioactivo de masa 3, su presencia en la lluvia se debe a dos causas; es producido por la interacción de radiaciones cósmicas de alta energía con los componentes atmosféricos, la cantidad de Tritio por este efecto varía, pero se ha estimado que sea del orden de 10 U.T. la segunda es por la acción del hombre como consecuencia de las explosiones nucleares en 1952;

ademas es necesario mencionar que las concentraciones máximas de este isótopo varían con la estación. ocurriendo un máximo a fines de primavera, tiene una vida media de 12.26 años, la mayoría del Tritio que se encuentra en la atmósfera se oxida rápidamente para formar la molecula de agua y es un indicador efectivo que manifiesta la presencia del agua que estuvo en la atmósfera en los últimos 20 años; su contenido en el agua se expresa en términos de unidades de Tritio, U.T. El Tritio originado en la atmósfera cae de la lluvia, marcando en forma natural el agua del ciclo hidrológico, de esta manera se encuentra en diferentes aguas.

En los estudios de agua subterránea las medidas de Tritio -- dan información sobre el tiempo de recarga al sistema, aguas con contenido de Tritio menores de tres U.T. se interpretan como que el agua tiene mas de 20 años en el acuífero, contenidos de 3 a 20 U.T. se refieren a aguas de reciente infiltración. El estudio isotópico realizado en 1974 por La Payne y E. García concluye lo siguiente:

Valores de Tritio en U.T. aproximados:

Grutas de García ..... 42.87

Campo Buenos Aires ..... 5.27

Campo Durazno..... 2.2

Campo Cerritos ..... 7.7

Campo Jardín ..... 6.3

Campo Monterrey .....	8.83
Campo Mina .....	8.36
Campo Topo Chico .....	7.1
Loma Alta .....	1.8

#### Análisis de conclusiones.

1.- Que los campos de pozos de Monterrey, Mina, Buenos Aires, no tienen fuente de recarga común por lo menos desde el punto de vista de recarga mayoritaria del acuífero en los lugares mencionados, pero su aporte no alcanza los 20 años de infiltración.

2.- La dirección de flujo del agua subterránea que parte de la Sierra Madre Oriental parece ser que se mueve en la dirección del poblado de Villa García, podría recargar al menos parcialmente a los pozos de la ciudad de Monterrey.

3.- El agua que proviene de las captaciones de Loma Alta y Durazno, su recarga mayoritaria proviene del Valle de Saltillo, en la Sierra De Arteaga su bajo contenido de Tritio, hace pensar que estas aguas se infiltraron hace lo menos 50 años.

4.- Para los pozos Buenos Aires, Manantial el Alto y Ojo de Agua, tienen una altura de recarga promedio de 1590 m.s.n.m. localizada probablemente entre los anticlinales de los Muertos y San Blas.

5.- Los pozos Mina tienen una altura de recarga estimada de - 990 m.s.n.m. y muy posiblemente su encuentro localizada en la parte superior del anticlinal de Minas Viejas.

6.- En los pozos Monterrey la localización de su recarga presenta dos alternativas, una es que proviene de la Sierra de las Fi tras y otra del flanco Norte del anticlinal de los Fuertes sin poder diferenciarlos.

#### 6.10. CONCLUSIONES.

Como se puede observar las conclusiones a las que se llega en este estudio no son definitivas pero el extracto que se puede sacar es que las aguas que actualmente están en explotación provienen de flujo en caliza regional; la mayor o menor cantidad de Tritio está en función de su permanencia en las rocas, sus edades no varían mucho (Ver tabla 6.9.1.1.). A excepción de la obtenida en Loma Alta y las de algunos manantiales emplazados en los flancos de la sierra, que son aguas muy antiguas por un lado y de reciente in filtración por el otro, es por esto que estas aguas regionales son las susceptibles de explotarse y las mayores probabilidades se encontrarán siguiendo la conformación de las calizas arrecifales Cupido, como se menciona en el capítulo anterior.

## VII. BALANCE GEOMORFOLOGICO.

### 7.1. ACUIFERO CALIZO.

Como se menciona en los capítulos anteriores la cuantificación de este tipo de acuífero es muy compleja ya que no se cuenta con herramientas teóricas confiables como en el caso de un acuífero granular. Si sumamos este obstáculo que desconocemos los volúmenes de recarga que recibe y la forma en que los toma, nos encontramos ante una encrucijada difícil de resolver. Afortunadamente -- contamos con los efectos que ha producido su explotación continua de los diferentes campos de pozos emplazados, aunque su análisis -- lo enfocamos casi exclusivamente al Campo Mina y Buenos Aires por ser los más representativos, el resultado se puede generalizar con ciertos rasgos de variación para los demás campos; para conocer la relación entre la velocidad de abatimiento y los volúmenes de extracción en el Campo Mina, se seleccionaron varios períodos en los cuales se observó un decaimiento continuo de los niveles piezométricos, estos períodos fueron:

enero - julio de 1959

noviembre, 1960 - julio, 1962

enero, 1964 - julio, 1965

septiembre, 1968 - mayo, 1969

noviembre, 1972 - mayo, 1973

Con los abatimientos medios observados en cada uno de ellos y

los caudales medios de extracción respectivos, se trazó la gráfica de la figura 7.2.1.2.1. (Ruben Chavez, 1978) en la que se puede observar que los puntos sugieren una relación lineal entre el abatimiento y el caudal de extracción, la intersección de la recta de ajuste con el eje horizontal, señala un abatimiento de 0.5 mts/mes para un caudal nulo de extracción, valor que coincide con el abatimiento observado en el intervalo abril 1956 - abril 1957, período anterior al inicio de la operación del campo y que representa la rapidez con que descendían los niveles piezométricos durante los períodos de descarga natural del acuífero.

Aunque obviamente, resulta aventurado suponer que esta relación lineal se conservaría para caudales de extracción mucho mayores que los actuales, la prolongación de la recta proporciona elementos de juicio para analizar los probables efectos que se inducirían de incrementarse la explotación, así, para un caudal de extracción de  $2.5 \text{ mts}^3/\text{seg.}$ , se tendría un abatimiento de 4.95 mts./mes, lo que nos da una idea de cuanto podremos extraer al acuífero en caso de emergencia y en cuanto tiempo, así, superponiendo este abatimiento y las recuperaciones que induciría la recarga (30 mts. en años muy lluviosos, 15 mts. con precipitación media y 0 mts. en años con precipitación muy baja), es posible hacer algunas predicciones acerca del comportamiento de los niveles piezométricos, al explotarse el caudal medio de  $2.5 \text{ mts}^3/\text{seg.}$  bajo diferentes condi-

ciones de precipitación aluvial.

En la figura 7.2.1.2.2. se presentan los resultados de la predicción media o mayor, como 1967 - 1971, en la gráfica inferior de esta figura, resulta evidente que, a pesar de las condiciones de - precipitación supuestas son favorables, los niveles piezométricos descienden progresivamente, y al final del quinto año se encuen -- tran ya a profundidades mayores de 150 mts. tomando en cuenta que en varios de los pozos la profundidad al nivel estadístico es ma -- yor que la media y que los abatimientos en los pozos de bombeo son de 15 a 30 mts. es claro que podría operarse el Campo con este caudal de extracción por mas de unos tres años consecutivos.

Pero hay aun otra condición mas crítica, ya que en esta regi -- ón es común que se presenten años secos consecutivos como en el -- lapso de 1960 - 1964, para una secuencia de años con estas condi -- ciones de precipitación el comportamiento de los niveles piezomé -- tricos serían como el mostrado en la figura 7.2.1.2.3., evidente -- mente, en este caso no podría operarse el campo con dicho caudal -- de extracción ( $2.5 \text{ mts}^3/\text{mts}$ ) por mas de dos años.

De los resultados de las predicciones anteriores se desprende que el Campo Mina no puede proporcionar en forma permanente un caudal de  $2.5 \text{ mts}^3/\text{seg.}$  pues con ello se provocaría abatimientos ta -- les que se afectaría el rendimiento de los pozos y, aun mas se uti

lizarla temporalmente algunos de ellos al quedar el nivel del agua abajo de los impulsores; probablemente, el caudal que el campo puede proporcionar en forma continua sea del orden de  $2 \text{ mts}^3/\text{seg.}$  de lo que, puede operarse con cierta flexibilidad aprovechando que su capacidad instalada total es de  $2.6 \text{ mts}^3/\text{seg.}$  cabe la posibilidad de sobreexplotarlo temporalmente, extrayendo caudales superiores a los  $2 \text{ mts}^3/\text{seg.}$  esto permitiría hacer frente a los "picos" de demanda durante los períodos de sequía muy rigurosa.

Generalizando estas conclusiones y con apoyo de los hidrografos regionales en estos dos campos.

Se observa que el abatimiento de los campos alejados a la Sierra Madre Oriental son mayores que los que están dentro de ella como el Buenos Aires, aun siguiendo el dren estructural de la facie arrecifal de la Formación Cupido, indica que su vida útil y capacidad productora está más marginada como se observa en el Campo Mina su abatimiento sostenido a través de los años es de  $4.23 \text{ mts}$  x año y el de Buenos Aires es de  $0.95$  al año reflejo que su extracción supera su recarga, sin embargo estos acuíferos deben servir como reguladores de la escasez de agua en períodos emergentes y reducir su extracción en períodos más desahogados, desafortunadamente como es imposible, es útil tener en mente que al ritmo actual de explotación los acuíferos calizos alejados de la Sierra Madre Oriental su vida útil estará en proporción de 1 - 4 con respec

to al Buenos Aires, a menos de que se incremente la profundidad de bombeo lo que resuscitaría en los altos costos de extracción.

## 7.2. ACUIFERO ALUVIAL.

Normalmente para la realización de un balance geohidrológico se requieren datos importantes, tales como la ubicación y selección de pozos pilotos, su nivelación de brocales, la realización de varias campañas de observación piezométrica, en forma ordenada, - ya sea en época de estiaje o en época de lluvia.

Procesando estos valores se podrán obtener planos de profundidad al N.E. elevación del N.E. en diferentes períodos, así como la evolución que se haya tenido.

Un estudio geohidrológico cuantitativo, aunque sea de carácter preliminar, requiere como condición indispensable, la determinación de las características hidrodinámicas del acuífero, presentados por los coeficientes de transmisibilidad (T) y almacenamiento (S), estos coeficientes de son los que representan la capacidad del -- acuífero para transmitir, almacenar, liberar agua y son deducidos - de la interpretación de los datos de campo que se obtienen en la - ejecución de pruebas de bombeo, de los cuales no tenemos ninguna - en la zona, es por esto que para suplir esta deficiencia usaremos los valores de caudal específico ( $Q_e$ ), que nos dan una idea de la

transmisibilidad del mismo.

Y el objeto es conocer aunque sea en forma preliminar las entradas y salidas horizontales de flujo subterráneo, se procedió a trazar en el plano de elevaciones del nivel estático una área de influencia de  $636,4 \text{ km}^2$ , así como la red de flujo subterráneo, en la cual se generaron los canales tanto de entrada como de salida (Ver plano 7.2.3.3.3.); para cuantificar el gasto que pasa por ellas, la transmisibilidad se considera como un promedio de los caudales específicos, tabla 7.1.2 y plano 7.2.2.1.

La ecuación de continuidad basada en la conservación de la materia, establece que el flujo neto de entrada a un sistema acuífero es igual a la razón de cambio de la materia dentro del sistema, el flujo neto de entrada representa la diferencia entre la recarga y descarga del sistema acuífero, depende principalmente de las condiciones permeabilidad y descarga hidráulica representada por la altura piezométrica, la razón de cambio de la materia dentro del sistema depende de las características de almacenamiento y de las condiciones iniciales y finales de la elevación del nivel estático.

#### 7.2.1. ENTRADAS DE FLUJO HORIZONTAL (Eh).

Las entradas de flujo horizontal provienen de la porción Este y Sur del área de estudio, en la que comprende el Cerro de Topo Chico, Las Mitras, La Silla y valles comprendidos entre estas

el cual nos da el valor de  $0.41806 \text{ mts}^3/\text{seg.}$  debe ser tomados con las reservas que la fuente de información marca, esta sería de --  $13.168 \times 10^6 \text{ mts}^3/\text{año.}$  Desafortunadamente por falta de datos tomaremos estos valores en una evaluación muy preliminar y los resultados definitivos estaran condicionados a la obtención de información mas confiable.

Las entradas  $E_h$  se calcularon en cada una de las celdas mostradas en los planos de flujo subterráneo.

Dicho calculo se realizó aplicando la Ley de Darcy, que establece que el caudal instantáneo por unidad de sección transversal, es directamente proporcional a la conductividad hidraulica de este y al gradiente piezométrico que se establece entre los puntos de la lectura, este caudal unitario, multiplicado por el espesor del acuífero y el ancho de la sección representa el gasto que pasa por una sección perpendicular del acuífero.

La integración de este caudal para un tiempo indeterminado, proporciona el volumen de entrada o salida del sistema.

$$Q \text{ sea: } Q = T, i, A$$

$$T = \text{Transmisividad } Q_e$$

$$A = \text{Ancho medio de la celda}$$

$$i = \text{Gradiente hidraulico } (h_2 - h_1) / L$$

$$i = \text{Gradiente hidraulico } \frac{h_2 - h_1}{L}$$

Se tomaran las consideraciones obtenidas en el balance hidrológico que corresponden al volumen infiltrado el cual es de 5.12 % del total precipitado, aunque hay que aclarar que este porcentaje es generalizando en toda la cuenca del Río Santa Catarina, sin embargo el área de balance para el acuífero aluvial incluye casi íntegramente a la urbana, la cual por estar casi completamente asfaltada reduce al mínimo una infiltración, por lo tanto este valor se tomará como "0".

## 7.2.2. SALIDAS.

## 7.2.2.1. POR FLUJO HORIZONTAL. (Sh).

Al igual que las entradas estimadas en forma preliminar, tenemos su salida natural hacia el Oeste franco, siguiendo de alguna manera el cauce del Río Santa Catarina y para completar el cálculo se obtuvo un valor de 0.07905 mts<sup>3</sup>/seg. que equivaldría a 2490.2 x 10<sup>6</sup> mts<sup>3</sup>/año.

## 7.2.2.2. POR FLUJO VERTICAL. (Sv).

En lo que respecta a esta descarga, se suma el volumen obtenido por las diversas captaciones emplazadas en el área de balance y se estimó de 1.134 l.p.s. que implicaría 35.43 x 10<sup>6</sup> mts<sup>3</sup>/año.

También debe tomarse en cuenta el valor de la evapotranspiración real, el cual considerando las mismas observaciones que para la infiltración sería nulo.

### 7.2.3. CAMBIO DE ALMACENAMIENTO.

105

Se considera como la diferencia entre las entradas y salidas que se reciben, el cual sería de  $10.6786 \times 10^6$  mts.<sup>3</sup>/año.

### 7.2.4. PLANTEAMIENTO DE LA ECUACION DEL BALANCE.

La expresión matemática de esta ecuación de balance volumétrico es:

Es decir:

$$E_h + V_r - S_h - V_b = AV \ S$$

Donde:  $E_h = 13.1696 \times 10^6$  mts<sup>3</sup>/año

$$V_r = 0$$

$$S_h = 2.490.2 \times 10^6$$
 mts<sup>3</sup>/año

$$V_b = 35.43 \times 10^6$$
 mts<sup>3</sup>/año

$$AV = 10.6786 \times 10^6$$
 mts<sup>3</sup>/año

$$S = ?$$

Por lo tanto, sustituyendo valores:

$$13.1696 - 2.490.2 - 35.43 = 10.6786 \ S$$

Esto implica que:  $S = - \frac{19.7702}{10.6780} = - 1.85$

Valor negativo que carece de sentido físico lo que indica que los valores tomados para el cálculo de esta ecuación existe un error, muy posiblemente en la trasmisibilidad, por su carencia de datos, por lo que no se llega a una conclusión confiable y se deja abierto este valor hasta procesar valores mas reales.

## 8.1. INTERRELACION DEL ACUIFERO CALIZO Y ALUVIAL.

Como se menciona en los capítulos precedentes y con base en cortes litológicos de los diferentes pozos emplazados en el área urbana para captar tanto sedimentos aluviales por un lado y calizos por otro, además de la información que proporcionan otros pozos perforados en los demás campos y en los cuales se observa en la mayoría de los casos que los espesores de las formaciones impermeables San Felipe y Mondoz cubren en su totalidad, las áreas de valle, se concluye que no existe relación alguna entre uno y otro, la pequeña porción del aluvion y sedimentos de talud, se emplazan en la superficie de estos valles, son pequeños y de poca profundidad, en algunos casos estos sedimentos pueden alcanzar hasta 70 mts. de espesor, como en el pozo de la Silla No. 1, pero en general predominan espesores máximos de 35 mts., en el área urbana, con una media de 15 mts.

La relación del acuífero aluvial con el calizo ocurre solamente por la aportación de volúmenes de agua que por diferencia de presión afloran en forma de manantiales en las inmediaciones de la Sierra Madre, las cuales en su mayoría han sido incrementados al caudal que consume la ciudad de Monterrey, aunque la mayoría de estos están agotados por la explotación del acuífero caliza

reo.

Tampoco se tienen evidencias en el acuífero aluvial de alguna alimentación subterránea, aunque la evolución de su nivel freático nos podría indicar lo contrario, pero como se menciona también, ca racemos de evidencias que puedan confirmar esta hipótesis.

A continuación se presentan algunas secciones elaboradas en - 1972 que confirman lo expuesto, así como algunos cortes litológicos, el estudio isotópico también evidencia en divorcio de estos - acuíferos, por que mientras que para el calizo su aportación proviene de diferentes áreas de recarga variables en su altura y permanencia en las rocas, para el aluvial el agua es de reciente infiltración, provenientes de escurrimientos de los flancos de las - sierras.

## 8.2. DISCUSION DE RESULTADOS DEL BALANCE HIDROLOGICO E HIDRODINAMICO.

Es bien sabido que estos balances aunque enfocando parametros distintos pero bien desarrollados, dan resultados similares. El balance hidrológico es usado en forma preliminar para estudios en -- los que no se cuenta con información de aplicación para el balance hidrodinamico y sus valores resultantes se dan en forma de ordenes de magnitud y mas explicito como porcentajes, esto es porque este método en esencia debe ser usado para el análisis de microclima y posteriormente generalizarlo a toda el área de influencia, ademas

por su facilidad de uso ya que los datos que analiza se pueden obtener de cualquier estación climatológica e hidrométrica, observaciones que son comunmente procesadas primero que las hidrodinamicas, estas observaciones toman en cuenta la latitud, altitud, insolación etc. mientras que la estructura del subsuelo, su conformación geométrica y sus aspectos de formación influenciados directamente por la geología de la región no son considerados, sin embargo, los resultados que se obtienen justifican en gran medida su uso cotidiano.

En cambio en el balance hidrodinámico se incluyan estos últimos aspectos aunque en forma indirecta, esto es al procesar datos como la permeabilidad, la transmisibilidad y el coeficiente de almacenamiento que abarca datos como su porosidad, contenido arcilloso, grado de erosión y transporte, factores que dan una idea más clara de lo que ocurre en la cuenca o área de influencia.

Aunque también debe quedar claro que estos conceptos están -- idealizados al introducirlos en los modelos de comportamiento no -- reales pero que se asemejan bastante a lo que está ocurriendo, tales como la aplicación de la Ley de Darcy, o en los mecanismos de análisis para obtener el valor de la transmisibilidad, al tomar -- consideraciones que van desde acuíferos homogéneos, isotrópicos, espesor acuífero constante, extensión lateral infinita, etc. Afortunadamente aunque estos valores no pueden ser válidos en la extensión regional de un acuífero, sí pueden ser aplicables en forma local y

posteriormente generalizarlos, como comunmente efectua en cualquier estudio geohidrológico.

Consideraciones como las anteriormente expuestas ponen de manifiesto la utilidad de ambos estudios y su complementación, ya que en un caso como el que nos ocupa, en que los parámetros para analizar el balance geohidrológico son deficientes, por su escasa información, se usan con elementos de juicio los valores obtenidos en el balance hidrológico y se resuelven incognitas que en su defecto quedarían en el aire y no podríamos tener ni siquiera idea de lo que esta sucediendo, como ocurre con el valor de la infiltración, otra manera de solucionar este problema, podría ser la utilización de tablas y gráficas elaboradas por especialistas en Europa, que manejan los índices de infiltración o como las desarrolladas por C.I.E.P.S. en 1974 para estos acuíferos regionales, pero dan valores muy sobreestimados que no concuerdan con la realidad.

### 8.3. ALTERNATIVAS.

Las alternativas para este estudio geohidrológico y para cualquier que se realice son obvias, es mejor tener dos criterios de análisis, que uno y dependerá del grado de confiabilidad del balance geohidrológico para darle mayor peso, ya que como se observó en este se incluyen parámetros mas relacionados al flujo del agua subterránea, aunque no hay que olvidar que está únicamente pertenece a una porción muy pequeña de las leyes que intervienen en el ciclo

hidrológico, el cual esta mas visualizado en el balance hidrológico.

## IX. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

## 9.1. CONCLUSIONES.

a.) el acuífero calizo y aluvial están separados hidráulicamente.

b.) El flujo en el acuífero calizo es regional, alimentado por todas las estructuras donde aflora las formaciones permeables contribuyendo en menor o mayor cuantía en función de su porosidad secundaria y volumen precipitado sobre ella.

c.) La extracción de este acuífero supera su recarga, evidenciado por la tendencia al descenso de sus niveles piezométricos a través de su historia.

d.) Entre las ciudades sean las zonas de explotación del acuífero calizo de su zona de mayor alimentación, la Sierra Madre Oriental, el agua se hace de menor calidad y cuantía.

e.) El acuífero aluvial, en base a la información existente, podría considerarse como apto para una explotación mayor, a reserva de obtener datos más confiables para su cuantificación.

f.) Las zonas probables para iniciar proyectos de abastecimiento de agua a la ciudad de Monterrey, serían las "Cuencas" del río Filón y Ramos, ya que son las que presentan excedentes de agua superficial con pocas probabilidades de obtención de agua subterránea por la presencia generalizada de la Formación Méndez, de gran

haber.

g.) Las zonas menos probables para la explotación en sedimentos aluviales serían las subcuencas del Río Salinas y Pesqueira, por su escasa precipitación y gran deficiencia de humedad, aunque posiblemente para el acuífero calizo algún flujo circulante pueda ser rescatado en estructuras favorables, como lo evidencian los acuíferos Mina y las Gomas.

## 9.2. RECOMENDACIONES.

a.) Continuar con las observaciones sistemáticas de los acuíferos calizos, en épocas de estiaje y lluvias, tanto de sus niveles estáticos como su volumen extraído, sin incrementar más éste.

b.) Para el acuífero aluvial, programar actividades para la obtención de sus características hidrodinámicas, tales como pruebas de bombeo en pozos piloto, nivelación de brocales y observaciones sistematizadas de sus niveles piezométricos, con lo que se tendrían bases para una buena cuantificación.

B I B L I O G R A F I A .-

ALVAREZ, Jr. J.M,

1971.- Notas sobre la geología de México  
Facultad de Ingeniería, U.N.A.M.

CONKLIN, J. y MOORE C.

1971.- Paleoenvironmental analysis of the lower  
cretaceous Cupido Formation, Northeast  
México, report of investigation S No.  
89 the University of Texas at Austin, -  
U.S.A.

CUSTODIO, E y LLERAS M.R.

1976.- Hidrología subterránea Ed. Omega, S.A.  
Barcelona, España.

CHARLESTON A, SANTIAGO

1972.- Algunos criterios útiles en la exploración  
geohidrológica de los acuíferos calcáreos.  
Simposio Internacional sobre la Planifica-  
ción de Recursos Hidráulicos.  
TOMO III, México, D.F.

CHAVEZ G.R. y CANALES E.A.

1979.- Pruebas de bombeo en acuíferos constituidos  
por rocas carbonatadas, seminario sobre apro-  
vechamientos en manejo racional de los recur-  
sos hidráulicos subterráneos de la Península  
de Yucatán, Universidad Autónoma de Yucatán  
Fac. de Ing. Mérida, Yuc.

EQUILUZ, A.S.

- 1984.- Fallas transcurrentes en el Norte de -  
México, S.G.M. VII Convención Nacional  
Memorias, México, D.F.

HUMPREY W.E.

- 1956.- Tectonic Framework of Northeast, México,  
Gulf Coast, Assoc. of Geol. Soc. San An-  
tonio Texas, Vol. 60 p. 25-35

HUMPREY W.E. y DIAZ G.T.

- 1956.- Jurassic and Lower Cretaceous Stratigraph  
and Tectonics of Northeast Mexico, Infor-  
me Geológico NE- E-799, PEREX, México.

IMLAY, R.W.

- 1936.- Evolution of the Coahuila Península, Mé-  
xico, Geol. Soc. Am. Bull. Vol. No.47

INGENIEROS CONSULTORES Y PROYECTISTAS ( C I E P S )

- 1970.- Estudio geohidrología de acuíferos regio-  
nales en calizas, zona Monterrey S.R.l.

INGENIERIA Y SISTEMAS, S.A. ( I N S I S A )

- 1972.- Estudio geohidrológico del Estado de Nue-  
vo Leon, S.R.l., México, D.F.

LESSER J.J.M. BACK W y NANSHAW B.

- 1977.- Factores hidrogeológicos que influyen en  
la presencia de la línea de agua mala en  
la Zona Norte del Edo. de Coahuila U.S.  
Geological Survey, Washington D.C. D.G.  
Z.A., S A R M , México, D.F.

MITRE-SALAZAR, M.

1981.- Las imagenes Landsat una herramienta util en la interpretaci3n geol3gica estructural un ejemplo en el Noroeste de M3xico, Instituto de Geologia, U.N.A.M.  
Vol. 5 Num. 1

PAYNE, B.R. y GARCIA E.G.

1974.- Reporta del estudio en base a isotopos ambientales, secci3n of Isotopic Hidrology - OIEA-SRN, M3xico, D.F.

TARDY, M. y RUIZ, R.R.

1974.- Sobre la observaci3n directa del "Decollement" de la cobertura mesoz3fica del sector transversal de Parras, sobre el flanco --- Oriental, Edo. de Zac., M3xico, U.N.A.M. - Inst. de Geologia serie de divulgaci3n, No. 2.

TARDY, M. SIGAL, J. GLACON, G.

1974.- Bosquejo sobre la estratigrafia y Paleografia de los Flysch cretacos del sector --- transversal de Parras, S.M.O., M3xico, U.N.A.M. Inst. de Geol., serie de divulgaci3n No. 2.

TARDY, M. LONGORIA, J.F. MARTINEZ, J. MITRE-S, L.M., PATIÑO, A.M., PADILLA y S. y RAMIREZ, R.C.

1974.- Observaciones generales sobre la estructura de la Sierra Madre Oriental; la aloctonia -

del conjunto cadena Alta-Altiplano Central;  
entre Torres, Coah. y San Luis Potosí, S.L.P.  
México, Revista del Instituto de Geología -  
U.N.A.M. p. I-II

VELAZQUEZ, A.L.

1985.- Definición del funcionamiento hidrogeológico  
de los sistemas Carsticos del área de Monte-  
rrey N.L. Tesis Profesional U.N.A.M.

CHAVEZ, GUILLEN R.

1980.- Apuntes de exploración, cuantificación y --  
aprovechamientos de los Recursos Hidrauli -  
cos subterranos, División de Educación Con-  
tínua, Facultad de Ingeniería, U.N.A.M.

CHAVEZ, GUILLEN R.

1982.- Apuntes de Hidrología Subterránea I,II y --  
Geohidrología, División de Estudios Superio-  
res, Facultad de Ingeniería, U.N.A.M.

DEMANDAS DE AGUA EN POBLACIONES RURALES DE MENOS DE 2500 HABITANTES EN FUNCION DE CLIMAS PREVALECIENTES. 1970.

LITROS DE AGUA POR HABITANTE AL DIA

Municipio	Población rural	Frfo	Templado	Semi - cálido	Cálido	M <sup>3</sup>
Abasolo	398				150	60
Agualeguas	3 004				150	450
Los Aldamas	4 713				150	707
Allende	4 979			150		747
Anáhuac	5 173				150	776
Apodaca	12 911				150	1 937
Aramberrf	13 774			150		2 066
Cadereyta y Jiménez	16 179			150		2 427
Carmen	2 150				150	323
Cerralvo	2 171			150		326
Ciénega de Flores	3 273			150		491
China	5 391				150	809
Dr. Arroyo	38 581				150	5 787
Dr. Coss	4 587				150	698
Dr. González	2 428			150		364
Galeana	36 640	140				5 130
García	3 255				150	488
Garza García	7 556				150	1 133
Gral. Bravo	3 544				150	532
Gral. Escobedo	7 618				150	1 143
Gral. Terán	12 401			150		1 860
Gral. Treviño	2 170				150	326
Gral. Zaragoza	6 278				150	942
Gral. Zuazua	2 687				150	403
Guadalupe	44 894				150	6 734
Los Herreras	1 632				150	245
San Nicolás Hgo.	101				150	15
Higueras	865			150		130
Hualahuisés	2 938			150		441
Iturbide	3 345			150		502
Juárez	5 656				150	848
Lampazos de Naranjo	1 871				150	281
Linares	25 165			150		3 775
Marín	1 745				150	262

tabla. 1.4.1

Melchor Ocampo	1 220		150	183
Mier y Noriega	7 347		150	1 102
Mina	3 207		150	481
Montemorelos	18 623	150		2 793
Monterrey	-		150	-
Parás	1 638		150	246
Pesqueras	5 181		150	777
Los Ramones	9 360		150	1 404
Rayones	3 724	150		559
Sabinas Hgo.	1 724		150	259
Salinas Victoria	2 507	150		376
San Nicolás de los Gárza	22 722		150	3 408
Sta. Catarina	6 725		150	1 009
Bustamante	220		150	33
Santiago	24 089	140		3 372
Vallecillo	3 012		150	452
Villaldama	4 883		150	732
Colombia	370		150	56
				60 390

cont. tabla. 1.4.1

## Proyecciones demográficas

1 9 8 0

Municipio	Población total	Población urbana	Población rural
1.- Abasolo	390	-	390
2.- Agualeguas	5 860	3 110	2 750
3.- Los Aldama	5 140	-	5 140
4.- Allende	18 170	13 520	4 650
5.- Amáhuac	13 950	8 180	5 770
6.- Apodaca	26 520	9 770	16 750
7.- Aramberri	20 170	3 830	16 340
8.- Bustamante	2 820	2 620	200
9.- Cadereyta	35 680	19 040	16 640
10.- Carmen	2 470	-	2 470
11.- Cerralvo	8 650	6 550	2 100
12.- Ciénega de F.	3 860	-	3 860
13.- China	12 080	6 710	5 370
14.- Dr. Arroyo	52 320	4 450	47 870
15.- Dr. Coss	4 900	-	4 900
16.- Dr. González	2 330	-	2 300
17.- Galeana	49 850	5 250	44 600
18.- García	6 880	3 980	2 900
19.- Garza García	100 250	89 780	10 470
20.- General Bravo	7 270	3 820	3 450
21.- General Escobedo	18 180	6 140	12 040
22.- General Terán	19 750	7 140	12 610
23.- General Treviño	2 190	-	2 190
24.- General Zaragoza	7 880	-	7 880
25.- General Zuazua	2 890	-	2 890
26.- Guadalupe	300 000	235 000	65 000
27.- Los Herreras	4 240	2 910	1 330
28.- Hidalgo	9 270	9 210	60
29.- Higuera	820	-	820
30.- Huala Luisas	6 530	3 770	2 760
31.- Iturbide	3 800	-	3 800
32.- Juárez	6 320	-	6 320
33.- Lampazos	4 050	2 640	1 410
34.- Linares	59 430	30 990	28 440
35.- Marín	1 750	-	1 750

tabla. 1.4.2

36.- Melchor Ocampo	1 310	-	1 310
37.- Mier y Noriega	8 810	-	8 810
38.- Mina	3 040	-	3 040
39.- Montemorelos	44 730	25 250	19 480
40.- Monterrey	1 369 630	1 369 630	-
41.- Pasaes	1 670	-	1 670
42.- Pesquerfa	5 670	-	5 670
43.- Los Ramones	9 770	-	9 770
44.- Rayones	3 690	-	3 690
45.- Sabinas Hidalgo	24 410	22 950	1 460
46.- Salinas Victoria	5 880	3 710	2 170
47.- Sn. N. de los Garza	283 540	244 220	39 320
48.- Santa Catarina	64 300	56 320	7 980
49.- Santiago	28 200	13 000	15 200
50.- Vallecillo	2 970	-	2 970
51.- Villaldama	6 290	-	6 290
52.- Colombia	340	-	340
TOTAL ESTADO	2 690 910	2 213 490	477 420

cont. tabla. 1.4.2

fig. 1.4.1

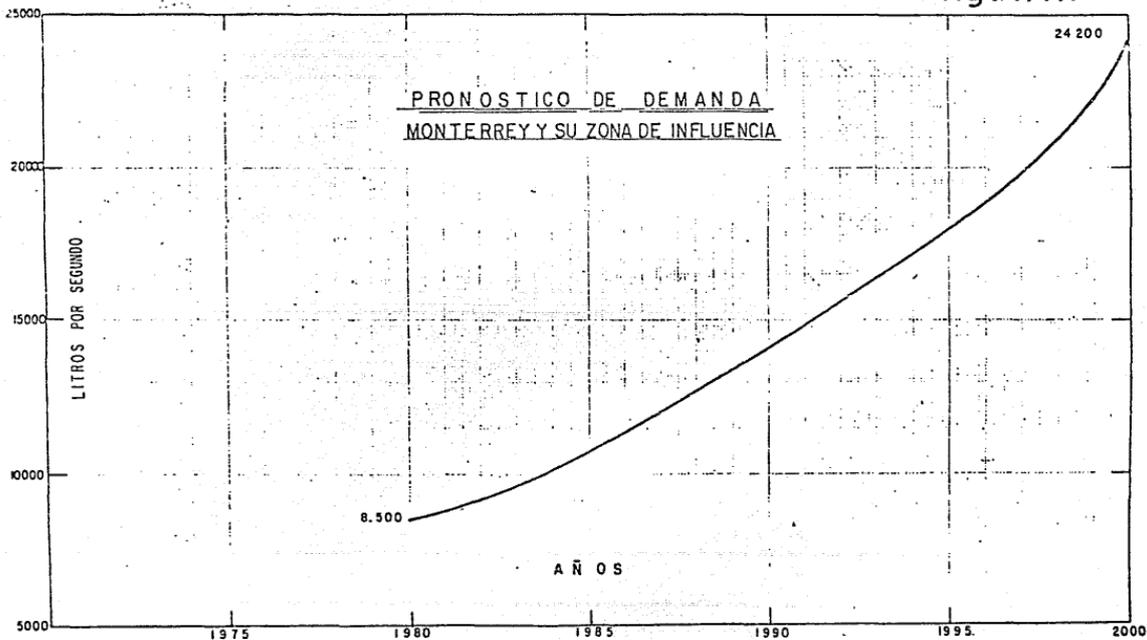


tabla. 1.4.3

ESTADO DE NUEVO LEON

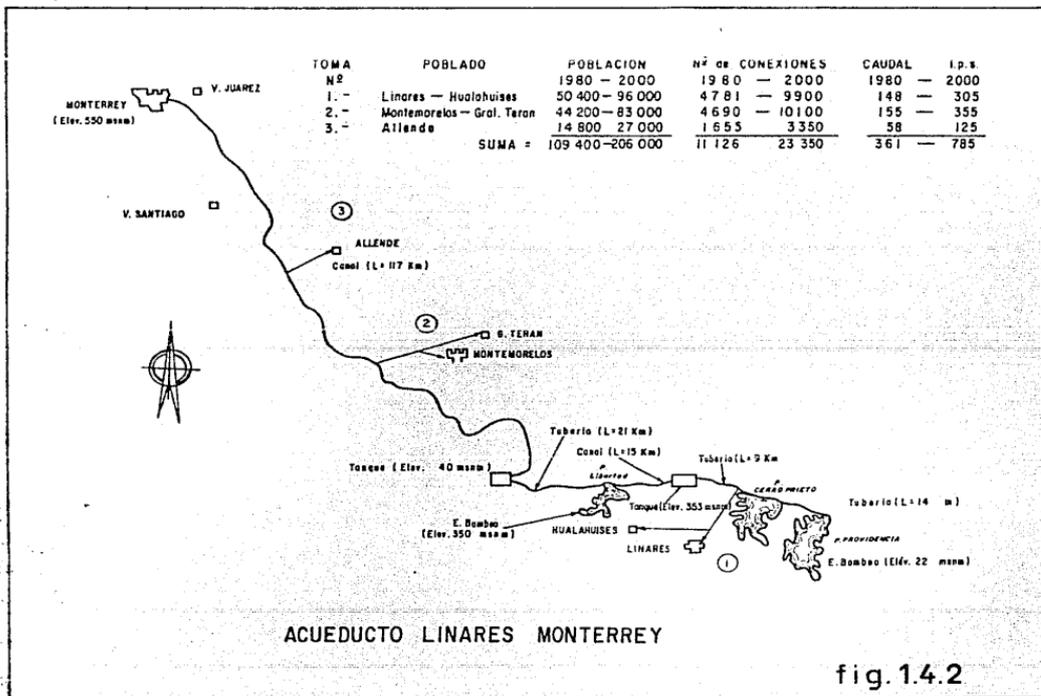
Servicio de Agua en los Principales Municipios del Estado según su Población Total incluyendo el Área Metropolitana de Monterrey

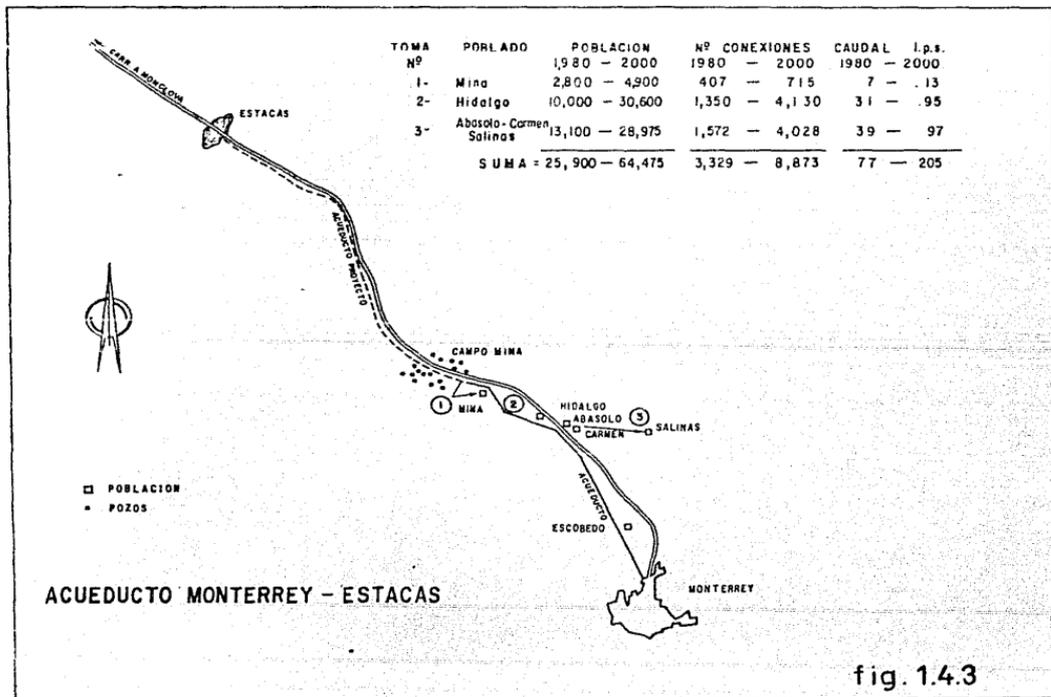
Municipios y	Años	Total de viviendas	% de incremento por década	1950 - 1960 - 1970		entubada común %	Viviendas sin agua entubada número %
				Viviendas con servicio de agua uso exclusivo número	uso exclusivo %		
Total Estado	1950	146 810		40 140		33 156	64 514
	1960	194 641		72 297		24 682	90 662
	1970	292 153		152 400		35 012	54 741
Sub total (10 municipios)	1950	103 152		36 893		27 608	34 310
	1960	153 778		74 955		22 104	56 724
	1970	239 611		136 772		71 480	31 389
Zona Metropolitana	1950	74 242		34 128		23 161	15 553
	1960	125 284		71 457		20 619	33 208
	1970	204 624		128 344		64 138	12 142
Garza García	1950	983		339		365	256
	1960	2 495		1 123		512	860
	1970	7 065		4 598		2 142	323
Gadalupe	1950	2 491		259		263	1 918
	1960	6 681		2 505		724	3 452
	1970	25 913		13 114		10 549	2 250
Monterrey	1950	67 159		32 941		21 491	11 790
	1960	106 817		63 279		17 173	26 365
	1970	147 447		95 393		44 064	7 990
San Nicolás de los Garza	1950	2 070		403		201	1 337
	1960	7 012		3 720		1 470	1 752
	1970	18 423		12 483		5 018	922

cont. tabla. 1.4.3

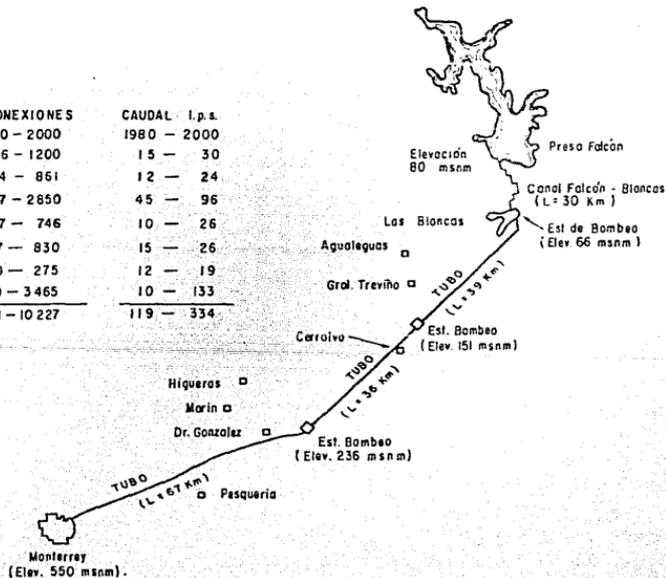
- 2 -

Santa Catarina	1950	1 539	186	841	252
	1960	2 279	760	740	779
	1970	5 778	2 756	2 365	657
Cadereyta Jiménez	1950	4 883	152	286	4 097
	1960	4 963	893	213	3 857
	1970	5 782	2 003	1 057	2 720
Doctor Arroyo	1950	6 229	138	932	4 150
	1960	5 703	24	26	5 658
	1970	6 704	645	794	5 265
Galena	1950	5 603	56	821	4 339
	1960	5 741	126	187	5 428
	1970	6 239	747	1 943	3 599
Linares	1950	6 713	1 651	1 662	2 885
	1960	6 494	1 461	551	4 482
	1970	9 207	2 846	2 258	4 103
Montemorelos	1950	5 482	763	746	3 286
	1960	5 593	994	508	4 091
	1970	7 035	2 185	1 290	3 560





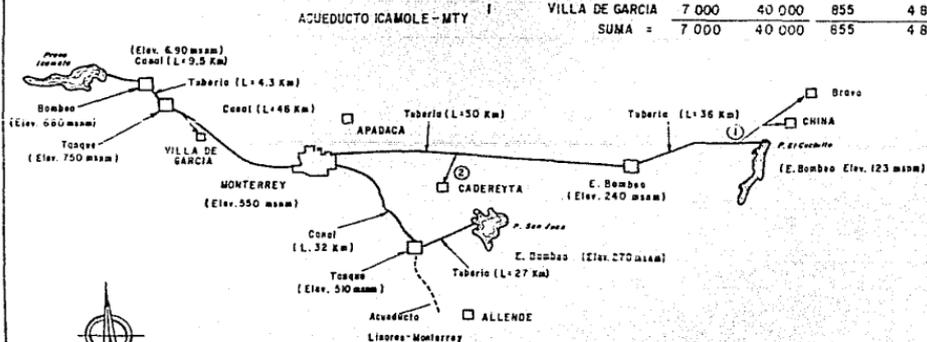
TOMA Nº	POBLADO	Nº CONEXIONES 1980 - 2000	CAUDAL l.p.s.	
			1980 - 2000	1980 - 2000
1.-	Agualeguas	706 - 1200	15 - 30	
2.-	Gral. Treviño	504 - 861	12 - 24	
3.-	Cerralvo	1337 - 2850	45 - 96	
4.-	Dr. Gonzalez	287 - 746	10 - 26	
	Marín	487 - 830	15 - 26	
5.-	Higueras	180 - 275	12 - 19	
	Pasquería	260 - 3465	10 - 133	
SUMA:		3 761 - 10 227	119 - 334	



ACUEDUCTO FALCON - LAS BLANCAS - MONTERREY

fig. 1.4.4

TOMA Nº	POBLADO	POBLACION		Nº DE CONEXIONES		CAUDAL		Ipa
		1980	2000	1980	2000	1980	2000	
ACUEDUCTO CUCHILLO-MTY	1	CHINA - BRAVO	16,500 - 35,640	2,029	4,930	50	119	
	2	CADEREYTA	33,000 - 89,000	2,097	7,320	103	360	
SUMA =			49,500 - 124,640	4,126	12,250	153	479	
ACUEDUCTO ICAMOLE-MTY	1	VILLA DE GARCIA	7,000	40,000	855	4,855	26	149
	SUMA =		7,000	40,000	855	4,855	26	149



ACUEDUCTO A MONTERREY DESDE LAS PRESAS SAN JUAN  
EL CUCHILLO E ICAMOLE

fig.1.4.5

# ACUEDUCTO MONTERREY - GOMAS

□ POBLACION

TOMA	POBLADO	POBLACION	Nº DE CONEXIONES	CAUDAL	l.p.s
Nº		1980 - 2000	1980 - 2000		
I.	BUSTAMANTE	6500 - 8600	826 - 1215	2.6	38
	VILLALDAMA	3900 - 5150	480 - 705	2.0	29
	SUMA =	10 400 - 13 750	1 306 - 1920	4.6	67

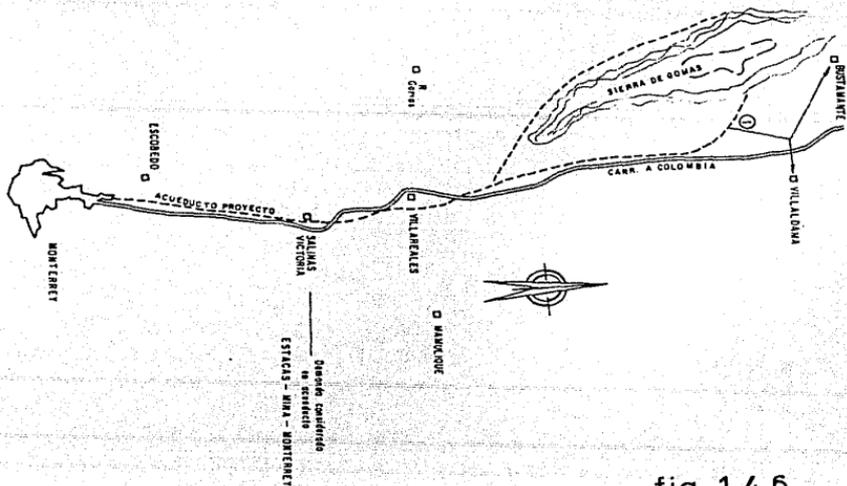


fig. 1.4.6

fig. 2.1.1

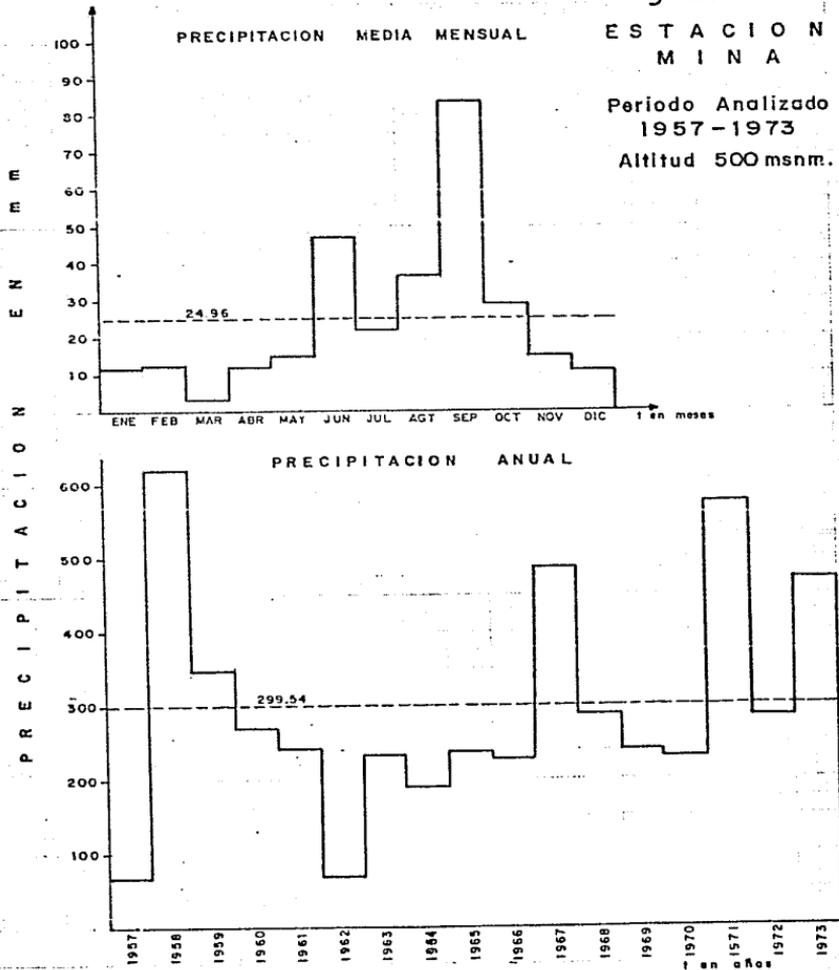


fig. 2.1.2

ESTACION  
I C A M O L E

Periodo Analizado  
1957—1972

Altitud: 500 msnm.

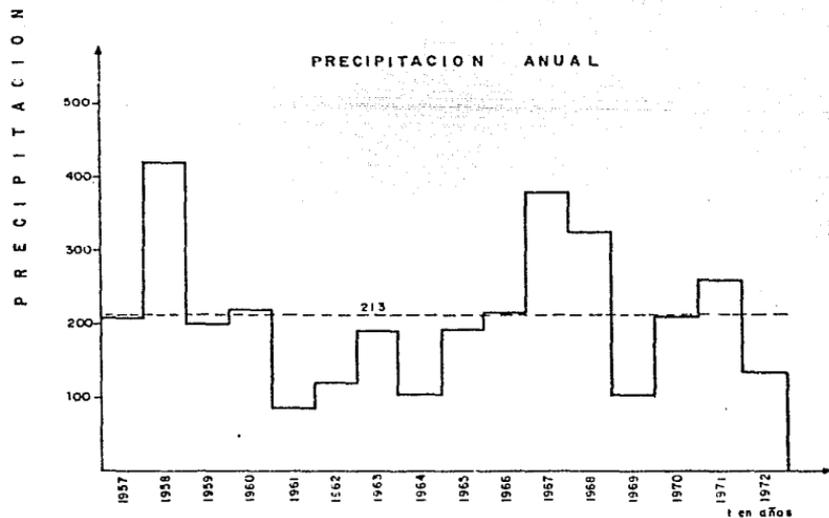
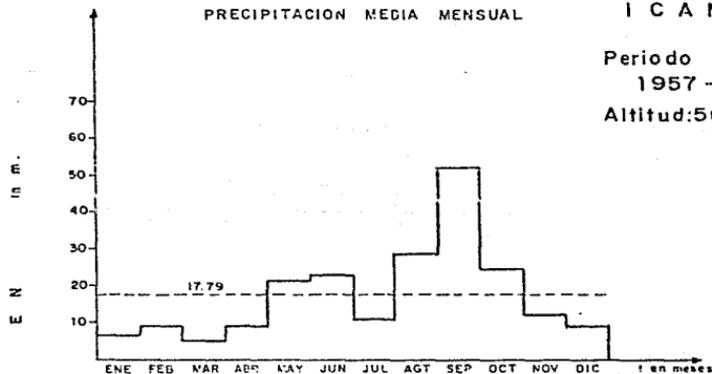


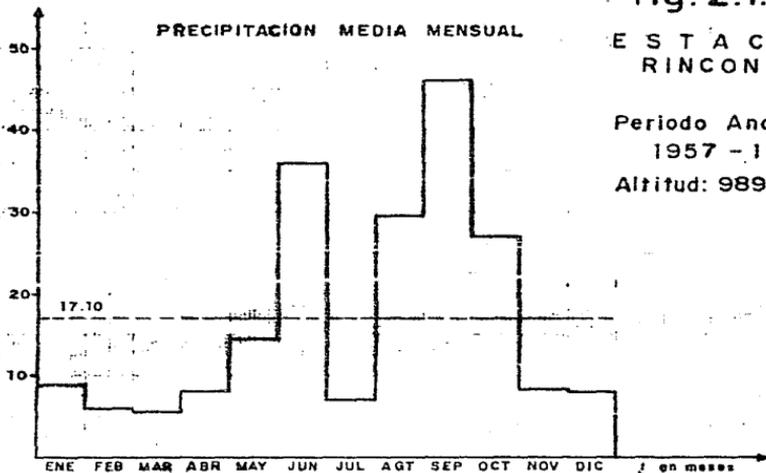
fig. 2.13

PRECIPITACION MEDIA MENSUAL

ESTACION  
RINCONADA

Periodo Analizado  
1957 - 1973

Altitud: 989 msnm



PRECIPITACION ANUAL

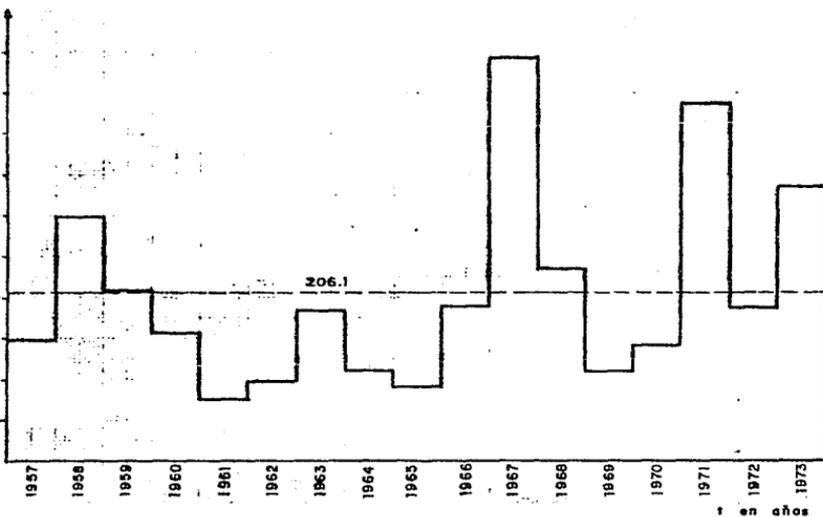
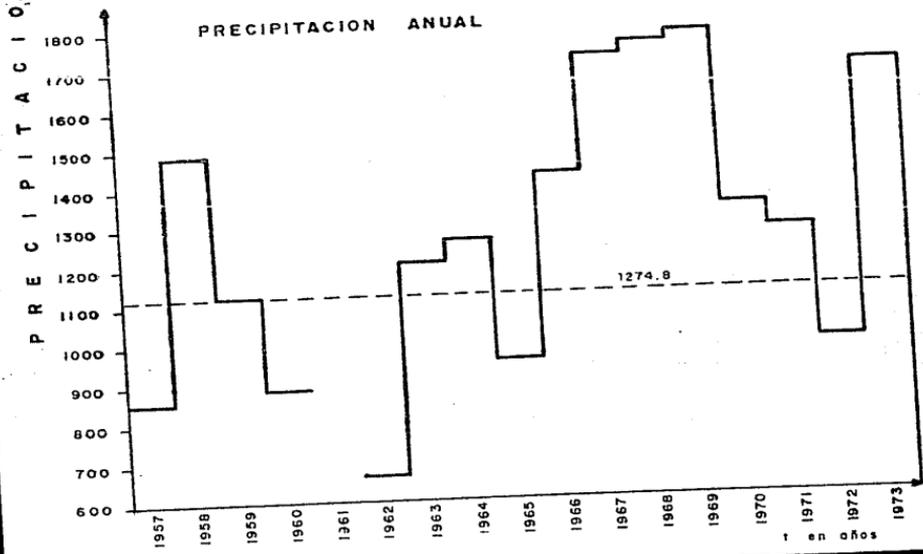
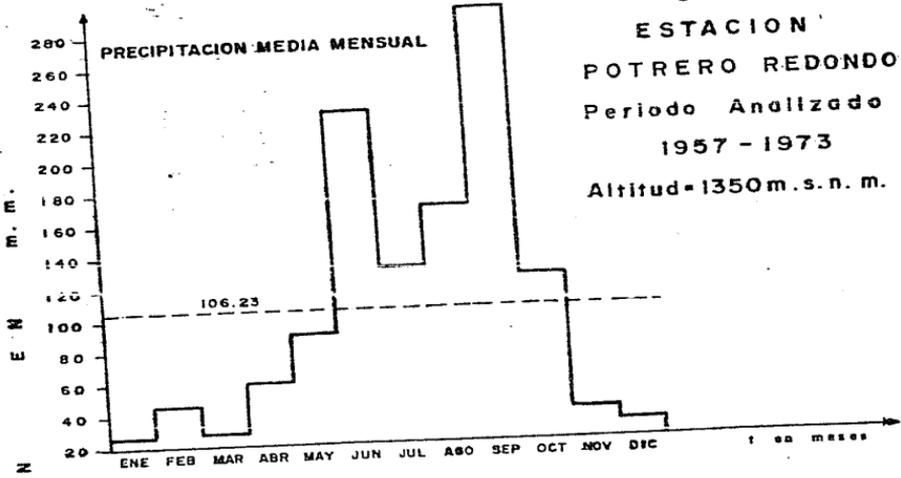


fig. 2.1.4

ESTACION  
 POTRERO REDONDO  
 Periodo Analizado  
 1957 - 1973  
 Altitud = 1350m. s. n. m.



PRECIPITACION MEDIA MENSUAL

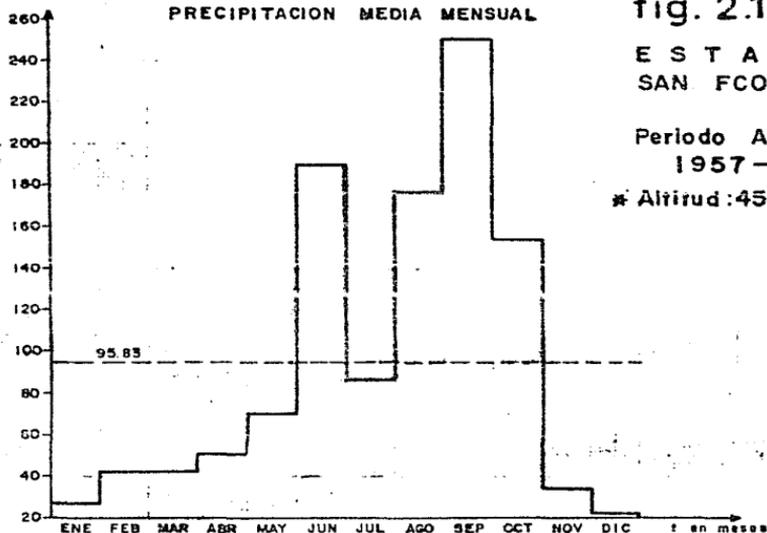
fig. 2.15

ESTACION  
SAN FCO. TUNEL

Periodo Analizado:  
1957-1973

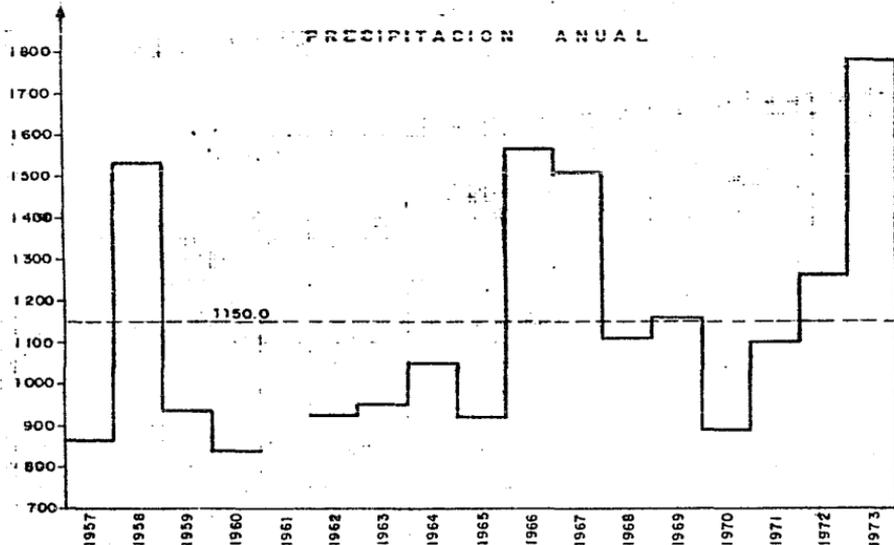
\* Altitud: 450 msnm.

PRECIPITACION EN mm.



PRECIPITACION ANUAL

PRECIPITACION ANUAL



1 en años

fig. 2.1.6

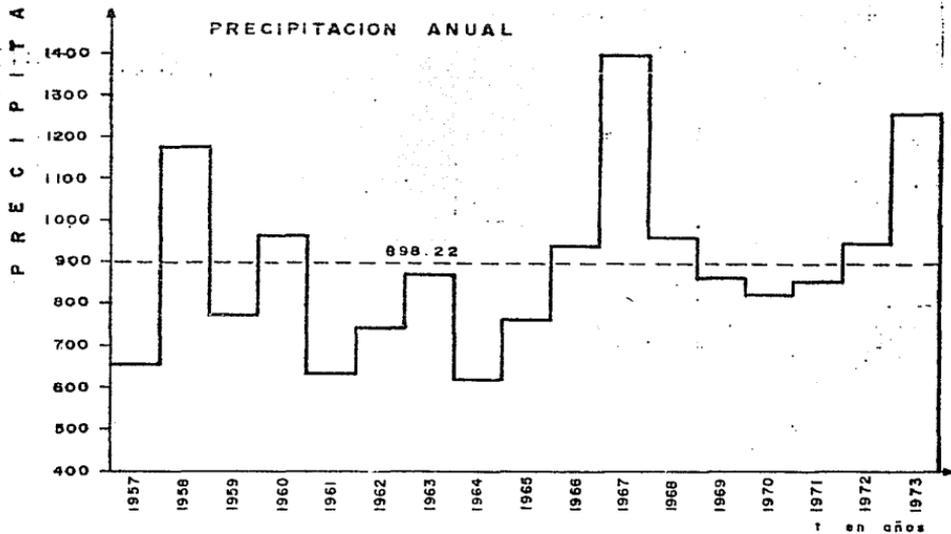
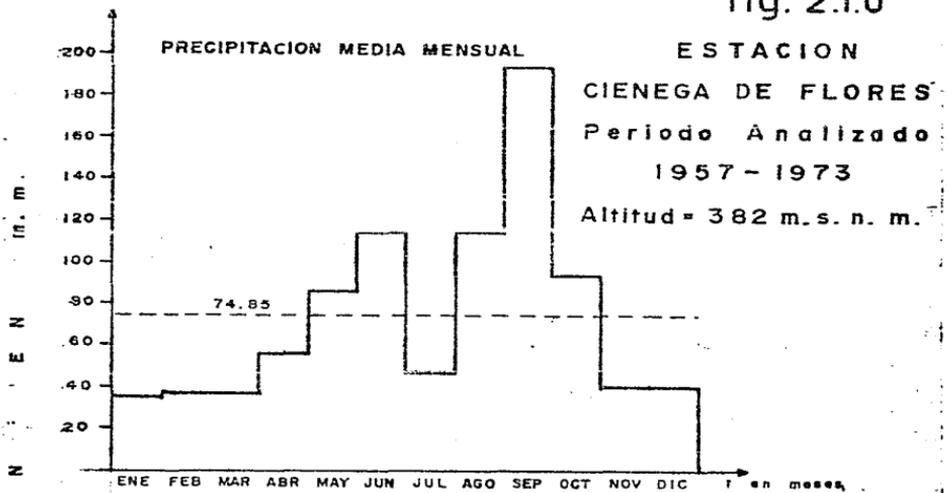




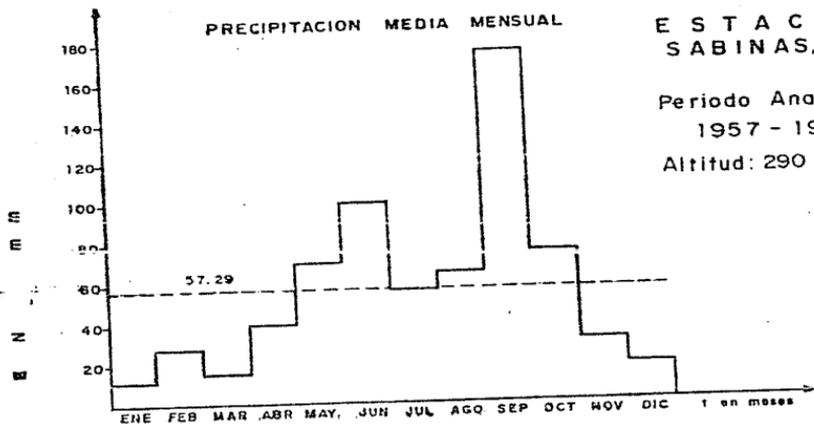
fig. 2.1.8

PRECIPITACION MEDIA MENSUAL

ESTACION  
SABINAS, HGO.

Periodo Analizado  
1957 - 1973

Altitud: 290 msnm



P R E C I P I T A C I O N

PRECIPITACION ANUAL

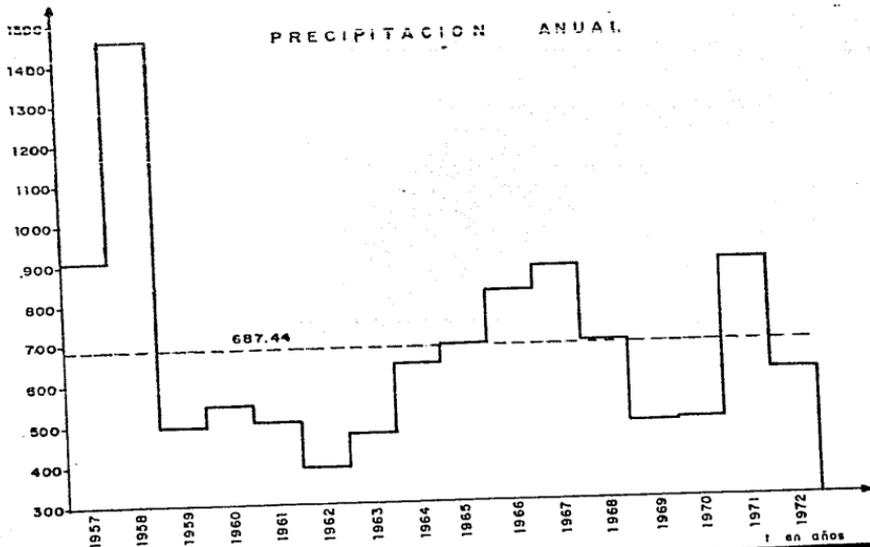


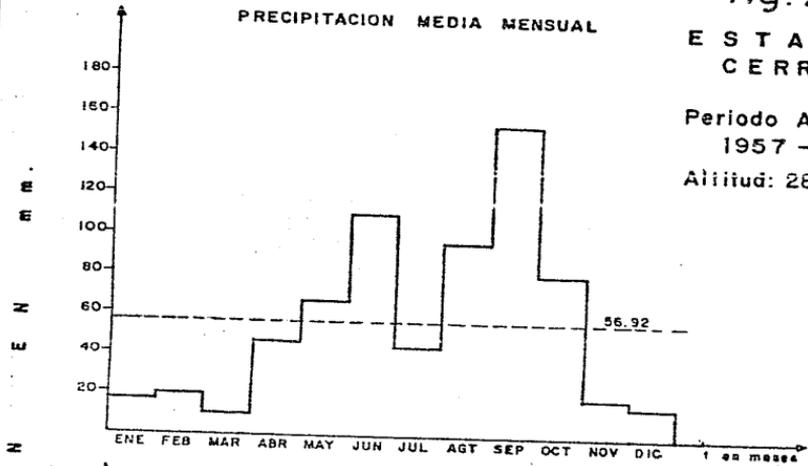
fig. 2.19

ESTACION  
CERRALVO

Periodo Analizado  
1957 - 1973

Altitud: 282 msnm.

PRECIPITACION MEDIA MENSUAL



PRECIPITACION ANUAL

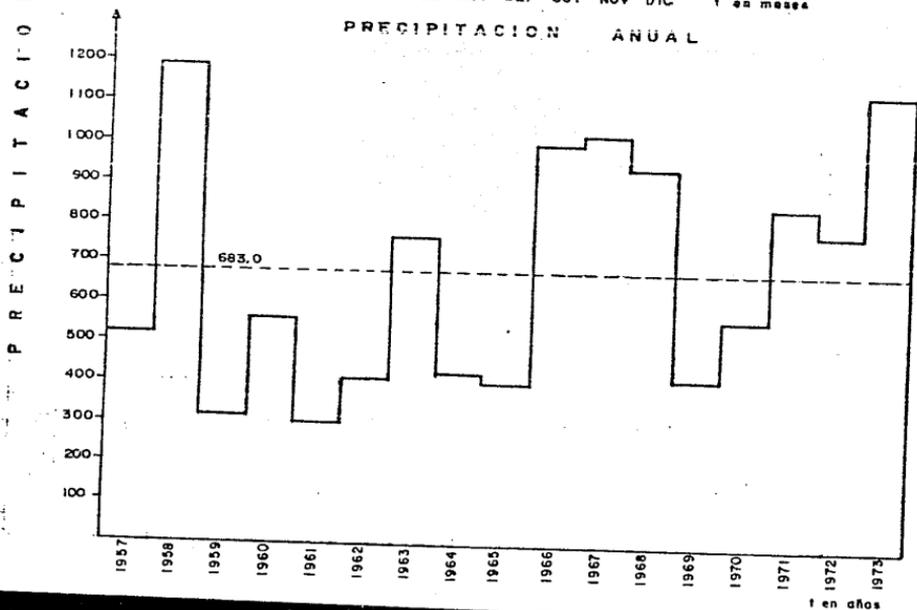


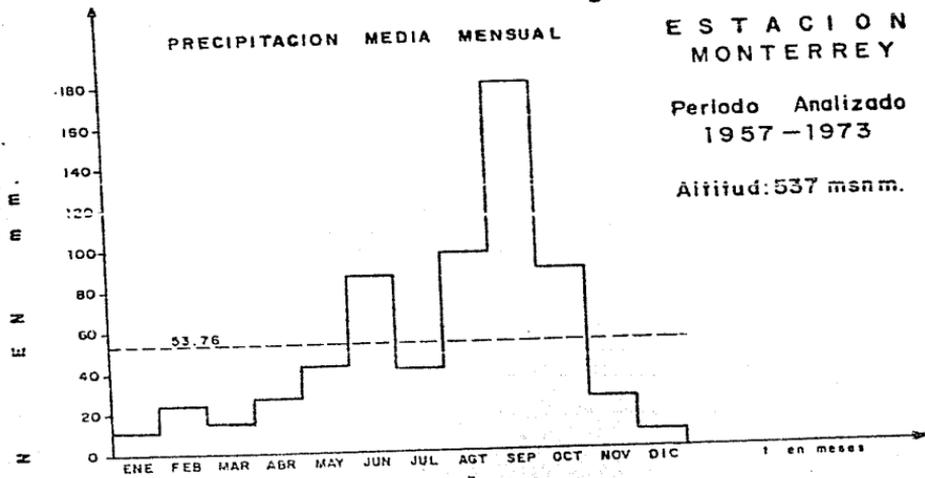
fig. 2.1.10

PRECIPITACION MEDIA MENSUAL

ESTACION  
MONTERREY

Periodo Analizado  
1957-1973

Altitud: 537 msnm.



PRECIPITACION ANUAL

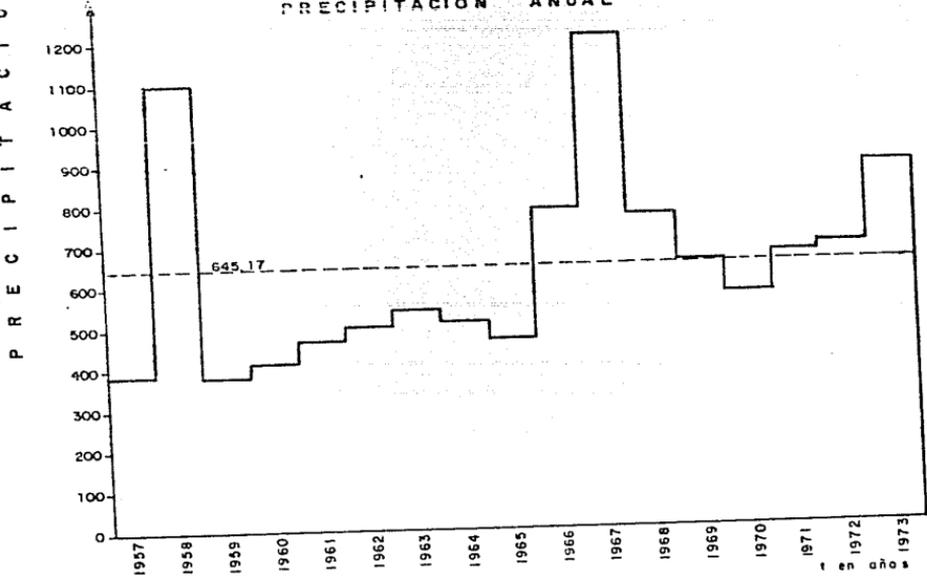


fig. 2.1.11

ESTACION  
BUSTAMANTE

Periodo Analizado  
1957 - 1973

\* Altitud: 420 msnm.

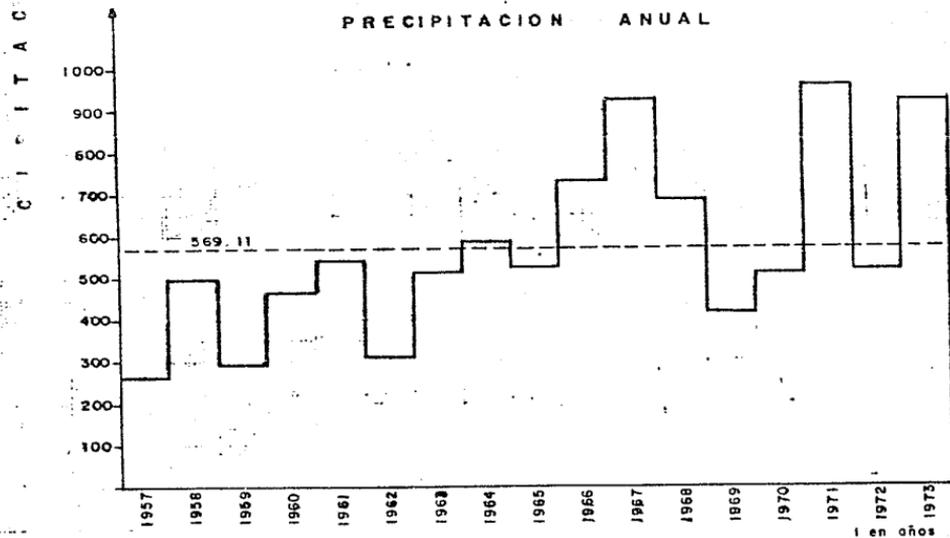
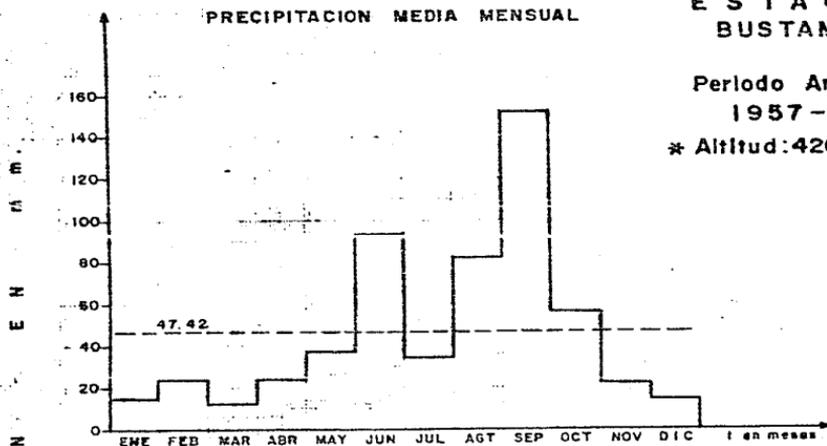
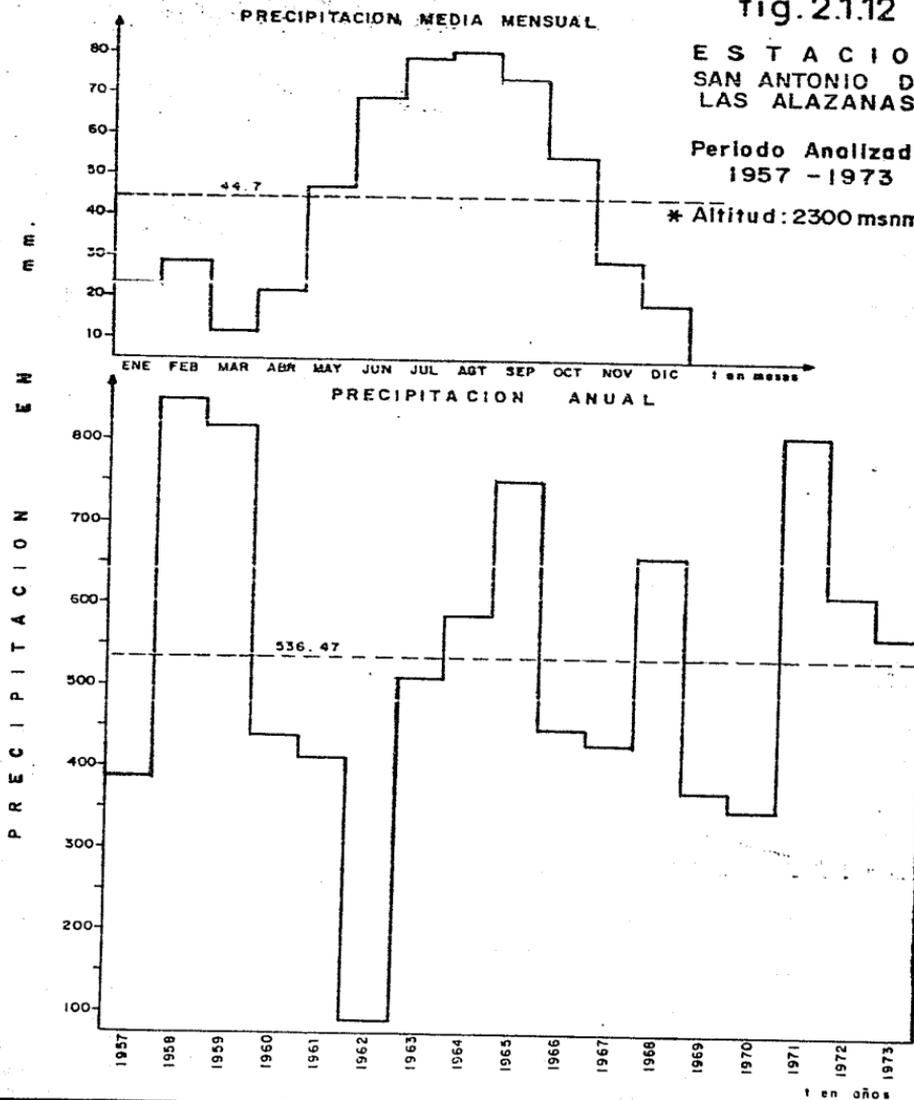


fig.2.1.12

ESTACION  
SAN ANTONIO DE  
LAS ALAZANAS

Periodo Analizado  
1957 - 1973

\* Altitud: 2300 msnm.



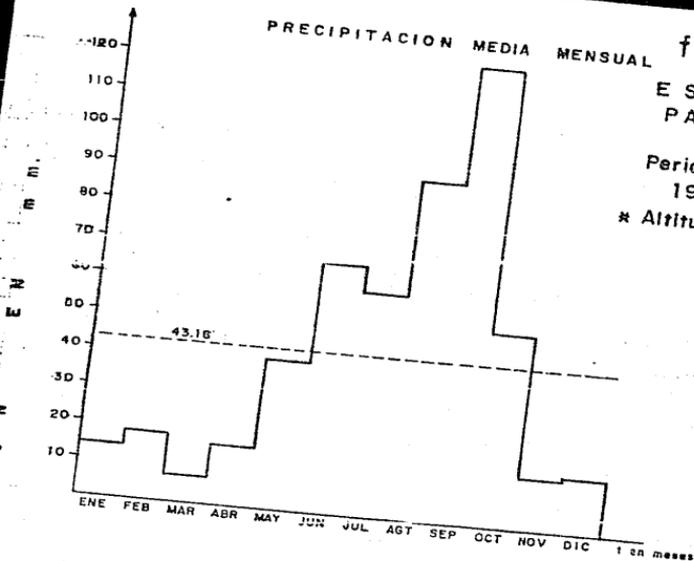
PRECIPITACION MEDIA MENSUAL

fig. 2.1.13

ESTACION PAJONAL

Periodo Analizado  
1957 - 1973

\* Altitud: 1450 msnm.



PRECIPITACION ANUAL

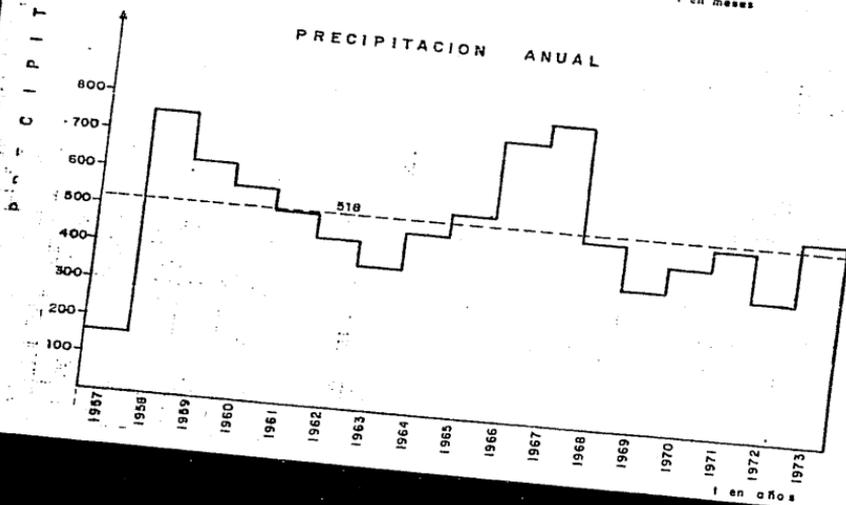


fig. 2.1.14

ESTACION  
TOPO CHICO

Periodo Analizado  
1957-1973

Altitud: 537 msnm.

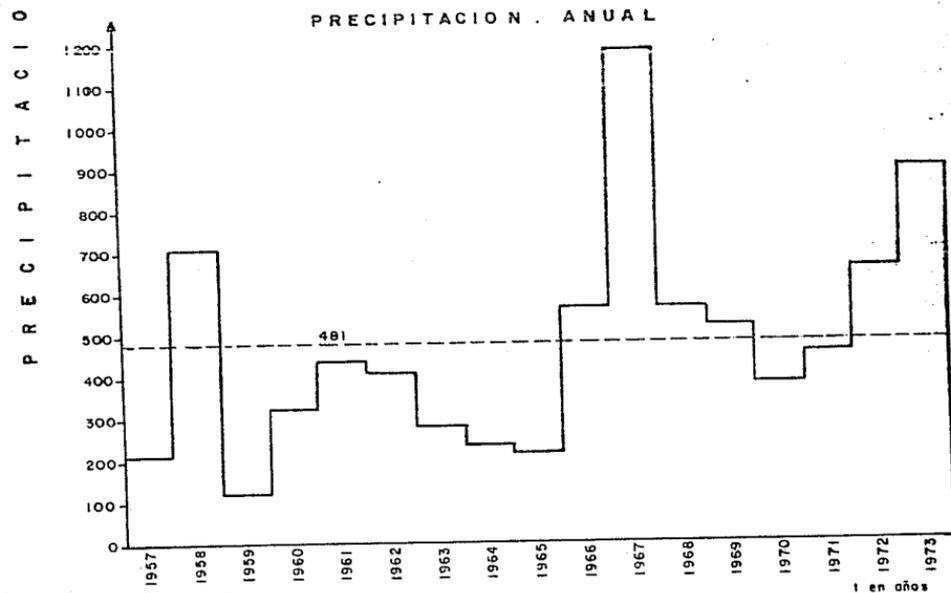
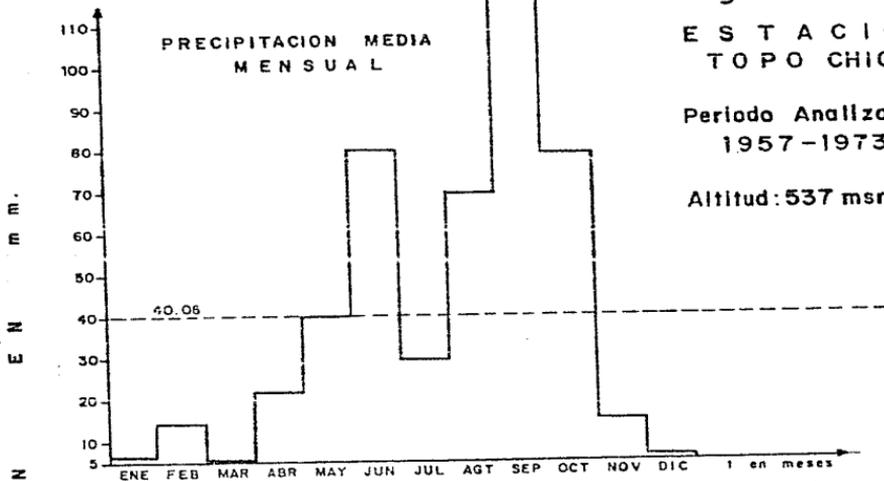


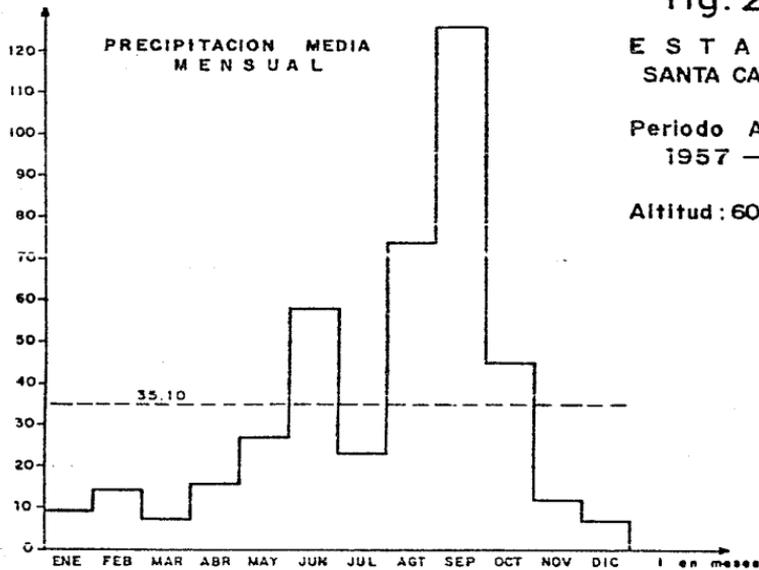
fig. 2.1.15

ESTACION  
SANTA CATARINA

Periodo Anallizado  
1957 -1973

Altitud: 600 msnm.

P R E C I P I T A C I O N E N M M .



PRECIPITACION ANUAL

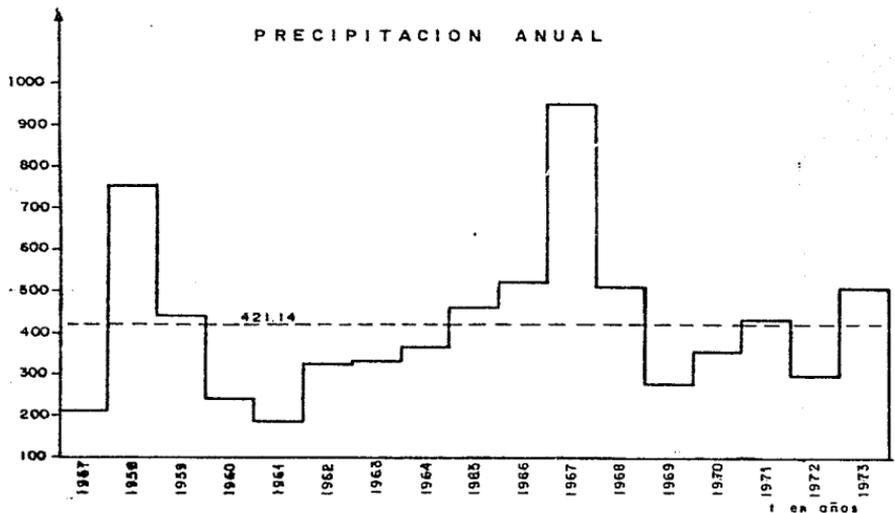


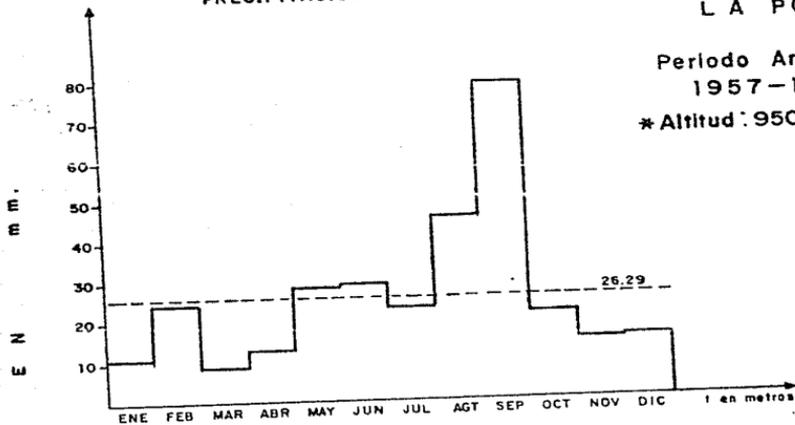
fig. 2.116

E S T A C I O N  
L A P O P A

Periodo Analizado  
1957-1973

\* Altitud: 950 msnm.

PRECIPITACION MEDIA MENSUAL



PRECIPITACION ANUAL

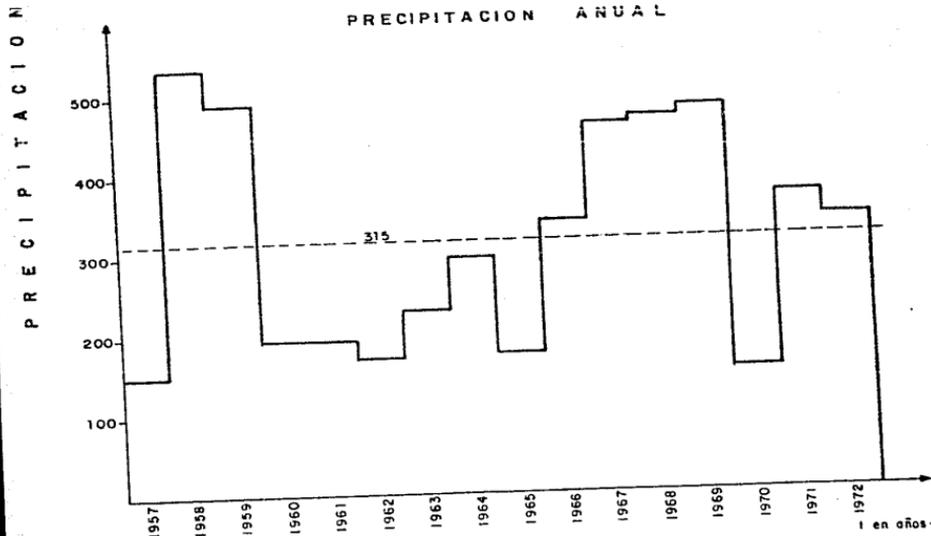


fig. 2.117

E S T A C I O N  
V I L L A D E A L L E N D E

Periodo Analizado  
1957 - 1973

Altitud 474 msnm.

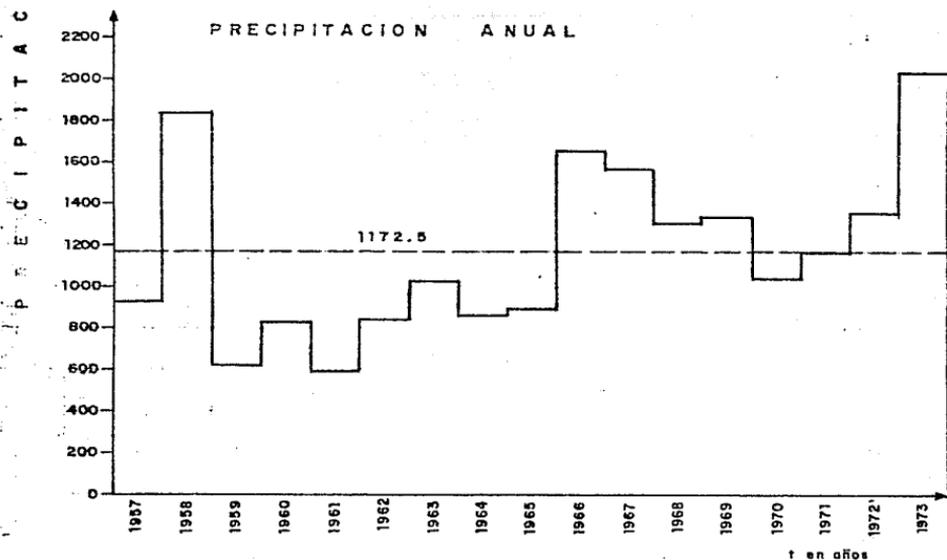
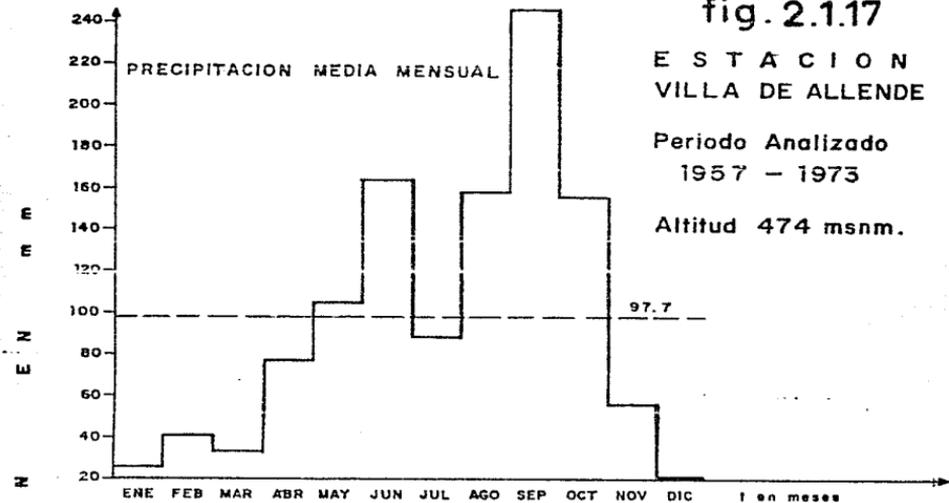


fig. 2.119

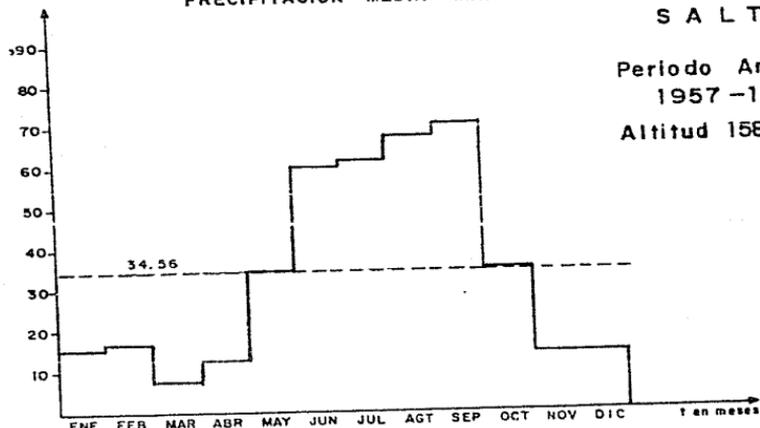
PRECIPITACION MEDIA MENSUAL

ESTACION  
SALTILLO

Periodo Analizado  
1957-1973

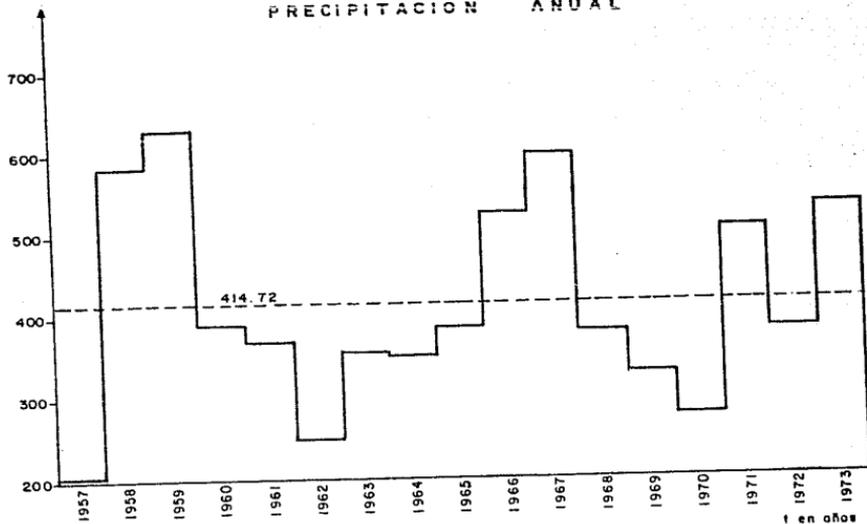
Altitud 1589 msnm.

PRECIPITACION EN M.M.



PRECIPITACION ANUAL

PRECIPITACION



# CARACTERISTICAS CLIMATOLOGICAS E HIDROMETRICAS POR ZONAS

Formación Climatológica - Tipo de clima		Temperatura Media		Precipitación Media		Viento		Humedad Relativa Media		Humedad Relativa Máxima		Humedad Relativa Mínima	
		Temperatura Máxima	Temperatura Mínima	Precipitación Máxima	Precipitación Mínima	Viento Máximo	Viento Mínimo	Humedad Relativa Máxima	Humedad Relativa Mínima	Humedad Relativa Máxima	Humedad Relativa Mínima	Humedad Relativa Máxima	Humedad Relativa Mínima
<b>SUB CUENCA DEL RIO SPY (COSTA RICA)</b>													
1-2	Agua de San José	22.5	12.5	1500	50	15	5	80	90	80	70	80	70
3-4	La Cruz	22.5	12.5	1500	50	15	5	80	90	80	70	80	70
5	Quezaltenango (Canoas)	22.5	12.5	1500	50	15	5	80	90	80	70	80	70
6-7	Los Corrales	22.5	12.5	1500	50	15	5	80	90	80	70	80	70
8	San Carlos	22.5	12.5	1500	50	15	5	80	90	80	70	80	70
9	Tapachula	22.5	12.5	1500	50	15	5	80	90	80	70	80	70
10	San José	22.5	12.5	1500	50	15	5	80	90	80	70	80	70
11	Villa Nueva	22.5	12.5	1500	50	15	5	80	90	80	70	80	70
12	Castellón de Guzmán	22.5	12.5	1500	50	15	5	80	90	80	70	80	70
<b>SUB CUENCA DEL RIO SALADO (COSTA RICA)</b>													
13	La Cruz	22.5	12.5	1500	50	15	5	80	90	80	70	80	70
14	La Cruz	22.5	12.5	1500	50	15	5	80	90	80	70	80	70
15	Alfaro	22.5	12.5	1500	50	15	5	80	90	80	70	80	70
16	Corrales de Fierro	22.5	12.5	1500	50	15	5	80	90	80	70	80	70
17	Barro Colorado	22.5	12.5	1500	50	15	5	80	90	80	70	80	70
18	Salinas Viejas	22.5	12.5	1500	50	15	5	80	90	80	70	80	70
<b>SUB CUENCA DEL RIO PESCOQUERO (COSTA RICA)</b>													
19	Salinas Viejas	22.5	12.5	1500	50	15	5	80	90	80	70	80	70
20	Rincón de Piedra	22.5	12.5	1500	50	15	5	80	90	80	70	80	70
<b>SUB CUENCA DEL RIO PESCOQUERO (COSTA RICA)</b>													
21	La Aldea	22.5	12.5	1500	50	15	5	80	90	80	70	80	70
22	Playones	22.5	12.5	1500	50	15	5	80	90	80	70	80	70
23	Las Ramblas	22.5	12.5	1500	50	15	5	80	90	80	70	80	70
<b>SUB CUENCA DEL RIO SAN JUAN Y RAMOS (COSTA RICA)</b>													
24	Dijana	22.5	12.5	1500	50	15	5	80	90	80	70	80	70
25	Alajuela	22.5	12.5	1500	50	15	5	80	90	80	70	80	70
26	San José	22.5	12.5	1500	50	15	5	80	90	80	70	80	70
27	Turkey San Francisco	22.5	12.5	1500	50	15	5	80	90	80	70	80	70
<b>SUB CUENCA DEL RIO SAN JUAN Y RAMOS (COSTA RICA)</b>													
28	Canoas del Tero	22.5	12.5	1500	50	15	5	80	90	80	70	80	70
29	Corrales	22.5	12.5	1500	50	15	5	80	90	80	70	80	70
30	Rojales	22.5	12.5	1500	50	15	5	80	90	80	70	80	70
31	San Francisco	22.5	12.5	1500	50	15	5	80	90	80	70	80	70
32	Canoa Guzmán Canal Tero	22.5	12.5	1500	50	15	5	80	90	80	70	80	70
33	Las Esmeraldas	22.5	12.5	1500	50	15	5	80	90	80	70	80	70
34	San Juan de los Rios	22.5	12.5	1500	50	15	5	80	90	80	70	80	70
35	Corrales	22.5	12.5	1500	50	15	5	80	90	80	70	80	70
36	El Nido	22.5	12.5	1500	50	15	5	80	90	80	70	80	70
<b>SUB CUENCA DEL RIO SAN JUAN (COSTA RICA)</b>													
37	General Brice	22.5	12.5	1500	50	15	5	80	90	80	70	80	70
38	El Condado	22.5	12.5	1500	50	15	5	80	90	80	70	80	70
39	San Juan	22.5	12.5	1500	50	15	5	80	90	80	70	80	70
40	Corrales	22.5	12.5	1500	50	15	5	80	90	80	70	80	70
41	San Juan de los Rios	22.5	12.5	1500	50	15	5	80	90	80	70	80	70

SUB TOTAL

TOTALES

1953: 2140 10422 51043 1024 10100 10000

1952: 2140 10422 51043 1024 10100 10000









tabla. 5.1.3

CENSO DE POZOS

1

POZO	Nº	Profundidad Total m.	Elevación de Boca m. s. n. m.	Gasto Lps.	Qe L <sup>3</sup> /m.	Julio - Agosto 1987		
						P.N.E. m.	E.N.E. m.	P.N.D m.
Metropolitano	M-1	65	Abandonado					
Metropolitano	M-1 Bis	80	585	1.0	0.5	18.0	567.0	54.0
Metropolitano	M-2	80		17.0	0.97	2.95		20.4
Metropolitano	M-3	80	598					
Metropolitano	M-4	80	590	3.5	0.079	3.0	587.0	47.0
Metropolitano	M-5	80	566	16.0	2.96	11.0	535.0	17.5
Metropolitano	M-6	80	560	10.1	0.27	8.0	552.0	45.0
Metropolitano	M-7	80	580	11.0	0.31	9.0	571.0	44.1
Metropolitano	M-8	80		7.92	0.26	10.5		39.95
Metropolitano	M-9	80	Negativo					
Metropolitano	M-10	80	554.5	15.19	2.37	5.8	548.7	17.1
Metropolitano	M-11	80		16.44	0.91	5.5		23.5
Metropolitano	M-12	80	599	73.0	3.14	11.5	587.5	34.7
Metropolitano	M-13	80	558	Negativo				
Metropolitano	M-14	50	562	Negativo				
Metropolitano	M-15	80	582.5	5.0	0.08	10.8	571.7	68.6
Metropolitano	M-16	80	571	18.3	2.6	8.2	562.8	15.2
Metropolitano	M-17	35	552	Negativo				
Metropolitano	M-18	80	515	Negativo				
Metropolitano	M-19	80	527	Negativo				
Metropolitano	M-19 bis	80	527	Negativo				
Metropolitano	M-20	50	582	32.6	3.3	13.1	568.9	23.0
Metropolitano	M-21	80	596	20.0	1.42	9.0	587.0	23.0
Metropolitano	M-22	74	597	9.0	0.32	19.0	588.0	47.0
Metropolitano	M-23	90	575	7.9		21.1	553.9	57.0
Metropolitano	M-24	80		7.75	0.19	18.0		58.0
Metropolitano	M-25	35		Negativo				
Metropolitano	M-26	80	590	2.0	0.042	4.0	586.0	50.8
San Nicolaz	SN-1	80		20.0	7.40	16.0		18.7
San Nicolaz	SN-2	80	535	Negativo				
San Nicolaz	SN-3	80	537.5	10.0	0.36	16.0	521.5	29.0
San Nicolaz	SN-4	80	519	20.0	2.85	8.0	571.0	15.0
San Nicolaz	SN-5	80	490	18.0	1.89	10.0	480.0	19.5
San Nicolaz	SN-6	80	510	3.3	0.28	17.0	493.0	29.0
San Nicolaz	SN-7	80	518	1.8	0.07	16.0	502.0	39.0
San Nicolaz	SN-8	80	484	8.46	0.074	11.5	472.5	22.9
San Nicolaz	SN-9	80	489	5.52	0.11	8.35	480.6	58.19
Col. Sada	N-27	100	497			17.0	480.0	37.0
Frac. Buenos A.	N-32	55		24.9	0.98	11.0		35.0
Galera Nº2	N-30	7		2.5	0.11	15.6		37.0
Lopez Mateos	N-37	103	680	1.4	0.13	48.6	631.4	87.5
Niño Artillero	N-38	40	555	0.8	0.02	13.0	542.0	50.0

ZONA METROPOLITANA

2

Pozo	No	Población Total m.	Elevación de Bocaal m. s. n. m.	Q Gasto l.p.s.	Qc lps/m.	Julio - Agosto		1947	
						P.N.E. m.	E.N.E. m.		P.N.D. m.
San Bernabe	Nº2	14	585	144	0.08	13.0	572.0	67.5	
Sorrana Leonon	N-41	54		14.3	0.50	12.0		18.0	
Col. Victoria	N-43	62	465	6.0	0.01	16.0	451.0	30.0	
Col. Talavera	N-45	70	460	27.9	1.03	11.0	449.0	38.0	
Granja San. Toribio	N-51	77		12.2	0.34	12.0		20.0	
Col. Olimpico	N-52	20	540	5.22	0.10	18.0	530.0	67.0	
Col. Limonvista	N-53	59	490	12.2	0.53	13.0	477.0	36.0	
Camellon M-I	N-54	5	554	12.5	0.28	13.4	540.6	59.7	
Año de Juarez	N-55	69	488	33.0		16.0	472.0	22.0	
Col. Industrial	N-56	80	565	6.5	0.16	16.0	549.0	54.4	
Col. La Victoria	N-58	67		1.5	0.04	14.5		50.2	
Const. y v.c.	N-60	125	592	5.5	0.12	13.5	578.5	57.6	
San Miguel	N-61	30	465			16.0	449.0	22.0	
Col. Esmeraldas	N-62	51.0	502	10.0	0.21	11.0	491.0	16.0	
Esc. Monterrey	N-63	37.0	563	6.0	0.12	13.0	550.0	70.0	
Col. Valle Pariente	N-66	20		10.1	0.28	23.0		58.9	
Escuela Calles	N-67	200.0		4.0	0.16	19.0		44.4	
Mitras Centro	N-68	200.0	600	4.2	0.12	17.0	483.0	39.0	
Zapata y Lopez	N-69	90.0	550	8.4	0.40	11.0	449.0	51.9	
Rond. Los Sokes	N-70	100.0	610	0.99	0.10	15.3	594.7	69.0	
Trifonavit. F.U.	N-71	50.0	486	5.9	0.11	22.0	464.0	25.0	
Sta. Isabela	N-1	80.0		7.9	0.21	21.8		57.39	
Florida	Nº1	N-2	80.0	555	4.8	0.125	10.0	545.0	70.0
Vista Hermosa	N-3	74.0	620	9.0	0.3	26.0	594.0	34.0	
Alameda Mat. N-1	N-4	94.0	568	5.2	0.13	36.0	532.0	50.0	
P. Augusto Lara	N-5		592	13.3	1.09	18.0	574.0	25.0	
Negalar	Nº1	N-6	100.0	500	15.2	0.37	8.0	492.0	48.9
Sto Domingo 1	N-7	100.0	474	20.0	1.15	11.0	463.0	28.0	
Fax. Bernardo Reyes	N-8	100.0	565	4.4	0.29	10.2	564.8	25.4	
1. Zapata	N-9	80.0	580	16.9	0.52	12.0	568.0	41.0	
Col. de Antioquia	Nº1	100.0	564	5.24	0.13	15.2	548.8	55.8	
Emp. La Madrasa	N-11	100.0	584	1.7	0.025	28.8	535.2	52.6	
Indio Español	N-12	100.0	534	15.2	0.43	16.0	518.0	51.0	
5 de Mayo	N-13	100.0	552	2.5	0.059	15.0	537.0	25.0	
Univeritario	N-14	100.0	591	8.4	0.22	22.5	568.5	59.9	
13 Rodriguez	N-15	100.0		3.9	0.065	11.8		21.0	
1. Conductores	N-16	100.0	461	12.5	0.25	8.55	452.4	58.0	
1. Mitras	N-17	100.0		5.7	0.15	14.0		37.0	
1. Hacienda Mitras	N-19	100.0	625	4.9	0.115	16.3	608.7	25.0	
Col. del Norte	N-21	100.0	538	2.6	0.06	19.2	538.8	60.7	
Chapultepec. N-1	N-22	100.0	510	8.5	0.19	12.0	498.0	56.1	
Col. San Bernabe	N-26	100.0	585	1.5	0.031	24.8	560.2	73.0	

## Zona METROPOLITANA

Poza	No	Población Total m	Elevación de Broual 725 m. m.	Q Gasto l.p.s	Qe l.p.s/m	Enero-Julio 87		
						P.N.E. m.	E.N.E. m.	P.N.D. m.
Presid. San Agustín	N-31	80.0	670.0	6.0	0.12	2.4	667.6	50.0
Col. La Bariles	N-32	69.0	512.5	Negativo				
Calvino Ab1	N-35	37.0	595	0.2	0.03	13.8	581.2	20.3
Las Costeras	N-23	20.0	590	2.9		8.6	581.4	38.4
El Noble	ii-25	80.0	222	12.0	0.30	12.0	510.0	18.0
Col. Leon XIII	N-39	80.0		10.4	0.24	11.0		23.0
San Martín No1	N-42	100.0	581	20.3	0.47	10.0	571.0	65.0
Col. La Moderna	N-44	85.0	500	5.0	0.16	6.0	494.0	37.0
Col. Treviño	N-64	80.0		Negativo				
Dr. Cos	N-18	100.0	560	4.0	0.1	10.6	549.4	48.6
Viviendas Popular	N-20	79.0	470	9.1	0.35	12.0	438.0	50.0
Los Puenteo	N-24	100.0	483			10.0	473.0	25.0
Conasupo	N-28	100.0	468	4.2	0.06	19.0	449.0	83.2
Poianco	N-29	100.0	489	4.9	0.09	13.0	446.0	57.7
Col. Suarez	N-30	100.0	570	4.75	0.13	20.0	530.0	55.8
San Angel	N-34	100.0	466	9.1	0.18	1.7	444.3	15.0
Col. Toltécos	N-46	100.0	495	6.9	0.13	11.0	484.0	60.0
Col. Insurgentes	N-47	55.0	475	25.0	0.23	9.8	425.2	50.4
Col. La Plaga	N-48	100.0	460	23.2	0.54	7.7	432.3	48.8
Col. Rivera del Rio	N-49	100.0	464	5.77	0.14	12.0	452.0	17.0
Col. Paraíso	N-50	100.0	500	6.35	0.10	8.0	592.0	67.7
Carlos Salazar	N-57	80.0	563	6.4	0.17	12.95	530.0	23.0
Jos Rodriguez	N-58	50.0	459	16.0	0.31	12.0	449.0	35.0
						Febrero-Diciembre, 1983-1984		
Metropolitano	MT-1	25.5		25.0		24.0		25.0
Metropolitano	MT-2	7.5	590	20.0		3.0	587.0	45.0
Metropolitano	MT-3	229.0	590	20.0		27.0	568.0	43.0
Metropolitano	MT-4	60.0	590	25.0		27.0	563.0	35.0
Metropolitano	MT-5	50.0	540	20.0		16.0	524.0	30.0
Metropolitano	MT-6	50.0	590	18.0		11.0	579.0	35.0
Metropolitano	MT-7	60.0	595	15.0		13.33	581.6	21.2
Metropolitano	MT-8	50.0	660	20.0		10.6	649.4	25.2
Metropolitano	MT-9	60.0	56	15.0		14.0	502.0	35.0
Metropolitano	MT-10	60.0	516	17.0		15.0	501.0	38.0
Metropolitano	MT-11	52.0	595	20.0		32.0	563.0	44.0
Metropolitano	MT-12	61.5	595	30.0		8.75	586.2	46.0
Metropolitano	MT-13	33.0	594	25.0		9.5	584.5	38.0
Metropolitano	MT-14	50.0	510	20.0		13.0	497.0	18.0
Metropolitano	MT-15	61.0		25.0		35.0		40.0
Metropolitano	MT-16	60.0	598	15.0		33.0	565.0	39.0
Metropolitano	MT-17	51.0	590	20.0		33.0	557.0	39.0

Zona METROPOLITANA

Pozo	Nº	Profundidad Total m.	Elevacion de Boca \$ 72.5. N. M.	Q Gasto l.p.s.	Qc l.p.s/m.	Feb-Dic: 1953-1954		
						P.U.E. m.	E.N.E. m.	P.U.D. m.
Metropolitano	MT-18	61.0	590.0	25.0	39.0	551.0	40.0	
Metropolitano	MT-19	60.96	590.0	15.75	45.0	544.3	51.82	
Metropolitano	MT-20	60.65		15.0	26.82		No bajó	
Metropolitano	MT-21	55.0		25.5	25.0		50.0	
Metropolitano	MT-22	26.0		15.0	10.0		15.0	
Metropolitano	MT-23	70.0	540.0	20.0	40.0	500.0	No bajó	
Metropolitano	MT-24	50.0		15.0	10.0		15.0	
Metropolitano	MT-25		Cancelado					
Metropolitano	MT-26	78.0	540.0	15.0	36.0	504.0	No bajó	
Metropolitano	MT-27	50.0		20.0	18.0		No bajó	
Metropolitano	MT-28	12.0	524.0	20.0				
Metropolitano	MT-29	50.0		15.0	5.0		No bajó	
Metropolitano	MT-30	136.0		15.0	33.0		100.0	
Metropolitano	MT-31	65.0		16.6	43.0		44.0	
Metropolitano	MT-32	16.0	547.5	31.5	14.0	533.5	14.0	
Metropolitano	MT-33	12.0	547.0	25.3	10.0	537.0	10.0	
Metropolitano	MT-34	50.0	510.0	45.0	27.0	483.0	31.0	
Metropolitano	MT-35	50.0	555.0	40.0	50.0	505.0	No bajó	
Metropolitano	MT-36	200.0	590.0	27.0	8.0	582.0	No bajó	
Metropolitano	MT-37	4.0	590.0	Variable				
Metropolitano	MT-38	11.5		80.0				
Metropolitano	MT-39	38.0		55.0	20.95		21.50	
Metropolitano	MT-40	38.0	585.0	55.0	20.95	564.0	21.50	
Metropolitano	MT-41	38.0		55.0	20.95		21.50	
Metropolitano	MT-42	61.0		62.0	35.7		39.3	
Metropolitano	MT-43	195.0	400.0	300.0			Variable	

CAMPO DE POZOS MINA

Agosto de 1984

Mina	1	1030	604.08	167.0	96.0		
Mina	2		602.75				
Mina	3		627.20				
Mina	4	760	627.05		126.0		
Mina	5	986	611.08	147.0	125.0		
Mina	6		605.93	155.0	108.4		
Mina	7	260	616.35	150.0	113.8		
Mina	8	1077	621.55	57.0	119.2		
Mina	9	1029	605.90	170.0	118.0		
Mina	10	775	620.52	125.0	121.0		
Mina	11				138.7		
Mina	12	324		250.0			

CAMPO MINA		Profundidad Total m	Elevación de Brouaf 70.5. n. m	Q Gasto l.p.s.	Qc l.p.s/m.	Agosto 1984		
Pozo	Nº					P.U.E. m.	E.N.E. m.	P.A.D. m.
Mina	13			45.0				
Mina	14	624.0		595		121.5		
Mina	15	260.0		245.0		129.3		
Mina	16			90.0		125.3		
Mina	17	883.0		61.68			119.2	
Mina	18	508.0		112.0			120.0	
Mina	19	1435.0		70.0				
Mina	20	752.0				100.13		
Mina	21	1075.0						
Mina	22					128.15		
Mina	23	921.0				119.2		
Mina	24	337.0				141.50		
Mina	25	1100.0				110.50		
Mina	26	1545.0		45.0		125.41		
Mina	27	1196.0						
Mina	28			20.0		124.6		
Mina	29	1513.0						
CAMPO EXTENSION MINA								
Extencion Mina	11	1535.0	617.54	15.4	0.54			
Extencion Mina	12	324.0	644.21	190.0	34.2			
Extencion Mina	13	1400.0	612.24	59.4	1.1			
Extencion Mina	14	694.2	631.83	123.0	56.0			
Extencion Mina	15	260.2	627.07	136.0	40.0			
CAMPO BUENOS AIRES							enero 1984	
Buenos Aires	1	1800.0	765.73	173.0	20.0	24.94	100.22	
Buenos Aires	2	1475.0	765.70	162.0	20.0	75.03	99.95	
Buenos Aires	3	1848.0	786.6	13.2	0.1			
Buenos Aires	4	1346.0	752.92	180.0	10.0	73.15		
Buenos Aires	5	1458.0	784.2	102.0	7.16	110.10		
Buenos Aires	6	1356.0	788.39	147.0	7.66	74.53	100.20	
Buenos Aires	7	1527.0	797.16	2.9	0.07		86.57	
Buenos Aires	8	1365.0	805.43	206.0	11.78			
Buenos Aires	9	1835.0	772.62					
Buenos Aires	10	918.0	815.94	116.0	4.10			
Buenos Aires	11	1822.0	813.42					
Buenos Aires	12	750.0	852.67	61.0	40.62	94.03		
Buenos Aires	13		953.20	60.0		96.45		
Buenos Aires	14	1132.0	764.0	93.0				
Buenos Aires	15							
Buenos Aires	16	1781.0				62.04		
Buenos Aires	17	1030.0	846.0	22.0				

## CAMPO BUENOS AIRES

6

Pozo	U2	Profundidad Total m.	Elevacion de Bocal m. s. n. m.	Q Caudal l.p.s.	Qe l.p.s./m.	año 1967		
						P.N.E. m.	E.N.E. m.	P.N.D. m.
Buenos Aires 18		1616		75.0		52.04		
Buenos Aires 19		600		204.0		53.29		
Buenos Aires 20		1380						
Buenos Aires 21		720						
Buenos Aires 22		830						
Buenos Aires 23		830						
Buenos Aires 24		1464						
Buenos Aires 25		205	721.0	200.0		72.03		
Buenos Aires 26		670		273				139.72
Buenos Aires 27		736		273				122.38
Buenos Aires 28		193	747.0	135.0				107.9
Buenos Aires 29						158		
Buenos Aires 30		475	797.0	190.0				36.8
Buenos Aires 31								
Buenos Aires 32		456				56.6		
Buenos Aires 33		201	731.0	45.0		125.3		
Buenos Aires 34								
Buenos Aires 35						50.75		
Buenos Aires 36		765				45.75		
Buenos Aires 37								
Buenos Aires 38						1.6		
Buenos Aires 39				141.0				85.51
Buenos Aires 40								
Buenos Aires 41						134.0		
Buenos Aires 42						128.0		
CAMPO		MONTE RREY						
Monterrey 1		920.0	596.0	204.0	6.5	133.7		
Monterrey 2		1317.0	585.0	93.7	1.6	137.1		
Monterrey 3		740.0	577.5			96.4		
Monterrey 4		980.5	578.0			109.0		
Monterrey 5				115.0				
Monterrey 6		1110.0		63.0		111.18		
Monterrey 7		1310.0						
Monterrey 8		1275.0						
Monterrey 9		1100.0				150.0		
Monterrey 10		644.0				170.0		
CAMPO		TOPO CHICO						
Tope chico TCH-1		1203.0	564.72					
Tope chico TCH-2		1424.0	554.27					
Tope chico TCH-3		1158.0	548.0			101.2		
Tope chico TCH-4		510.0	549.0	45.0				154.8
Tope chico TCH-5		863.0	600.0			140.0		

## CAMPO TOPO CHICO

7

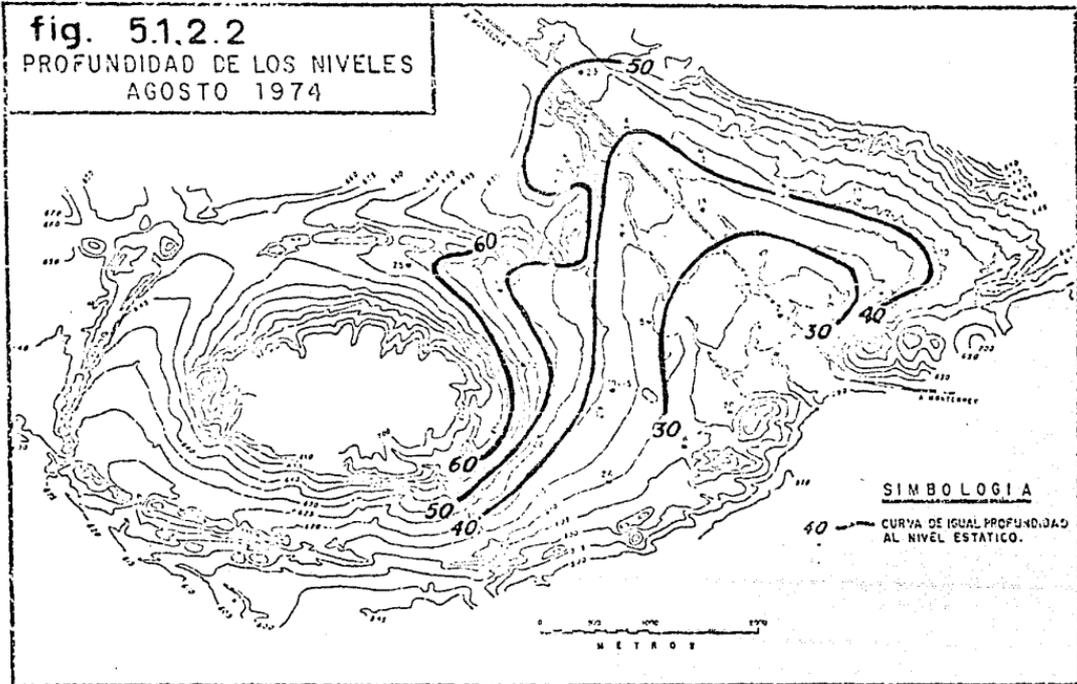
Pozo	No	Profundidad Total m.	Elevacion de Bialal m. s. n. m.	Q. Gasto l. p. s.	Qe l. p. s./m.	ENRIO 1984		
						P.N.E. m.	E.N.E. m.	P.N.D. m.
Topo Chico	TCH-6							
Topo Chico	TCH-7	353.0	547.0					
Topo Chico	TCH-8	772.0	551.0					
Topo Chico	TCH-9	1009.0						
Topo Chico	TCH-10			60.0				150.8
CAMPO PAPAAYOS								
Papaayos	1	111.0						
Papaayos	2	575.0		80.0		84.2		100.75
Papaayos	3	566.5		125.0		74.0		
Papaayos	4	704.0		51.4		54.6		
Papaayos	5	801.0						
Papaayos	6	865.0						
Papaayos	7	407.0						
Papaayos	8	700.0		80.0		66.0		
Papaayos	9							
Papaayos	10	650.0		55.0		63.6		
CAMPO CERRITOS								
Cerritos	1	1400.0	479.79	35.5				
Cerritos	2	1182.0	476.62	53.6		37.0		
Cerritos	3		502.35	25.0				
Cerritos	4	250.0	500.1	95.6		57.0		
Cerritos	5		494.2	85.1		60.0		
Cerritos	6		519.3					
Cerritos	7		501.12					
Cerritos	8							
Cerritos	9			76.0		64.0		
Cerritos	10							
Cerritos	11			88.8		45.0		
Cerritos	12			46.3				
Jardin	1	1545.0	600.91	0.5				
Mamulique	1	1450.0	439.26	9.3	0.17			
Durazno	1					143.8		
Durazno	2					125.7		
Durazno	3					124.16		
Durazno	4	406.0						
Durazno	5					139.4		
CAMPO SAN ROQUE								
San Roque	1	70.0	472.89	10.0		7.68	465.2	30.8
San Roque	2	70.0	427.03	30.0		4.9		18.0
San Roque	3	7	429.33	30.0		3.0		23.0
San Roque	4	70.0	429.48	20.0		6.8	427.68	25.0
San Roque	5	70.0	452.66	15.3		5.46	477.20	30.18

## CAMPO SAN ROQUE

Pozo	No	Profundidad Total m.	Elevación de Bocatoma 725.00 m.	Q Gasto l.p.s.	Qc l.p.s./m.	ENCIO 1964		
						P.N.E. m.	F.N.E. m.	P.N.D. m.
San Roque	6	70.0	452.58	30.0		5.7		31.0
San Roque	7	70.0	446.82	20.0		5.7		23.0
San Roque	8	70.0	445.13	30.0		5.2		22.0
San Roque	9	70.0	452.60	45.5		9.05		
San Roque	10	70.0	440.0	4.7		2.03		52.2
San Roque	11	70.0	446.0	39.0		7.30		
San Roque	12	70.0	434.51	21.0		2.4		21.0
San Roque	13	70.0	462.56	11.1		4.37	458.19	46.7
San Roque	14	70.0	400.0	12.8		10.20		
CAMPO GUADALUPE								
Guadalupe	G-1		487.0	5.3		22.2	464.8	55.4
Guadalupe	G-2	70.0	465.0			6.85	458.1	
Guadalupe	G-3	70.0	482.0	16.8		14.76	467.2	48.1
Guadalupe	G-4		463.09	30.0		3.5	459.6	20.0
Guadalupe	G-5	70.0	463.78	30.0		2.5	461.3	20.0
Guadalupe	G-6	70.0	496.0			8.6	487.4	
Guadalupe	G-7	66.0	470.21	25.0		7.0	463.25	0.0
Guadalupe	G-8	70.0	492.0			27.49	469.5	
Guadalupe	G-9		485.0	15.0		14.3	470.7	6.0

fig. 5.1.2.2

PROFUNDIDAD DE LOS NIVELES  
AGOSTO 1974

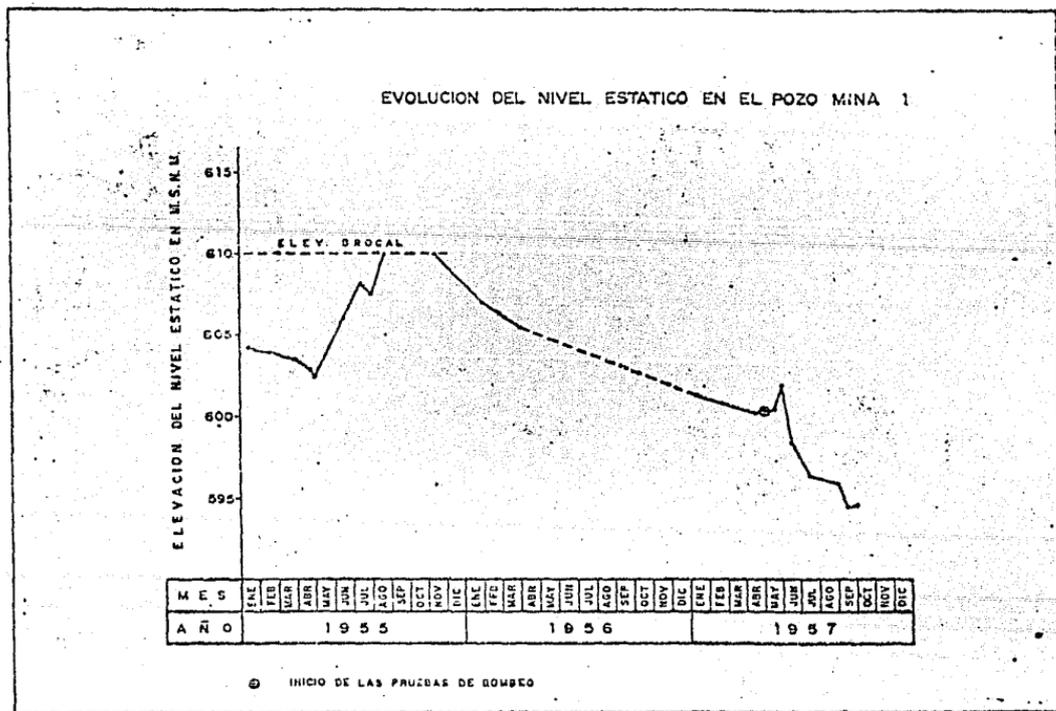


SIMBOLOGIA

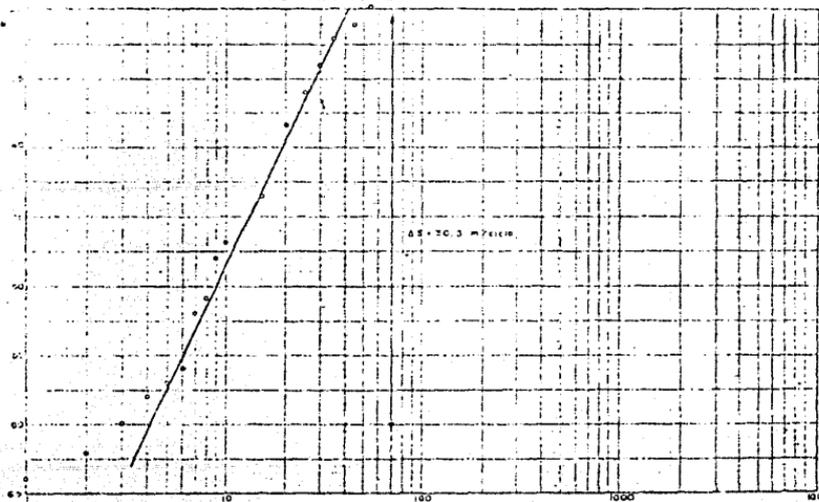
—•— CURVA DE IGUAL PROFUNDIDAD  
AL NIVEL ESTÁTICO.

0 500 1000 1500  
METROS

fig. 5.14



ESTADÍSTICA DE RECUPERACION



$$T = \frac{0.183 \pm 0}{0.8} \dots \frac{0.183 \pm 0}{30.3}$$

$$T = 8.04 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{seg.}$$

ESTACION EN MONTERREY, N.L.

SEMA 5 XII 67

CARACTERÍSTICAS DEL PUNTO

Número SILLA No. 2

Profundidad (m) 340.0

Coordinación de Celdas (s)

Coordinación de Puntos

CARACTERÍSTICAS DEL PUNTO DE ESTADÍSTICA

Número

Profundidad (m)

Coordinación de Celdas (s)

Coordinación de Puntos de Buzos

PROFUNDIDAD EN

Profundidad al N.E. 10.6 m.

fig. 5.15

ABATIMIENTO

MONTERREY, N. L.

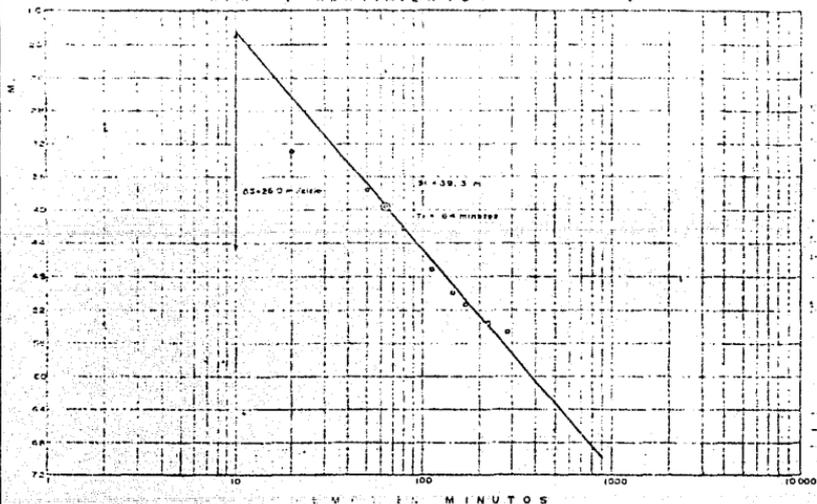
17-VI-67

CARACTERÍSTICAS DEL POZO  
 Nombre MAMULIQUE No. 1  
 Ubicación de Instalación

Profundidad de Pozo 9.3 lps.

Profundidad de Nivel Estático  
 Profundidad de Nivel Dinámico  
 Ubicación de Cisterna

Profundidad al N.E. 9.45 m.



$$T = \frac{0.183 + Q}{0.5} \approx 0.376$$

$$T = \frac{0.183 + 0.00223}{0.26} \approx 0.66$$

$$T = 0.25 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{seg.}$$

fig. 5.16

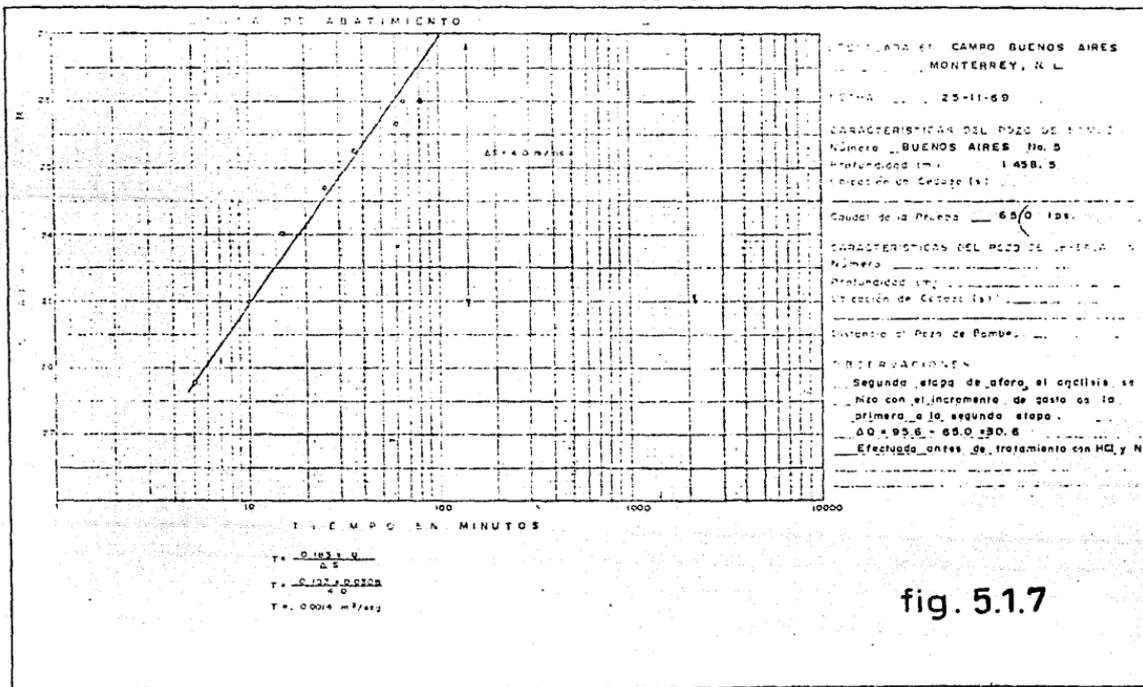
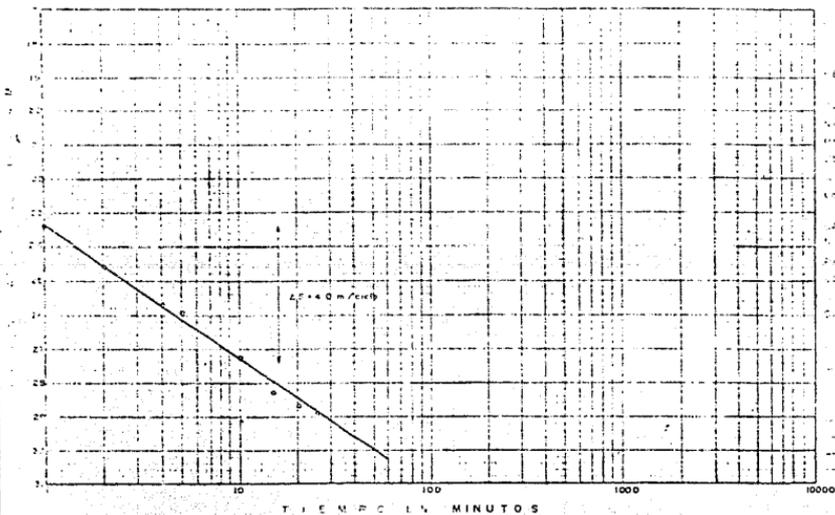


fig. 5.1.7

ACUMULAMIENTO



$$T = \frac{0.193 C}{\Delta s}$$

$$T = \frac{0.193 \times 0.0516}{\Delta} = 0.0044 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

CAMPO BUENOS AIRES  
MONTERREY, N. L.

25 - II - 69

PROYECTO DE AGUAS SUBTERRANIAS  
BUENOS AIRES No. 5  
Profundidad 1450.5  
Abstracción de Cuscuta (s)

Abstracción de Prueba: 95.6 lps.

CARACTERISTICAS DEL POZO DE OBSERVACION  
Número: .....  
Profundidad (m): .....  
Cauce de Cuscuta (s): .....  
Distancia al Pozo de Prueba: .....

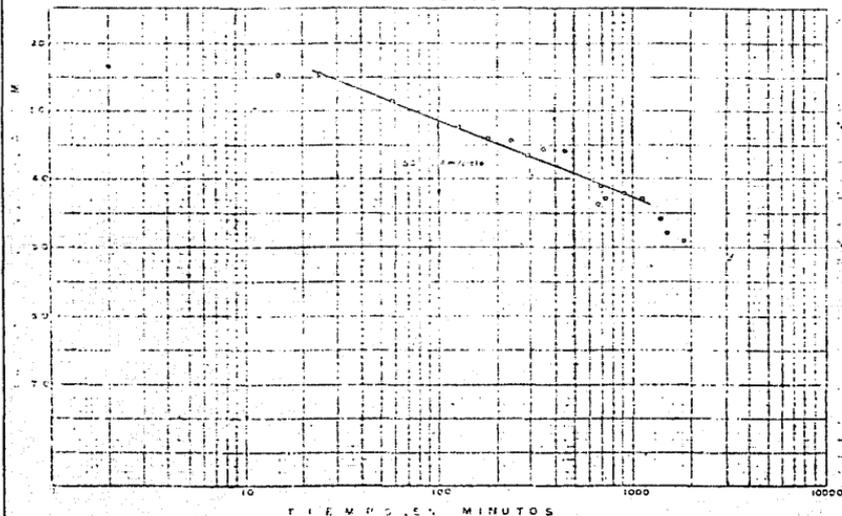
OTRAS ACCIONES:

Primera etapa de aforo, duración 25 min  
profundidad al N.E. 17.50 m, efectuado  
antes de hacer tratamiento con HCl y N.

fig. 5.18



ABATIMIENTO



$$T = \frac{0.183 Q}{\Delta S}$$

$$T = \frac{0.183 + 0.198}{1.14}$$

$$T = 3 \times 10^{-11} \text{ m}^2/\text{seg}$$

ESTACION EN CAMPO BUENOS AIRES  
MONTERREY, N.L.

FECHA 5-X-66

CONALTEMATICA DEL I.P.A. (I.P.A. No. 4)

Numero BUENOS AIRES No. 4

Tiempo en segundos

Alcance de la sonda (m)

Caída de la sonda 188 ips.

Numero de lecturas

Numero

Profundidad (m)

Programa de Sección (m)

Programa de Perfil (m)

Programa de Perfil (m)

Q = 1.14 m<sup>3</sup>/seg

Profundidad al N.E. 0.25 m

fig. 5.1.10

RECUPERACION

MUNICIPIO DE MONTERREY, N.L.

FECHA 9-VIII-68

CARACTERÍSTICAS DEL POZO:  
 Número POZO BUENOS AIRES No. 3  
 Profundidad en 1846.0  
 Ubicación de Caudal (ft):

Estado de la Píedra:

CARACTERÍSTICAS DEL POZO DE CAUDAL:  
 Profundidad:

Profundidad (ft):

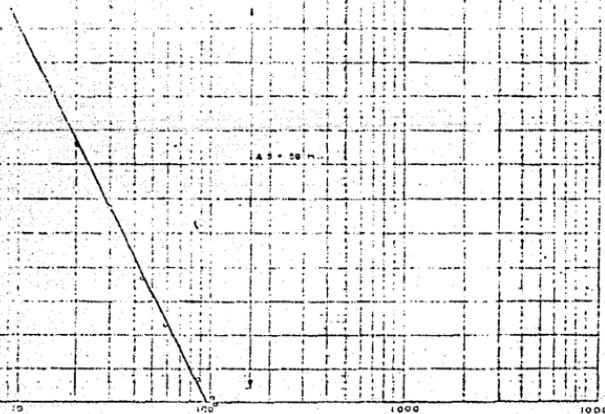
Ubicación de Caudal (ft):

Ubicación de Pozo de Muestra:

Ubicación de Pozo de Muestra:

Observaciones:

CAUDAL MEDIO 8.5 l/seg.  
 Brote con 3 litros por segundo



TIEMPO EN MINUTOS

S. 024 = 77 m  
 S. 1 = 30.5 m  
 S. 2 = 27 m

$$\frac{2.3}{n} \frac{Q_1}{Q_2} = K_0 (x)$$

$$\frac{2.3}{3.6} \frac{8.5}{1.38} = 1.38$$

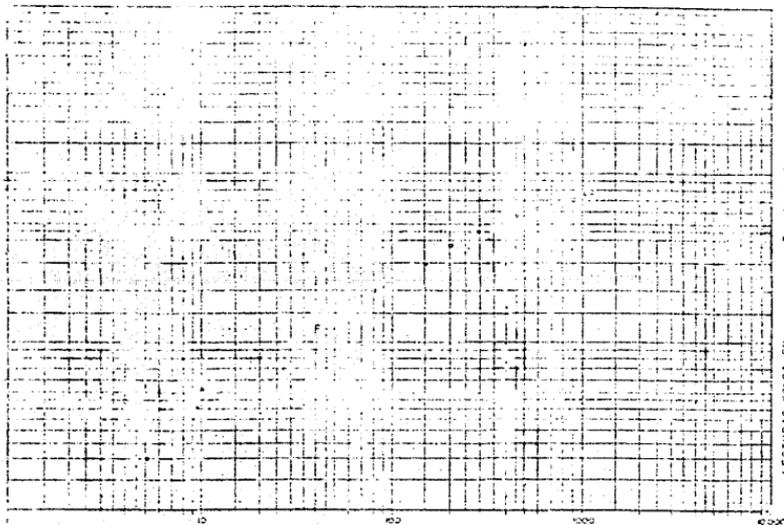
$$K_0 (x) = 0.9975$$

$$T = \frac{Q}{21.3} K_0 (x)$$

$$Y = \frac{0.2035}{8.5 \times 10.5} = 0.9943$$

$$T = 3.5 \times 10^3 \times 0.9943$$

fig.1.1.11



TIEMPO TRANSCURRIDO EN MINUTOS

$$T = \frac{0}{4.17} \cdot (4.17)^{0.4} = \frac{0.0085}{4.7 \cdot 158} \cdot 4.10$$

$$T = 4.17 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{seg.}$$

TEMPERATURA

LECTURAS SONDA EN

PRUEBA DE COMBEN EN CAMPO PAVLOS

AIRÉS, MONTERREY, N. L.

OBSERVACIONES EN EL POZO

POZO BUENOS AIRES, N. 3

Temperatura: 13.68 C

Profundidad: \_\_\_\_\_

D. Horno: \_\_\_\_\_

Letras: \_\_\_\_\_

INDICACION DE LA PRUEBA

Fuente: 9-VII-68 Hora: 12:15 hs.

Duración: el día de 112 horas

Orientación: a partir del día de experimentación

TERMINACION DE LA PRUEBA

Fuente: 9-VIII-68 Hora: 22:34 hs.

OBSERVACIONES: Etapa de recuperación

caudal medio: 8.5 lit/seg.

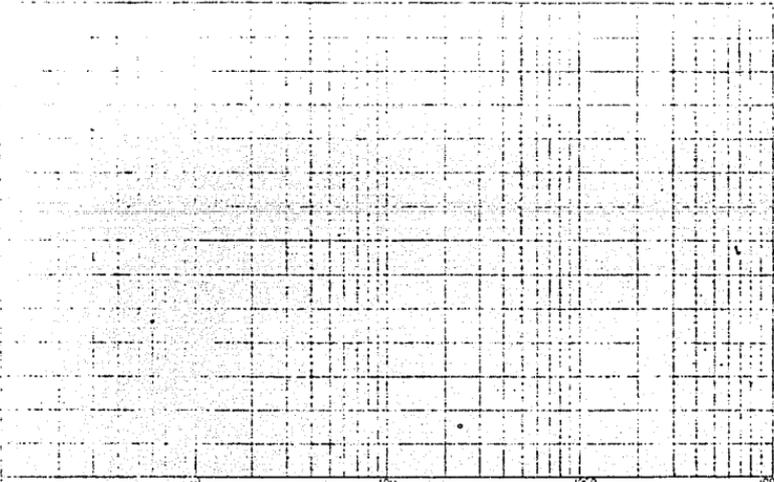
REPRESENTACION LOGARITMICA  
DE PRUEBAS DE COMBEN

fig. 5.112

CAYPO BUENOS AIRES  
 MONTERREY, N. L.

22 III 68  
 BUENOS AIRES No. 2  
 Instalación = 1475 0  
 Instalación de Geógrafos  
 Variable  
 BUENOS AIRES No. 1  
 Instalación = 1800 0  
 Instalación de Geógrafos  
 Instalación de Geógrafos = 1600 0

LECTURAS  
 Lectura en el pozo Buenos Aires No. 2  
 Presión Inicial 2.16 Kg/cm<sup>2</sup>



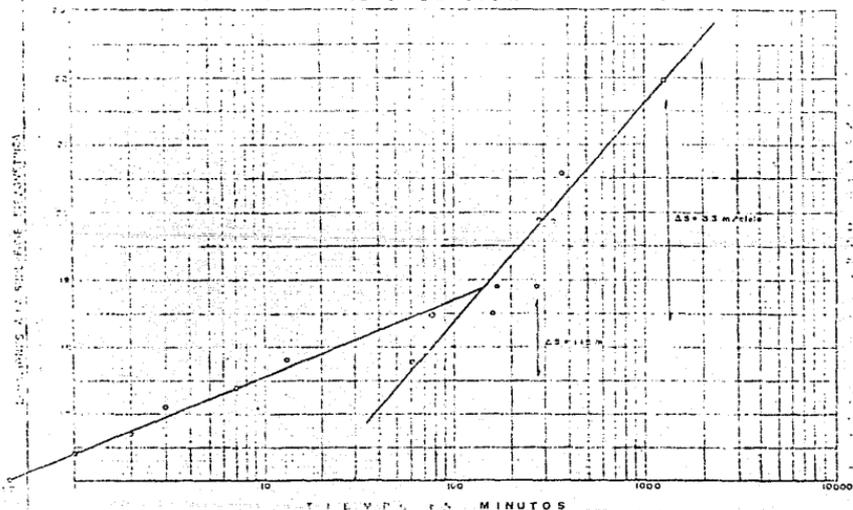
TIEMPO EN MINUTOS

$$F = \frac{Q(t)}{2.31 \cdot \rho \cdot G(t)} \quad \rho = 21.6 \text{ m} \quad G(t) = 0.935$$

$$T = \frac{0.0531}{6.29 \cdot 21.6 \cdot 0.15} = 0.0031 \text{ m/seg}$$

REPRESENTACION SEMILOGARITMICA  
 DE PROUEBAS DE PERMEABILIDAD  
 fig. 5.1.13

RECUPERACION



CAMPO BUENOS AIRES  
MONTERREY, N. L.

22 - VII - 60

BUENOS AIRES - No. 1  
Producción de Gasolina

Producción de Gasolina: 123.15 lps.

BUENOS AIRES - No. 2

Producción de Gasolina: 1620 m

LECTURAS en el pozo Buenos Aires No. 2

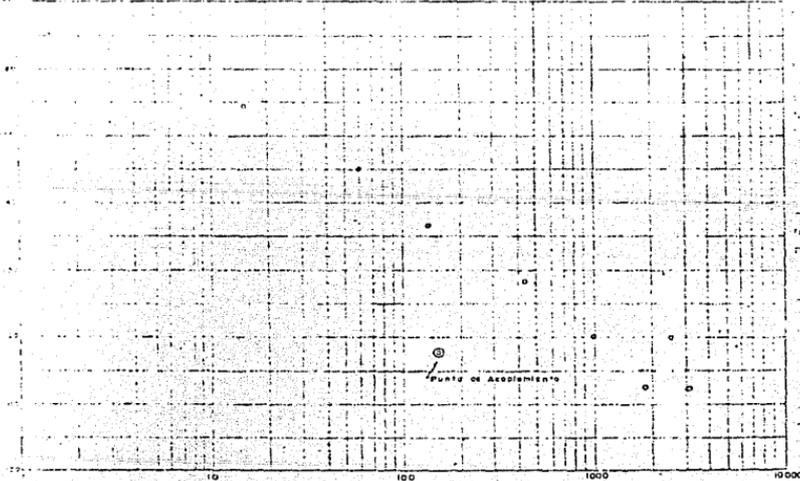
TIEMPO EN MINUTOS

$T = \frac{0.183 \cdot Q}{2.5}$	$S = \frac{1.33 \cdot T \cdot 10}{81}$	DISTANCIA A UNA POSIBLE BARRERA
$T = \frac{0.183 \cdot Q}{115}$	$S = \frac{1.22 \cdot 10 \cdot Q \cdot 10}{1500}$	$d = \frac{1.22 \cdot T \cdot 10}{5}$
$T = 20 \cdot 10^3$	$h^2 = 3.4 \cdot 10^8$	$d = \frac{1.22 \cdot 10 \cdot 10 \cdot 10 \cdot 10}{4 \cdot 5}$
		$d = 9.1 \cdot 10^3$ m.

REPRESENTACION SEMILOGARITMICA  
DE PRUEBAS DE RECUPERACION

fig. 5.114

PLAN DE ABATEMIENTO



CAMPO BUENOS AIRES  
MONTERREY, N.L.

22 - VII - 66

BUENOS AIRES No. 1  
Profundidad 1600.0  
Tipo de Pozo Variable  
Cilindro de 100 cm

BUENOS AIRES No. 2  
Profundidad 1475.0  
Cilindro de 100 cm

1600.0 m.

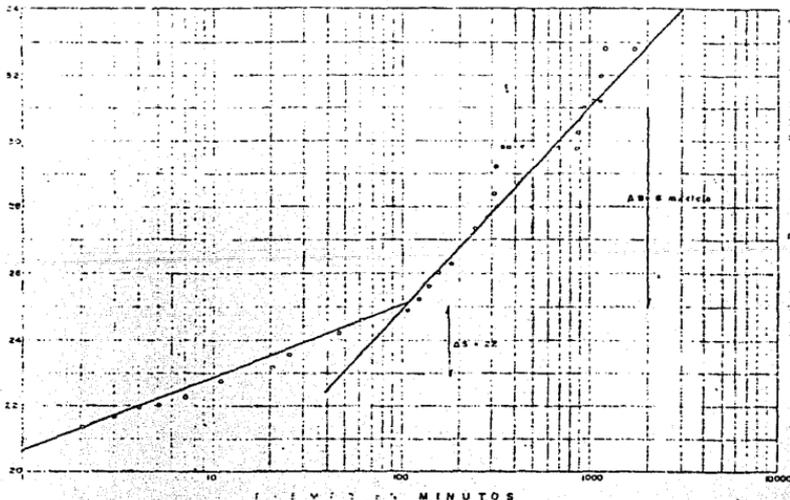
Lecturas en el Pozo Buenos Aires No. 1  
presión inicial 3.7 Kg/cm<sup>2</sup>

$$T = \frac{0.118}{6.284 \times 57.6 \times 10^4} = 0.0032 \text{ m}^2/\text{seg}$$

INSTRUMENTACIÓN COM. UNIV. I. A. DE MONTERREY, N. L.

**fig. 5.1.15**

RECUPERACION



CAMPO BUENOS AIRES  
MONTERREY, N.L.

22 VII 68

BUENOS AIRES No. 1  
1800.00

123.2 lbs.

BUENOS AIRES No. 2  
1475.00 m.

Lecturas en el pozo Buenos Aires No. 1

$$T = \frac{0.185 \cdot 0}{0.3}$$

$$T = \frac{0.183 \cdot 0.133}{0.0}$$

$$T = 3.75 \times 10^{-3} \text{ mSeg.}$$

DISTANCIA A UNA POSIBLE BARRERA

$$t = 105 \text{ min. } T = 0.02 \text{ m}^2/\text{seg} \quad S = 4.6 \times 10^{-2}$$

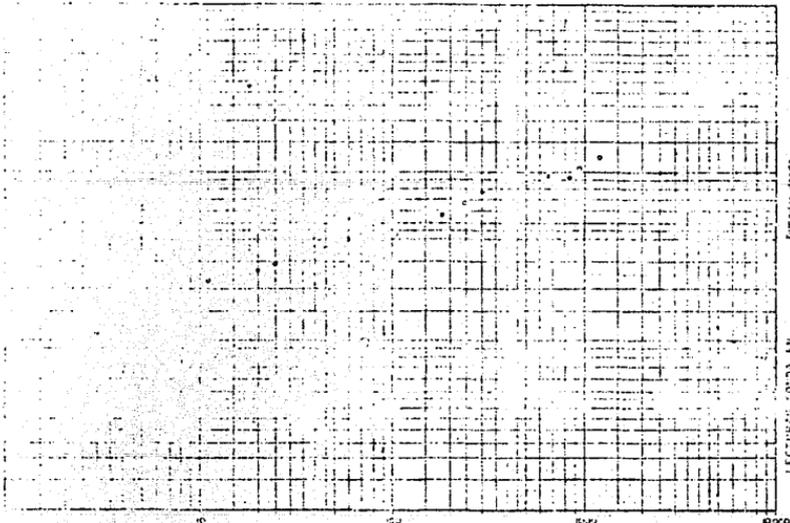
$$d = \sqrt{\frac{2.25 \cdot T}{S}} = \sqrt{\frac{2.25 \cdot 0.02}{4.6}} = 0.19 \times 10^3$$

$$d = 7.6 \times 10^2 \text{ m}$$

DE PRODUCCION

fig. 5.1.16

ETAPA DE RECUPERACION



TIEMPO TRANSCURRIDO EN MINUTOS

$$E = \frac{C}{4.8T} \cdot 10^3$$

$$T = \frac{C \cdot 10^3}{12.50 \cdot E \cdot 10^3} = 1.0 \pm 0.01 \text{ mVase.}$$

NO. 004 10 SOVEDO LA JAMES, BUENOS

AIRCS, MONTEBEEY, N. L.

CONSTRUCCIONES EN EL PISO

BUENOS AIRES, No. 1

Fecha de prueba: 10/10/58

Diámetro nominal: 10 mm

Diámetro actual: 10 mm

Letra de prueba: 10

VELOCIDAD DE LA PRUEBA

Fecha: 21-VII-58

Diferencia al leer de esta prueba:

Diferencia a partir del peso de esta prueba:

TERMINACION DE LA PRUEBA

Fecha: 22-VII-58

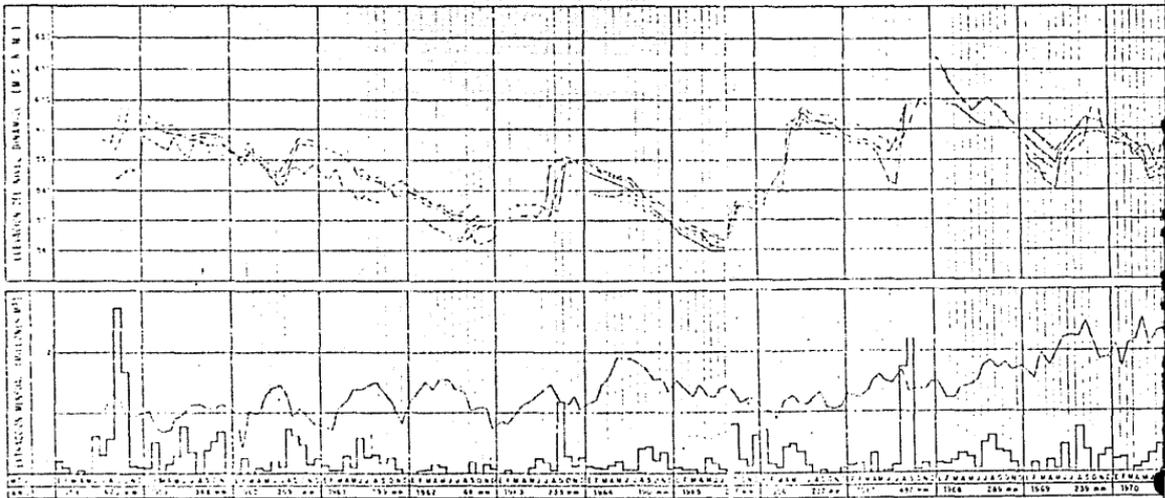
OBSERVACIONES: Resultados en el piso

Buenos Aires, No. 1, Prueba

inicial 3.7 Kg./cm<sup>2</sup>

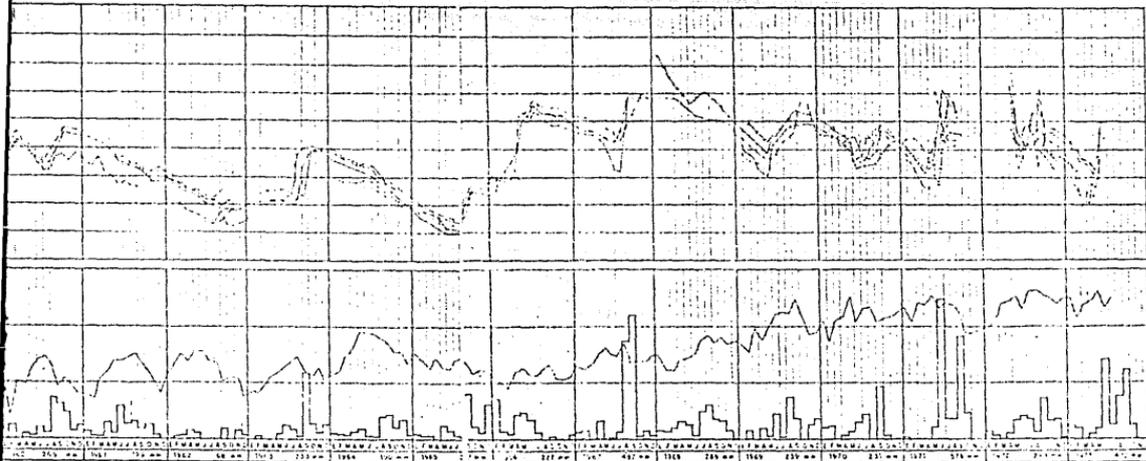
REPRESENTACION LOGARITMICA  
DE PRUEBAS DE SOVEDO

fig. 5.117



NOTA: Datos de precipitación obtenidos de la estación climatológica Mina.

P O Z O	ELEVACION DEL BROCAL (en metros)	SINBOLOGIA
MINA 1	654 29	—————
MINA 5	611 23	—————
MINA 7	416 15	—————
MINA 8	627 75	—————
MINA 9	606 34	—————
MINA 10	623 48	—————



PRECIPITACION VOLUMEN (MM)

de la estación climatológica de Mina.

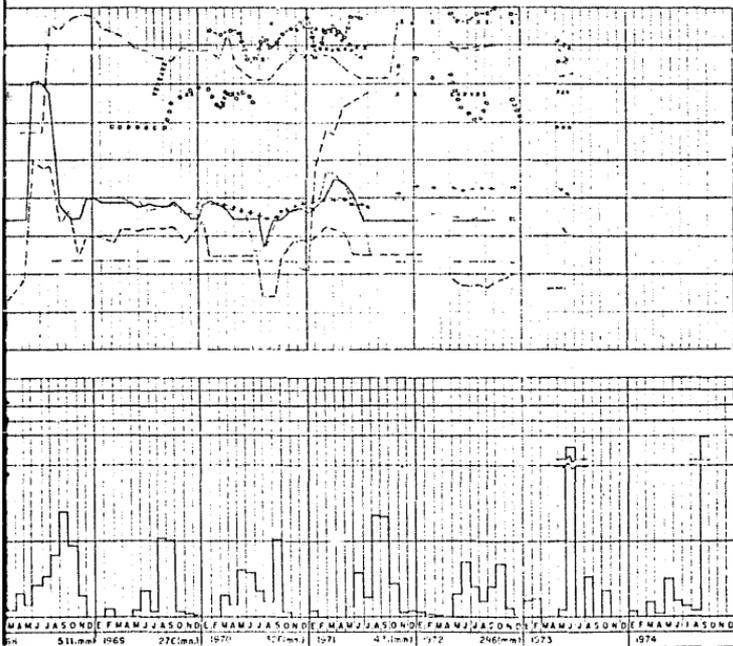
POZO	ELEVACION DE BROCAL (m. s. n. m.)	SI-SOLOGIA
MINA 1	614.28	-----
MINA 5	611.23	-----
MINA 7	416.55	-----
MINA 8	621.75	-----
MINA 9	626.24	-----
MINA 10	620.84	-----

CAMPO DE POZOS MINA, MONTERREY N.L.  
EVOLUCION PIEZOMETRICA, VOLUMENES  
DE EXTRACCION Y PRECIPITACION PLUVIAL

fig. 5.118



fig. 5.119



POZO	ELEVACION DE BROCAL (m s n m)	SIMBOLOGIA
BUENOS AIRES 1	764.63	—————
BUENOS AIRES 2	764.55	- - - - -
BUENOS AIRES 3	797.75	- - - - -
BUENOS AIRES 4	753.72	- - - - -
BUENOS AIRES 5	784.84	- - - - -
BUENOS AIRES 6	749.12	o o o o o
BUENOS AIRES 7	797.73	x x x x x
BUENOS AIRES 8	806.08	o - o - o -
BUENOS AIRES 9	773.42	+ + + + +
BUENOS AIRES 10	816.34	* * * * *
BUENOS AIRES 11	813.82	- - - - -

CAJPO DE POZOS BUENOS AIRES, MONTERREY N.L.  
EVOLUCION PIEZOMETRICA Y  
PRECIPITACION PLUVIAL

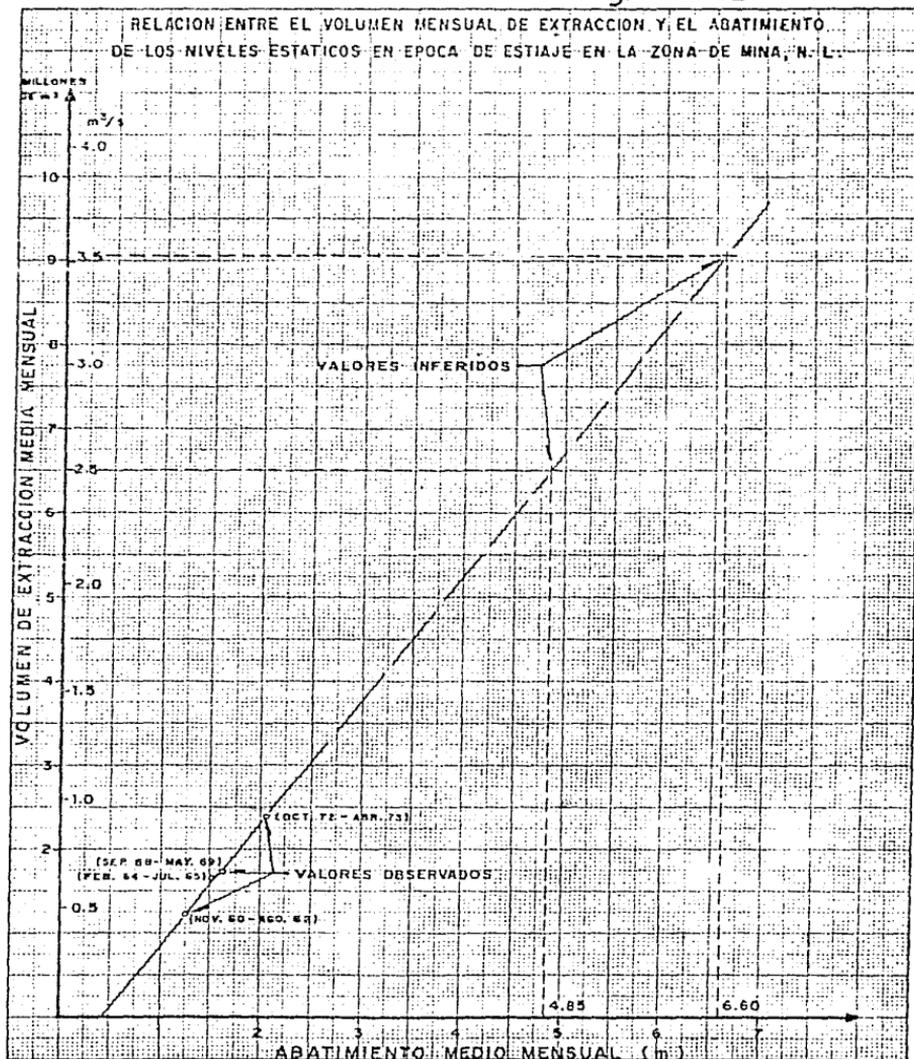
NOTA.— Datos de Climatología (Precipitación) obtenidos de la estación Santa Catarina.

fig. 5.2.1.21

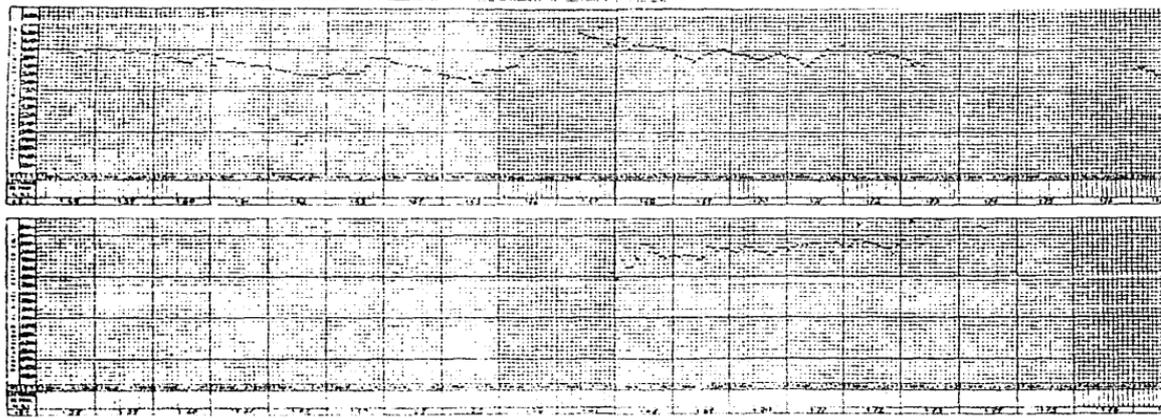
PERIODOS DE ABATIMIENTO OBSERVADOS EN LA ZONA DE MINA, N. L.

P E R I O D O	MES	ABATIMIENTO		VOL. EXPLOTACION		PRECIPITACION	
		TOTAL m	MENSUAL m	TOTAL $10^6 m^3$	MENSUAL $10^6 m^3$	TOTAL mm	MENSUAL mm
Nov. 60-Ags. 62	22	27.32	1.24	26.95	1.23	236	10.72
Feb. 64-Jul. 65	18	28.00	1.55	29.89	1.66	238	13.22
Sep. 68-May. 69	9	14.72	1.64	15.63	1.73	172	19.11
Oct. 72-Abr. 73	7	14.54	2.07	16.78	2.39	73	10.42

fig. 5.21.21



GRAFICA DE EVOLUCION DEL NIVEL ESTACION

CANTO MEXCA  
SARAS  
1951

HIDROGRAFOS REGIONALES

fig. 5.1.20 y 5.1.21

COMANDO EN JEFE FUERZA ARMADA ARGENTINA  
COMANDO EN JEFE FUERZA AEREA ARGENTINA  
COMANDO EN JEFE FUERZA NAVAL ARGENTINA  
COMANDO EN JEFE FUERZA POLICIAL ARGENTINA

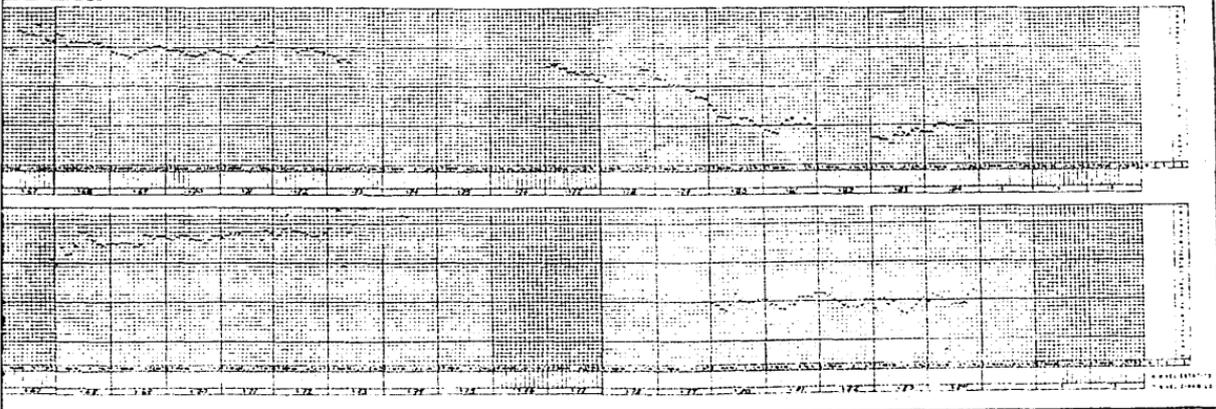




fig. 5.2.1.3.2

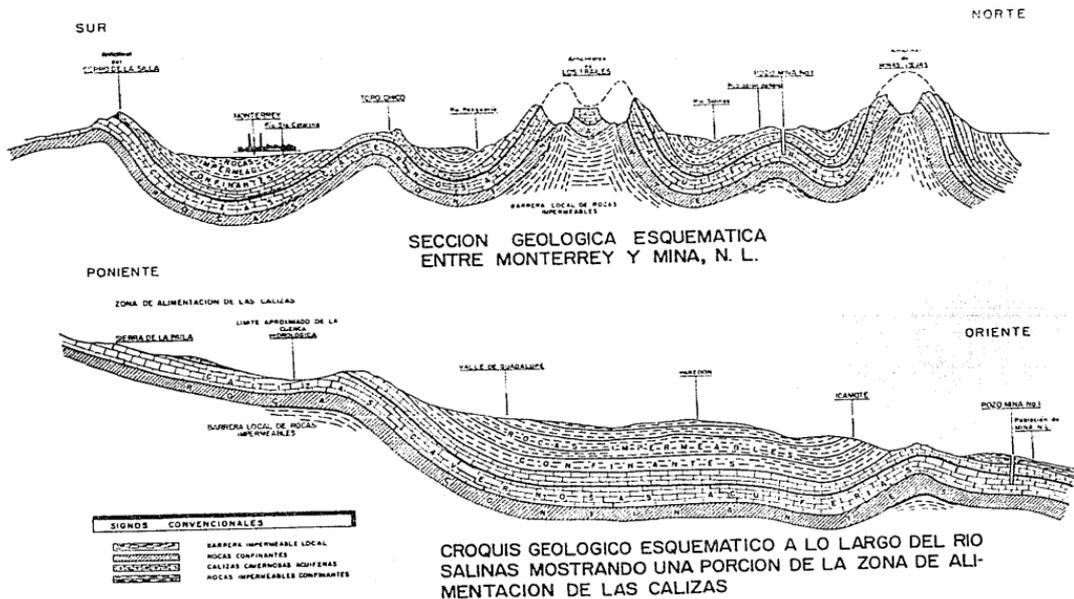
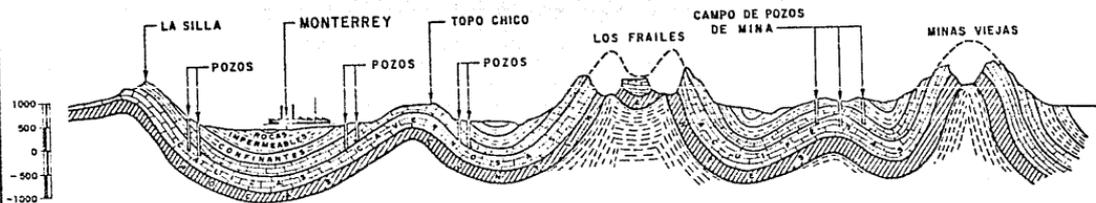


fig. 5.2.1.3.3

SUR

SECCION GEOLOGICA ENTRE MONTERREY Y MINA, N. L.

NORTE



SIMBOLOGIA

-  BARRERA IMPERMEABLE LOCAL
-  ROCAS CONFINANTES
-  CALIZAS CAVERNOSAS ACUIFERAS
-  ROCAS IMPERMEABLES CONFINANTES

TABLA 5.2.2.4.1.

EVOLUCION MEDIA

AREA (Km <sup>2</sup> )	ABATIMIENTO MEDIO (m)	EVOLUCION MEDIA
54.35	30	1630.50 x 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>
84.85	27.5	2333.37 x 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>
38.57	22.5	867.82 x 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>
67.05	15	1005.75 x 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>
20.95	7.5	157.12 x 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>
169.21	2.5	423.025 x 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>
99.75	- 2.5	- 249.37 x 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>
52.9	- 7.5	- 396.75 x 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>
41.0	- 12.5	- 512.50 x 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>
7.0	- 15.0	- 105.00 x 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>

TOTAL = 5153.93 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>

8.108 m

PERIODO DE 12 AÑOS

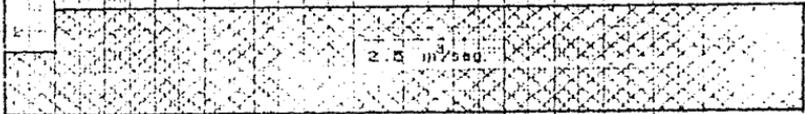
0.67 mts x año

fig 7.212.1.

CAMPO DE POZOS "MINA"

PREDICCIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LOS NIVELES PIEZOMÉTRICOS EN UNA SECUENCIA DE AÑOS LLUVIOSOS

CUALIDAD MEDIA DE  
EXTERIORES, MDSG



PRECIPITACION



PROFUNDIDAD MEDIA AL NIVEL  
ESTÁTICO, EN METROS

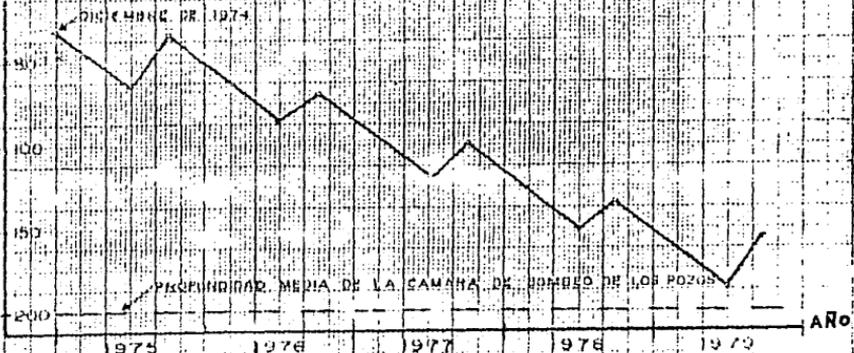
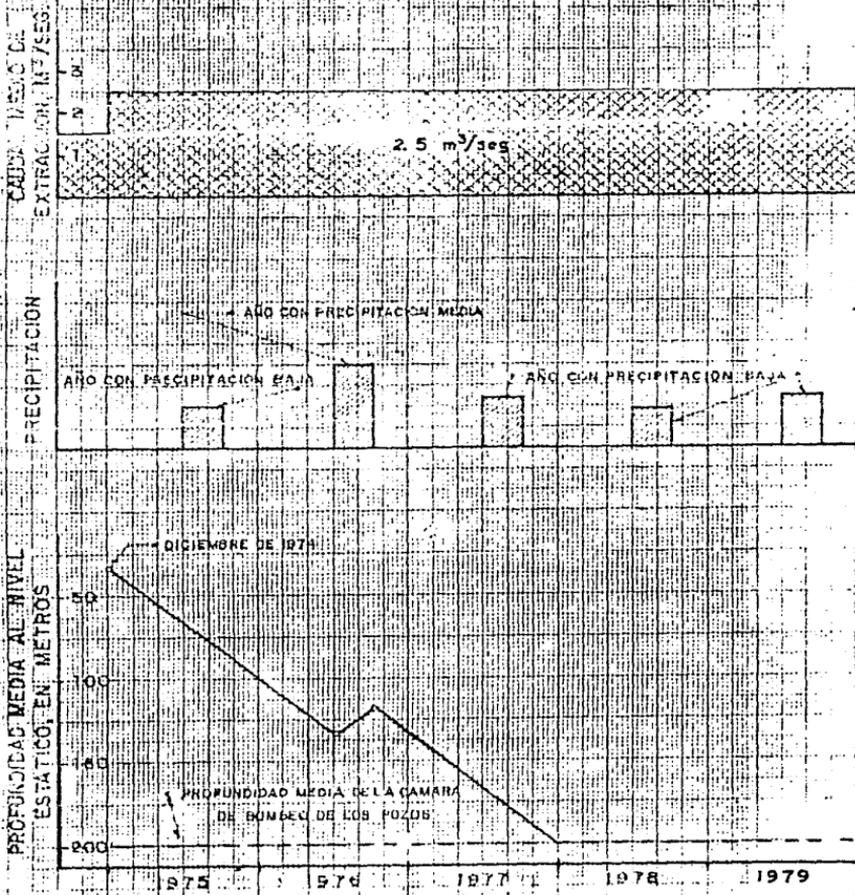


Fig. 7.21.22

CAMPO DE POZOS "MIRA"

PREDICION DEL COMPORTAMIENTO DE LOS NIVELES PIEZOMETRICOS EN UNA SECUENCIA DE AÑOS "SECO"



Año

CALCULO DEL VOLUMEN POR FINES HORIZONTALES  
UNIFICADO MEXICANO, JUNIO DE 1965.

CANAL	ANCHO EN Km	GRADIENTE 1	TRANS. DEBILI- LIDAD T $m^2/seg.$	COSTO C=81T $m^3/seg.$
1	5.233	11.71	0.77	47.184
2	2.166	8.10	0.50	8.772
3	2.000	10.07	2.60	93.964
4	2.999	13.04	3.14	122.795
5	1.133	7.894	0.31	2.772
6	1.166	12.50	0.12	1.779
7	1.699	16.60	0.32	10.067
8	2.399	6.52	0.11	1.720
9	2.466	5.26	0.12	1.556
10	2.466	6.35	1.09	16.799
11	2.466	3.94	3.30	32.662
12	2.650	15.00	0.10	4.173
13	2.666	8.33	0.73	16.211
14	2.532	9.37	0.13	3.034
15	2.295	12.00	0.35	9.655
16	1.933	14.29	0.14	3.864
17	1.999	15.78	0.14	4.416
18	1.866	21.42	0.10	3.996
19	2.133	21.47	0.10	4.569
20	2.699	37.50	0.10	10.121
21	2.366	42.85	0.10	10.138
22	1.266	20.66	0.10	3.720
23	1.533	11.11	0.10	1.776
24	2.000	14.29	0.10	2.858

1174 418.06

CALCULO DEL VOLUMEN POR FLUJO TRANSMISIVO  
ACUIFERO ALUVIAL, JULIO DE 1965.

CANAL	ANCHO B Km.	GRADIENTE i	S A L I D A S	
			TRANSMISIVI- LIDAD T m <sup>2</sup> /seg.	COSTO Q=BIT m <sup>3</sup> /seg.
1	0.773	1.76	0.389	0.498
2	0.199	1.76	0.389	0.136
3	0.453	1.76	0.389	0.310
4	0.433	1.76	0.389	0.296
5	0.633	1.79	0.389	0.440
6	1.633	1.75	0.389	1.111
7	3.000	2.75	1.030	10.299
8	2.066	5.45	0.010	0.1452
9	1.399	11.11	0.060	0.9325
10	0.556	10.71	0.140	0.846
11	1.133	9.37	0.140	1.4862
12	0.266	7.89	0.140	0.2938
13	0.489	7.89	0.140	0.551
14	0.606	7.89	0.140	0.735
15	0.933	9.37	0.140	1.223
16	2.000	11.53	0.140	3.228
17	2.299	15.76	0.540	19.590
18	2.333	13.04	0.540	16.428
19	2.566	12.00	0.100	3.079
20	2.833	10.71	0.100	3.034
21	2.266	8.10	0.200	3.670
22	2.233	6.00	0.200	2.679
23	2.966	6.81	0.200	4.039
24	2.799	7.14	0.200	3.998

SUMA 79.054

VOLUMEN CUAL 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>

2,420.20

TABLA No 6.1.

## ANALISIS FISICOQUIMICOS.

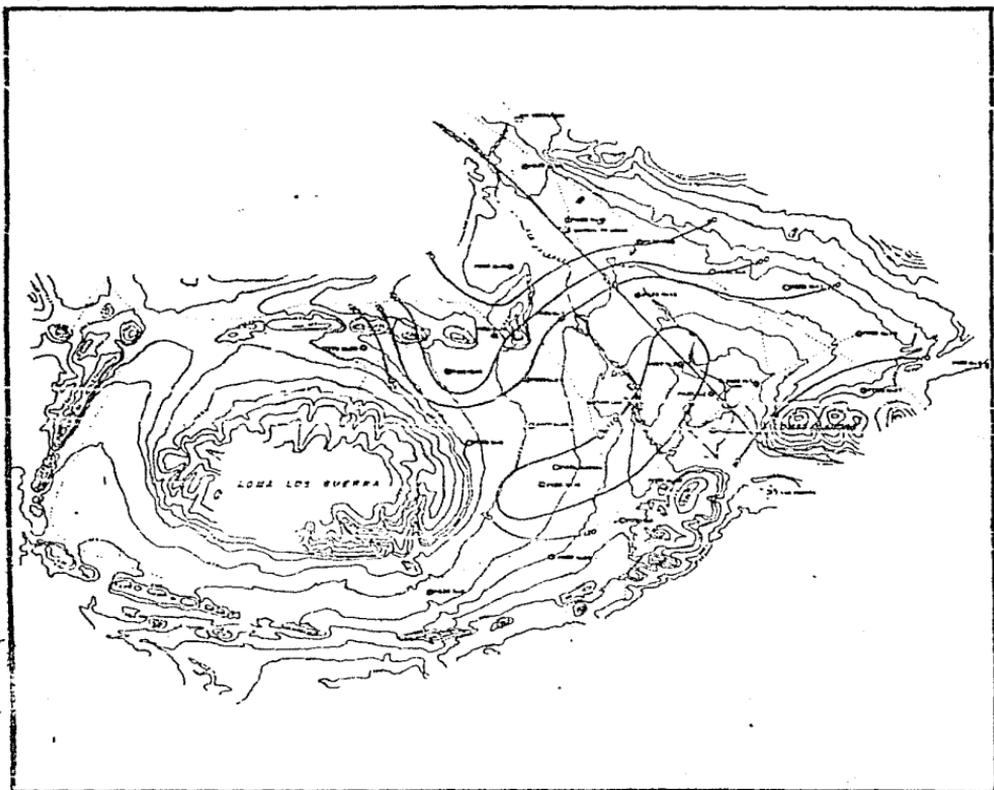
Concentraciones ionicas en Meq./litro.

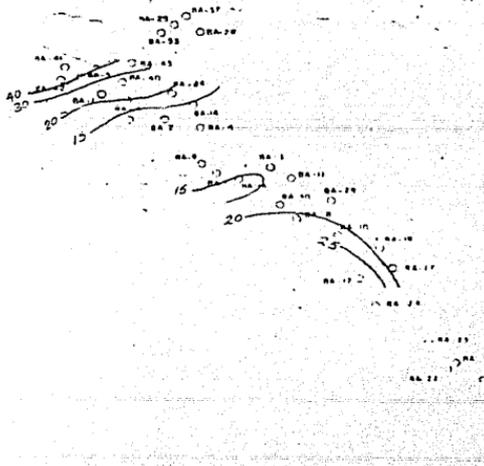
Conductividad electrica en Mohms./cm.

temperatura en °C.

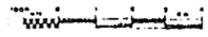
SISTEMA DE POZOS MINA									
TEMP	PH	C.E	CALCIO	MAGNESIO	SODIO	CLORUROS	SULFATOS	BICARBONATOS	
1	20.0	7.24	850	102.72	17.60	75.91	100.00	51.75	259.32
4	24.0	7.29	618	98.03	15.50	51.63	91.50	70.70	271.32
5	30.0	7.15	500	93.00	22.91	64.80	104.00	93.91	277.60
7	30.0	7.33	500	22.23	1.66	77.86	73.50	87.27	265.43
9	30.0	7.39	875	30.00	4.39	79.88	92.50	81.50	249.60
10	30.0	7.19	770	55.23	6.50	104.65	95.00	98.38	285.11
13	30.0	7.52	850	88.62	12.99	92.86	87.50	92.51	317.77
14	31.0	7.19	800	93.54	3.94	70.74	70.00	76.30	278.76
15	30.0	7.26	735	90.50	1.75	78.38	77.50	80.30	278.78
16	30.0	7.33	755	102.39	2.87	53.10	70.00	63.01	271.51
18	30.0	7.36	775	95.98	11.04	58.21	64.00	71.55	271.51
19	30.0	7.35	555	93.53	4.58	88.29	102.00	80.43	277.98
21	31.0	7.29	880	101.83	9.80	76.77	105.00	91.16	271.42
23	30.0	7.34	500	99.54	9.26	64.13	87.50	71.51	282.40
24	30.0	7.03	800	105.87	6.12	60.03	82.00	87.30	265.50
25	30.0	7.28	810	103.54	11.47	55.40	75.00	102.46	265.50
26	30.0	7.10	870	129.26	6.94	56.60	91.00	101.26	271.75
27	29.0	7.28	820	86.70	6.37	93.53	92.50	81.63	254.88
29	29.0	7.42	850	92.05	2.38	101.70	97.50	99.40	272.35
SISTEMA LE POZOS BUENOS AIRES									
TEMP	PH	C.E	CALCIO	MAGNESIO	SODIO	CLORUROS	SULFATOS	BICARBONATOS	
1	24.0	7.43	450	75.93	9.20	14.83	11.00	17.21	279.60
2	24.0	7.93	405	74.75	5.34	4.82	11.00	10.31	237.86
5	26.0	7.65	480	78.38	11.81	8.88	14.00	32.40	299.58
6	27.0	7.38	410	68.62	14.11	7.36	11.00	10.58	270.92
8	24.0	7.38	410	82.39	.93	6.73	10.00	11.52	244.98
10	24.0	7.60	450	86.40	.46	7.15	10.50	15.56	249.15
12	23.0	7.40	460	90.82	4.12	6.23	9.50	23.50	271.32
14	24.0	7.53	440	85.60	3.92	6.36	10.00	5.48	263.57
17	23.0	7.35	450	80.16	5.77	8.22	12.50	15.92	256.40
18	22.0	7.37	425	75.87	6.95	8.35	12.50	13.19	252.99
19	22.0	7.37	440	65.09	17.14	6.51	10.00	11.92	272.89
25	25.0	7.43	440	62.62	16.81	6.83	11.00	17.61	255.50
28	22.0	7.28	450	73.05	11.06	7.47	11.50	21.38	254.28
30	24.0	7.49	450	83.67	5.99	7.95	12.50	16.70	267.27
33	24.0	7.40	470	68.60	9.25	7.58	12.50	18.21	233.66

CONFIGURACION DE SULFATOS ( Meq. /litro)



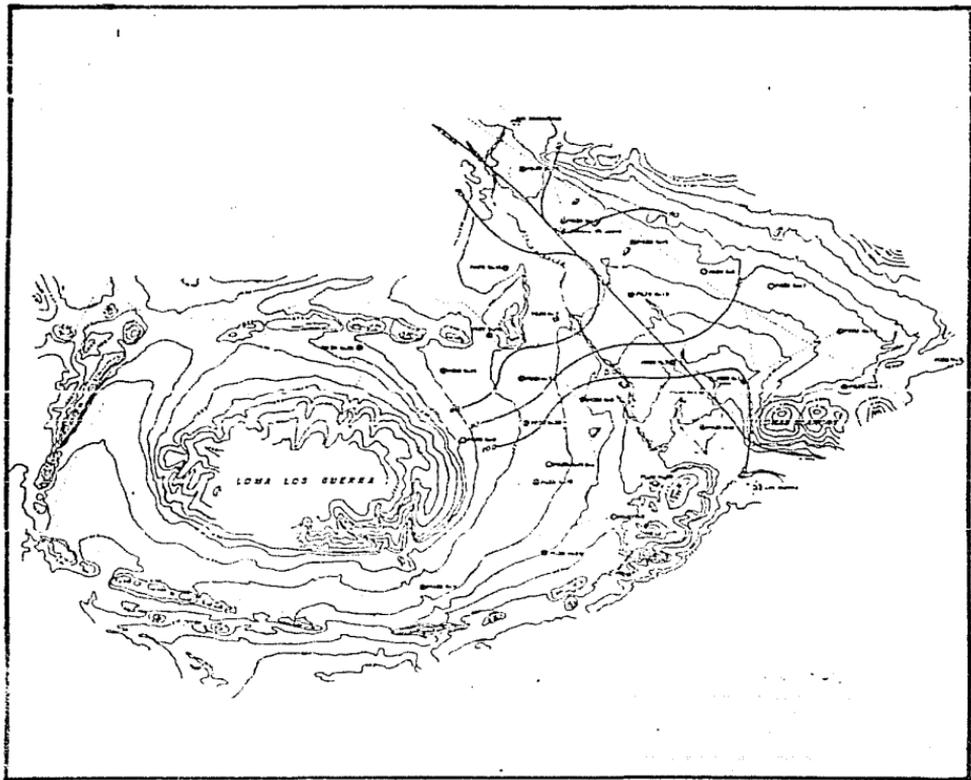


15 CONFIGURACION DE SULFATOS mg/l.



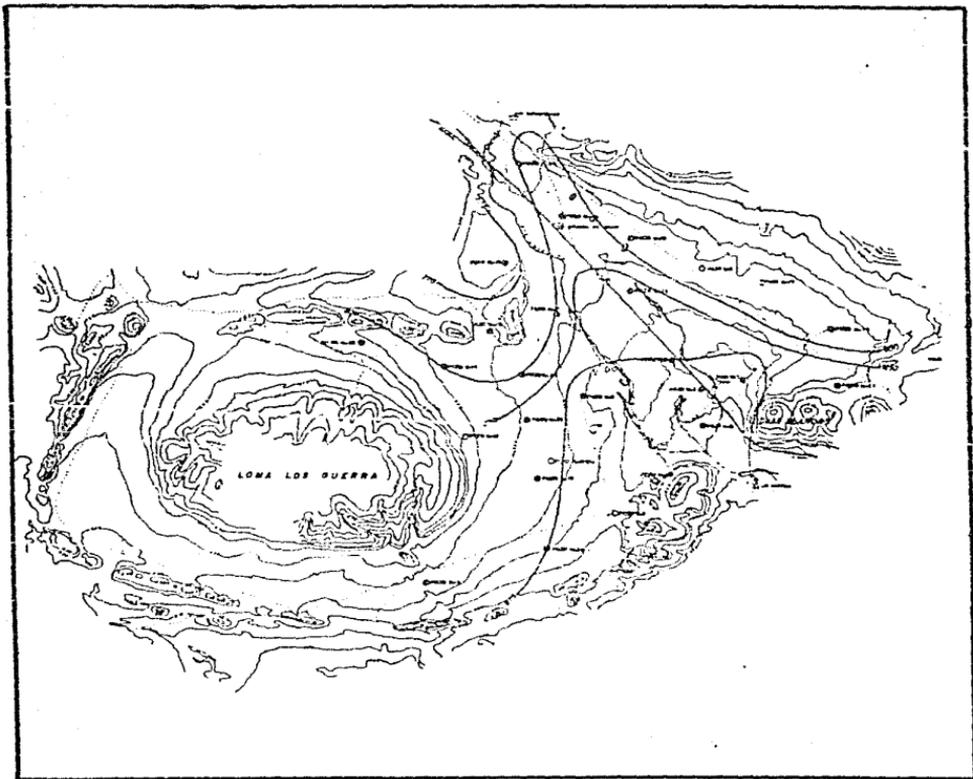
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO	
FACULTAD DE INGENIERÍA	
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA	
CAMPO BUENOS AIRES	
TESIS PROFESIONAL	
TÍTULO:	ANÁLISIS DE SUELOS
AUTORES:	ROBERTO RAMÍREZ
FECHA:	1962

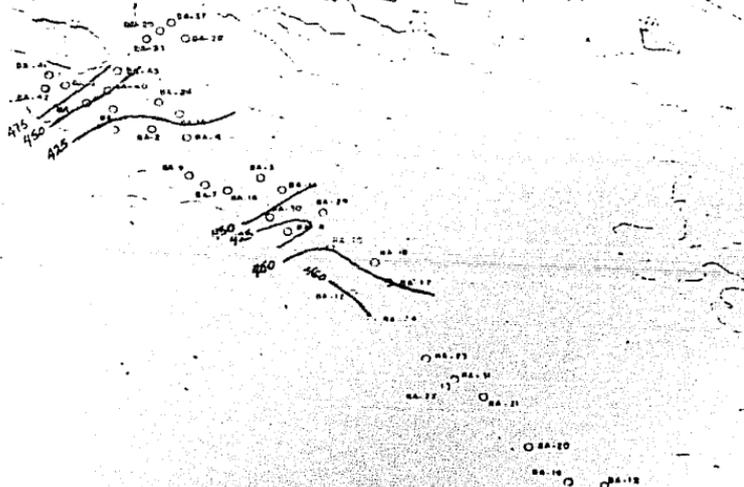
CONFIGURACION DE CLORUROS ( Meq./litro)



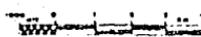
PLANO No 6.4.1.

CONFIGURACION DE LA CONDUCTIVIDAD ELECTRICA (Ohms/cm.)





450 CONDUCTIVIDAD  
ELECTRICA Mhm/cm.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO	
FACULTAD DE INGENIERIA	
REGISTRACION DE PROFESIONISTAS	
CAMPO BUENOS AIRES	
TESIS PROFESIONAL	
FECHA DE 19	SUPLENTE VOTOS RAMOS PLANO 64.2

PLANO No 6.6.1.

CONFIGURACION DE Ca/Mg. (Req./litro).

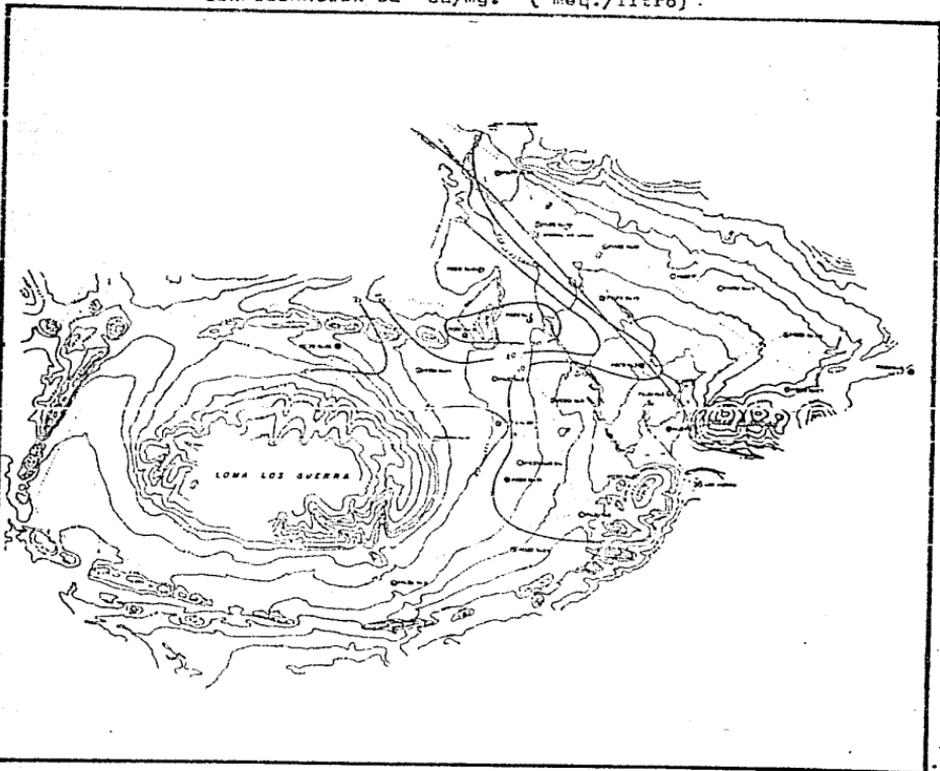


TABLA 6.9.1.1.

MONTERREY.- Composiciones Isotópicas Promedio.

NUMERO LOCAL	N O M B R E	TIPO	$\delta^{18}O$	$D$	T U.T.	ALTITUD m	REGION
1	Grutas de García	g	**	**	**	1000	III
2	" " "	g	**	**	**	1000	III
3	San Juan	p	-8.19 $\pm$ 0.4	-50.6 $\pm$ 4.5	7.6 $\pm$ .3	1000	III
4	Grutas de García	m	-7.40 $\pm$ .11	-46.8	25.0 $\pm$ .9	1000	III
5	Mina La Cobriza	g	-5.97 $\pm$ .16	-43.8	4.0 $\pm$ .2	1000	III
6	Buenos Aires 1	p	-8.97 $\pm$ .13	-60.2 $\pm$ .8	7.7 $\pm$ .6	765	IV
7	Buenos Aires 4	p	-8.93 $\pm$ 0.7	-57.0	7.5 $\pm$ .3	750	IV
8	Buenos Aires 6	p	-8.82 $\pm$ 0.1	-57.2	8.0 $\pm$ .3	790	IV
9	El Alto	p	-8.82 $\pm$ 0.5	-59.6	8.5 $\pm$ .3	750	IV
10	Buenos Aires 8	p	-8.94 $\pm$ .12	-58.6 $\pm$ .4	9.6 $\pm$ .1	800	IV
10A	Buenos Aires 10	p	-9.11	-59.7	6.9 $\pm$ .4	815	IV
11	Ojo de Agua	m	-8.92	-63.0	5.9 $\pm$ .3	750	IV
12	Durazno 1	p	-7.15 $\pm$ .18	-46.2 $\pm$ .6	2.3 $\pm$ .9	650	III
13	Durazno 2	p	-7.24 $\pm$ .22	-44.8	2.1 $\pm$ .2	650	III
14	Nacatas	m	-8.41 $\pm$ .04	-60.2	9.8 $\pm$ .5	760	III
15	Jesús Vidaurri	p	-7.99 $\pm$ .98	-57.9	12.8 $\pm$ .6	710	III
16	Parshall	g	-8.83 $\pm$ .03	-62.1	7.5 $\pm$ .3	600	III
17	Jaguay 3	p	-7.34 $\pm$ .19	-43.6 $\pm$ 1.9	11.1 $\pm$ 1.8	615	III
18	Benavides	m	-5.95 $\pm$ .0	-38.1	27.1 $\pm$ .7	345	I
19	Mojarras	m	-5.73 $\pm$ .05	-35.6 $\pm$ .1	29.5 $\pm$ 3.9	400	I
20	Dr. González	g	-5.94 $\pm$ .5	-43.1 $\pm$ 0	31.3 $\pm$ .9	450	I
21	Cerritos 2	p	-6.01 $\pm$ 0.3	-39.9 $\pm$ .4	1.2 $\pm$ .3	480	I
22	Cerritos 1	p	-6.74 $\pm$ 0.8	-41.7	14.2 $\pm$ .5	480	I
23	Arroyo Mamulique	m	-6.60 $\pm$ .15	-46.4	14.1 $\pm$ .4	440	I
24	Sabinas Hidalgo	m	-6.71 $\pm$ .34	-43.6 $\pm$ 1.8	28.0 $\pm$ 1.8	300	I
25	Bustamante 1	m	-7.84 $\pm$ .33	-51.2 $\pm$ 1.8	22.7 $\pm$ 7.0	480	I

\*) El tipo de fuente de agua puede ser: galería, manantial, noria o pozo.

\*\*) En el texto aparece la discusión respecto a este valor y en la tabla I la composición isotópica obtenida.

\*\*\*) No fué necesario analizar la muestra.

TABLA G.S.i.i.  
(continuación)

NUMERO LOCAL	NOMBRE	TIPO	IS O	D O	T U.T.	ALTITUD m	REGION
26	Jardín	P	-6.46 <sup>±</sup> .17	-40.0 <sup>+</sup> .5	6.3 <sup>±</sup> 1.2	600	I
27	Monterrey 4	P	-7.17 <sup>±</sup> .04	-44.6	12.0 <sup>±</sup> .4	580	III
28	Monterrey 1	P	-7.10 <sup>±</sup> .12	-45.1	13.5 <sup>±</sup> .6	595	III
29	Monterrey 2	P	-7.11 <sup>±</sup> .20	-45.1 <sup>±</sup> .2	13.3 <sup>±</sup> 1.1	585	III
30	Mina 1	P	-7.35 <sup>±</sup> .02	-46.7	5.2 <sup>±</sup> .2	610	II
31	Mina 10	P	-7.45 <sup>±</sup> .16	-48.7	5.5 <sup>±</sup> .3	625	II
32	Mina 8	P	-7.65 <sup>±</sup> .12	-47.8	6.7 <sup>±</sup> .3	630	II
33	Mina 4	P	-7.76 <sup>±</sup> .12	-45.1	6.1 <sup>±</sup> .5	630	II
34	Mina 7	P	-7.91 <sup>±</sup> .02	-52.5 <sup>±</sup> 1.3	5.6 <sup>±</sup> .9	620	II
35	Mina 5	P	-7.35 <sup>±</sup> .13	-47.4 <sup>±</sup> .9	3.9 <sup>±</sup> .5	610	II
36	Mina 6	P	-7.24 <sup>±</sup> .01	-46.7	4.4 <sup>±</sup> .3	610	II
37	Mina 9	P	-7.38 <sup>±</sup> .09	-48.6 <sup>±</sup> 1.9	5.5 <sup>±</sup> .2	610	II
38	Potrero Chico al	g	-7.43 <sup>±</sup> .11	-48.0	25.5 <sup>±</sup> .7	850	II
39	Potrero Chico in	g	-7.60 <sup>±</sup> .13	-49.2	19.7 <sup>±</sup> .1	850	II
40	Potrero Chico ba	g	-7.43 <sup>±</sup> .04	-49.1	19.4 <sup>±</sup> .6	675	II
41	C. Minas Viejas	g	-7.26 <sup>±</sup> .29	-51.3	11.9 <sup>±</sup> .4	675	II
42	R. José Garza	m	-7.47 <sup>±</sup> .15	-48.9	11.8 <sup>±</sup> .4	675	II
43	Topo Chico	m	-6.34 <sup>±</sup> .01	-37.3	7.1 <sup>±</sup> .3	560	II
44	Ojo Negro	m	-9.51 <sup>±</sup> .04	-65.5	8.8 <sup>±</sup> .4	1850	V
45	El Charro	m	-9.59 <sup>±</sup> .12	-65.0 <sup>±</sup> 3.8	2.0 <sup>±</sup> 1.9	1970	V
46	San Juanito	P	-9.61	-65.4	1.7 <sup>±</sup> .2	2170	V
47	Agua Blanca	m	-10.28 <sup>±</sup> .12	-68.4 <sup>±</sup> .7	15.5 <sup>±</sup> 1.7	**	V
48	Loma Alta 1	P	-9.13 <sup>±</sup> .10	-62.9 <sup>±</sup> .8	1.9 <sup>±</sup> .1	1600	V
49	Loma Alta 3	P	-8.91 <sup>±</sup> .29	-61.6 <sup>±</sup> .7	1.7 <sup>±</sup> .1	1600	V
50	Buena Vista pr	g	-8.94 <sup>±</sup> .29	-63.2 <sup>±</sup> .2	2.6 <sup>±</sup> .2	1700	V
51	Buena Vista fi	g	-9.05 <sup>±</sup> .3	-62.6	2.5 <sup>±</sup> .2	1700	V
52	Cola de Caballo I	g	-8.27 <sup>±</sup> .23	-52.4 <sup>±</sup> 1.9	15.2 <sup>±</sup> 3.3	800	VI
53	Cola de Caballo II	g	-8.02 <sup>±</sup> .25	-51.8 <sup>±</sup> 1.8	15.4 <sup>±</sup> .4	800	VI
54	Cola de Caballo	m	-8.90 <sup>±</sup> .31	-57.5 <sup>±</sup> 2.1	13.9 <sup>±</sup> 3.7	900	VI
55	San Francisco	g	-8.37 <sup>±</sup> .09	-53.2	16.7 <sup>±</sup> .7	730	VI
56	Ojo Caliente	m	-9.53	-64.2	0.8 <sup>±</sup> .2	1300	V

TABLA 6.9.1.1.  
(Continuación)

NUMERO LOCAL	NOMBRE	TIPO	$\lambda^{\circ}$ °	$D^{\circ}$ °	T U.T.	ALTITUD m	REGION
57	El diente	g	-7.25	-48.0	5.9 $\pm$ .3	860	VI
62	El bañito	m	**	**	**	400	VI
65	Anticlinal Tepozán	p	-6.24 $\pm$ .08	-46.1	24.3 $\pm$ 1.5	800	I
67	La Estanzuela	m	-8.02	49.4	23.9 $\pm$ 1.6	990	VI
67A	La Estanzuela ar	m	-7.99	***	24.4 $\pm$ 1.5	990	VI
69	Higuaras	m	-9.65	***	1.3 $\pm$ .2	1300	V
70	Arroyo Minas Viejas	m	-6.90 $\pm$ .24	-44.9 $\pm$ 3.1	10.8 $\pm$ .3	600	II
71	N. junto P. Jardín	n	-5.62	-36.8	18.7 $\pm$ 1.1	600	I
72	Buenos Aires 2	p	-9.04	-60.7	7.8 $\pm$ .5	760	IV
75	Los Navarros	m	-9.31	-63.7	5.5 $\pm$ .5	1200	V
77	San Antonio	p	-9.38	-63.9	0.3 $\pm$ .2	2170	V
82	Reynaldo Ramírez	n	-6.23	-39.6	4.6 $\pm$ .3	700	II
83	Agua Hedionda	m	-6.71	-37.0	0.8 $\pm$ .1	700	III
84	Testigo 5	p	-7.55	-50.1	**	700	III
85	Testigo 4	p	-7.67	***	**	700	III
86	Testigo 3	p	-7.63	***	**	700	III
87	Testigo 2	p	-6.70	-44.4	**	700	III
91	Las Sardinias	m	-5.66	-34.5	25.5 $\pm$ 1.7	400	I
94	G. José Garza	m	-5.20	-35.2	23.2 $\pm$ 1.6	600	II
97	Ojo Agua S. Miguel	m	-7.36	-48.9 $\pm$ 1.1	7.9 $\pm$ .7	600	II
98	Santos Villarreal	m	-4.43	-31.3	20.8 $\pm$ 1.4	600	II
99	León Flores	n	-4.76	***	9.7 $\pm$ .8	600	II
100	Mauricio B.	m	-7.24	-47.3	12.3 $\pm$ 1	**	V
101	Mauricio al	m	-7.20	***	12.6 $\pm$ 1	**	V
102	Puerto Genovevo	m	-7.24	***	9.3 $\pm$ .8	**	V
103	Ciénega	m	-7.88	-47.6	15.5 $\pm$ 1.1	**	V





**SIMBOLOGIA**

- CIVILIDAD 
- PROYECCION 
- PERIODO PROYECTO 
- CONDICION 
- VERIFICACION 
- AREA 
- PERIODO 
- CUOTA DE NIVEL 
- NO. 
- ACCIDENTE 
- ESTRUCTURA 
- PROYECTO 
- COMUNICACION PROFUNDIDAD AL NIVEL ESTADICO (1981) 
- COMUNICACION PROFUNDIDAD AL NIVEL ESTADICO (1984) 

ESCALA GRAFICA



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO  
**FACULTAD DE INGENIERIA**

JOSÉ GARRA MONTREAL, S.C. S. de RL.  
 PROFUNDIDAD AL NIVEL ESTADICO (JULIO 1984)

**TESIS PROFESIONAL**

AMELIO REYES RAMIREZ PLANO No. 1





**SIMBOLOGIA**

- FINCA \_\_\_\_\_
- POBLACION \_\_\_\_\_
- POBLACION PARQUES \_\_\_\_\_
- CANCHEROS \_\_\_\_\_
- TERMINALES \_\_\_\_\_
- ESTACION \_\_\_\_\_
- FEDECA CARREOL \_\_\_\_\_
- LEONIA DE MARI \_\_\_\_\_
- SEA \_\_\_\_\_
- ALBERTO \_\_\_\_\_
- ACEROS DE \_\_\_\_\_
- ALBERGOS \_\_\_\_\_
- FEDE \_\_\_\_\_
- AREA DE SILABOS \_\_\_\_\_

LEONIA DE MARI (ELEVACION AL NIVEL ESTADICO) 1:50,000

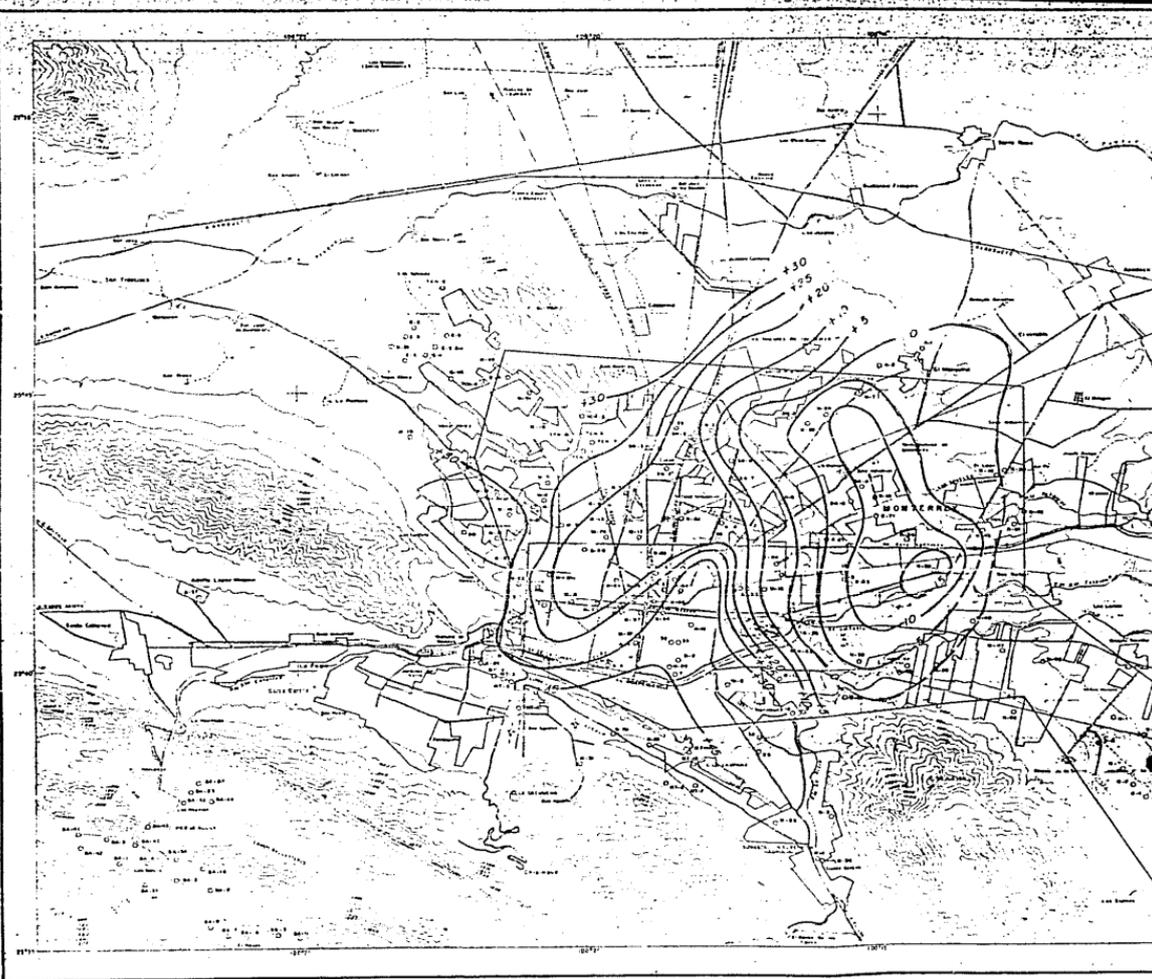
ESCALA GRAFICA

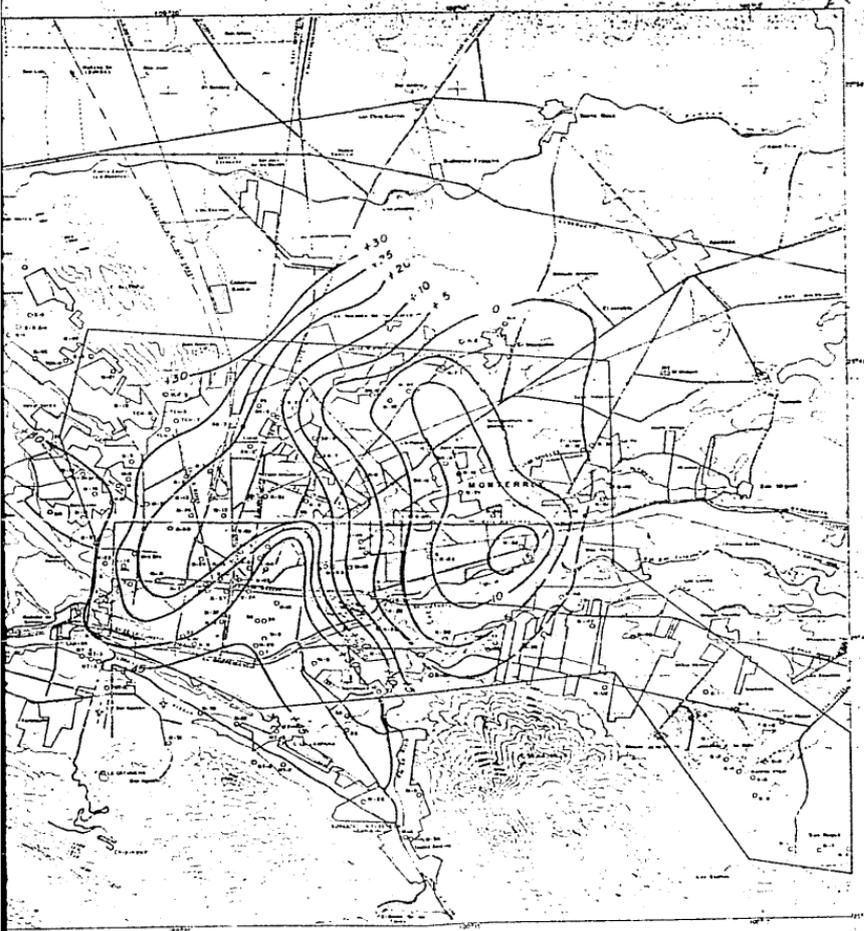
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO  
**FACULTAD DE INGENIERIA**

ZONA URBANA MONTERREY, N.L.  
 ELEVACION AL NIVEL ESTADICO JULIO (1984)

**TESIS PROFESIONAL**

ALUMNO: AURELIO RIVERA RAMIREZ ALUMNO N.º: 0000





**SIMBOLOGIA**

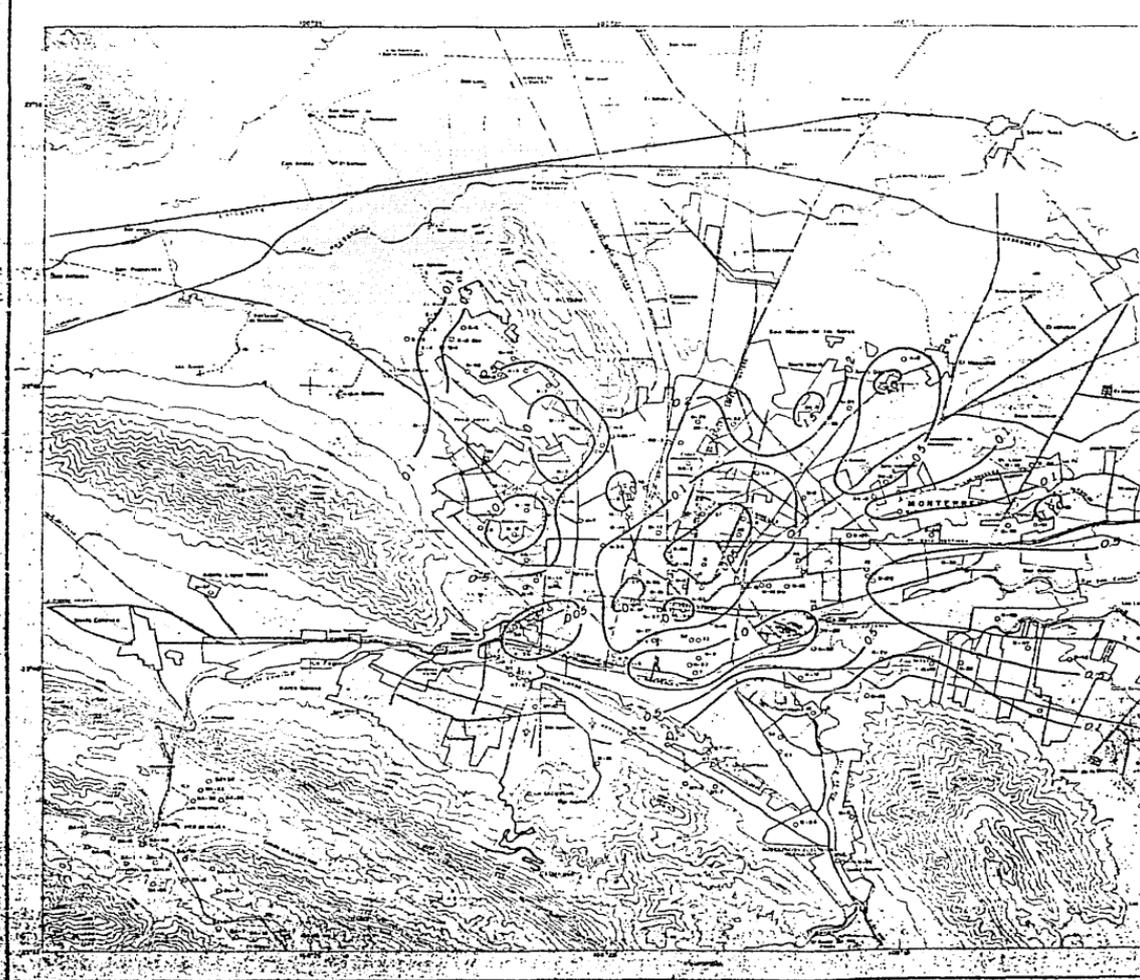
- CIUDAD
- PROTECCION
- PERIMETRO PROYECTADO
- CONSTRUCCION
- TERMINAL
- ARECA
- PERICARDIUM
- CERRA DE BARRA
- AVIA
- ESTADIA
- ACUQUECTO
- MANANTIO
- POZO
- CENIZAL #10

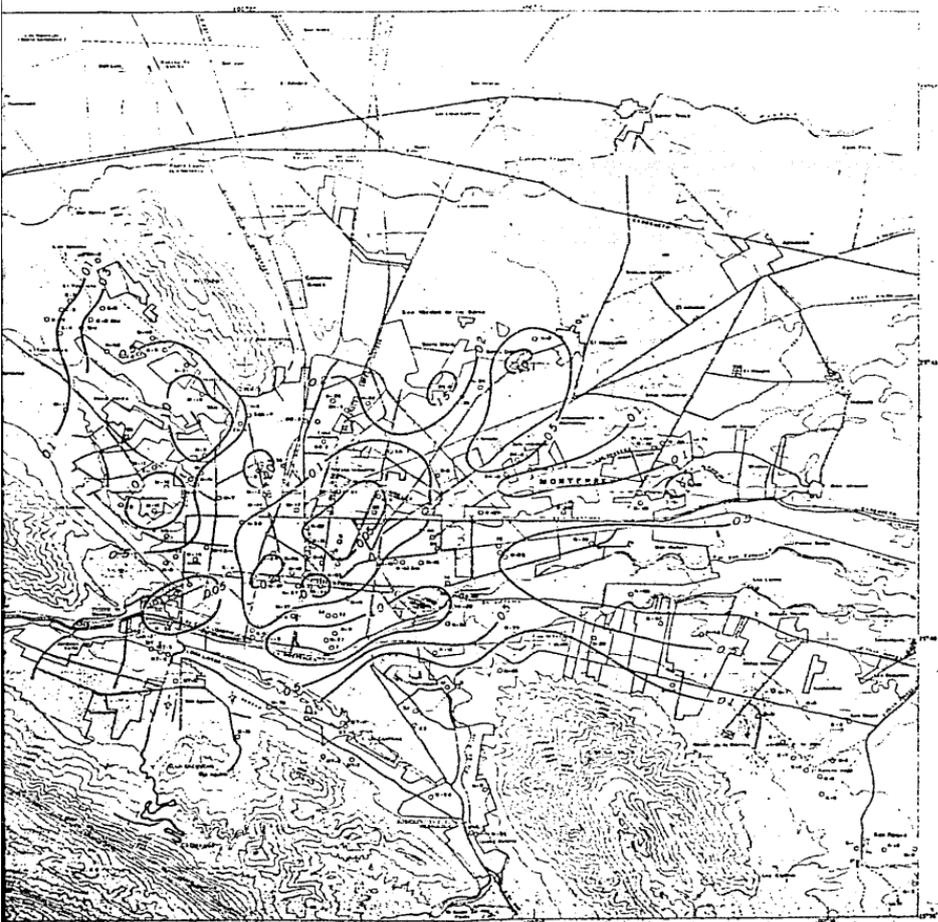
ESCALA GRAFICA

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
 ZONA URBANA MONTENREY, S.C.  
 EVOLUCION AL NIVEL ESTATICO. (1972-1984)

**TESIS PROFESIONAL**

Nombre: B. APELLIDO: REVES RAMIREZ PLANO: MEXICO





**SIMBOLORIA**

- FINCA \_\_\_\_\_
- POBLACION \_\_\_\_\_
- POBLACION PARROQUIA \_\_\_\_\_
- LA PARROQUIA \_\_\_\_\_
- FE BRACERIA \_\_\_\_\_
- APACHE \_\_\_\_\_
- EL POCARILLI \_\_\_\_\_
- CANAL DE RIEGO \_\_\_\_\_
- RIO \_\_\_\_\_
- ARRIO \_\_\_\_\_
- ACUADERA \_\_\_\_\_
- ARROYO \_\_\_\_\_
- PUERTO \_\_\_\_\_
- COMA DE RIAL CANAL ESPECIFICO (1:10,000) \_\_\_\_\_

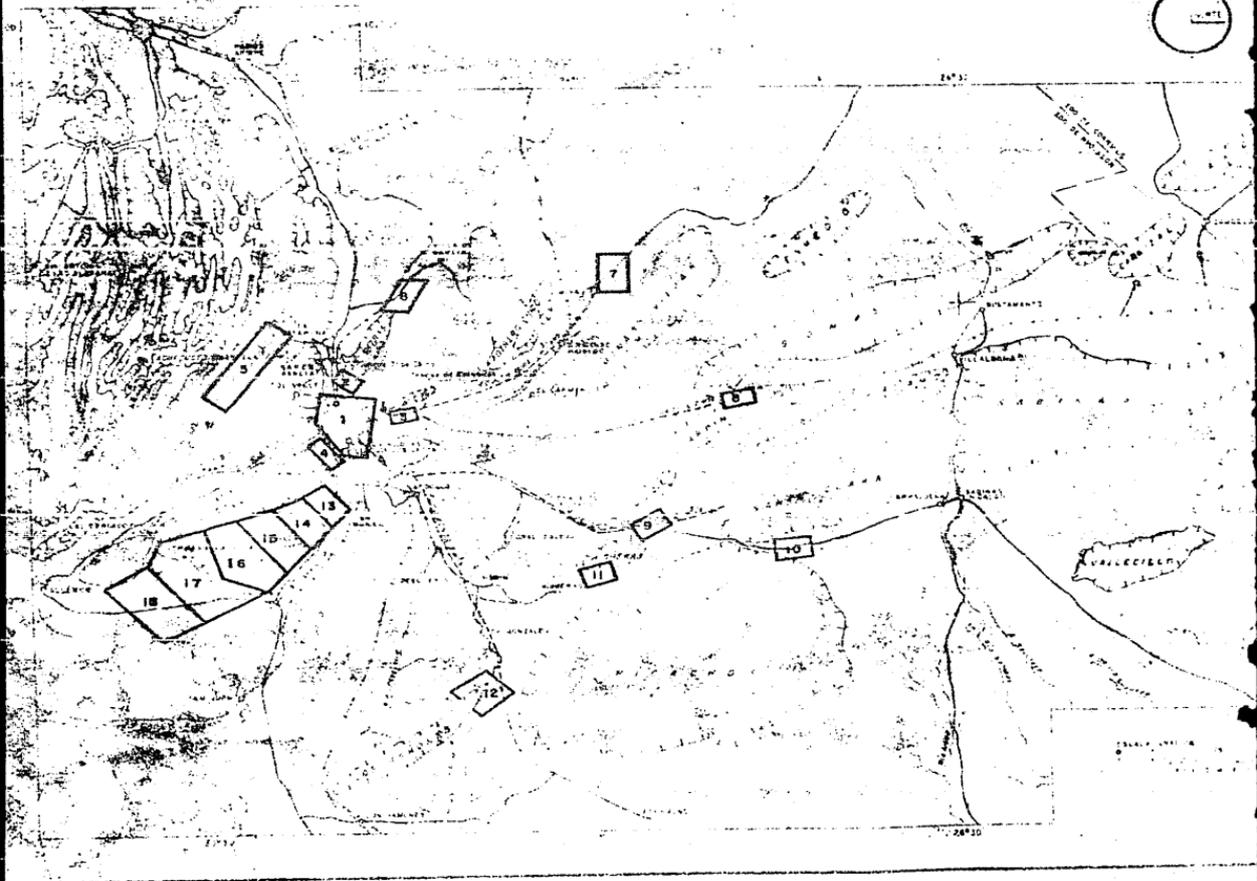
ESCALA GRAFICA

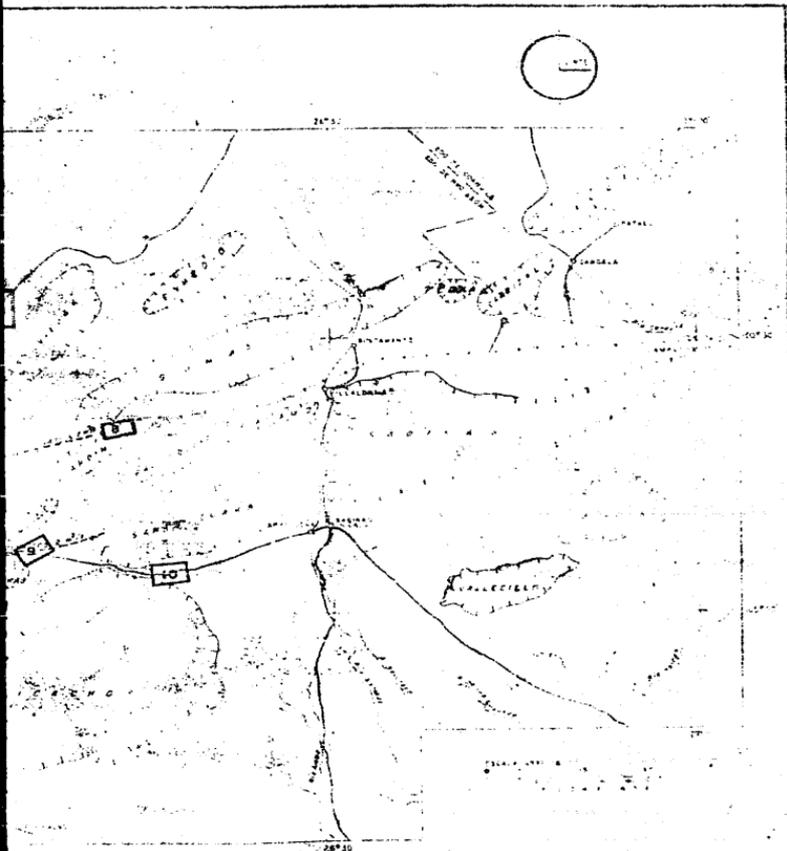
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO  
**FACULTAD DE INGENIERIA**

CARR. CUERPO UNIVERSITARIO, AVD. 1  
 CAUDAL ESPECIFICO Q. de (1984)

**TESIS PROFESIONAL**

ELABORADO POR: AURELIO REYES RAMIREZ PLANO No. 6221





### SIMBOLOGIA

CILINDRO	-----
HOLA LABDO	-----
LAVATORIA	-----
FERRI CARRE	-----
AL	-----
LIMITA DE ESTADO	-----
ACUEDUCTO	-----
TARQUE	-----
TANQUE	-----

- |      |                    |
|------|--------------------|
| 1.-  | ZONA METROPOLITANA |
| 2.-  | CAMPO MONTERREY    |
| 3.-  | CAMPO TORO CHICO   |
| 4.-  | CAMPO LA SILLA     |
| 5.-  | CAMPO BUENOS AIRES |
| 6.-  | CAMPO DURAZNO      |
| 7.-  | CAMPO MANA         |
| 8.-  | CAMPO JARDIN       |
| 9.-  | CAMPO CERRITOS     |
| 10.- | CAMPO MANUELQUE    |
| 11.- | CAMPO MISERIAS     |
| 12.- | CAMPO PAPAAYOS     |
| 13.- | CAMPO BUADALUPE    |
| 14.- | CAMPO SAN AGUSTO   |
| 15.- | CAMPO CIUDADELA    |
| 16.- | CAMPO SAN MATEO    |
| 17.- | CAMPO BOCA         |
| 18.- | CAMPO ATRESO       |

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MEXICO  
FACULTAD DE INGENIERIA

LOCALIZACION DE CAMPOS  
DE POZOS

TESIS PROFESIONAL

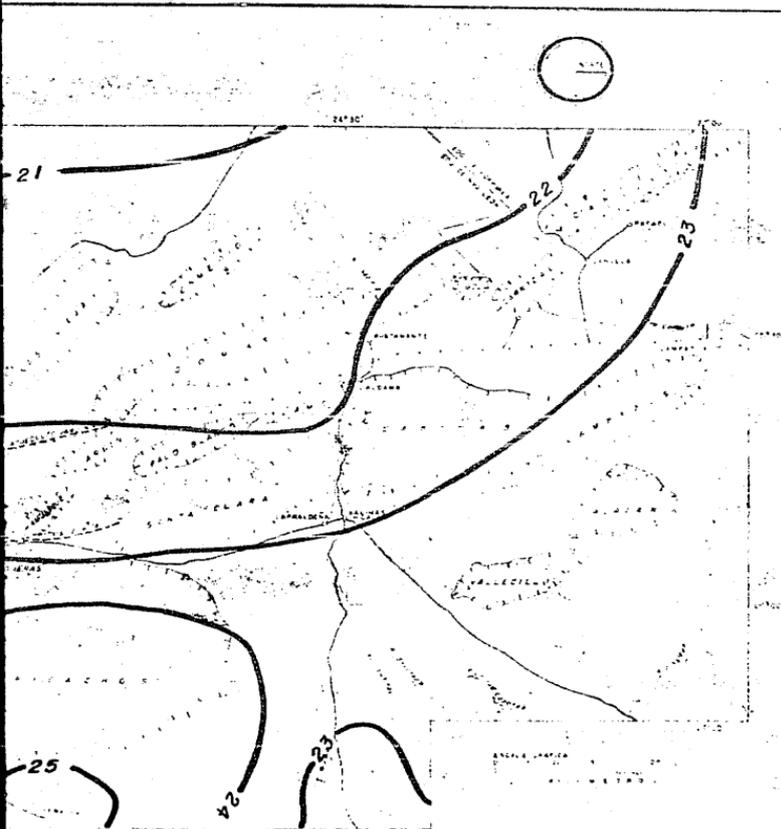
FECHA DE ENTREGA: 10 DE NOVIEMBRE 1961

AJREID RIFES RAMIREZ

PLANO N°

6.1.1.





**SIMBOLOGIA**

- CIUDAD 
- POBLADO 
- CANALIZADA 
- TERRESTRE 
- PIEDRA 
- FRONTE DE ESTADO 
- AGUAS CORTAS 
- PARQUE 
- TARQUA 

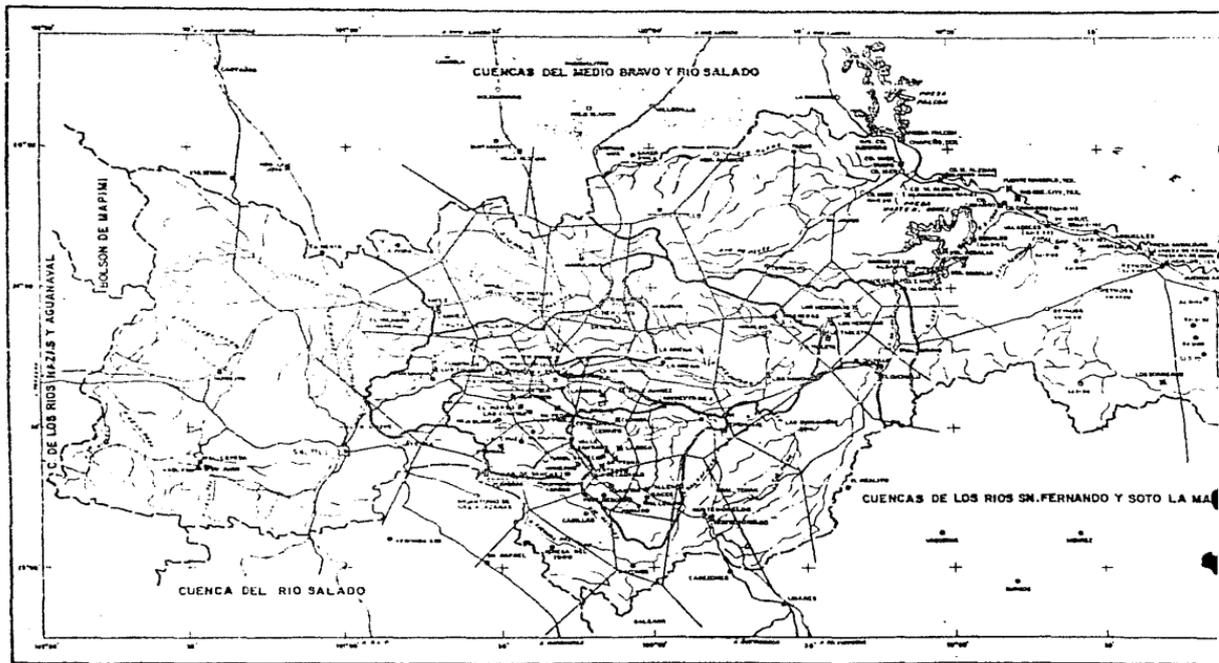
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO  
**FACULTAD DE INGENIERIA**

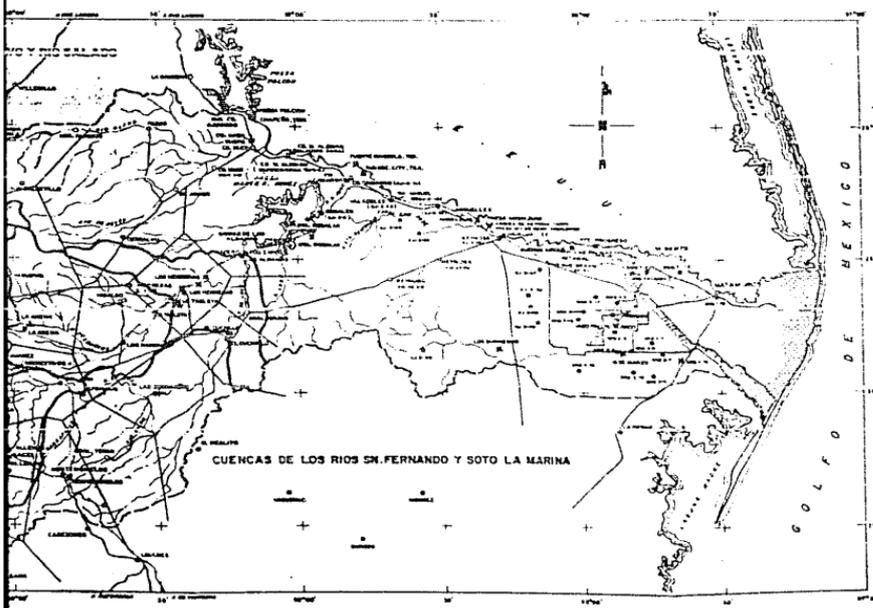
**ISOTERMAS MEDIAS ANUALES**

TESIS PROFESIONAL









**SIMBOLOGIA**

- POBLACION \_\_\_\_\_
- CARRETERAS \_\_\_\_\_
- FERROCARRIL \_\_\_\_\_
- RIO & ARROYO \_\_\_\_\_
- PRESA \_\_\_\_\_
- ESTACIONES CLIMATOLOGICAS:**
- SA R H \_\_\_\_\_
- SA R H Y OTRAS \_\_\_\_\_
- OTRAS \_\_\_\_\_
- SUSPENDIDA \_\_\_\_\_ X
- ESTACIONES HIDROMETRICAS:**
- ESCALA \_\_\_\_\_
- ESCALA Y AFOROS \_\_\_\_\_
- SECCION, AFOROS Y LABORATORIO \_\_\_\_\_
- SUSPENDIDA \_\_\_\_\_ X
- DIVISION DE SUBCUENCAS HIDROGRAFICAS \_\_\_\_\_
- POLIGONOS DE THIESSM \_\_\_\_\_

ESCALA GRAFICA

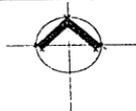
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO  
**FACULTAD DE INGENIERIA**

**PLANO DE POLIGONOS DE THIESSM**

**TESIS PROFESIONAL**

INGENIERO: **AVARELLO REYES RABINDES** PLANO NO. **2.6.4.1**





## LEYENDA

- |     |  |
|-----|--|
| Qal | DEPOSITO DE TALUD<br>DEPOSITOS ALUVIALES<br>CONGLOMERADO REYNOOSA  |
| Ksi | FORMACION MENDEZ<br>FORMACION AUSTIN<br>FORMACION SAN FELIPE<br>FORMACION AGUA NUEVA                         |
| Ksf | GRUPO DIFUNTA<br>FORMACION PARRAS<br>INDIDURA  |
| Kl  | FORMACION CUESTA DEL CURA<br>FORMACION AURORA<br>FORMACION LA PEÑA<br>FORMACION CUPIDO<br>FORMACION TARAISES |
| Js  | FORMACION LA CASITA<br>FORMACION ZULOAGA<br>FORMACION MINA VIEJA   |

## SIMBOLOGIA:

- |             |            |
|-------------|------------|
| ↑<br>+<br>↑ | ARTICLINAL |
| ↑<br>-<br>↑ | SINCLINAL  |
| .....       | CONTACTOS  |



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
 DE MEXICO  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 ZONA URBANA, MONTERREY, N. L.  
**GEOLOGICO**

**TESIS PROFESIONAL**

MEXICO, D. F. AURELIO REYES RAMIREZ PLANO No  
 NOVIEMBRE 1980 4. 2. 1.