



3
2 ej.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES

‘‘ARAGÓN’’

**ESTUDIO HIDROLOGICO PARA LA OPTIMIZACION
EN EL APROVECHAMIENTO DE LOS RECURSOS EN
EL EJIDO DE CUACNOPALN, ESTADO DE PUEBLA**

TESIS PROFESIONAL

Que para obtener el Título de:

INGENIERO CIVIL

Presenta:

ABRAHAM EDUARDO CADENA SANCHEZ

FALLA DE ORIGEN

San Juan de Aragón, Estado de México 1989



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.

I N D I C E

	PAG.
PROLOGO	1
INTRODUCCION	4
I GENERALIDADES	9
1.1 El agua y su utilización	9
1.2 Necesidades de agua en la tierra	10
1.3 Aspectos hidrológicos en la República Mexicana	11
1.4 Observaciones geohidrológicas en el Ejido de Cuacnopalan	15
II CUANTIFICACION DE RECURSOS DISPONIBLES	23
2.1 Precipitación	26
2.1.1 Promedio Aritmético	26
2.1.2 Poligonos de Thiessen	28
2.1.3 Método de Isoyetas	36
2.1.4 Resumen	63
2.2 Escurrimientos	70
2.3 Evaporación y Transpiración	74
2.3.1 Evaporación promedio mensual	75
2.3.2 Evapotranspiración o uso consuntivo	79
2.3.2.1 Método de Thorntwaite	80
2.3.2.2 Blaney-Criddle	83
2.3.3 Resumen	87
2.4 Infiltración	89
2.4.1 Factores que afectan la capacidad de infiltración	90
2.4.2 Clasificación del suelo	90
2.4.3 Permeabilidad del suelo	92
2.4.4 Cálculo de la Infiltración	98
2.4.4.1 Método empírico	98
2.4.4.2 Utilizando el Coeficiente de Permeabilidad.	100
2.4.4.3 Resumen	104
2.5 Aguas Subterráneas	106
2.5.1 Pozos someros o poco profundos	106
2.5.2 Pozos profundos	107
2.5.3 Recursos Subterráneos	107
2.5.3.1 Pozos localizados en el Valle de Esperanza.	109
2.5.3.2 Pozos localizados en el Valle de Cuacnopalan	110
2.5.3.3 Otros pozos	111

	PAG.
III DETERMINACION DE RECURSOS NECESARIOS	114
3.1 Régimen de riego	114
3.2 Determinación del consumo total de agua de los cultivos agrícolas	116
3.2.1 Uso consuntivo en el Ejido de Cuacnopalan	128
IV PROPOSICIONES	152
4.1 Balance Hídrico	152
4.2 Perforación de Pozos	155
4.2.1 Valle de Esperanza	156
4.2.2 Valle de Cuacnopalan	158
4.3 Galería Filtrante	160
4.4 Combinación	162
ANEXOS	167
BIBLIOGRAFIA	184

PROLOGO

Este trabajo forma parte de un estudio más amplio enfocado a solucionar el problema de riego, combinando los factores climatológicos y la construcción de obras de abastecimiento de agua, que nos lleven a un mejor aprovechamiento de los recursos hidráulicos localizados en la zona donde se ubican el ejido de Cuacnopalan. Estudio en el cual he trabajado durante los últimos años y cuya terminación requiere no solo de tiempo, sino más que nada, de el apoyo de la comunidad de Cuacnopalan.

Las circunstancias que me obligaron a calcular de una manera estimativa los resultados de éste estudio hidrológico, sin utilizar metodos más sofisticados que requieran de realizar mediciones y muestreos más detallados, fueron principalmente las siguientes:

- a) Que en esta zona no se cuenta con las estaciones de registro necesarias para llevar un seguimiento detallado de los cambios climatológicos.
- b) No se contaba con los recursos económicos para rentar equipo de perforación que nos permitiera obtener información más detallada del subsuelo.
- c) El apoyo por parte de la comunidad fué escaso tanto en el desarrollo de algunas actividades como en proporcionar la información que se requería.

d) La necesidad de presentar este trabajo para dar como concluidos mis estudios y obtener mi título de Ingeniero Civil.

No obstante lo anterior, espero que éste trabajo contribuya a reflexionar sobre la necesidad de continuar buscando alternativas que solucionen el problema de las -- sequías que azotan a la comunidad y sirva de apoyo a -- otros proyectos que se realicen en Cuacnopalan y sus alrededores. Así mismo, exorto a toda la comunidad a dejar a un lado las envidias y los individualismos que únicamente han provocado se decuide el desarrollo de Cuacnopalan, teniendo como consecuencia la suspensión de obras tan importantes que ayudarían a brindar una mejor forma de vida a las generaciones futuras. Los invito a continuar con estas obras.

Debo privarme del placer de agradecer a todos aquellos que de alguna manera u otra contribuyeron y convivieron momentos de mi formación educativa y personal, deseo expresar mi especial agradecimiento a mis Padres Francisco Cadena Rosas y Gudelia Sánchez Carrasco, a mis hermanos Silvia, Juana, Patricia, Ruben, Lauro, Jorge, Francisco, José Luis, Daniel, Sandro, Pavel, etc., a mi esposa Romelia y a María Antonieta Pedraza Díaz, a quienes debo toda mi vida.

Deseo dar las gracias a quienes contribuyeron de una --

manera directa a la realización de éste trabajo. En primer lugar a el Ing. Juvenal Carballido Chavelas, quien me asesoro con acierto y paciencia. A Bulmaro Cadena - Rosas y Rodolfo Gómez Barojas, quienes me proporcionaron la mayor parte de la información que aquí se maneja. A Graciela López Chimalpopoca, Rosalba Jiménez García, - Silvia Banda y Lidia Hernández, quienes con paciencia y dedicación mecanografiaron éste trabajo. A los ingenieros Ignacio Yañez Cruz y Jacobo Chernovezky H., quienes me dieron todas las facilidades para concluir mis estudios y a todos aquellos que no nombre pero, que de una u otra forma participaron ¡ Muchas Gracias !.

INTRODUCCION

El artículo 27 de la Constitución de los Estados Unidos Mexicanos no sólo fundó la propiedad originaria del Estado sobre las tierras del territorio nacional, sino también sobre las aguas. En consecuencia, por lo dispuesto en nuestra constitución y en nuestras leyes, tiene pleno apoyo la planeación económica y social de la política hidráulica de México.

Los recursos hidráulicos del país, requieren de una buena planeación que regule y programe racionalmente el aprovechamiento del agua para asegurar un desarrollo económico y social más justo. Esta iniciativa pretende además del incremento de las superficies cultivadas, el aumento de la producción agropecuaria, y del rendimiento de la tierra, lograr uno de los propósitos fundamentales de la Revolución Mexicana: que las obras hidráulicas que construye el gobierno, beneficien las tierras de quienes auténticamente las trabajan y se impidan los acaparamientos ilegales y las especulaciones indebidas, con las superficies beneficiadas por el riego.

Las obras hidráulicas que realiza el gobierno federal, requieren de cuantiosas inversiones, además de que su construcción obedece a la necesidad de controlar y captar el agua para aprovecharla al máximo y evitar su desperdicio. No obstante la demanda total que se requiere, en algunas zonas no se satisface debido a que el Gobierno da preferencia para iniciar la ejecución de obras de riego a las zonas o regiones del país en que estén, resueltos los problemas jurídicos sobre la tenencia de la tierra, tanto de ejidos y comunidades como de pequeñas

propiedades, pero también tomando en cuenta que las obras realizadas sean rentables.

Es por esto que existen regiones donde se esta concediendo una importancia mayor a la explotación y aprovechamiento racionalizado de los recursos hidráulicos. Todo esto independientemente de lo que la S.A.R.H. tiene programado realizar. La causa principal radica en que una gran parte de la superficie del territorio corresponde a zonas secas y semisecas, donde se hace imposible la utilización intensa de los terrenos agrícolas a causa de la insuficiente humedad. Para acelerar el desarrollo económico y social de una región es necesario conocer con mayor exactitud todos los recursos hidráulicos tanto superficiales como subterráneos de que se dispone, éstos son función de las variaciones de los ciclos climáticos; satisfacer eficazmente las demandas actuales de agua en razón de sus diferentes fines, y prevenir las futuras; regular y jerarquizar su uso; y establecer las bases para su mejor aprovechamiento y explotación.

Una reserva importante de obtención de agua para la irrigación son las aguas subterráneas que se restituyen cada año. Por lo tanto, es necesario enfocar este problema con cuidado, no permitiendo el agotamiento de las reservas de agua subterránea, que es la fuente principal de abastecimiento que permite satisfacer las necesidades de la población en aumento.

Desafortunadamente, el problema más grave en la utilización de los recursos subterráneos es el gran costo que representa extraerlos y ante todo su difícil localización en algunas regiones donde son la única fuente capaz de satisfacer las

necesidades de la población.

No obstante lo anterior, la necesidad en que se encuentra el hombre, lo obliga a encontrar los mecanismos más eficaces para la obtención de los elementos que le son necesarios para subsistir, logrando aveces cosas imposibles a simple vista, tras una sorda lucha contra la naturaleza.

La realización de este estudio, representa la consecución de un propósito de varias personas que se plantearon tratar de aprovechar las condiciones topográficas de una región para obtener agua y satisfacer las necesidades agrícolas que padecen. El objetivo primordial radica en determinar los mecanismos de aprovechamiento de los recursos hidráulicos con que se cuenta y buscar las formas de abastecer a una mayor cantidad de terreno la humedad suficiente para el cultivo.

En el pueblo de Cuacnopalan, Puebla, el 4 de julio de 1964 se funda una sociedad que lleva por nombre "Gral. Sebastián Severiano García". En un principio cuenta con 61 socios y es hasta el 17 de enero de 1970 que legalmente se reconoce su existencia, teniendo en ese momento 181 socios.

La alternativa que se plantea para solucionar la escasez de agua, es la creación de un sistema de riego por Galería Filtrante; para lo cual se proponen extraer agua de la parte norte del ejido, teniendo que atravesar la sierra de Cuesta Blanca en una longitud de cruzamiento aproximada de 400 mts. En esa zona denominada "San Antonio Limones", cuentan con una superficie de 1,110 hectáreas, donde el tipo de terreno y las condiciones climáticas así como la cercanía con el Pico de Orizaba los hace suponer que existe una reserva suficiente

que les proporcione el gasto necesario para irrigar un total de 2,214.6703 Has. según el proyecto elaborado por la Dirección General de Conservación del suelo y agua.

Bajo estos lineamientos emprendieron la obra de perforar un túnel de 1.11 kilómetros con aproximadamente 400 mts. de roca, llegando hasta 1969 a una longitud de 156 metros, con un ancho de 1.5 metros y altura de 2 m. ; además se realizaron 1 lumbrera y se comenzaron 2.

Debido a la falta de apoyo técnico en la perforación del túnel; se tuvo un accidente en el que perdió la vida el Sr. Pedro Castillo, una de las personas más entusiastas en la realización de ésta obra. Esto trajo como consecuencia que el ánimo de la gente decayera y se vieron suspendidas las actividades, mismas que no se logró se volvieran a realizar aún cuando la Coordinación Rural de la Compañía Ingenieros Civiles Asociados (I.C.A.) se presto a financiar la obra bajo un plan de servicio social.

La obra se vió interrumpida por falta de recursos y apoyo de la extinta Comisión del Papaloapan la que argumentaba que la realización de esta no sería rentable debido al poco gasto que se obtendría. Estos argumentos los respaldaron con estudios someros que realizaron.

Fué por esto que surgió la idea de realizar un estudio hidrológico de la región, para buscar la forma de optimizar el aprovechamiento de los recursos en el ejido, de tal forma que si no es factible la realización de la obra comenzada, se proponga otra solución que logre evitar los grandes gastos que hasta ahora se han realizado en la perforación de pozos

por parte de sociedades pequeñas, mismos que en algún momento resultan satisfactorios pero en otros, el fracaso hace perder las esperanzas de los campesinos.

I.-GENERALIDADES.

1.1.-EL AGUA Y SU UTILIZACION.

El agua es uno de los grandes recursos que ofrece la naturaleza y al mismo tiempo es una de las riquezas indispensables para la vida del hombre y para sus actividades productivas.

Existe una diferencia de criterio respecto a la posibilidad de considerar a este recurso como "renovable" o "permanente". Parece ser que los dos bandos tienen la razón, pues el agua puede considerarse como riqueza permanente en tanto que su volumen general sobre el planeta es más o menos constante, gracias al ciclo hidrológico de evaporación-condensación-lluvia-movimiento-evaporación, pero al mismo tiempo en una región dada el agua puede ser utilizada al máximo, para "renovarse" por medio de ese propio ciclo hidrológico.

El agua es el elemento más abundante en la superficie de la Tierra, ya que cubre cerca de las tres cuartas partes de la misma. Además, depósitos y corrientes subterráneas vienen a aumentar su proporción. Y ésta crece más aún, si consideramos el agua que entra en la composición de muchos cuerpos.

Podría agregarse que el agua es el ambiente donde se encuentran otros recursos, pero la particularidad de mayor interés reside en que forma parte sustancial de todos los organismos, tanto animales, como vegetales, y por lo tanto, una tierra potencialmente fértil por sus características físicas y químicas, no sirve para fines agrícolas, si carece de agua fecundante.

El agua en la agricultura es tradicional y ampliamente conocida

por su importancia, en lo que respecta a la que la lluvia proporciona y hace que algunas regiones que la reciben con regularidad y abundancia sean verdaderos paraísos agrícolas, mientras otras en que es escasa o irregular sólo aporten una riquísima agricultura.

1.2.-NECESIDADES DE AGUA EN LA TIERRA

Gran parte de la superficie de la Tierra se encuentra ubicada en zonas secas y semisecas donde no obstante el mejoramiento de la tierra con las diferentes técnicas desarrolladas por el hombre, se hace imposible la utilización intensa de los terrenos agrícolas a causa de la insuficiencia de humedad. Las zonas secas y semisecas con precipitaciones menores de 500 mm. ocupan cerca del 60% de la superficie de la tierra firme; sin embargo, las sequías periódicas, con una frecuencia desde 5 hasta 60 veces en cien años, afectan a más del 70% de dichas tierras.

Estas zonas están ubicadas a ambos lados del Ecuador, en latitudes desde 10° hasta 50°.

Entre las zonas más secas se encuentran Australia (82% de la superficie), África (50%), Asia (45%), América del Norte y del Sur (28%) y (21%) (Lobova y Jabarov, 1978).*

Según los datos de Fanek y Kovda (1978),* el número de países ubicados casi en su totalidad en desiertos asciende a 30 (70-100% de la superficie), los que tienen territorios áridos son 7 (40-70% de la superficie); la cantidad de países que presentan insuficiencia de precipitaciones atmosféricas en

* Referencia 4

10-40% de la superficie son 32.

De la superficie mundial total 13.4 mil millones de Has. Se cultiva cerca del 11% (1.5 mil millones de Has). Cerca de un 40% de las tierras cultivables se encuentra en zonas húmedas, alrededor de un 40% en zonas secas donde el riego complementario puede triplicar la producción agrícola, el 15% se encuentra en zonas semisecas donde el riego puede duplicar el volumen de la producción agrícola, tanto por el aumento de las áreas de siembra como por el aumento del rendimiento de la cosecha, y el 15% restante de todas las tierras cultivables se encuentra en zonas intermedias donde la agricultura sin riego es imposible.

1.3.-ASPECTOS HIDROLOGICOS EN LA REPUBLICA MEXICANA.

El régimen de lluvias de México, en lo sustancial, queda comprendido dentro de los marcos de la llamada "meteorología tropical", o sea que se caracteriza por precipitaciones de tipo tempestuoso y ciclones que al mismo tiempo que destruyen edificios y cosechas, salvan a la República de ser un enorme territorio semiseco o francamente desértico, las granizadas son frecuentes e igualmente los violentos meteóros locales.

De acuerdo con esto, las lluvias se concentran en dos períodos cortos de tiempo, siendo el más importante de julio a octubre inclusive (lluvias normales convectivos y ciclones). Y otro espacio de menor interés, o sea el invernal de "nortes" (diciembre-febrero), en la región noroeste del país.

El resto del año casi todo el país sufre de sequías más o menos completa, excepto territorios situados en lo alto de las serranías del litoral del Golfo de México, donde llueve

la mayor parte del año.

Los mayores porcentajes de lluvias se depositan principalmente en áreas de la República que no ocupan su mayor parte, sino que se constriñen a porciones del trópico en Veracruz, Tabasco, norte y sureste de Chiapas, sur de la península de Yucatán y algunos recodos de la costa del pacífico (costa e interior de Nayarit, vertiente exterior de la Sierra Madre del Sur y la planicie costera en Jalisco y Oaxaca), además de las cuabres de nuestros sistemas montañosos principales.*

Al mismo tiempo, enormes extensiones del Norte, Noroeste, Centro y Sur, sufren de sequía absoluta y relativa; por eso se observan tremendos contrastes entre los escasos sitios donde se precipitan más de 4500 milímetros al año (situados en el norte de Chiapas y en el Soconusco), 3500 en el sur de Tabasco y 2500 en el sureste de Veracruz, por un lado y sólo 800 en Tlaxcala, 700 milímetros en los valles centrales de Oaxaca, 500 en el sureste de Puebla, 400 en Zacatecas y menos de 100 en el Valle de Mexicali y la mayor parte de Baja California.

Se estima que el promedio de lluvia general en el país alcanza 700-717 mm. lo cual es un índice bastante bajo, que situa al país en su conjunto en los límites de la agricultura de temporal con escaso rendimiento.

Como consecuencia del complejo relieve y de la enorme diversidad en climas que presenta el territorio nacional, a lo cual se agrega la importancia de las diversas clases de capas superficia-

* Referencia 8

les en cuya historia geológica es distinta de región a región y condiciona distintos tipos de subsuelo, más o menos permeable, la hidrología es complicada. En su conjunto todos los factores naturales conducen a la existencia de leyes generales de mayor o menor vigencia y a distintas formas regionales y locales en la distribución especial de los recursos hidrológicos mexicanos.

Esas leyes generales nos indican que de acuerdo con los regímenes de lluvia que varían de Sureste a Noroeste, también puede notarse una distribución acorde y por lo tanto los recursos hidrológicos son mayores en las grandes planicies del Este-Sureste, bajando también importantes ríos de los grandes sistemas montañosos donde la lluvia se concentra con mayor fuerza a través del año y donde los ciclones depositan sus fuertes precipitaciones, en lugar de hacerlo directamente sobre las planicies desérticas y semidesérticas.

El volumen de agua natural que conducen anualmente los ríos mexicanos, se ha estimado en forma distinta según diversos investigadores, parece más representativo al cuadro siguiente:

VERTIENTES	ESCURRIMIENTO MILLONES m3.	% RESPECTO AL TOTAL
ATLANTICO	244 701	65.66
PACIFICO	125 616	33.10
INTERIORES	3 666	0.98
PENINSULA DE BAJA CALIF.	<u>949</u>	<u>0.26</u>
T O T A L	374 932	100.00

* Referencia B

Otros autores calculan cifras que oscilan entre 311,000 millones de metros cúbicos, 353,855 y 357,257 millones de escurrimiento en la totalidad de los ríos mexicanos.

Un aspecto de gran importancia que debe considerarse para poder estimar el volumen real de agua que es útil en los diversos usos a que se le puede someter en el país, se refiere a la evapotranspiración (líquido que se pierde por evaporación natural y a causa del consumo y transpiración que hacen las plantas), también a este respecto varían los porcentajes que en distintos trabajos pueden encontrarse, yendo desde el 61 hasta el 67% del total de las precipitaciones caídas (o sea entre 945 500 y 1 040 000 millones de metros cúbicos). A la cantidad de agua perdida por evapotranspiración debe agregarse una proporción importante que se infiltra en el subsuelo y que varía entre 10 y 20% de acuerdo con los distintos estudios (las cantidades comprenden de 152,743 a 247,000 millones de metros cúbicos).

En los territorios áridos y semiáridos de México el problema de la utilización de aguas subterráneas es básico, tanto para la agricultura como para el consumo diario de la población, se estima que aproximadamente 170 000 millones de metros cúbicos existen en los depósitos acuíferos, subterráneos, localizados casi en un 50% en las zonas secas, 30 000 en las muy secas y el resto en las de carácter subtropical. Aún aceptando la primera cifra, buena parte de las aguas subterráneas no se puede utilizar porque gran porcentaje de ellas se localiza

a profundidades excesivas teniendo como resultado que sólo 27 800 millones de m³, parecen ser realmente aprovechables.

1.4.-OBSERVACIONES GEOHIDROLOGICAS EN EL EJIDO DE CUACNOPALAN.

El pueblo de Cuacnopalan pertenece al municipio de Palmar de Bravo estado de Puebla, cuenta según el censo de 1980 con 16,000 habitantes, dato que se ha incrementado llegando en la actualidad a tener aproximadamente 17,000 habitantes. Se localiza a una altura de 2,228 metros sobre el nivel del mar y sus coordenadas geográficas son:

18° 49' de Latitud Norte

97° 31' de Longitud al W de Greenwich

El ejido de Cuacnopalan tiene una superficie total distribuida de la siguiente manera:

PARCELA	FRAC.	SUP. DE CADA FRACCION	SUPERFICIE TOTAL
1	2	Dif. superficie	6.0000 Has.
2	8	Dif. superficie	12.0000 Has.
12	36	Dif. superficie	72.0000 Has.
3	3	6.0000	18.00 00 Has.
449	898	3.0000	2,694.00 00 Has.
<u>1 Escuela</u>	<u>2</u>	3.0000	<u>6.00 00 Has.</u>
468	949	Sup. fraccionada	2,808.00 00 Has.
		Incultivable	<u>2,450.77 12 Has.</u>
		T o t a l	5,258.77 12 Has.

Esta superficie se encuentra dividida en dos grandes valles por cadenas montañosas o cerros que sirven a modo de cinturón a los que se les denomina Sierra de Cuesta Blanca.

En la parte Norte se localiza el Valle de Esperanza, el cual es amplio y de forma alargada. Está limitado al Sur, Sureste y Suroeste por los lomeríos antes descritos, al Noroeste, lo limita la Sierra Madre Oriental que tiene como accidente principal la elevada cima del Citlaltépetl o Pico de Orizaba, de 5,700 mts. de altura sobre el nivel del mar, destacándose desde grandes distancias.

En este valle podemos localizar una superficie total de 1,110 Has. que pertenecen al poblado de Cuacnopalan, terrenos que en su mayoría están compuestos por un tipo de suelo arcilloso, arenoso, teniendo un alto coeficiente de infiltración, característica que hace que esta zona sea de gran productividad para la población como se detallará más adelante.

En la parte Sur localizamos el Valle de Cuacnopalan que presenta una longitud aproximada en su eje mayor de unos 25 km., teniendo una amplitud promedio de 8 km. Queda encajonado por series de rocas sedimentarias marinas o mixtas tanto al Norte, Noreste y Sur, consistentes principalmente por calizas, margas y conglomerados de plataforma. Las calizas son de tipo laminar pudiéndose observar en algunos afloramientos que existen, capas sumamente densas y fracturadas que alternan con horizontes de margas, delgadas y más bien arcillosas. Hacia la denominada Sierra de Cuesta Blanca que se ubica al Norte y Noreste, llegan a verse algunas calizas sumamente plegadas con capas de unos 2 mts. de espesor. Estas rocas fueron fuertemente falladas de forma que sus desplazamientos permitieron la generación

de estructuras como grabens y horsts. Hacia la Sierra de Tecamachalco, que limita al Valle en la porción Sur, Suroeste existen predominantemente rocas conglomeráticas de tipo calcáreo sumamente densas, con poca permeabilidad. Tanto la Sierra de Cuesta Blanca como la de Tecamachalco llegan a alcanzar altitudes del orden de los 2,450 m. rebasando en algunos lugares el nivel de los valles por el orden de los 500 m.

Los suelos por lo general tienen una distribución que abarca en la parte Norte del Valle arenas con alto coeficiente de infiltración, pero en la parte Sur del poblado predominan los suelos arcillosos con menos permeabilidad. En las partes altas los suelos son fuertemente erosionados tanto por los vientos como por el escurrimiento de las aguas broncas, así que estos presentan espesores insignificantes especialmente en las laderas de los cerros.

En este Valle, localizamos la población de Cuacnopalan que abarca una superficie de 10 Has. habitadas, más las 4,138.7712_ Has. que sumadas a las del Valle de Esperanza componen la superficie total del ejido. Dicha población se encuentra rodeada de varias zonas urbanizadas que se encuentran comunicadas por la carretera Tecamachalco-Cañada que cuenta con una longitud de 45 km. siendo esta la principal vía terrestre y la única que enlaza a la región. Cruza diferentes poblados, empezando de Oeste-Este con el distrito de Tecamachalco y cruzando los poblados de Nozareno, Enriquez, Palmerito, Xaltepec, La Purísima Bellavista, Palmar de Bravo, continúa Cuacnopalan donde existe

una desviación hacia el Norte cambiando la fase del camino, siendo este un camino revestido que cruza la Sierra de Cuesta Blanca y llega al poblado del mismo nombre, donde existen varias vías terrestres que comunican con las poblaciones del Valle de Esperanza.

Continuando hacia el Oriente se localizan las poblaciones de San José Ixtapa y Cañada Morelos donde entronca con la carretera Orizaba-Tehuacán.

Hacia la parte Norte del poblado cruza la autopista México-Veracruz, vía Córdoba careciendo de una desviación de esta, hacia la comunidad. Además, existen caminos de herradura que comunican al poblado con los diferentes lugares lejanos que pertenecen a éste. Los lugareños con el tiempo y de acuerdo a las necesidades han construido diferentes caminos importantes para su economía, tal es el caso del que enlaza al poblado con los terrenos que se localizan en el Valle de Esperanza teniendo una longitud de 10 km., existe otro que comunica hacia el Sur con la comunidad de San Martín Esperilla que tiene una longitud de 12 km.

Como consecuencia del predominio de climas secos y semisecos en la República, el número de días despejados en la región es muy grande; y la causa principal de que la precipitación media anual sea inferior a los 545.96 mm en la parte Sur del Valle de Cuacnopalan, e inferior a los 627.49 mm en el Valle de Esperanza se debe a los vientos dominantes que soplan del E y SE, provenientes del Golfo de México.

El clima es templado seco existiendo las temperaturas medias mensuales siguientes:

TEMPERATURAS MEDIAS MENSUALES (°C)

MES	PARTE NORTE	PARTE SUR
ENERO	10.0	13.1
FEBRERO	11.1	14.5
MARZO	13.4	17.5
ABRIL	14.9	19.3
MAYO	15.4	20.2
JUNIO	14.0	18.9
JULIO	13.1	17.9
AGOSTO	12.9	18.1
SEPTIEMBRE	13.0	17.9
OCTUBRE	12.0	16.9
NOVIEMBRE	11.2	15.3
DICIEMBRE	10.4	14.1

Existe un período de heladas comprendido entre los meses de noviembre y marzo, las mayores precipitaciones se localizan en los meses de mayo, junio, julio, agosto y septiembre.

En cuanto a la hidrografía no hay corrientes permanentes, siendo las existentes de curso torrencial alimentadas por aguas broncas originadas por las montañas localizadas en la parte Sur, Sureste y Noroeste, lo que tiene lugar solamente en la época de lluvias, desapareciendo en los Valles, tanto de Cuacnopalan como de Esperanza, en el poblado de Cuesta Blanca existe un afloramiento de aguas subterráneas que propor-

ciona un gasto mínimo pero que es permanente y logra mantener los cultivos de aproximadamente 100 Has.

La Geohidrología es quizá la única fuente que puede solucionar la carencia de agua para riego, desafortunadamente la naturaleza de los materiales existentes en la parte Sur del Valle de Cusucnopalan son el principal obstáculo para el espido desarrollo de la explotación de los acuíferos que se pudieran localizar en esa zona, en primer lugar la precipitación registrada en esta parte pudiera ser suficiente para que existiera un recargue óptimo de los acuíferos sin embargo el bajo índice de permeabilidad provoca que la mayor parte de las precipitaciones escurran superficialmente y en algunos casos descarguen en la parte poniente del poblado.

En lo últimos años, se ha intentado alumbrar el agua subterránea a través de la perforación de pozos en diferentes puntos del Valle, teniendo suerte únicamente aquellas que se localizan en la parte Norte del pueblo, obteniendo gastos inferiores a los que se registran en el Valle de Esperanza donde el ejido cuenta con 5 pozos con gastos entre 63 y 80 Lps, los cuales riegan un total de 429 Has., teniendo capacidad para regar más pero debido a la Topografía es difícil hacer llegar el agua a lugares más distantes.

La causa por lo que en este Valle se obtienen gastos considerables se debe, primero a las precipitaciones registradas que representan una importante fuente de recarga al subsuelo, ya que debido a la naturaleza de los materiales existentes,

los cuales son muy porosos y permeables propician la percolación local de las aguas de la lluvia. Sin embargo es importante señalar la probabilidad de que existan recargas regionales provenientes de las partes altas del Valle de Esperanza, pudiendo recibir su principal alimentación de las altas montañas del Pico de Orizaba.

Como se puede observar las pocas posibilidades de explotar las aguas subterráneas del Valle de Cuacnopalan y los altos costos que hasta el momento representa este tipo de abastecimiento hace que la economía de la comunidad sea muy precaria y obligada a que la mayoría de sus habitantes que no cuentan con la capacidad financiera necesaria para participar en las sociedades que se proponen perforar algún pozo, salgan a buscar a las grandes ciudades actividades que les proporcionen lo suficiente para sobrevivir.

Aunado a ésto, podemos decir que el mal uso que se le da a los pozos existentes, provoca que exista un gran desperdicio, por parte de los usuarios, del agua que con costos muy altos está siendo extraída. Para dar solución a la carencia de agua en el Valle de Cuacnopalan, en 1964 se formó una sociedad que tenía como meta la construcción de una galería a 2,435 mts. sobre el nivel del mar, en el Valle de Esperanza, de la cual ya existen dos lumbreras que alcanzan el agua a los 22 mts. de profundidad y tienen de 2 a 3 mts. de lámina de agua. Dicha galería, seguirá en su rama principal una dirección N-S, teniendo que atravesar el cerro Buenavista o Limón en

una longitud aproximada de 400 metros con un túnel de 1.30 metros de ancho por 2.0 de alto, para aflorar las aguas en el lado opuesto a unos 7 kilómetros aproximadamente del pueblo. Esta agua debería de escurrir por gravedad mediante canales hasta los terrenos que por cuestiones topográficas puedan quedar dentro del área de riego. Este proyecto recibió apoyo técnico en 1965 por parte de la Dirección General de Conservación del Suelo y Agua, teniéndose el trazo de la galería, los canales, la topografía y los tipos de suelo de la zona de riego. Desafortunadamente se vió interrumpido en 1972 por falta de capacidad técnica y financiera quedando truncado hasta la fecha.

Actualmente existen 4 pozos perforados en el Valle de Cuacnopalan dedicados al riego de 150 Has. además de algunos otros que no tuvieron el caudal suficiente.

En base a lo anterior, se deduce que es necesario realizar un estudio minucioso que nos sirva de orientación para poder explotar y optimizar los escasos recursos subterráneos que se localizan en la zona de estudio, y así, poder mejorar el nivel de vida de los campesinos que componen el ejido.

II CUANTIFICACION DE RECURSOS DISPONIBLES

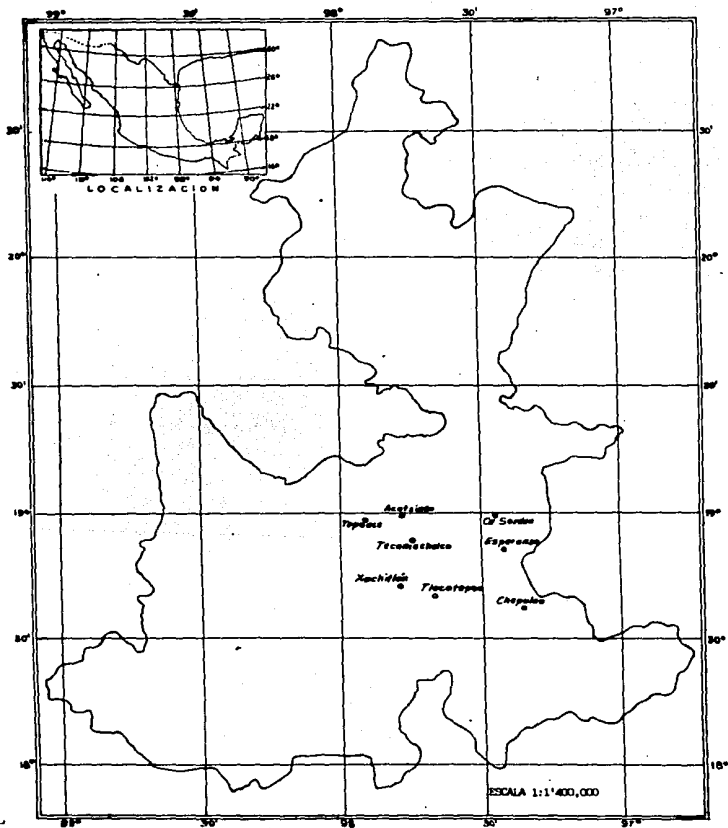
La falta de recursos económicos a impedido siempre la realización de estudios hidráulicos para ésta zona que permitan una mejor planeación para el aprovechamiento de los mismos; y si ha esto se anexa la carencia de fuentes de información y estaciones meteorológicas con capacidad para proporcionar los datos necesarios que nos indiquen el comportamiento de los fenómenos tales como el clima de la región, surgirá un estudio que mínimamente aglutinará la información con que se cuenta hasta el momento.

Empezaremos analizando cada uno de los procesos del ciclo hidrológico, para lo cual se estan tomando como fuente de información la registrada en el período 1961-1980 en las estaciones meteorológicas que se localizan a los alrededores y son las siguientes:

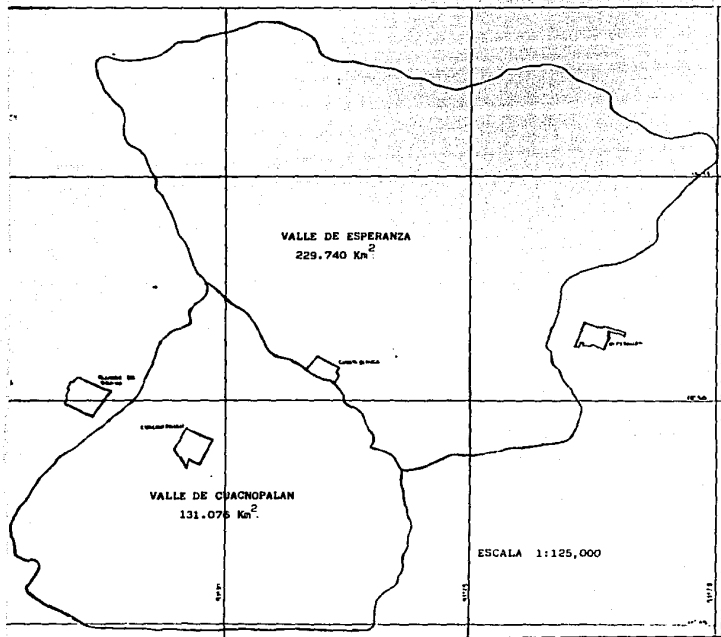
ESTACION	LOCALIZACION	
	LATITUD	LONGITUD
A) Acatzingo	18°59'	97°47'
B) Ciudad Serdan	18°57'	97°27'
C) Chapulco	18°39'	97°23'
D) Esperanza	18°52'	97°23'
E) Tecamachalco	18°55'	97°40'
F) Tepeaca	18°57'	97°55'
G) Tlacotepec	18°40'	97°39'
H) Xochitlán	18°42'	97°47'

2.1 LOCALIZACION DE LAS ESTACIONES METEOROLOGICAS

24



2.2 AREAS DE INFLUENCIA PARA LOS VALLES DE ESPERANZA Y CUACHOPALAN



En cuanto a la superficie total de estudio, se delimitaron áreas de influencia para el Valle de Esperanza y para el Valle de Cuacnopalan y son las siguientes:

VALLE	AREA (Km ²)
DE ESPERANZA	229.740
DE CUACNOPALAN	131.076

Debido a las condiciones topográficas que los separan se cree pertinente analizarlos por separado.

2.1 PRECIPITACION

La principal fuente de aportación en esta zona son las precipitaciones pluviales que se registran durante el año, la precipitación es el agua que recibe la superficie terrestre en cualquier estado físico proveniente de la atmósfera.

La precipitación se mide en terminos de la altura de lámina de agua y se expresa comunmente en milímetros, generalmente se acostumbra hacer una lectura cada 24 horas, logrando con esto determinar una precipitación media mensual o anual.

Con la información que se dispone podemos determinar la altura de precipitación media mensual (hpm), teniendo, según los diferentes métodos aplicados, las siguientes:

2.1.1 PROMEDIO ARITMETICO

TABLA 2.1.1.1 PRECIPITACION PROMEDIO MENSUAL EN TODA LA ZONA

ESTACION	M E S											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Acatzingo	11.2	12.8	14.0	33.8	33.8	137.5	83.2	93.1	103.5	51.9	11.7	4.3
Ciudad Serdan	12.6	9.0	17.0	42.6	112.4	141.0	121.9	110.7	144.5	46.7	13.5	6.3
Chapulco	1.7	2.6	6.1	18.9	49.1	83.2	47.5	60.1	72.9	21.5	7.4	1.9
Esperanza	11.5	26.5	6.8	22.7	50.4	84.6	72.9	48.5	105.4	20.8	22.2	3.1
Tecamachalco	9.8	10.4	14.5	27.0	85.2	122.5	72.5	77.3	105.1	45.3	11.8	5.4
Tepanca	10.4	8.9	14.5	35.2	93.7	156.8	110.5	108.5	110.7	58.4	17.4	6.8
Tlacotepec	9.6	7.8	10.8	29.8	80.7	103.9	52.5	53.9	90.6	40.9	9.7	3.5
Xochitlán	8.5	9.5	13.1	35.0	75.9	113.3	60.4	66.4	102.7	41.2	13.4	4.2
hpm	9.4	10.9	12.1	30.6	72.7	117.9	77.7	77.3	104.4	40.8	13.4	4.4

2.1.2 POLIGONOS DE THIESSEN

Para su aplicación se requiere delimitar la zona de influencia de cada estación dentro del conjunto tal y como se muestra en la figura 2.1.1. Cada polígono es el área tributaria de cada estación. Entonces la altura de precipitación media es:

$$hpm = \frac{\sum_{i=1}^n hpi A_i}{A} = \sum_{i=1}^n hpi \frac{A_i}{A} \quad 2.1.1$$

Donde:

A Área de zona, en km^2

A_i Área tributaria de la estación i , en km^2

hpi Altura de precipitación registrada en la estación i , en mm.

hpm Altura de precipitación media en la zona en estudio, en mm.

n Número de estaciones localizadas dentro de la zona.

En los siguientes cuadros se muestra la aplicación del método para obtener la altura de precipitación media de los 12 meses.

E N E R O

VALLE ESPERANZA

ESTACION	hpi (mm)	A_i (km^2)	$hpi \frac{A_i}{A}$ (mm km^2)
B) Ciudad Serdan	12.8	108.864	1,371.686
D) Esperanza	11.5	<u>120.876</u>	<u>1,390.074</u>
T O T A L		229.740	2,761.760

$$hpm = \frac{2,761.760}{229.740} = 12.02mm$$

VALLE DE CUACNOPALAN

ESTACION	hpi (mm)	Ai (km ²)	hpi Ai (mm km ²)
B) Ciudad Serdan	12.6	11.337	142.846
C) Chapulco	1.7	8.733	14.846
D) Esperanza	11.5	84.428	970.922
G) Tlacotepec	9.6	<u>26.578</u>	<u>255.149</u>
T O T A L		131.076	1,383.763

$$hpm = \frac{1,383.763}{131.076} = 10.557 \text{ mm}$$

F E B R E R O

VALLE DE ESPERANZA

ESTACION	hpi (mm)	Ai (km ²)	hpi Ai (mm km ²)
B) Ciudad Serdan	9.0	108.864	979.776
D) Esperanza	2.6	<u>120.876</u>	<u>314.278</u>
T O T A L		229.740	1,294.054

$$hpm = \frac{1,229.054}{229.740} = 5.630 \text{ mm}$$

VALLE DE CUACNOPALAN

ESTACION	hpi (mm)	Ai (km ²)	hpi Ai (mm km ²)
B) Ciudad Serdan	9.0	11.337	102.033
C) Chapulco	2.6	8.733	22.706
D) Esperanza	2.6	84.428	219.513
G) Tlacotepec	7.8	<u>26.578</u>	<u>207.308</u>
T O T A L		131.076	551.560

$$hpm = \frac{551.560}{131.076} = 4.208 \text{ mm}$$

M A R Z O

VALLE DE ESPERANZA

ESTACION	hpi (mm)	Ai (km ²)	hpi Ai ₂ (mm Km ²)
B) Ciudad Serdan	17.0	108.864	1850.688
D) Esperanza	6.8	<u>120.876</u>	<u>821.957</u>
T O T A L		229.740	2,672.645

$$hpm = \frac{2,672.645}{229.740} = 11.633 \text{ mm}$$

229.740

VALLE DE CUACNOPALAN

ESTACION	hpi (mm)	Ai (km ²)	hpi Ai ₂ (mm Km ²)
B) Ciudad Serdan	17.0	11.337	192.729
C) Chapulco	6.1	8.733	53.271
D) Esperanza	6.8	84.428	574.110
G) Tlacoatepec	10.8	<u>26.578</u>	<u>287.042</u>
T O T A L		131.076	1,107.152

$$hpm = \frac{1,107.152}{131.076} = 8.47 \text{ mm}$$

131.076

A B R I L

VALLE DE ESPERANZA

ESTACION	hpi (mm)	Ai (km ²)	hpi Ai ₂ (mm Km ²)
B) Ciudad Serdan	42.6	108.864	4637.606
D) Esperanza	22.7	<u>120.876</u>	<u>2743.885</u>
T O T A L		229.740	7,381.491

$$hpm = \frac{7,381.491}{229.740} = 32.130 \text{ mm}$$

229.740

VALLE DE CUACNOPALAN

ESTACION	hpi (mm)	Ai (km ²)	hpi Ai ₁ (mm Km ²)
B) Ciudad Serdan	42.6	11.337	482.956
C) Chapulco	18.9	8.733	165.054
D) Esperanza	22.7	84.428	1,916.516
G) Tlacotepec	29.8	<u>26.578</u>	<u>792.024</u>
T O T A L		131.076	3,356.550

$$hpm = \frac{3,356,550}{131,076} = 25.608 \text{ mm}$$

M A Y O

VALLE DE ESPERANZA

ESTACION	hpi (mm)	Ai (km ²)	hpi Ai ₁ (mm km ²)
B) Ciudad Serdan	112.4	108.864	12,236.314
D) Esperanza	50.4	<u>120.876</u>	<u>6,092.150</u>
T O T A L		229.740	18,328.464

$$hpm = \frac{18,328,464}{229,740} = 79.779 \text{ mm}$$

VALLE DE CUACNOPALAN

ESTACION	hpi (mm)	Ai (km ²)	hpi Ai ₁ (mm km ²)
B) Ciudad Serdan	112.4	11.337	1,274.279
C) Chapulco	49.1	8.733	428.790
D) Esperanza	50.4	84.423	4,255.171
G) Tlacotepec	80.7	<u>26.573</u>	<u>2,144.845</u>
T O T A L		131.073	8,103.085

$$hpm = \frac{8,103,085}{131,076} = 61.820 \text{ mm}$$

J U N I O

VALLE DE ESPERANZA

ESTACION	hpi (mm)	A1 (km ²)	hpi A1 (mm km ²)
B) Ciudad Serdan	141.0	108.864	15,349.824
D) Esperanza	84.6	<u>120.876</u>	<u>10,226.110</u>
T O T A L		229.740	25,575.934

$$hpm = \frac{25,575.934}{229.740} = 111.326 \text{ mm}$$

VALLE DE CUACNOPALAN

ESTACION	hpi (mm)	A1 (km ²)	hpi A1 (mm km ²)
B) Ciudad Serdan	141.0	11.337	1,598.517
C) Chapulco	83.2	8.733	726.586
D) Esperanza	84.6	84.428	7,142.608
G) Tlacotepec	103.9	<u>26.578</u>	<u>2,761.454</u>
T O T A L		131.076	12,228.165

$$hpm = \frac{12,228.165}{131.076} = 93.291 \text{ mm}$$

J U L I O

VALLE DE ESPERANZA

ESTACION	hpi (mm)	A1 (km ²)	hpi A1 (mm km ²)
B) Ciudad Serdan	121.9	108.864	13,270.522
D) Esperanza	72.9	<u>120.876</u>	<u>8,811.860</u>
T O T A L		229.740	22,082.382

$$hpm = \frac{22,082.382}{229.740} = 96.119 \text{ mm}$$

VALLE DE CUACNOPALAN

ESTACION	hpi (mm)	Ai (km ²)	hpi Ai ₂ (mm km ²)
B) Ciudad Serdan	121.9	11.337	1,381.980
C) Chapulco	47.5	8.733	414.818
D) Esperanza	72.9	84.428	6,154.801
G) Tlacotepec	52.5	<u>26.578</u>	<u>1,395.345</u>
T O T A L		131.076	9,346.944

$$\text{hpm} = \frac{9,346.944}{131.076} = 71.309 \text{ mm}$$

A G O S T O

VALLE DE ESPERANZA

ESTACION	hpi (mm)	Ai (km ²)	hpi Ai ₂ (mm km ²)
B) Ciudad Serdan	110.7	108.664	12,051.245
D) Esperanza	48.5	<u>120.576</u>	<u>5,862.486</u>
T O T A L		229.240	17,913.731

$$\text{hpm} = \frac{17,913.731}{229.240} = 77.974 \text{ mm}$$

VALLE DE CUACNOPALAN

ESTACION	hpi (mm)	Ai (km ²)	hpi Ai ₂ (mm km ²)
B) Ciudad Serdan	110.7	11.337	1,255.006
C) Chapulco	60.1	8.733	524.853
D) Esperanza	48.5	84.428	4,094.758
G) Tlacotepec	53.9	<u>26.578</u>	<u>1,432.554</u>
T O T A L		131.076	7,307.171

$$\text{hpm} = \frac{7,307.171}{131.076} = 55.748 \text{ mm}$$

S E P T I E M B R E

VALLE ESPERANZA

ESTACION	hpi (mm)	Ai (km ²)	hpi Ai ₂ (mm km ²)
B) Ciudad Serdan	144.5	108.864	15,730.848
D) Esperanza	105.4	<u>120.876</u>	<u>12,740.330</u>
T O T A L		229.740	28,471.178

$$hpm = \frac{28,471.178}{229.740} = 123.928 \text{ mm}$$

VALLE DE CUACNOPALAN

ESTACION	hpi (mm)	Ai (km ²)	hpi Ai ₂ (mm km ²)
B) Ciudad Serdan	144.5	11.337	1,638.197
C) Chapulco	72.9	8.733	636.636
D) Esperanza	105.4	84.428	8,898.711
G) Tlacotepec	90.6	<u>26.578</u>	<u>2,407.967</u>
T O T A L		131.076	13,581.511

$$hpm = \frac{13,581.511}{131.076} = 103.616 \text{ mm}$$

O C T U B R E

VALLE DE ESPERANZA

ESTACION	hpi (mm)	Ai (km ²)	hpi Ai ₂ (mm km ²)
B) Ciudad Serdan	46.7	108.864	5,083.949
C) Esperanza	20.8	<u>120.876</u>	<u>2,514.221</u>
T O T A L		229.740	7,598.170

$$hpm = \frac{7,598.170}{229.740} = 33.073 \text{ mm}$$

VALLE DE CUACNOPALAN

ESTACION	hpi (mm)	Al (km ²)	hpi Al ₂ (mm km ²)
B) Ciudad Serdan	46.7	11.337	529.438
C) Chapulco	21.5	0.733	187.760
D) Esperanza	20.8	84.428	1,756.102
G) Tlacotepec	40.9	<u>26.578</u>	<u>1,087.040</u>
T O T A L		131.076	3,560.340

$$\text{hpm} = \frac{3,560.340}{131.076} = 27.162 \text{ mm}$$

N O V I E M B R E

VALLE DE ESPERANZA

ESTACION	hpi (mm)	Al (km ²)	hpi Al ₂ (mm km ²)
B) Ciudad Serdan	13.5	108.864	1,469.664
D) Esperanza	22.2	<u>120.876</u>	<u>2,683.447</u>
T O T A L		229.740	4,153.111

$$\text{hpm} = \frac{4,153.111}{229.740} = 18.077 \text{ mm}$$

VALLE DE CUACNOPALAN

ESTACION	hpi (mm)	Al (km ²)	hpi Al ₂ (mm km ²)
B) Ciudad Serdan	13.5	11.337	153.050
C) Chapulco	7.4	8.733	64.624
D) Esperanza	22.2	84.428	1,874.302
G) Tlacotepec	9.7	<u>26.578</u>	<u>257.807</u>
T O T A L		131.076	2,349.783

$$\text{hpm} = \frac{2,349.783}{131.076} = 17.927 \text{ mm}$$

D I C I E M B R E

VALLE DE ESPERANZA

ESTACION	hpi (mm)	Ai (km ²)	hpi Ai ₂ (mm km ²)
B) Ciudad Serdan	6.3	108.864	685.843
D) Esperanza	3.1	<u>120.876</u>	<u>374.716</u>
T O T A L		229.740	1,060.559

$$hpm = \frac{1,060.559}{229.740} = 4.616 \text{ mm}$$

VALLE CUACNOPALAN

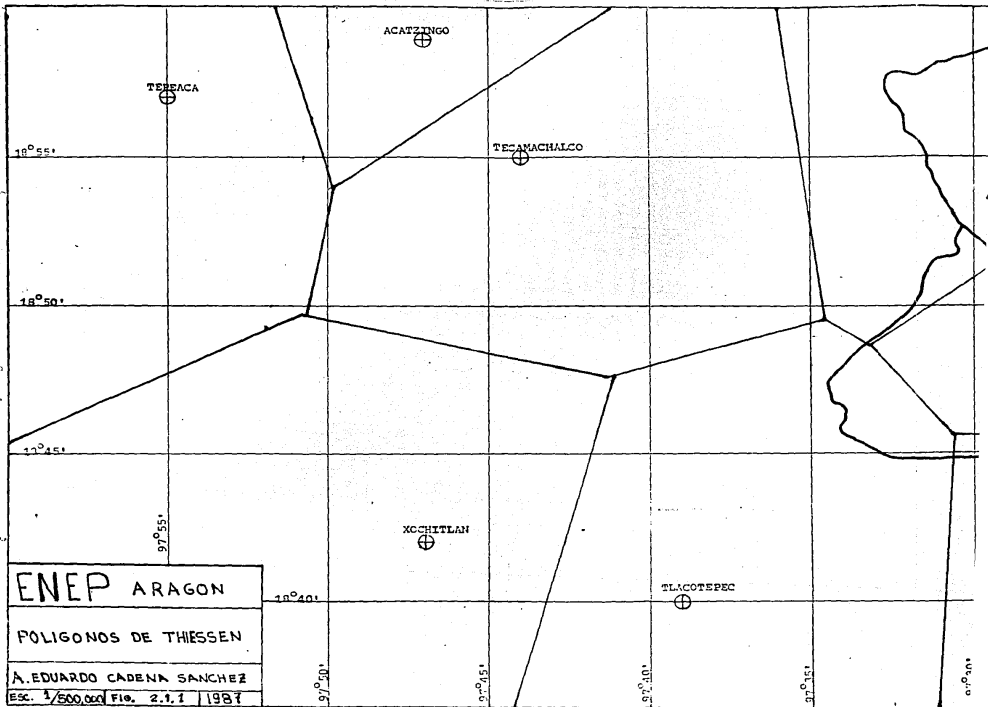
ESTACION	hpi (mm)	Ai (km ²)	hpi Ai ₂ (mm Km ²)
B) Ciudad Serdan	6.3	11.337	71.423
C) Chapulco	1.9	8.733	16.593
D) Esperanza	3.1	84.428	261.727
G) Tlacotepec	3.5	<u>26.578</u>	<u>93.023</u>
T O T A L		131.076	442.766

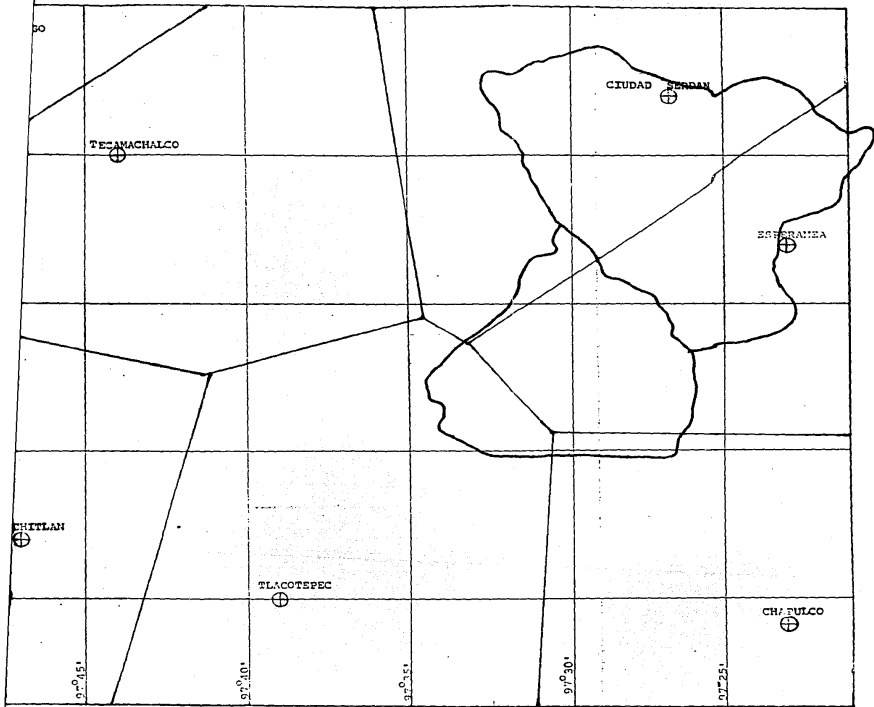
$$hpm = \frac{442.766}{131.076} = 3.378 \text{ mm}$$

2.1.3 Método de Isoyetas.—Para éste método es necesario realizar planos de isoyetas de la precipitación registrada en las diversas estaciones. Las isoyetas son curvas que unen puntos de igual precipitación (figuras 2.1.2 a 2.1.13).

Este método es más exacto y para calcular la altura de precipitación media en una determinada zona se usa la ecuación 2.1.1, pero ahora Ai corresponde al área entre isoyetas y hpi es la altura de precipitación media entre dos isoyetas.

En las figuras 2.1.2 a 2.1.13 se tienen los planos de isoyetas





BO

TECAMACHALCO

CIUDAD SERDAN

ESPERANZA

CHILAN

TLACOTEPEC

CH: BULCO

97° 45'

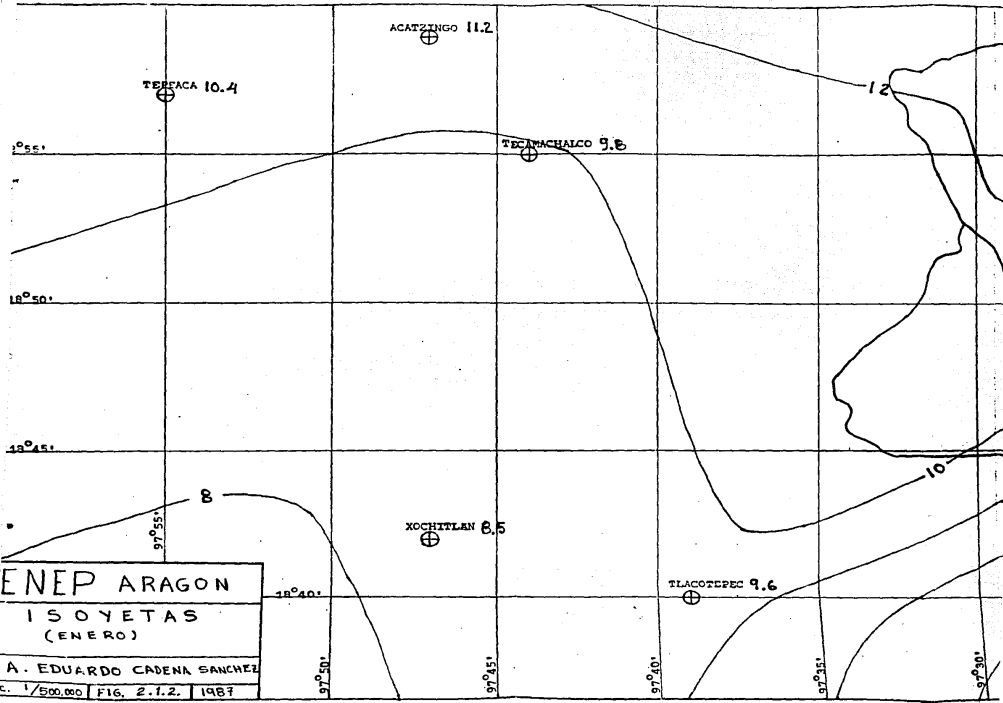
97° 50'

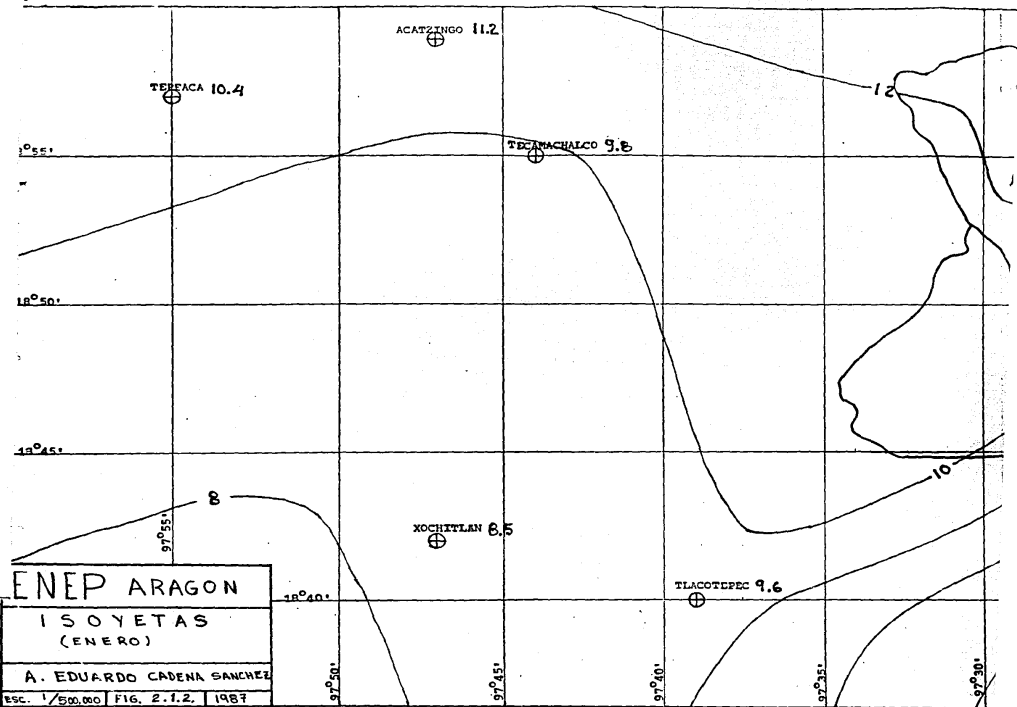
97° 55'

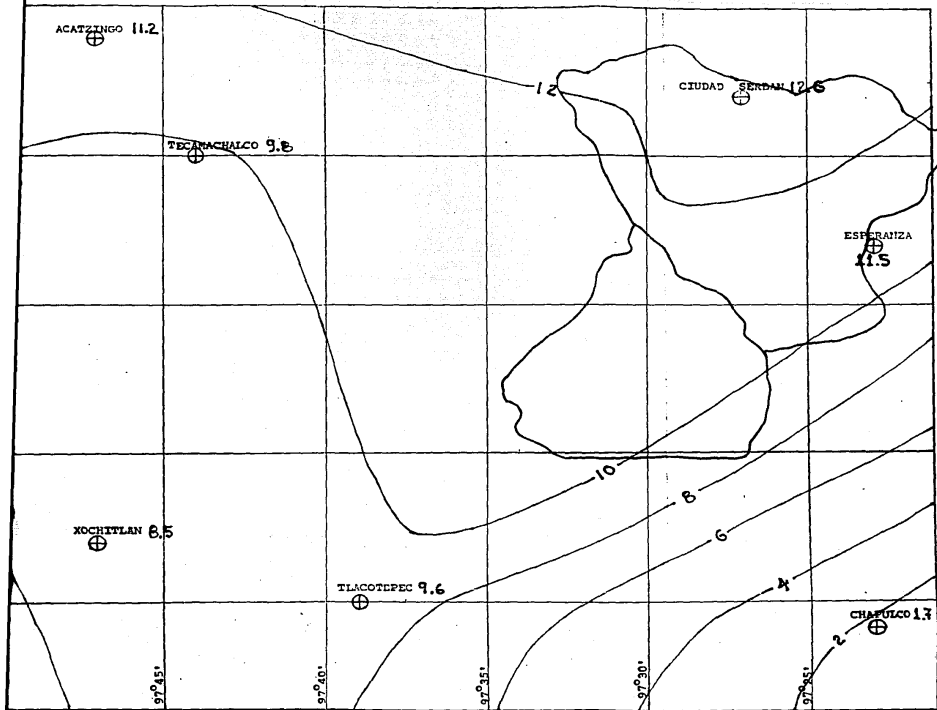
97° 30'

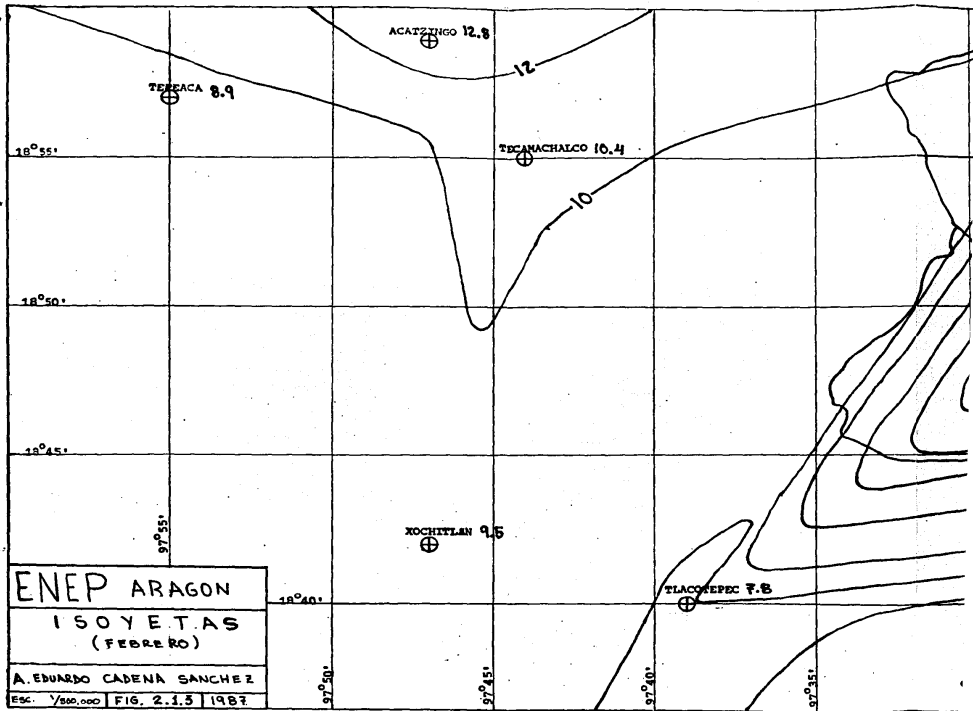
97° 25'

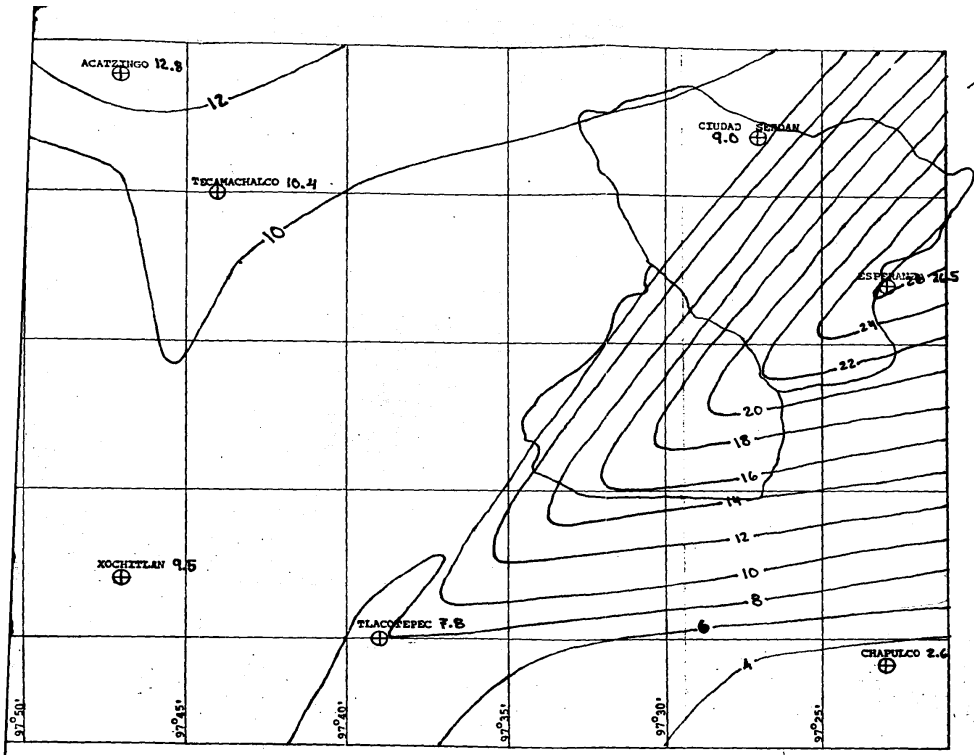
ENEP ARAGON
ISOYETAS
(ENERO)
A. EDUARDO CADENA SANCHEZ
SC. 1/500,000 FIG. 2.1.2. 1987

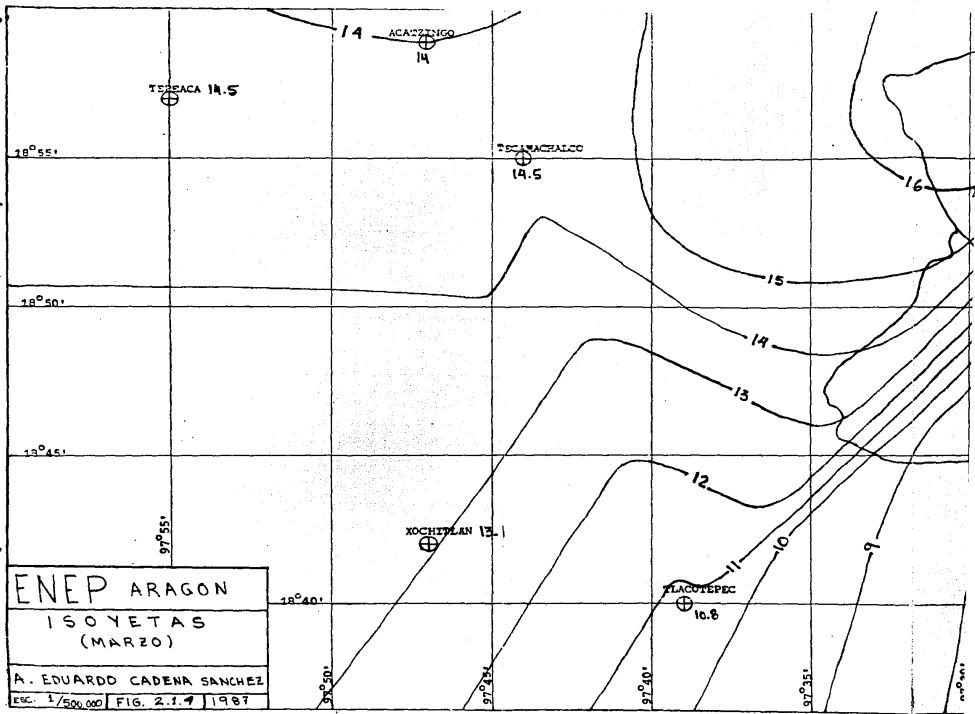


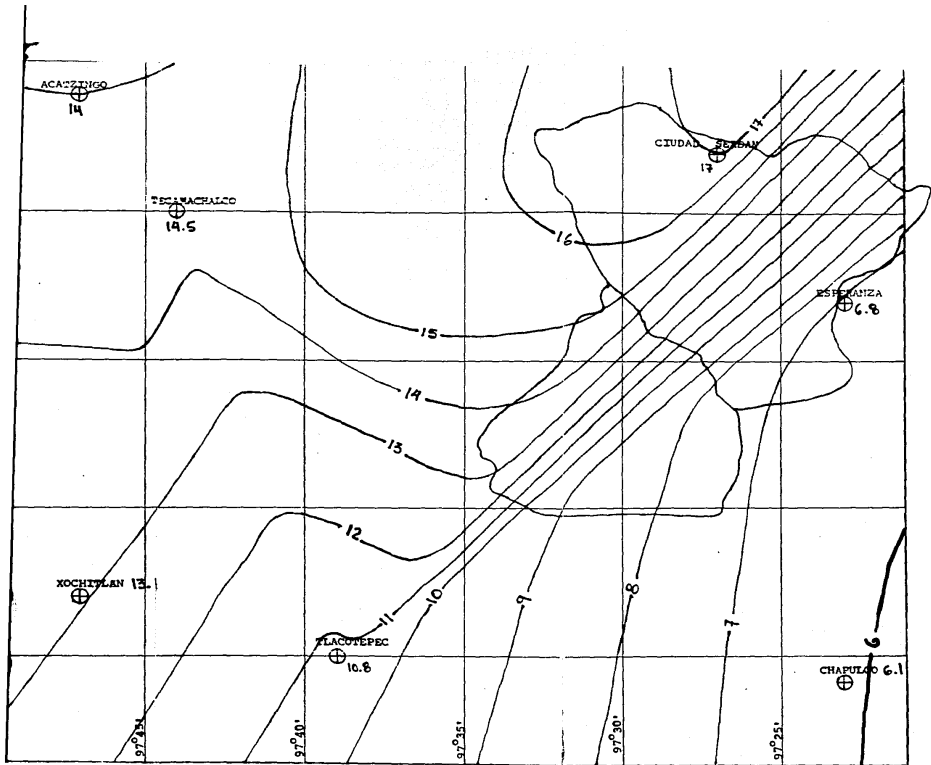


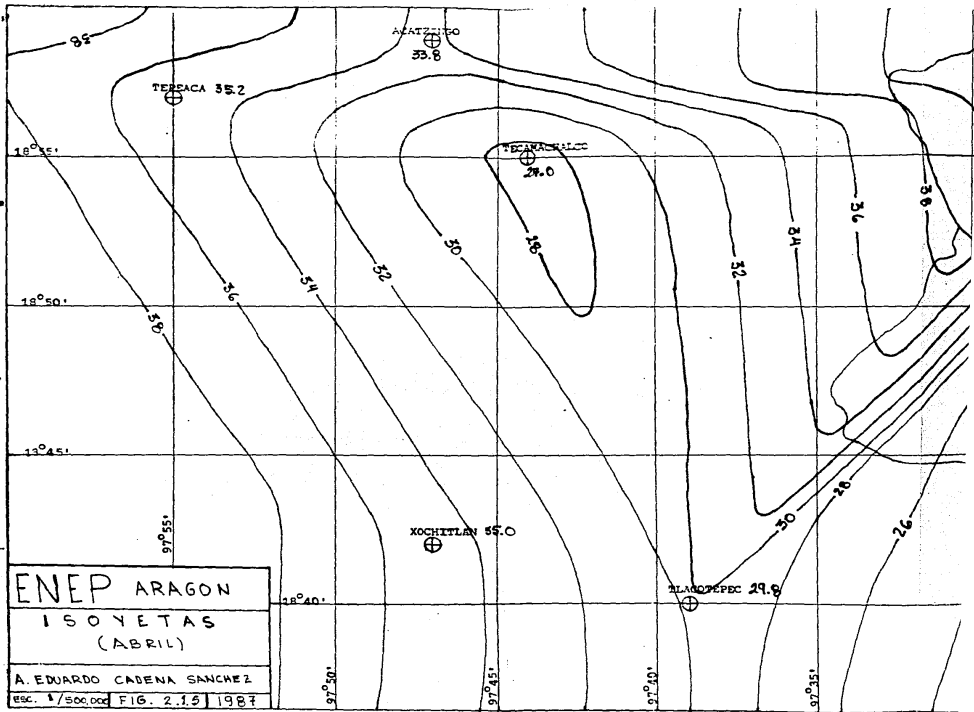




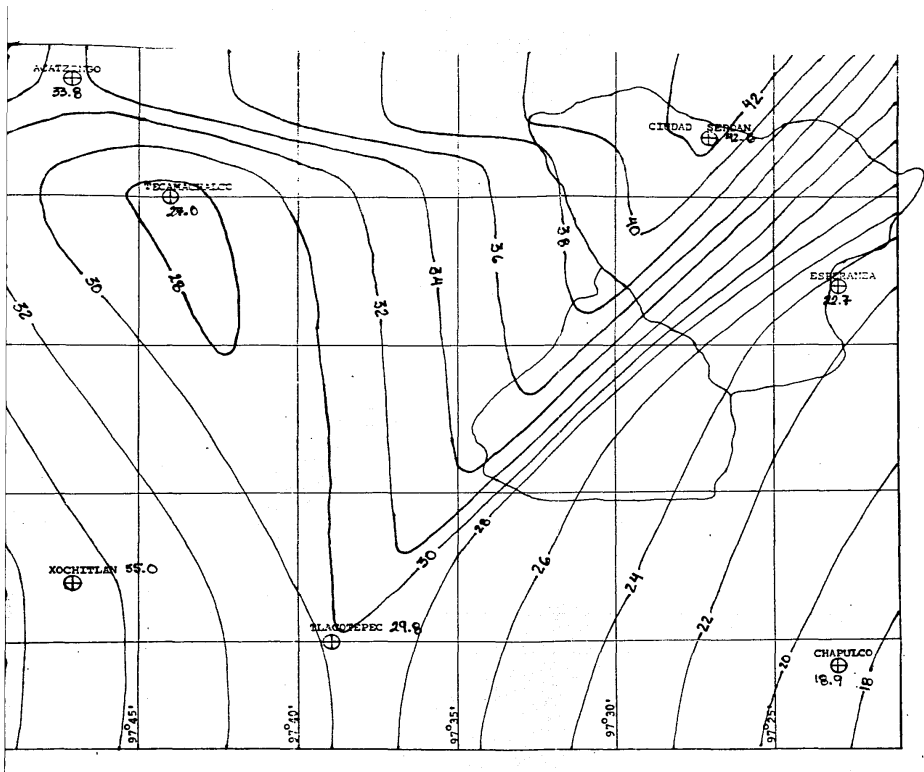


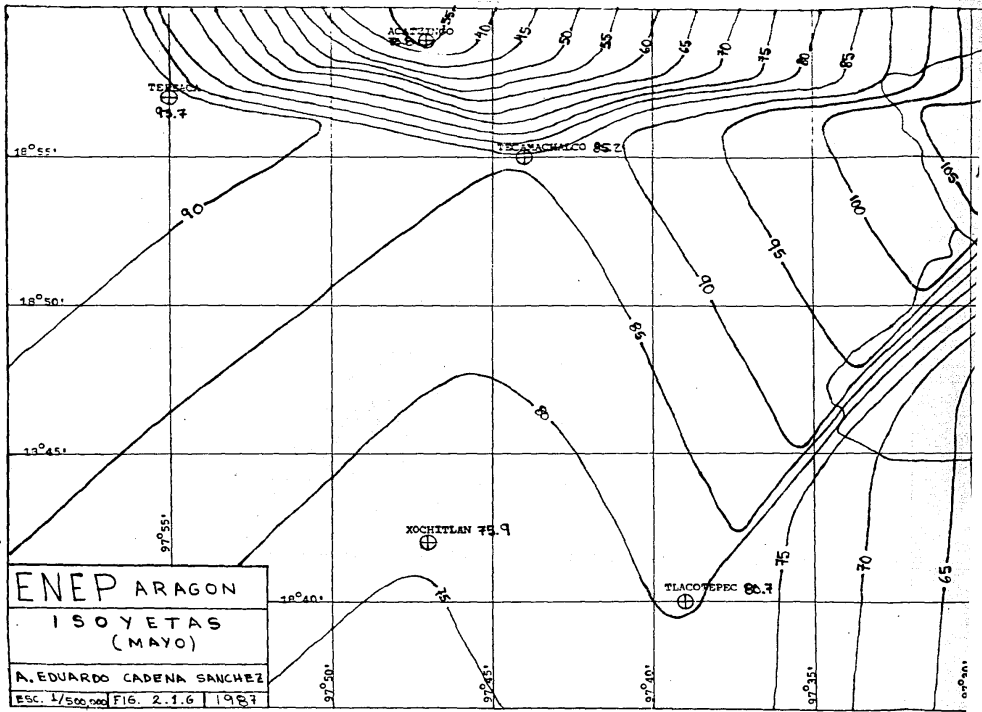


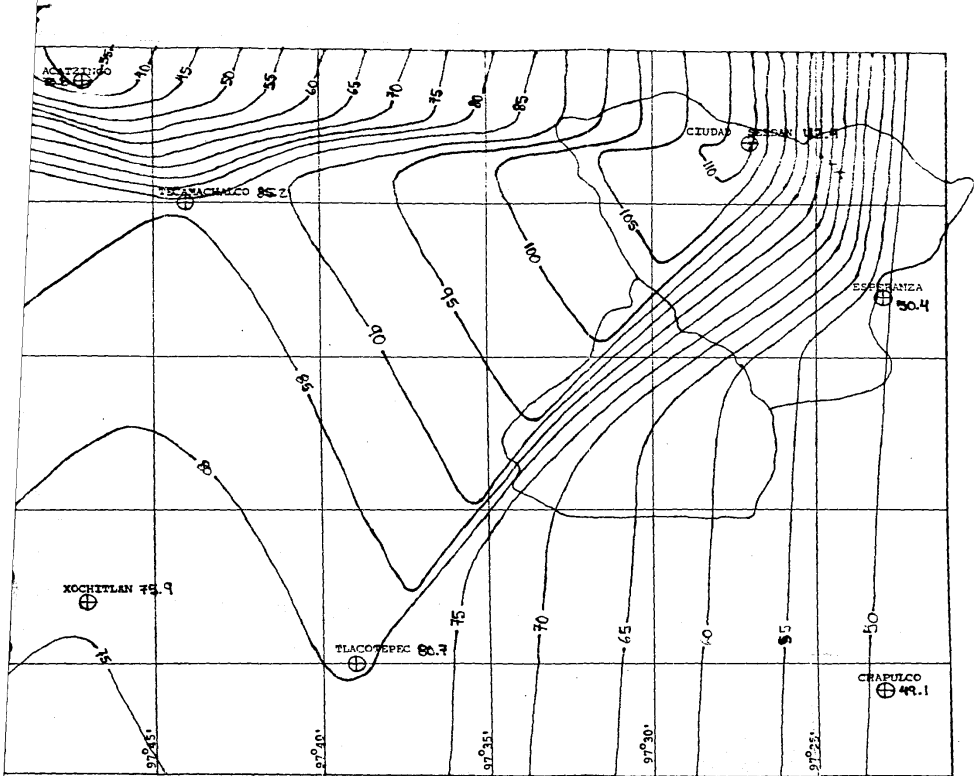


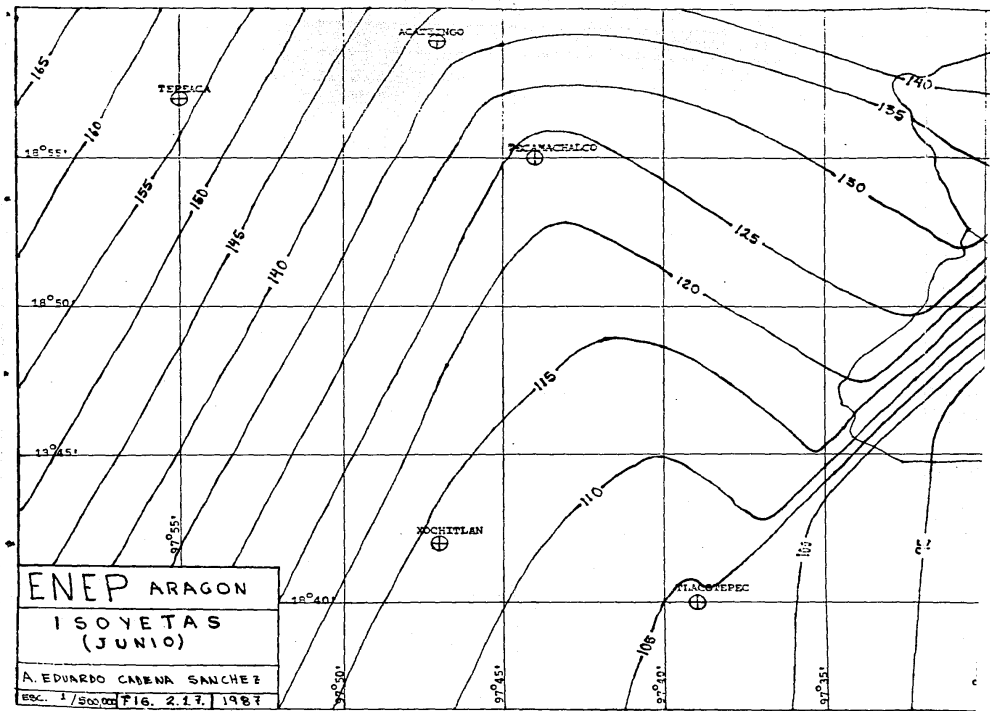


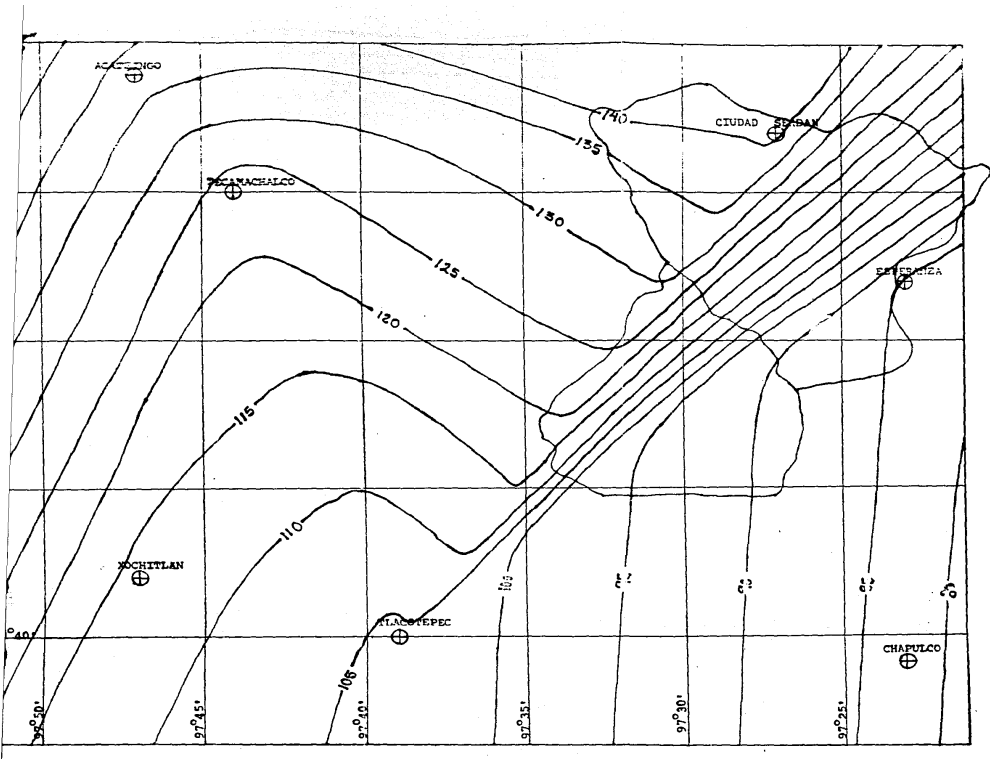
ENEP ARAGON
ISOYETAS (ABRIL)
A. EDUARDO CABENA SANCHEZ
ESC. 1/500,000 FIG. 2.15 1987

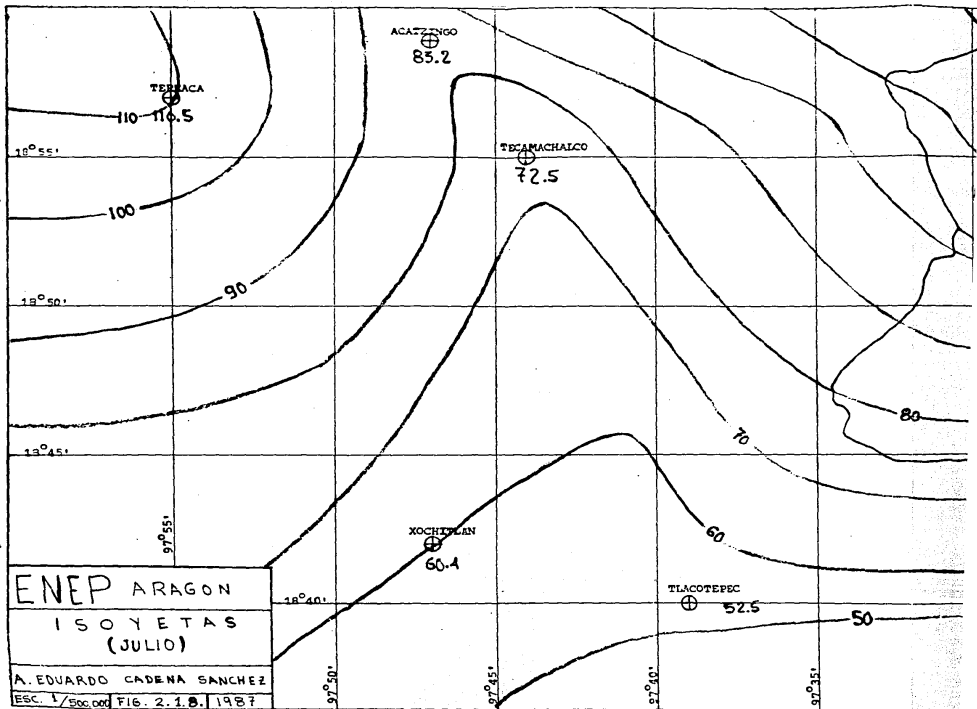


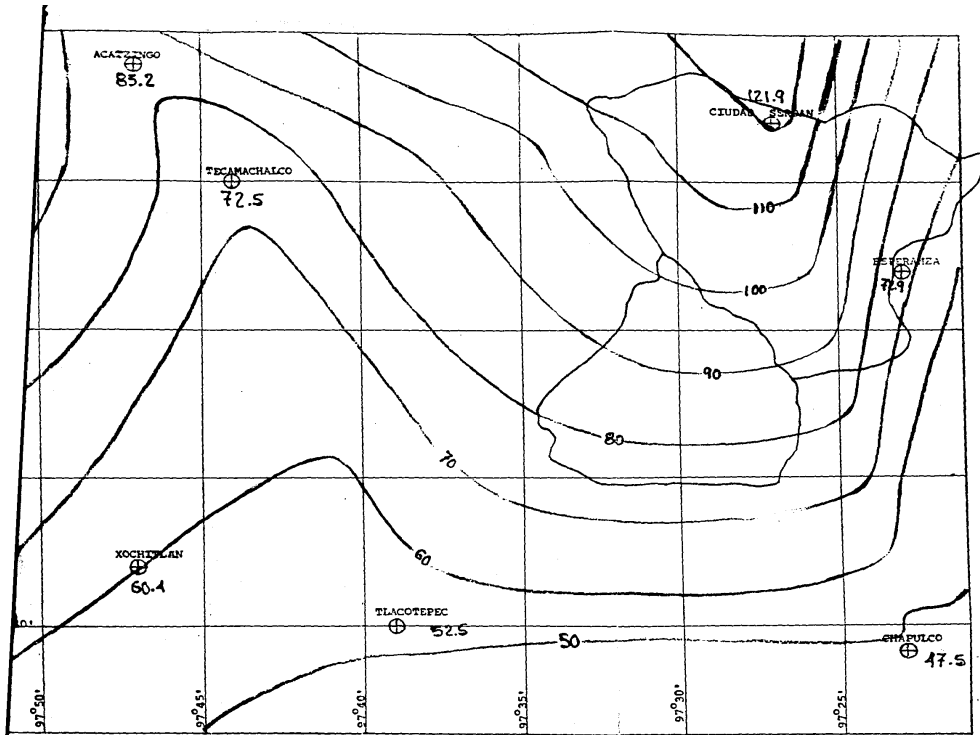


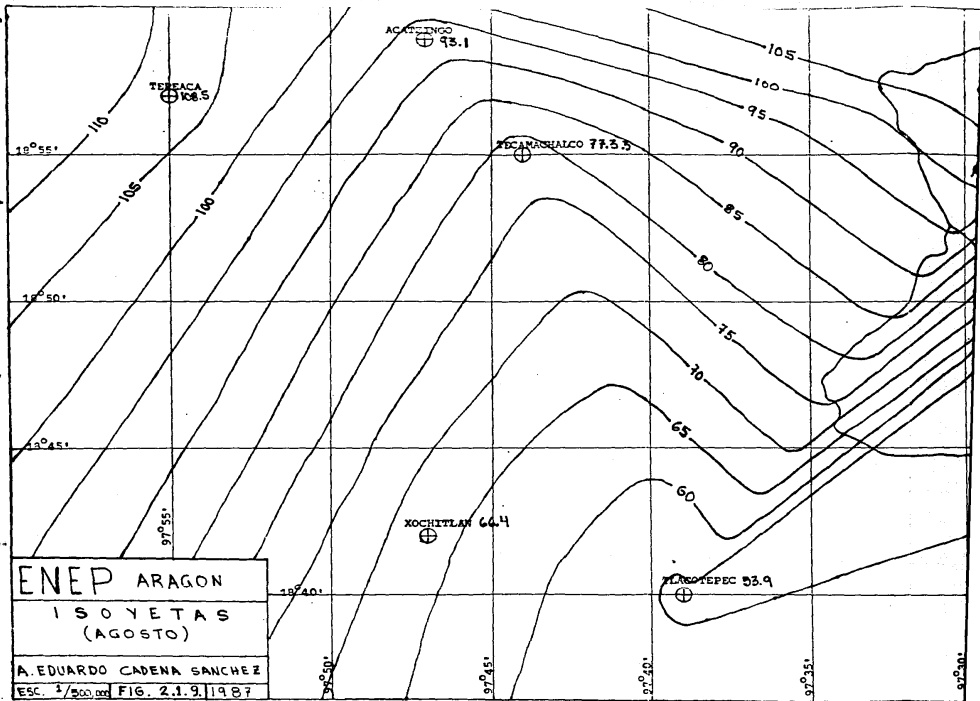








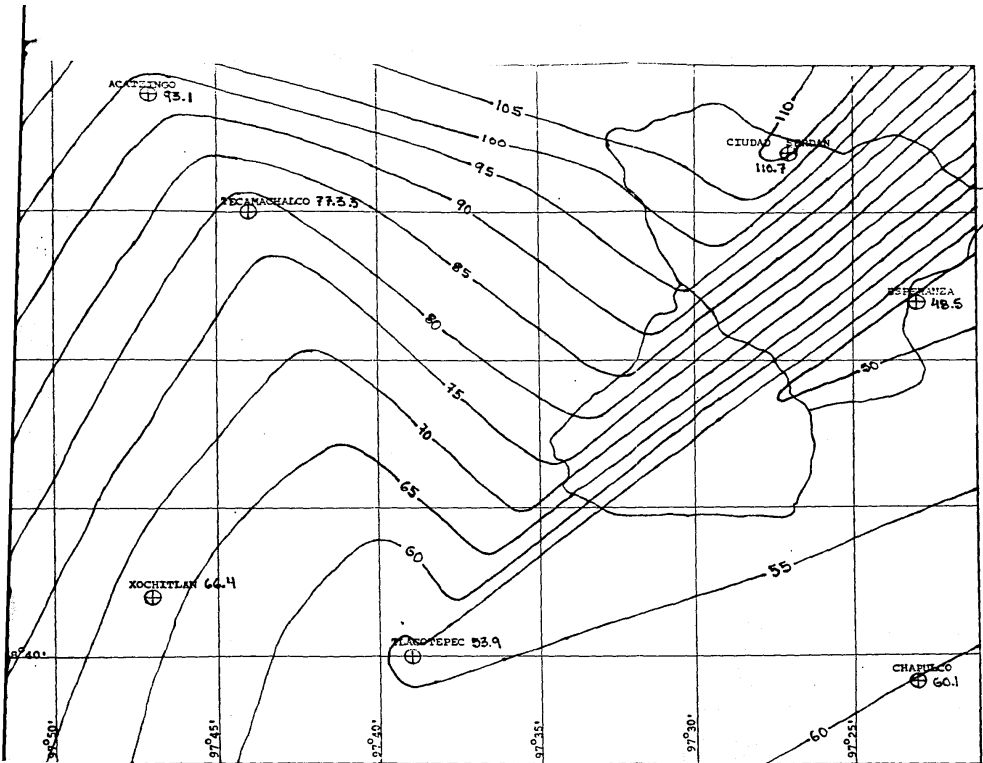


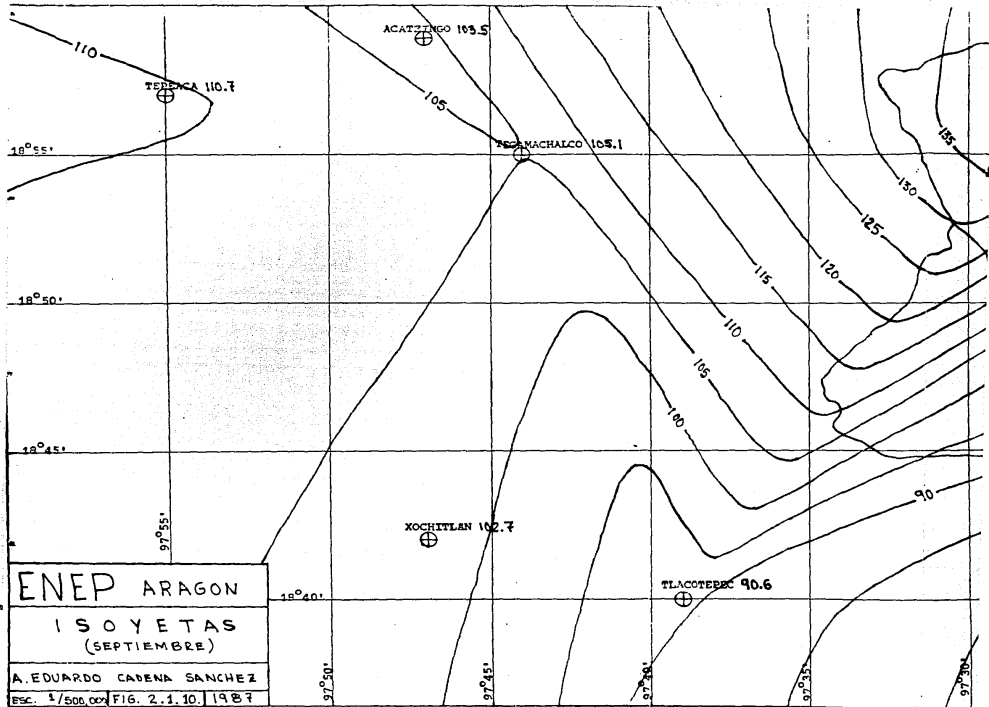


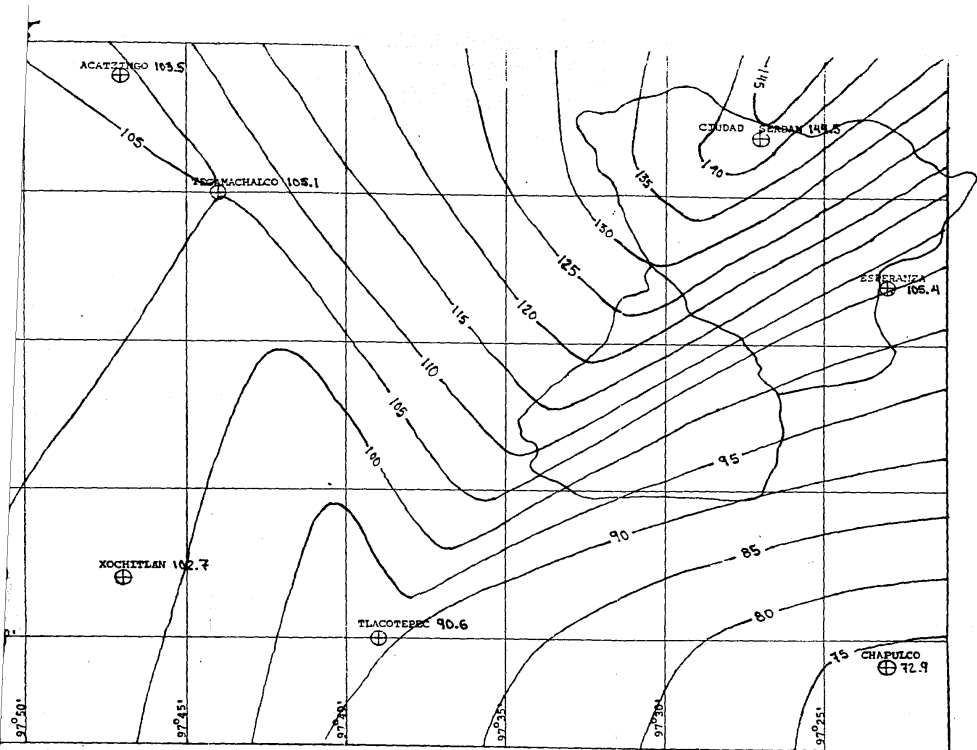
ENEP ARAGON

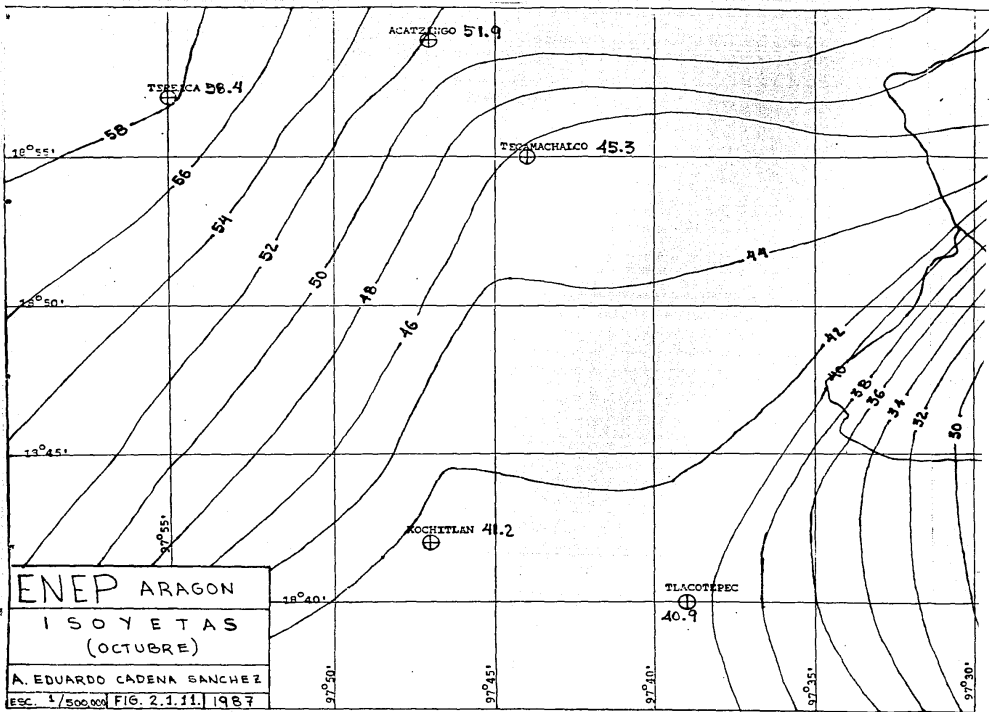
ISOYETAS
(AGOSTO)

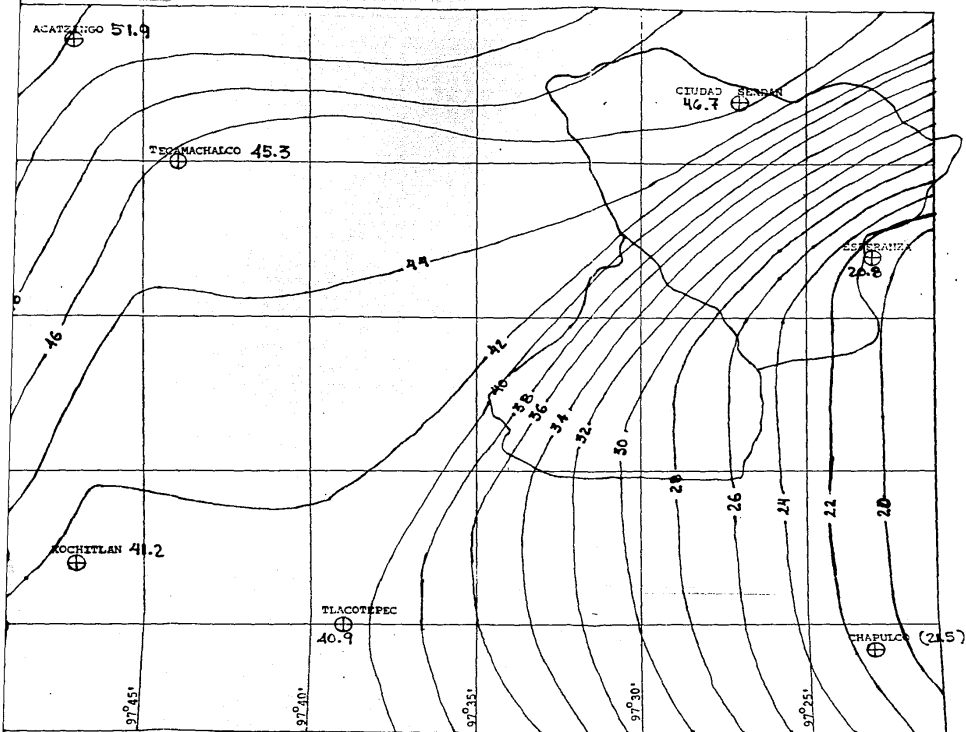
A. EDUARDO CADENA SANCHEZ
ESC. 1/500,000 FIG. 2.1.9.1987

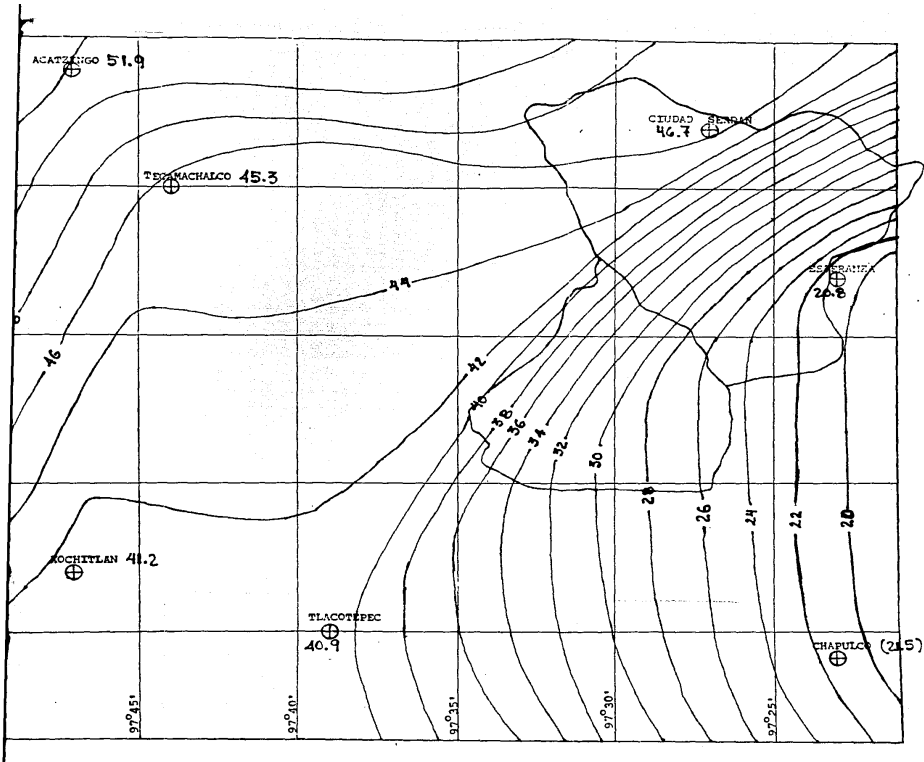


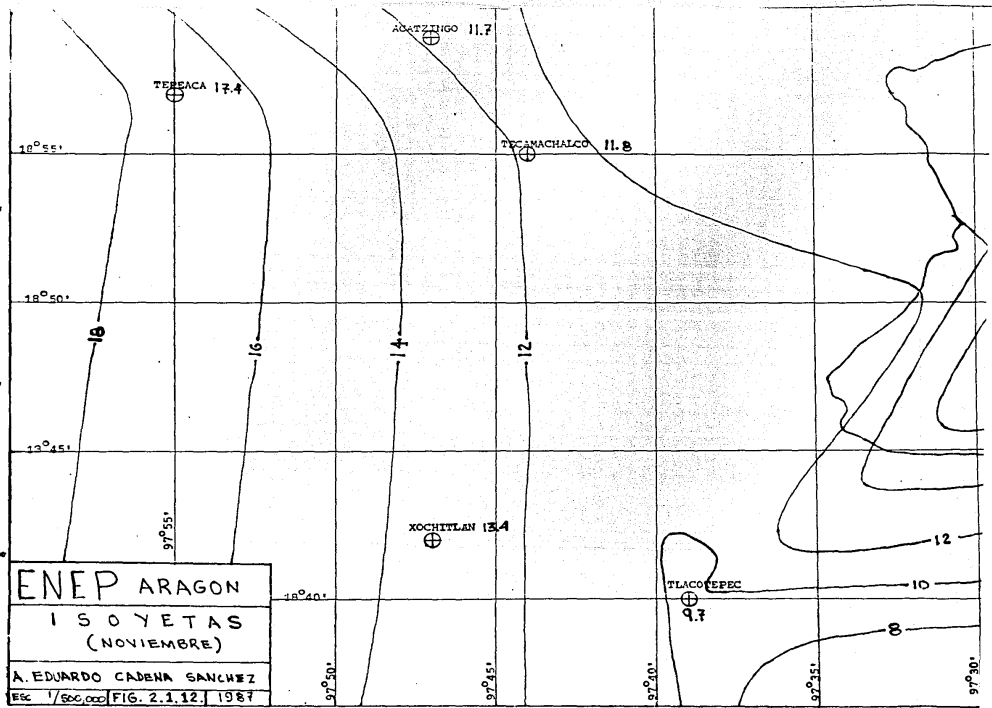










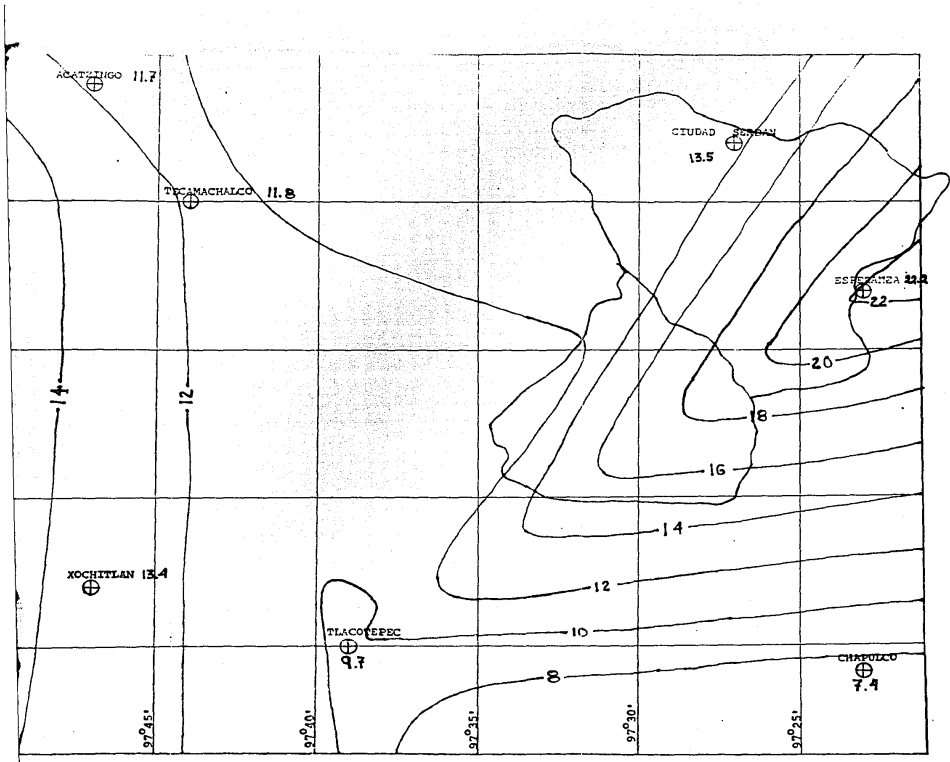


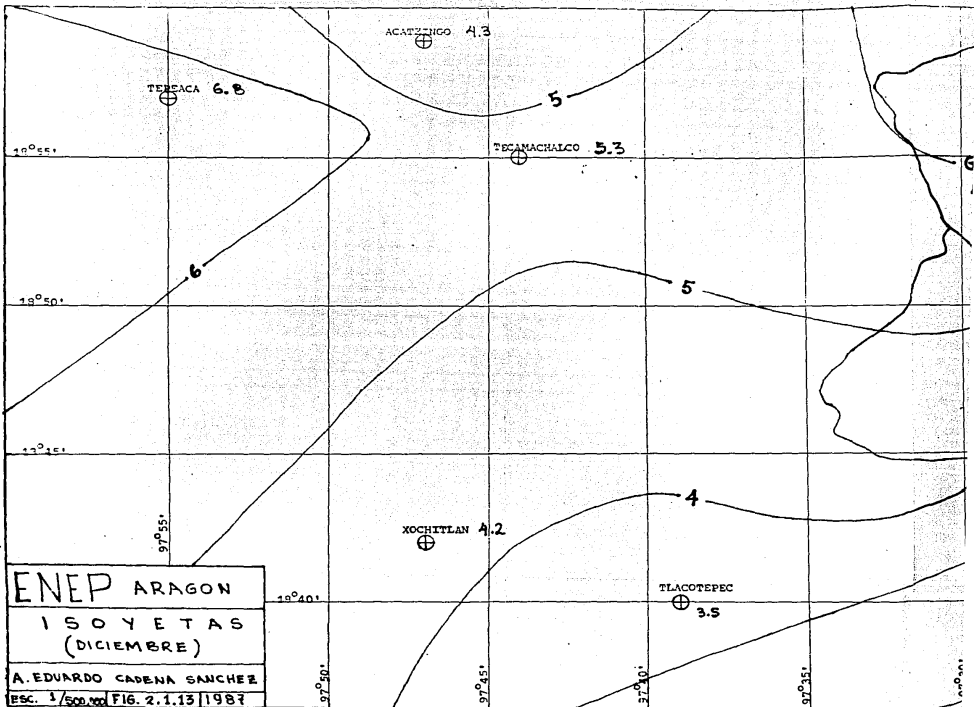
ENEP ARAGON

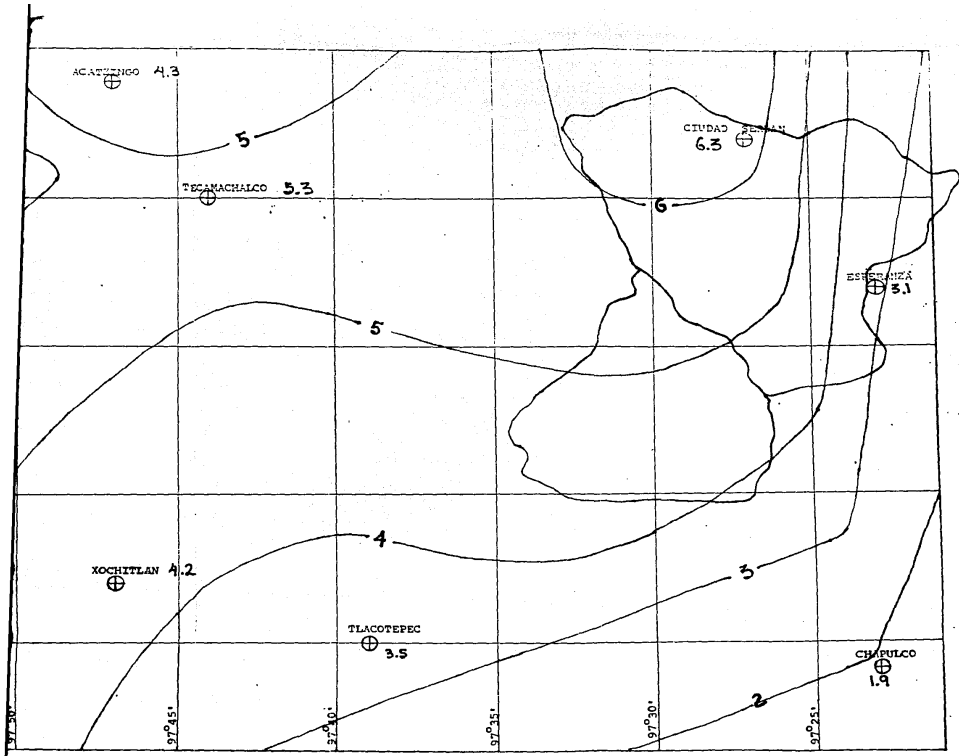
ISOYETAS
(NOVIEMBRE)

A. EDUARDO CADENA SANCHEZ

Esc 1/500,000 FIG. 2.1.12. 1957







que se utilizaron y de acuerdo con la cuenca que se trazo, tanto para el valle de Esperanza como de Cuacnopalan, se obtuvieron las siguientes precipitaciones medias:

E N E R O

VALLE DE ESPERANZA

ISOYETAS	hpi (mm)	Ai (km ²)	hpi Ai ₂ (mm km ²)
14-12	13	102.254	1,329.302
12-10	11	126.703	1,393.733
10-8	9	<u>0.783</u>	<u>7.047</u>
T O T A L		229.740	2,730.082

$$\text{hpm} = \frac{2,730.082}{229.740} = 11.883 \text{ mm}$$

VALLE DE CUACNOPALAN

ISOYETAS	hpi (mm)	Ai (km ²)	hpi Ai ₂ (mm km ²)
12-10	11	114.835	1,263.735
10-8	9	<u>16.131</u>	<u>145.719</u>
T O T A L		131.076	1,409.454

$$\text{hpm} = \frac{1,409.454}{131.076} = 10.753 \text{ mm}$$

F E B R E R O

VALLE DE ESPERANZA

ISOYETAS	hpi (mm)	Ai (km ²)	hpi Ai ₂ (mm km ²)
26-24	25	6.538	163.400
24-22	23	28.558	656.834
22-20	21	17.764	373.044

20-18	19	22.185	421.515
18-16	17	20.992	356.864
16-14	15	30.104	451.560
14-12	13	24.219	314.847
12-10	11	21.724	238.964
10-8	9	<u>57.658</u>	<u>518.922</u>
T O T A L		229.740	3,495.950

$$\text{hpa} = \frac{3,495.950}{229.740} = 15.217 \text{ mm}$$

VALLE DE CUACNOPALAN

ISOYETAS	hpi (mm)	Ai (km ²)	hpi Ai ₂ (mm km ²)
24-22	23	1.139	26.197
22-20	21	8.516	178.836
20-18	19	17.086	324.634
18-16	17	29.562	502.554
16-14	15	26.416	396.240
14-12	13	23.785	309.205
12-10	11	19.147	210.617
10-8	9	<u>5.425</u>	<u>48.825</u>
T O T A L		131.076	1,997.108

$$\text{hpa} = \frac{1,997.108}{131.076} = 15.236 \text{ mm}$$

M A R Z O

VALLE DE ESPERANZA

ISOYETAS	hpi (mm)	Ai (km ²)	hpi Ai ₁ (mm km ²)
18-17	17.5	4.394	76.895

17-16	16.5	36.396	600.534
16-15	15.5	15.025	232.888
15-14	14.5	14.049	203.711
14-13	13.5	11.906	160.731
13-12	12.5	21.832	272.900
12-11	11.5	21.426	246.399
11-10	10.5	26.253	275.657
10-9	9.5	28.477	270.532
9-8	8.5	19.880	168.980
8-7	7.5	21.857	163.928
7-6	6.5	<u>8.245</u>	<u>53.593</u>
T O T A L		229.740	2,726.748

$$\text{hpa} = \frac{2,726.748}{229.740} = 11.869 \text{ mm}$$

VALLE DE CUACNOPALAN

ISOYETAS	hpi (mm)	A1 (km ²)	hpi A1 ₂ (mm km ²)
15-14	14.5	0.461	6.685
14-13	13.5	13.072	176.472
13-12	12.5	14.239	177.988
12-11	11.5	15.052	173.098
11-10	10.5	15.134	158.907
10-9	9.5	14.320	136.040
9-8	8.5	32.952	280.092
8-7	7.5	<u>25.817</u>	<u>193.853</u>
T O T A L		131.076	1,303.135

$$\text{hpa} = \frac{1,303.135}{131.076} = 9.942 \text{ mm}$$

A B R I L

VALLE DE ESPERANZA

ISOYETAS	hpi (mm)	Ai (km ²)	hpi Ai ₂ (mm km ²)
42-40	41	22.836	936.276
40-38	39	39.109	1,525.251
38-36	37	15.784	584.008
36-34	35	16.408	574.280
34-32	33	21.561	711.513
32-30	31	25.060	776.860
30-28	29	33.142	961.118
28-26	27	24.273	655.371
26-24	25	23.975	599.375
24-22	23	<u>7.592</u>	<u>174.616</u>
T O T A L		229.740	7,498.668

$$\text{hpm} = \frac{7,498.668}{229.740} = 32.640 \text{ mm}$$

VALLE DE CUACNOPALAN

ISOYETAS	hpi (mm)	Ai (km ²)	hpi Ai ₂ (mm km ²)
36-34	35	3.661	128.135
34-32	33	14.700	485.100
32-30	31	17.900	554.900
30-28	29	18.659	541.111
28-26	27	24.951	673.677
26-24	25	44.370	1,109.270
24-22	23	<u>6.835</u>	<u>157.205</u>
T O T A L		131.076	3,649.398

$$\text{hpa} = \frac{3,649.398}{131.076} = 27.842 \text{ mm}$$

M A Y O

VALLE DE ESPERANZA

ISOYETAS	hpl (mm)	Al (km ²)	hpl Al (mm km ²)
115-110	112.5	6.970	784.125
110-105	107.5	45.645	4,906.838
105-100	102.5	20.341	2,084.953
100-95	97.5	14.073	1,372.118
95-90	92.5	8.326	770.155
90-85	87.5	10.469	916.038
85-80	82.5	13.203	1,089.66
80-75	77.5	12.263	952.165
75-70	72.5	15.373	1,114.905
70-65	67.5	16.408	1,107.540
65-60	62.5	15.025	939.063
60-55	57.5	20.259	1,164.893
55-50	52.5	20.015	1,050.788
50-45	47.5	<u>11.329</u>	<u>538.508</u>
T O T A L		229.7	18,791.749

$$\text{hpa} = \frac{18,791.749}{229.740} = 81.796 \text{ mm}$$

VALLE DE CUACHOPALAN

ISOYETAS	hpi (mm)	A1(km ²)	hpi A1 ₂ (mm km ²)
105-100	102.5	3.580	366.950
100-95	97.5	5.912	576.420
95-90	92.5	6.619	612.165
90-85	87.5	6.645	581.438
85-80	82.5	11.771	971.108
80-75	77.5	11.581	897.528
75-70	72.5	16.598	1,203.355
70-65	67.5	22.131	1,493.840
65-60	62.5	27.141	1,696.750
60-55	67.5	<u>19.092</u>	<u>1,288.710</u>
T O T A L		131.076	9,688.264

$$hpm = \frac{9,688.264}{131.076} = 73.913 \text{ mm}$$

J U N I O

VALLE DE ESPERANZA

ISOYETAS	hpi (mm)	A1(km ²)	hpi A1 ₂ (mm km ²)
145-140	142.5	8.652	1,232.91
140-135	137.5	42.743	5,877.163
135-130	132.5	22.510	2,982.575
130-125	127.5	12.286	1,566.465
125-120	122.5	12.530	1,534.925
120-115	117.5	13.615	1,599.763
115-110	112.5	16.869	1,897.763
110-105	107.5	15.513	1,667.648

105-100	102.5	22.239	2,279.498
100-95	97.5	24.870	2,424.825
95-90	92.5	16.381	1,515.243
90-85	87.5	19.715	1,725.063
85-80	82.5	<u>1.817</u>	<u>149.903</u>
T O T A L		229.740	26,453.744

$$hpm = \frac{26,453.744}{229.740} = 115.146 \text{ mm}$$

VALLE DE CUACNOPALAN

ISOYETAS	hpi (mm)	A1 (km ²)	hpi A1 (mm km ²)
130-125	127.5	5.207	663.893
125-120	122.5	7.567	926.958
120-115	117.5	11.689	1,373.458
115-110	112.5	12.666	1,424.925
110-105	107.5	9.682	1,040.815
105-100	102.5	10.686	1,095.315
100-95	97.5	10.984	1,070.940
95-90	92.5	43.664	4,038.920
90-85	87.5	<u>18.931</u>	<u>1,656.463</u>
T O T A L		131.076	13,291.687

$$hpm = \frac{13,291.687}{131.076} = 101.404 \text{ mm}$$

J U L I O

VALLE DE ESPERANZA

ISOYETAS	hpi (mm)	A1 (km ²)	hpi A1 (mm km ²)
125-120	122.5	5.858	717.605

120-115	117.5	19.554	2,297.595
115-110	112.5	36.424	4,097.700
110-105	107.5	35.881	3,857.208
105-100	102.5	28.152	2,885.580
100-95	97.5	29.101	2,837.348
95-90	92.5	23.894	2,210.195
90-85	87.5	21.371	1,865.238
85-80	82.5	13.452	1,109.790
80-75	77.5	11.988	929.070
75-70	72.5	<u>4.119</u>	<u>298.628</u>
T O T A L		229.740	23,105.957

$$\text{hpm} = \frac{23,105.957}{229.740} = 100.574 \text{ mm}$$

VALLE DE CUACNOPALAN

ISOYETAS	hpl (mm)	A1 (km ²)	hpl A1 ₂ (mm Km ²)
105-100	102.5	2.821	289.153
100-95	97.5	13.859	1,351.253
95-90	92.5	25.602	2,368.185
90-85	87.5	26.958	2,358.825
85-80	82.5	30.430	2,510.475
80-75	77.5	<u>31.406</u>	<u>2,433.965</u>
T O T A L		131.076	11,311.856

$$\text{hpm} = \frac{11,311.856}{131.076} = 86.300 \text{ mm}$$

AGOSTO

VALLE DE ESPERANZA

ISOYETAS	hpl (mm)	Al (km ²)	hpl Al ₂ (mm km ²)
110-105	107.5	29.833	3,207.048
105-100	102.5	32.979	3,380.348
100-95	97.5	18.008	1,755.780
95-90	92.5	16.191	1,497.668
90-85	87.5	16.598	1,452.325
85-80	82.5	13.533	1,116.473
80-75	77.5	12.611	977.353
75-70	72.5	15.757	1,142.383
70-65	67.5	16.761	1,131.368
65-60	62.5	17.629	1,101.813
60-55	57.5	12.394	712.655
55-50	52.5	11.201	588.053
50-45	47.5	<u>16.245</u>	<u>771.638</u>
T O T A L		229.740	18,834.905

$$hpm = \frac{18,834.905}{229.740} = 77.631 \text{ mm}$$

VALLE DE CUACNOPALAN

ISOYETAS	hpl (mm)	Al (km ²)	hpl Al ₂ (mm km ²)
95-90	92.5	1.383	127.928
90-85	87.5	3.743	327.513
85-80	82.5	6.102	503.415
80-75	77.5	8.950	693.625
75-70	72.5	11.065	802.243

70-65	67.5	13.235	893.363
65-60	62.5	14.239	889.938
60-55	57.5	12.666	728.295
55-50	52.5	<u>59.693</u>	<u>3,133.883</u>
T O T A L		131.076	8,100.173

$$\text{hpa} = \frac{8,100.173}{131.076} = 61.798 \text{ mm}$$

S E P T I E M B R E

VALLE DE ESPERANZA

ISOYETAS	hpl (mm)	A1 (km ²)	hpl A1 (mm km ²)
145-140	142.5	16.300	2,322.750
140-135	137.5	39.407	5,418.463
135-130	132.5	38.458	5,095.685
130-125	127.5	27.691	3,530.603
125-120	122.5	24.219	2,966.828
120-115	117.5	21.778	2,558.915
115-110	112.5	22.565	2,538.563
110-105	107.5	14.971	1,609.383
105-100	102.5	18.330	1,878.825
100-95	97.5	<u>6.021</u>	<u>587.048</u>
T O T A L		229.740	28,507.063

$$\text{hpa} = \frac{28,507.063}{229.740} = 124.084 \text{ mm}$$

229.740

VALLE DE CUACNOPALAN

ISOYETAS	hpi (mm)	A1(km ²)	hpi A1 ₂ (mm km ²)
130-125	127.5	4.855	619.013
125-120	122.5	9.275	1,136.188
120-115	117.5	15.568	1,829.240
115-110	112.5	16.164	1,818.450
110-105	107.5	17.873	1,921.348
105-100	102.5	24.382	2,499.155
100-95	97.5	30.728	2,995.980
95-90	92.5	<u>12.231</u>	<u>1,131.368</u>
T O T A L		131.076	13,950.742

$$hpm = \frac{13,950.742}{131.076} = 106.433 \text{ mm}$$

O C T U B R E

VALLE DE ESPERANZA

ISOYETAS	hpi (mm)	A1(km ²)	hpi A1 ₂ (mm km ²)
48-46	47	27.799	1,306.553
46-44	45	27.691	1,246.095
44-42	43	12.015	516.645
42-40	41	9.899	405.859
40-38	39	14.293	557.427
38-36	37	12.530	463.610
36-34	35	15.459	541.065
34-32	33	14.266	470.778
32-30	31	15.052	466.612
30-28	29	16.842	488.418

28-26	27	18.280	493.560
26-24	25	18.469	461.725
24-22	23	17.710	407.330
22-20	21	<u>9.435</u>	<u>198.135</u>
T O T A L		229.740	8,023.812

$$hpm = \frac{8,023.812}{229.740} = 34.926 \text{ mm}$$

VALLE DE CUACNOPALAN

ISOYETAS	hpi (mm)	Ai (km ²)	hpi Ai ₂ (mm km ²)
40-38	39	7.947	309.933
38-36	37	12.964	479.668
36-34	35	18.849	659.715
34-32	33	18.415	607.695
32-30	31	18.686	579.266
30-28	29	18.822	545.838
28-26	27	23.541	635.607
26-24	25	<u>11.852</u>	<u>296.300</u>
T O T A L		131.076	4,114.022

$$hpm = \frac{4,114.022}{131.076} = 31.387 \text{ mm}$$

NOVIEMBRE

VALLE DE ESPERANZA

ISOYETAS	hpl (mm)	Al (km ²)	hpl Al ₂ (mm km ²)
22-20	21	37.563	788.823
20-18	19	54.839	1,041.941
18-16	17	43.104	734.468
16-14	15	28.097	421.455
14-12	13	<u>66.037</u>	<u>858.481</u>
T O T A L		229.740	3,845.168

$$\text{hpm} = \frac{3,845.168}{229.740} = 16.737 \text{ mm}$$

VALLE DE CUACNOPALAN

ISOYETAS	hpl (mm)	Al (km ²)	hpl Al ₂ (mm km ²)
20-18	19	10.903	207.157
18-16	17	47.356	805.052
16-14	15	38.783	581.745
14-12	13	24.816	322.608
12-10	11	<u>9.218</u>	<u>101.398</u>
T O T A L		131.076	2,017.960

$$\text{hpm} = \frac{2,017.960}{131.076} = 15.395 \text{ mm}$$

DICIEMBRE

VALLE DE ESPERANZA

ISOYETAS	hpl (mm)	Al (km ²)	hpl Al ₂ (mm km ²)
7-6	6.5	51.534	335.296

6-5	5,5	73.335	403.343
5-4	4,5	51.232	230.544
4-3	3,5	41.495	145.233
3-2	2,5	<u>12.094</u>	<u>30.235</u>
T O T A L		229.740	1,144.651

$$\text{hpm} = \frac{1,144.651}{229.740} = 4,982 \text{ mm}$$

VALLE DE CUACNOPALAN

ISOYETAS	hpi (mm)	Ai (km ²)	hpi Ai (mm km ²)
6-5	5,5	35.501	195.256
5-4	4,5	93.460	420.570
4-3	3,5	<u>2.115</u>	<u>7.403</u>
T O T A L		131.076	623.229

$$\text{hpm} = \frac{623.229}{131.076} = 4,755 \text{ mm}$$

2.1.4 De los cálculos anteriores podemos resumir que las precipitaciones medias mensuales para cada uno de los métodos utilizados son las siguientes:

VALLE DE ESPERANZA

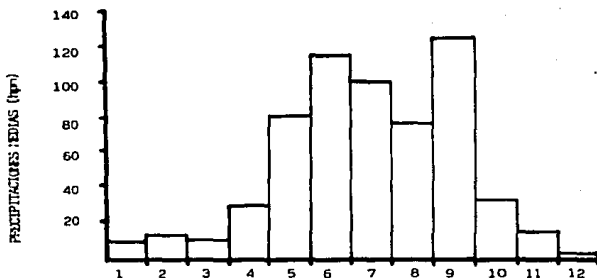
MES	PROMEDIO ARITMETICO	POLIGONOS DE THIESSEN	ISOYETAS
ENERO	9.4	12.020	11.883
FEBRERO	10.9	5.630	15.217
MARZO	12.1	11.633	11.869
ABRIL	30.6	32.130	32.640
MAYO	72.7	79.779	81.796
JUNIO	117.9	111.326	115.146
JULIO	77.7	96.119	100.574

AGOSTO	77.3	77.974	77.631
SEPTIEMBRE	104.4	123.923	124.084
OCTUBRE	40.8	33.073	34.926
NOVIEMBRE	13.4	18.077	16.737
DICIEMBRE	<u>4.4</u>	<u>4.616</u>	<u>4.982</u>
T O T A L	571.6	606.300	627.485

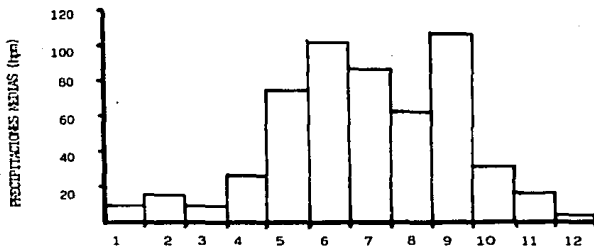
VALLE DE CUACNOPALAN

MES	PROMEDIO ARITMETICO	POLIGONOS DE THIESSEN	ISOYETAS
ENERO	9.4	10.557	10.753
FEBRERO	10.9	4.208	15.236
MARZO	12.1	8.447	9.942
ABRIL	30.6	25.608	27.842
MAYO	72.7	61.820	73.913
JUNIO	117.9	93.291	101.409
JULIO	77.7	71.309	86.300
AGOSTO	77.3	55.748	61.798
SEPTIEMBRE	104.4	103.616	106.433
OCTUBRE	40.8	27.162	31.387
NOVIEMBRE	13.4	17.927	15.395
DICIEMBRE	<u>4.4</u>	<u>3.378</u>	<u>4.982</u>
T O T A L	571.6	483.071	545.959

En la aplicación de cada uno de los métodos se aprecian inconvenientes que obligan a tomar como datos más precisos aquellos que resultan del método más exacto que corresponde al de Isoyetas, ya que considera una distribución uniforme de las precipitaciones entre las estaciones.



Grafica 2.1.1 Precipitaciones medias mensuales (hpm) obtenidas por el método de isoyetas en el Valle de Esperanza.



Grafica 2.1.2 Precipitaciones medias mensuales (hpm) obtenidas por el método de isoyetas en el Valle de Cuacnopalan.

De acuerdo a las precipitaciones anteriores podemos calcular los volúmenes llovidos mensuales y anual.

VALLE DE ESPERANZA

AREA = 229.740 km²

M E S	hpm (mm)	VOLUMEN LLOVIDO (m ³)
ENERO	11.883	2'730,000
FEBRERO	15.217	3'495,954
MARZO	11.869	2'725,784
ABRIL	32.640	7'498,714
MAYO	81.796	18'791,813
JUNIO	115.146	26'453,642
JULIO	110.574	25'403,271
AGOSTO	77.631	17'834,946
SEPTIEMBRE	124.084	28'507,058
OCTUBRE	34.926	8'023,899
NOVIEMBRE	16.737	3'845,158
DICIEMBRE	<u>4.982</u>	<u>1'144,565</u>
T O T A L	637.485	146'455,804

VALLE DE CUACNOPALAN

AREA = 131.076 km²

M E S	hpm (mm)	VOLUMEN LLOVIDO (m ³)
ENERO	10.753	1'409,460
FEBRERO	15.236	1'997,074
MARZO	9.942	1'303,158

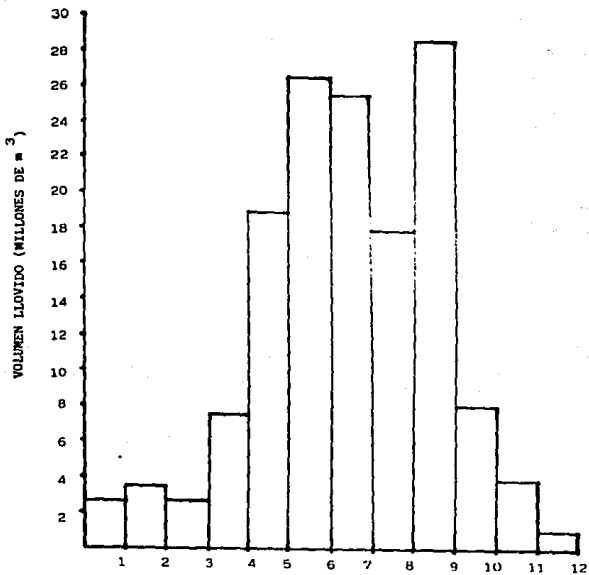
ABRIL	27.842	3'649,418
MAYO	74.482	9'762,803
JUNIO	101.409	13'292,286
JULIO	86.300	11'311,859
AGOSTO	61.798	8'100,235
SEPTIEMBRE	106.433	3'950,812
OCTUBRE	31.387	4'114,082
NOVIEMBRE	15.395	2'017,915
DICIEMBRE	<u>4.982</u>	<u>653,021</u>
T O T A L	545.959	71'562,123

VALLE DE ESPERANZA

AREA= 229.740 km²

hpm= 637.485 mm

VOLUMEN LLOVIDO TOTAL= 146'455,804 m³

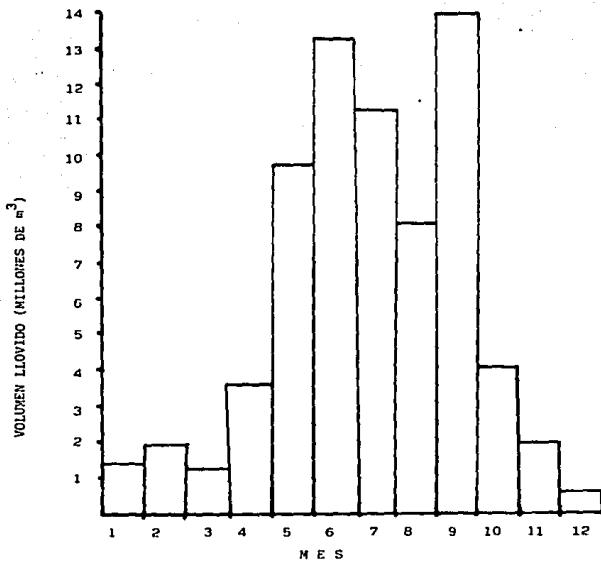


Gráfica 2.1.3. Distribución mensual del volumen llovido (m³)

VALLE DE CUACNOPALAN

AREA = 131.076 km²

hpm = 545.959 mm

VOLUMEN TOTAL = 71'562,123 m³Grafica 2.1.4 Distribución mensual del volumen llovido (m³)

2.2 ESCURRIMIENTOS

El agua que fluye por las corrientes proviene de diversas fuentes, con base en ellas, se considera el escurrimiento como superficial, sub-superficial y subterráneo.

Para analizar esta fase del ciclo hidrológico lo clasificaremos en escurrimiento directo y escurrimiento base; este último proviene del agua subterránea y sólo existe cuando se tiene una corriente perenne, sin embargo, el escurrimiento directo se presenta inmediatamente de originarse una tormenta, cuando es una cuenca pequeña y de manera mediata en cuencas grandes y medianas.

En el ejido de Cuacnopalan no existen corrientes permanentes, sino que únicamente escurrimientos superficiales locales que se originan en las montañas de la parte norte, noreste, sureste y sur de la comunidad. En específico, las barrancas de Buenavista, El Marqués, Tepozonapa, Honda, Santa Isabel, El Chapulín, Santa Ana y El Lobo.

Los escurrimientos superficiales locales, son consecuencia de las precipitaciones no infiltradas y se define como el volumen de agua que escurre desde un área determinada de acumulación de agua. La utilización de este escurrimiento se da en las regiones que tienen una distribución inestable de las precipitaciones en períodos diferentes del año.

Esta utilización se ha venido dando, aplicando técnicas agronómicas para mejorar el régimen hídrico de los suelos y por ende a una infiltración más eficiente; estas técnicas son:

- Labranza transversal de la pendiente.
- Labranza crestada.

- Construcción en el área de diques, para la retención de agua, a lo largo de las curvas de nivel del lugar.

Sin embargo, existen escurrimientos superficiales locales que no son aprovechados y son desplazados fuera de la cuenca. Estos escurrimientos ocurren en las áreas de terreno donde el coeficiente de permeabilidad es bajo y su cuantificación directa es imposible dada la variabilidad con que se presentan. La falta de instrumentos de medición nos obliga a cuantificar de manera estimativa, los volúmenes escurridos con el auxilio de los datos de una cuenca vecina, que reúna las características fisiográficas del área que nos interesa.

La cuenca que reúne esas características es la del Río Blanco, desde su nacimiento hasta la estación Cuichapa y los datos con que contamos de esta cuenca son los publicados en el Boletín Hidrométrico No. 18 (1969-1970) por la extinta Secretaría de Recursos Hidráulicos. Tiene un área de 1731.6 km² y los datos que utilizaremos son los registrados durante el año 1970, teniendo como resultado lo siguiente:

$$C_e = \frac{V_e}{V_{LL}} \quad 2.2.1$$

donde:

C_e = Coeficiente de escurrimiento

V_e = Volumen escurrido en m³

V_{LL} = Volumen llovido en m³

Por lo tanto, si:

$$V_{LL} = 5,605'362,360 \text{ m}^3$$

$$V_e = 1,482'020,000 \text{ m}^3$$

entonces

$$C_e = \frac{1,482'020,000 \text{ m}^3}{5,605'362,360 \text{ m}^3}$$

$$C_e = 0.264$$

Sin embargo, aunque las características fisiográficas de ambas cuencas sean aproximadamente idénticas, existen diferencias en la estructura del suelo. En los valles de Esperanza y Cuacnopalan se tienen suelos con permeabilidades bajas, por lo que se ha estimado un coeficiente de escurrimiento de 0.35. Esto proporcionará unos volúmenes de almacenamiento en el subsuelo conservadores, para no sobre-estimar dichas reservas.

Valle de Esperanza

$$\text{Area} = 229.740 \text{ km}^2$$

$$\text{Hpm} = 637,485 \text{ mm}$$

$$V_{LL} = (637.485 \times 10^{-3} \text{ m}) (229.740 \times 10^6 \text{ m}^2)$$

$$V_{LL} = 146'455,804 \text{ m}^3$$

$$V_e = C_e V_{LL} = (0.35) (146'455,804 \text{ m}^3)$$

$$V_e = 51'259,532 \text{ m}^3$$

Valle de Cuacnopalan

$$\text{Area} = 131,076 \text{ km}^2$$

$$\text{Hpm} = 545,959 \text{ mm}$$

$$V_{LL} = (545.959 \times 10^{-3} \text{ m}) (131.076 \times 10^6 \text{ m}^2)$$

$$V_{LL} = 71'562,123 \text{ m}^3$$

$$V_e = C_e V_{LL} = (0.35) (71'562,123 \text{ m}^3)$$

$$V_e = 25'046,742 \text{ m}^3$$

2.3 EVAPORACION Y TRANSPIRACION

Del agua que se precipita sobre la superficie de la tierra, una parte vuelve a la atmósfera en forma de vapor a través de la acción combinada de la evaporación, la transpiración y la sublimación, las cuales son en esencia, tres variables de un único proceso debido a la acción de la energía solar, que es la que mantiene el ciclo hidrológico en marcha.

Desde el punto de vista hidrológico, es importante conocer por un lado, la cantidad de agua que se pierde por evaporación en grandes depósitos, y por otro, la cantidad de agua que es necesario dotar a los distritos de riego, para determinar las fuentes y dimensiones de los sistemas de abastecimiento. Como en nuestra área de estudio no existen depósitos grandes de agua y los encharcamientos que se forman al llenarse las depresiones del terreno dependen de la intensidad de la lluvia y la capacidad de infiltración; el tirante de agua existente sobre la superficie del suelo, de haberlo, disminuye hasta finalmente desaparecer y el agua contenida en los charcos también se infiltra, y en pequeño grado se evapora.

Es decir, la evaporación es despreciable, por esto únicamente describiremos este componente del ciclo hidrológico para determinar el clima y comparar algunos métodos para calcular la evapotranspiración, con el fin de determinar cual es el más factible para estimar la cantidad de agua necesaria para regar el área cultivable del ejido de Cuncnopalan.

2.3.1 EVAPORACION

Es el proceso mediante el cual las moléculas de agua de una superficie libre o de un suelo humedecido adquieren, mediante la radiación solar, la energía suficiente para escapar del estado líquido y pasar al estado gaseoso.

Podemos decir que la evaporación se relaciona con: la diferencia entre la presión de vapor de la masa de agua y la existente en el aire sobre la superficie de la misma; temperatura del aire y agua; velocidad del viento; presión atmosférica y calidad del agua.

En algunas estaciones utilizadas, se cuenta con instrumentos que miden tanto la temperatura como la evaporación, según la información proporcionada por el Meteorológico Nacional, tenemos las temperaturas promedio mensuales de la Tabla 2.3.1.1 y las evaporaciones promedio mensuales y anuales de las Tablas 2.3.1.2 y 2.3.1.3 respectivamente, que nos indican la lamina de agua en mm. que se pierde en depósitos y corrientes, tales como: lagunas, lagos, presas, etc., debido a la radiación solar y las corrientes de aire, especialmente si este es seco.

TABLA 2.3.1.1 TEMPERATURAS PROMEDIO MENSUALES (°C)

ESTACION	M E S											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A	14.2	15.2	16.9	19.5	20.1	19.2	18.4	18.7	17.6	17.2	15.6	16.0
B	11.1	12.4	15.3	16.3	16.4	14.3	14.1	14.4	13.8	13.2	12.5	11.6
C	14.6	15.0	18.6	18.5	18.9	18.3	17.3	17.5	17.4	16.4	14.4	14.0
D	10.0	11.1	13.4	14.9	15.4	14.0	13.1	12.9	13.0	12.0	11.2	10.4
E	13.3	14.3	17.1	18.9	19.7	19.1	18.3	18.3	18.0	17.0	14.6	14.6
F	11.9	13.5	16.0	17.5	18.4	17.5	16.7	16.8	16.8	15.8	14.3	12.5
G	13.1	14.5	17.5	19.3	20.2	18.9	17.9	18.1	17.9	16.9	15.3	14.1
H	12.8	14.5	17.0	18.7	19.6	19.0	18.2	18.4	18.1	17.3	15.4	13.9
PROMEDIO	12.6	13.8	16.5	18.0	18.6	17.5	16.8	16.9	16.6	15.7	14.2	13.3

TABLA 2.3.1.2 EVAPORACIONES PROMEDIO MENSUALES (mm)

ESTACION	M E S											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A	130.1	144.7	204.5	204.8	201.8	173.0	159.6	168.6	147.0	155.3	151.0	151.5
B	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
C	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
D	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
E	129.2	149.6	198.2	204.5	203.9	165.3	158.3	163.2	138.5	147.1	127.9	120.9
F	122.9	149.5	210.9	195.9	201.9	159.4	144.7	137.3	115.8	119.1	115.0	100.0
G	124.9	146.0	183.8	187.9	190.9	161.0	166.2	165.2	144.3	149.9	131.2	121.0
H	163.4	166.7	220.5	238.9	225.4	194.1	195.7	199.7	165.3	171.1	155.2	158.7
PROMEDIO	134.1	151.3	203.6	206.4	205.4	170.6	164.9	166.8	142.2	148.5	131.1	125.7

TABLA 2.3.1.5 EVAPORACIONES PROMEDIO ANUALES (mm)

AÑO	E S T A C I O N							
	A	B	C	D	E	F	G	H
1961		---	---	---	1,748.4	2,087.5	1,789.0	
1962		---	---	---	1,899.8	2,299.5	1,730.5	
1963		---	---	---	1,958.8	1,944.0	1,822.8	
1964		---	---	---	1,740.8	1,964.5	1,831.3	
1965		---	---	---	1,771.0	1,778.7	1,730.0	
1966		---	---	---	1,835.0	1,725.1	1,925.0	
1967	1,972.8	---	---	---	1,857.0	2,001.4	1,959.7	
1968	1,876.8	---	---	---	1,772.0	1,710.7	1,796.8	
1969	2,082.6	---	---	---	1,938.5	1,750.3	1,926.0	2,156.4
1970	1,993.7	---	---	---	1,673.4	1,645.0	1,906.1	2,303.6
1971	2,016.0	---	---	---	2,020.3	1,677.1	1,982.3	2,177.3
1972	1,877.7	---	---	---	1,443.4	1,536.1	1,955.4	2,004.6
1973	1,864.3	---	---	---	1,753.0	1,715.2	1,908.1	2,260.3
1974	1,877.4	---	---	---	1,845.5	1,657.5	1,876.0	2,249.4
1975	1,956.1	---	---	---	2,246.4	1,700.4	1,854.6	2,337.1
1976	1,797.8	---	---	---	1,866.8	1,678.5	1,946.3	2,240.3
1977	1,982.2	---	---	---	2,025.0	1,861.0	1,994.8	2,425.3
1978	1,974.9	---	---	---	1,954.0	1,711.4	1,918.0	2,532.5
1979	1,987.8	---	---	---	1,972.0	1,553.7	1,889.1	2,175.7
1980	2,011.5	---	---	---	2,045.9	1,600.0	1,701.3	2,184.2
PROMEDIO	1,947.9	---	---	---	1,907.0	1,784.9	1,797.6	2,254.3

2.3.2 EVAPOTRANSPIRACION O USO CONSUNTIVO

El volumen total de la evaporación real no puede ser considerado independiente de la transpiración, es por esto que se les considera en conjunto bajo el concepto de evapotranspiración. Estos dos procesos físicos son similares. Transpiración es evaporación de la superficie de una planta. Evaporación es conversión de agua a vapor y su subsiguiente transferencia de un suelo o superficie acuosa a la atmósfera.

Uso consuntivo es la combinación de evapotranspiración y el agua que las plantas retienen para su nutrición. Esta última cantidad es pequeña en comparación con la evapotranspiración (aproximadamente representa sólo el 1%), por lo que generalmente los términos evapotranspiración y uso consuntivo se usan como sinónimos.

El conocimiento de la evapotranspiración o uso consuntivo es un factor determinante en el diseño de sistemas de riego, incluyendo las obras de almacenamiento, conducción, distribución y drenaje. En México se usan fundamentalmente dos tipos de métodos para el cálculo del uso consuntivo: el de Thornthwaite y el de Blancy-Cridle. El primero, por tomar en cuenta sólo la temperatura media mensual, arroja resultados estimativos que pueden usarse únicamente en estudios preliminares o de gran visión, mientras que el segundo es aplicable a casos más específicos.

**ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

A continuación se presentan ambos métodos y se aplican para estimar la evapotranspiración ocurrida en las áreas cultivables de los Valles de Esperanza y Cuicnopalan.

2.3.2.1 METODO DE THORNTWAITE

Calcula el uso consuntivo mensual como una función de las temperaturas medias mensuales mediante la fórmula

$$U_j = 1.6 k_a \left(\frac{10 T_j}{I} \right)^a \quad 2.3.1$$

donde:

U_j = uso consuntivo en el mes j , en cm.

T_j = temperatura media en el mes j , en °C

a, I = constantes

k_a = constante que depende de la latitud y el mes del año

(Tabla 2.3.2.1)

Las constantes I (Índice de eficiencia de temperatura) y a se calculan como sigue:

$$I = \sum_{j=1}^{12} i_j \quad 2.3.2$$

donde:

$$i_j = \left(\frac{T_j}{5} \right)^{1.514} \quad 2.3.3$$

y

j = número de mes

$$a = 675 \times 10^{-9} I^3 - 771 \times 10^{-7} I + .492 \quad 2.3.4$$

TABLA 2.3.2.1 VALORES DE K_a

LATITUD GRADOS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0	1.04	0.94	1.04	1.01	1.04	1.01	1.04	1.04	1.01	1.04	1.01	1.01
10	1.00	0.91	1.03	1.03	1.08	1.06	1.08	1.07	1.02	1.02	0.98	0.99
20	0.95	0.90	1.03	1.05	1.13	1.11	1.14	1.11	1.02	1.00	0.93	0.91
30	0.90	0.87	1.03	1.06	1.18	1.17	1.20	1.14	1.03	0.98	0.89	0.88
35	0.87	0.85	1.03	1.09	1.21	1.21	1.23	1.15	1.03	0.97	0.86	0.85
40	0.84	0.83	1.03	1.11	1.24	1.25	1.27	1.18	1.04	0.96	0.83	0.81
45	0.80	0.81	1.02	1.13	1.28	1.29	1.31	1.21	1.04	0.94	0.79	0.75
50	0.74	0.78	1.02	1.15	1.33	1.36	1.37	1.25	1.06	0.92	0.76	0.70

CALCULO DE I .- Aplicando las fórmulas 2.3.2 y 2.3.3 así como los datos de temperaturas medias mensuales tenemos los siguientes resultados:

MES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
T_j	12.6	13.8	16.5	18.0	18.6	17.5	16.8	16.9	16.6	15.7	14.2	13.3
i_j	4.05	4.65	6.10	6.95	7.31	6.66	6.26	6.32	6.15	5.65	4.86	4.40

$$I = 69.36$$

CALCULO DE a .- Utilizando la fórmula 2.3.4 y sustituyendo en esta el valor de I .

$$a = 0.2252 - 0.3709 + 1.2415 + 0.492$$

$$a = 1.5878$$

CALCULO DE U_j .- Con los datos anteriores se obtienen los siguientes resultados:

MES	T_j	K_a	$\left(\frac{10T_j}{I}\right)^a$	U_j (cm)
1	12.6	0.955	2.580	3.943
2	13.8	0.901	2.981	4.298

3	16.5	1.030	3.959	6.525
4	18.0	1.032	4.545	7.505
5	18.6	1.135	4.749	8.695
6	17.5	1.065	4.347	7.407
7	16.8	1.086	4.074	7.079
8	16.9	1.074	4.113	7.067
9	16.6	1.020	3.997	6.524
10	15.7	1.002	3.659	5.866
11	14.2	0.935	3.120	4.667
12	13.3	0.918	2.812	4.130

De acuerdo a los usos consuntivos (U_j) anteriores, podemos calcular los volúmenes evapotranspirados mensuales y anual.

VALLE DE ESPERANZA

AREA TOTAL = 229.740 km²

AREA CULTIVADA = 189.000 km²

MES	U_j (m)	VOLUMEN (m ³)
ENERO	0.03943	7'452,270
FEBRENO	0.04298	8'123,220
MAIHO	0.06525	12'332,250
ABRIL	0.07506	14'186,340
MAYO	0.08656	16'435,440
JUNIO	0.07407	13'999,230
JULIO	0.07079	13'379,310
AGOSTO	0.07067	13'356,630
SEPTIEMBRE	0.06524	12'330,360
OCTUBRE	0.05866	11'086,740

NOVIEMBRE	0.04667	5'620,630
DICIEMBRE	0.04130	7'605,700
T O T A L	0.73708	139'308,120

VALLE DE CUACNOPALAN

AREA TOTAL = 131.076 km²AREA CULTIVADA = 46.100 km²

MES	U _j (m)	VOLUMEN (m ³)
ENERO	0.03943	1'817,723
FEBRERO	0.04298	1'981,378
MARZO	0.06525	3'008,025
ABRIL	0.07506	3'460,266
MAYO	0.06696	4'008,856
JUNIO	0.07407	3'414,627
JULIO	0.07079	3'263,419
AGOSTO	0.07067	3'257,887
SEPTIEMBRE	0.06524	3'007,564
OCTUBRE	0.05966	2'704,226
NOVIEMBRE	0.04667	2'151,487
DICIEMBRE	0.04130	1'903,930
T O T A L	0.73708	33'979,388

2.3.3 Blaney-Criddle.- En este método se toma en cuenta, además de la temperatura y las horas de sol diarias; el tipo de cultivo, la duración de su ciclo vegetativo, la temperatura de siembra y la zona.

El procedimiento y las formulas utilizadas en este método se dan de una manera más detallada en el capítulo 3 de este trabajo. Ahora únicamente utilizaremos los usos consuntivos que allí

se obtuvieron y lo aplicaremos a las Areas que actualmente se utilizan para así determinar los volúmenes evaporotranspirados. Actualmente la distribución de los cultivos y sus usos consuntivos así como sus volúmenes mensuales son los que se especifican en las Tablas números 2.3.2.2 a la 2.3.2.5

VALLE DE ESPERANZA
 AREA TOTAL = 229.740 km²
 AREA CULTIVADA = 189.0 km²

TABLA 2.3.2.2 USOS CONSUNTIVOS

CULTIVO	AREA km ²	USO CONSUNTIVO u (cm)											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ALFALFA	8.0	6.012	7.408	11.674	14.200	17.150	17.651	17.879	16.791	14.216	11.610	7.852	5.645
FRÍJOL	10.0					5.00	12.851	15.170	13.059	6.710			
HABA	3.0			8.210	9.004	12.000	13.750	15.010	11.106	5.000			
MAIZ	155.0			5.00	12.274	13.650	14.000	15.851	10.787	7.127			
TUWIE	3.0					5.750	8.150	12.631	12.751	10.584			
ZANAHORIA	10.0	5.0	5.0	16.204	14.100								
TOTAL	189.0	11.012	12.408	31.734	36.304	44.200	47.651	46.150	64.494	43.637	11.610	7.852	5.645

TABLA 2.3.2.3 VOLUMEN MENSUAL

CULTIVO	AREA km ²	VOLUMEN MENSUAL (CMEN DE m ³)											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ALFALFA	8.0	491.0	592.5	933.1	1,144.7	1,395.9	1,395.9	1,430.3	1,343.3	1,137.3	928.8	628.2	451.6
FRÍJOL	10.0					500.0	1,285.1	1,517.0	1,305.9	671.0			
HABA	3.0			243.5	272.0	360.2	384.0	414.0	333.2	150.0			
MAIZ	155.0			775.0	2,004.7	2,034.9	2,135.6	2,157.9	16,719.9	11,046.9			
TUWIE	3.0					173.4	276.9	372.9	392.5	317.5			
ZANAHORIA	10.0	500.0	500.0	1,675.4	1,412.5								
TOTAL	189.0	981.0	1,092.5	2,068.3	2,557.9	2,740.5	2,771.8	2,784.1	20,084.3	13,322.7	928.8	628.2	451.6

VALLE DE CUACHOPALAN
 AREA TOTAL = 131.076 km²
 AREA CULTIVADA = 46.1 km²

TABLA 2.3.2.4 USOS CONSUNTIVOS

CULTIVO	AREA (km ²)	USO CONSUNTIVO u (cm)											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ALFALFA	0.1	6.012	7.408	11.664	14.296	17.150	17.461	17.879	16.791	14.216	11.610	7.852	5.645
FRIJOL	6.0					5.00	12.844	15.170	13.058	6.710			
MAIZ	40.0			5.00	12.274	18.087	18.281	15.858	10.787	7.127			
TOTAL	46.1	6.012	7.408	16.664	26.57	40.237	48.566	48.907	40.637	28.053	11.610	7.852	5.645

TABLA 2.3.2.5 VOLUMENES MENSUALES

CULTIVO	AREA (km ²)	VOLUMEN MENSUAL (MILES DE m ³)											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ALFALFA	0.1	6.01	7.4	11.7	14.3	17.2	17.5	17.9	16.8	14.2	11.6	7.9	5.6
FRIJOL	6.0					300.0	700.0	910.0	783.5	402.6			
MAIZ	40.0			2000.0	4100.0	7234.0	7312.0	6343.0	4314.8	2850.8			
TOTAL	46.1	6.01	7.4	2011.7	4114.3	7251.2	8112.0	7271.1	5115.1	3267.6	11.6	7.9	5.6

2.3.3 RESUMEN

De los calculos anteriores, tenemos los siguientes cuadros comparativos:

VALLE DE ESPERANZA

MES	VOLUMEN (m ³)	
	THORNTWAITE	BLANEY-CRIDDLE
ENERO	7'452,270	981,000
FEBRERO	8'123,220	1'092,600
MARZO	12'332,250	10'608,000
ABRIL	14'186,340	21'862,900
MAYO	16'435,440	30'440,500
JUNIO	13'999,230	31'711,800
JULIO	13'379,310	28'314,100
AGOSTO	13'356,630	20'084,800
SEPTIEMBRE	12'330,360	13'322,700
OCTUBRE	11'086,740	928,800
NOVIEMBRE	8'820,630	628,200
DICIEMBRE	7'805,700	451,600
T O T A L	139'308,120	160'427,000

VALLE DE CUACNOPALAN

MES	VOLUMEN (m ³)	
	THORNTWAITE	BLANEY-CRIDDLE
ENERO	1'817,723	6,010
FEBRERO	1'981,378	7,400
MARZO	3'008,025	2'011,700
ABRIL	3'460,266	4'923,900
MAYO	4'008,856	7'552,000
JUNIO	3'414,627	8'100,500

JULIO	3'263,419	7'271,300
AGOSTO	3'257,887	5'115,100
SEPTIEMBRE	3'007,564	3'267,600
OCTUBRE	2'704,226	11,600
NOVIEMBRE	2'151,487	7,600
DICIEMBRE	1'903,930	5,600
T O T A L	33'979,388	33'280,610

Podemos concluir que el método más apropiado para el cálculo del uso consuntivo en el Ejido de Cuacnopalan es el de Blaney-Criddle, ya que es el aplicado a casos más específicos por considerar la temperatura, las horas de sol diarias, el tipo de cultivo, la duración de su ciclo vegetativo, la temporada de siembra y la zona.

2.4 INFILTRACION

La infiltración se refiere al movimiento del agua dentro del suelo; capacidad de infiltración a la velocidad con que el agua puede entrar en el suelo, y percolación al movimiento del agua a través del perfil. Los estudios de algunos investigadores muestran claramente que, en una superficie abierta y permeable, la capacidad de infiltración del suelo aumenta, en contraste con una superficie compacta, en donde la velocidad de infiltración es baja y de escurrimiento alto.

Duley (1939), observó que la velocidad de absorción de agua en los suelos sin vegetación se reduce rápidamente cuando la lluvia cae, y forma una capa compacta y delgada de la superficie del suelo. Esta capa la origina, por una parte, el golpe de las gotas de lluvia y por otra, la acción seleccionadora del agua, que al fluir sobre una superficie coloca las partículas pequeñas alrededor de las grandes. Mostró también que cultivando un suelo en las condiciones anteriores, a una profundidad de 10 a 15 cm., aumenta su capacidad máxima de infiltración. La condición de la superficie del suelo varía según el cultivo, clima y prácticas que se siguen en su manejo. Cuando más grande sea el follaje y más extenso su sistema radicular, mayores son los efectos benéficos de las plantas en el mantenimiento de una estructura abierta a la superficie.

La influencia del clima se manifiesta en un aumento o disminución de la capacidad de infiltración. Los períodos prolongados de sequía aumentan, generalmente la capacidad de infiltración

de los suelos, debido al agrietamiento severo de la superficie.

2.4.1 FACTORES QUE AFECTAN LA CAPACIDAD DE INFILTRACION

La forma en que se realiza el proceso descrito depende de un gran número de factores, entre los que destacan:

- a) Textura del suelo
- b) Contenido de humedad inicial
- c) Contenido de humedad de saturación
- d) Cobertura vegetal
- e) Uso del suelo
- f) Aire atrapado
- g) Lavado de material fino
- h) Compactación
- i) Temperatura, sus cambios y diferencias.

2.4.2 CLASIFICACION DEL SUELO

La velocidad de percolación está determinada por las relaciones de textura y estructura del suelo, aumentando con las texturas más ordinarias y con granulación.

La textura del suelo está relacionada con el tamaño de las partículas minerales, específicamente se refiere a la proporción relativa de los tamaños de varios grupos de partículas de un suelo. Esta propiedad ayuda a determinar no solo la capacidad de infiltración si no también el abastecimiento de nutrientes y aire, tan importantes para la vida de las plantas.

En nuestro análisis de la infiltración se realizará una clasificación del tipo de suelo que componen la zona que estamos

estudiando, para esto, tomaremos como base el sistema unificado de clasificación de suelos.

Para fines de clasificación, los materiales que constituyen la corteza terrestre, se agrupan en 3 divisiones: "suelos", "fragmento de roca", "roca". El término de "suelo" se aplica a todas aquellas partículas de material menores de 7.6 cm. (3"). El término "fragmento de roca" se aplica a los fragmentos mayores de 7.6 cm. (3") y que no forman parte de una formación rocosa masiva. El término "roca" se usa para formaciones rocosas más o menos continuas o masivas.

El sistema clasifica a los suelos finos principalmente con base en sus características de plasticidad, cuya correlación con las propiedades mecánicas básicas es consistente y confiable, los suelos gruesos mayores que la maya #200 (0.074 mm de abertura), se clasifican tomando en cuenta también la característica de plasticidad de su fracción fina. El problema de la identificación de suelos es de mucha importancia; identificar un suelo es, en rigor, encajillarlo dentro de un sistema previo de clasificación. En este caso concreto, es colocarlo en algunos de los grupos mencionados dentro del SUCS; obviamente en el grupo que le corresponda según sus características, la identificación permite conocer en forma cualitativa, las propiedades mecánicas e hidráulicas del suelo.

La importancia de la clasificación del tipo de suelo que se tiene en nuestra zona es para determinar la cantidad de agua que se infiltra, es decir, nos interesa conocer la permeabilidad

del suelo. Para lograr esto, se realizó una clasificación que tiene como resultado lo siguiente:

NOMBRE TIPOID	SIMBOLO	AREA Km ²	
		ESPERANZA	CUAQUOPALAN
ROCA		40.740	60.526
ARENAS MAL GRADUADAS, ARENAS CON GRAVA, CON POCO O NADA DE FINOS	SP	73.300	11.950
ARENAS LIMOSAS, MEZCLAS DE ARENA Y LIMO.	SM	38.400	2.375
ARENAS ARCILLOSAS, MEZ- CLAS DE ARENA Y ARCILLA.	SC	37.050	27.150
LIMOS INORGANICOS, POLVO DE ROCA, LIMOS ARENOSOS O ARCI- LLOSOS LIGERAMENTE PLASTICOS.	ML	22.850	23.050
ARCILLA INORGANICA DE ALTA PLASTICIDAD, ARCILLAS FRANCAS	CH	17.400	6.025
T O T A L		229.740	131.076

2.4.3 PERMEABILIDAD DEL SUELO

Generalmente el agua fluye a través de los suelos por gravedad, el régimen del flujo se dice que es laminar cuando las líneas de flujo permanecen sin juntarse entre sí, excepción hecha del efecto microscópico de mezcla molecular. Cuando las líneas de flujo se entremezclan y dan lugar a turbulencias características se dice que el flujo es turbulento.

El fundamento de casi toda la teoría de flujo a través de

los suelos radica en el trabajo experimental de Henri Darcy, que se conoce hoy como la Ley de su nombre. Trabajando con un dispositivo de diseño personal (Fig. 2.4.1) Darcy encontró que para velocidades suficientemente pequeñas, el gasto a través de la conducción queda expresado por:

$$Q = kiA \quad (2.4.1)$$

Donde:

A = Es el área total de la sección transversal del filtro colocado en la conducción.

i = Es el gradiente hidráulico, medido por la expresión:

$$i = \frac{h_1 - h_2}{L}$$

k = Es una constante de proporcionalidad, a la que Darcy dió el nombre de coeficiente de permeabilidad.

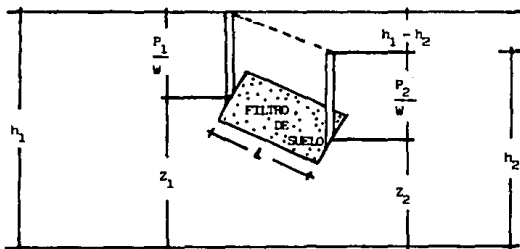


FIGURA 2.4.1 ESQUEMA DEL DISPOSITIVO EXPERIMENTAL DE DARCY

En cualquier punto del flujo, la altura piezométrica h es la carga de la elevación Z del punto, más la carga de presión en dicho punto (P/γ).

La diferencia $h_1 - h_2$ representa la pérdida de energía sufrida por el flujo en el desplazamiento L .

La ecuación de continuidad del gasto establece que:

$$Q = Av \quad (2.4.2)$$

Siendo A el área del conducto y v la velocidad del flujo.

Llevando esta expresión a la (2.4.1), se deduce que:

$$v = ki$$

O sea, que en el intervalo en que la ley de Darcy es aplicable, la velocidad del flujo es directamente proporcional al gradiente hidráulico; ésto indica que, dentro del campo de aplicabilidad de la Ley de Darcy, el flujo en el suelo es laminar.

En las ecuaciones anteriores, aparece una constante física de proporcionalidad k , llamada el coeficiente de permeabilidad del suelo. Puede verse que sus unidades son las correspondientes a una velocidad. Esto se ha utilizado para definir en términos simples el coeficiente de permeabilidad de un suelo, como la velocidad del agua a través del mismo cuando esta sujeta a un gradiente hidráulico (1) unitario.

Es obvio que en el valor numérico de k se reflejan propiedades físicas del suelo y en cierta medida ese valor indica la mayor o menor facilidad con que el agua fluye a través del suelo, estando sujeta a un gradiente hidráulico dado.

La Ley de Darcy es estrictamente experimental, por lo que

su validez no puede ir más allá de las condiciones específicas que hayan precedido el conjunto de experiencias que le dieron nacimiento. Por esto la Ley de Darcy resulta aplicable al flujo de agua a través de suelos que son más finos que las arenas medias y gruesas, para casi cualquier gradiente hidráulico imaginable en un problema práctico.

La permeabilidad de los suelos es uno de los valores que admiten mayores variaciones según el tipo de material de que se trate, según la clasificación de Therzaghi (gráfica 2.4.1), varía entre límites tan amplios como 10 a 100 cm/seg. en gravas limpias, hasta 10^{-8} a 10^{-9} cm/seg. en arcillas homogéneas montmoriloníticas o bentoníticas, situadas abajo de la zona de intemperismo.

La permeabilidad típica de las arenas limpias puede ser del orden de 10^{-2} - 10^{-3} cm/seg. llegando a valores de 10^{-4} cm/seg. en arenas muy finas; los limos y depósitos de morena glacial pueden tener permeabilidades tan bajas como 10^{-5} - 10^{-6} cm/seg. En general las arcillas tienen permeabilidades menores que 10^{-5} cm/seg. Con permeabilidades menores de 10^{-3} cm/seg. un suelo debe considerarse inapropiado para usarse como drenaje y con permeabilidad menor que 10^{-7} cm/seg. un suelo puede ser considerado prácticamente impermeable.

La permeabilidad de los suelos esta influida por las siguientes características del mismo:

- a) Relación de vacíos
- b) El tamaño de sus partículas

Grafica 2.4.1 Permeabilidad y condiciones de drenaje de los suelos

		Coeficiente de permeabilidad k en cm/seg (escala logarítmica)											
		10 ⁻²	10	1.0	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁹
Drenaje		Bueno					Pobre			Prácticamente impermeable			
Tipo de suelo	Grava limpia	Arenas limpias y mezclas limpias de arena y grava.				Arenas muy finas, limos orgánicos e inorgánicos, mezclas de arena, limo y arcilla, morenas glaciares, depósitos de arcilla estratificada.			Suelos "impermeables", es decir, arcillas homogéneas situadas por debajo de la zona de descomposición.				
							Suelos "impermeables" modificados por la vegetación o por descomposición.						
Determinación directa de k	Ensayo directo del suelo "in situ" por ensayos de bombeo. Se requiere mucha experiencia, pero bien realizados son bastante exactos.												
	Permeámetro de carga hidráulica constante. No se requiere mayor experiencia.												
Determinación indirecta de k	Permeámetro de carga hidráulica decreciente. No se requiere mucha experiencia y se aplican a una gran variedad de suelos.	Permeámetro de carga hidráulica decreciente. Resultados de regular a bueno. Se requiere mucha experiencia.			Permeámetro de carga hidráulica decreciente. Resultados de regular a bueno. Se requiere mucha experiencia.			Cálculos basados en los ensayos de consolidación. Resultados buenos. Se necesita mucha experiencia.					
	Por cálculo partiendo de la curva granulométrica. Solo aplicable en el caso de arenas y gravas limpias sin cohesión.												

* Según A. Casagrande y R. E. Fadum (1940).

- c) La composición mineralógica y físico-química del suelo
 d) La estructura
 e) El grado de saturación
 f) La existencia de agujeros, fisuras, etc.

Para la determinación del coeficiente de permeabilidad de los suelos que se tienen en el Ejido de Cuacnopalan, utilizaremos la clasificación que obtuvo Karl Thersaghi; teniendo los siguientes cálculos al multiplicarla por el Área.

VALLE DE ESPERANZA

SUELO	ÁREA (M ²)	k cm/seg.	Ak(m ³ /seg)
SP	73'300,000	5×10^{-5}	36.6500
SM	38'400,000	6×10^{-6}	2.3040
SC	37'050,000	2×10^{-7}	0.0741
NL	22'850,000	9×10^{-8}	0.0206
CH	17'400,000	4×10^{-8}	0.0070
TOTAL	189'000,000		

VALLE DE CUACNOPALAN

SUELO	ÁREA (m ²)	k cm/seg.	Ak(m ³ /seg)
SP	11'950,000	5×10^{-5}	5.9750
SM	2'375,000	6×10^{-6}	0.1425
SC	27'150,000	2×10^{-7}	0.0543
NL	23'050,000	9×10^{-8}	0.0208
CH	6'025,000	4×10^{-8}	0.0024
TOTAL	70'550,000		

2.4.4 CALCULO DE INFILTRACION

La diferencia entre el volumen de agua que llueve (V_{LL}) en una cuenca y el que escurre por su salida recibe el nombre genérico de pérdidas. Las pérdidas están constituidas por la intercepción en el follaje de las plantas y en los techos de las construcciones, la retención en depresiones o charcos (que posteriormente se evapora o se infiltra), la evaporación y la infiltración. Además de que en la práctica es difícil separar estos cuatro componentes, la porción más considerable de las pérdidas está dada por la infiltración, por lo que es costumbre calcularlas conjuntamente bajo este nombre.

2.4.4.1 METODO EMPIRICO

Generalmente, el volumen de infiltración es varias veces mayor que el de escurrimiento durante una tormenta dada, especialmente en cuencas con un grado de urbanización relativamente bajo. Como se tiene el volumen llovido (V_{LL}) y el volumen escurrido (V_e) el volumen infiltrado (V_I) se puede calcular con la siguiente fórmula:

$$V_I = V_{LL} - V_e \quad (2.4.3)$$

donde:

V_I = Volumen infiltrado

V_{LL} = Volumen de lluvia

V_e = Volumen escurrido

Si ambos miembros de la ecuación 2.4.3 se dividen entre el área de la cuenca, se obtiene:

$$I = LL - E \quad (2.4.4)$$

donde:

I = Infiltración o lámina de pérdidas acumulada

LL = Altura de lluvia acumulada

E = Escurrimiento acumulado.

Teniendo los siguientes cálculos:

VALLE DE ESPERANZA

MES	V _{LL}	VOLUMENES (m ³)	
		V _e	V _I
ENERO	2'730,000	955,500	1'774,500
FEBRERO	3'495,954	1'223,584	2'272,370
MARZO	2'728,784	954,374	1'772,410
ABRIL	7'498,714	2'624,550	4'874,164
MAYO	18'791,813	6'577,135	12'214,678
JUNIO	26'453,642	9'258,775	17'194,867
JULIO	25'403,271	8'891,145	16'512,126
AGOSTO	17'834,946	6'242,231	11'592,715
SEPTIEMBRE	28'507,058	9'977,470	18'529,588
OCTUBRE	8'023,899	2'808,365	5'215,534
NOVIEMBRE	3'845,158	1'345,805	2'499,353
DICIEMBRE	1'144,565	400,598	743,967
T O T A L	146'455,804	51'259,532	95'196,272

VALLE DE CUACNOPALAN

MES	V _{LL}	VOLUMENES (m ³)	
		V _e	V _I
ENERO	1'409,460	493,311	916,149
FEBRERO	1'997,074	698,976	1'298,098
MARZO	1'303,158	456,105	847,053
ABRIL	3'649,418	1'277,296	2'372,122
MAYO	9'762,803	3'416,981	6'345,822
JUNIO	13'292,286	4'652,300	8'639,986

JULIO	11'311,859	3'959,151	7'352,708
AGOSTO	8'100,235	2'835,082	5'265,153
SEPTIEMBRE	13'950,812	4'882,784	9'068,028
OCTUBRE	4'114,082	1'439,922	2'674,153
NOVIEMBRE	2'017,915	706,270	1'311,645
DICIEMBRE	653,021	228,557	424,464
T O T A L	71'562,123	25'046,742	46'515,381

2.4.4.2 UTILIZANDO EL COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD

Otro método para determinar la infiltración, es considerando la clasificación del suelo del Ejido de Cuacnopalan, así como su permeabilidad. Utilizando la Teoría de Darcy, tenemos que de la expresión 2.4.1 conocemos los factores K_A de cada uno de los tipos de suelo, y el gradiente hidráulico (i) lo determinaremos con las precipitaciones medias mensuales, una lámina de agua por pérdidas y la profundidad de las muestras que determinaron el tipo de suelo, quedando de la siguiente manera:

$$i_m = \frac{h_{pm} - h_p}{L}$$

donde:

i_m = Es el gradiente hidráulico mensual

h_{pm} = Precipitaciones medias mensuales

h_p = Lámina por pérdidas, que en nuestro caso consideraremos el valor de 15 mm

L = Profundidad constante de las muestras que se realizaron para determinar los tipos de suelo; de 0.8 m.

Con lo anterior obtenemos los siguientes gradientes hidráulicos mensuales (i_m):

M E S	VALLE	
	CUACNOPALAN	ESPERANZA
ENERO	0.0	0.0
FEBRERO	0.0003	0.0003
MARZO	0.0	0.0
ABRIL	0.0161	0.0221
MAYO	0.0744	0.0835
JUNIO	0.1080	0.1252
JULIO	0.0891	0.1195
AGOSTO	0.0585	0.0783
SEPTIEMBRE	0.1143	0.1364
OCTUBRE	0.0205	0.0249
NOVIEMBRE	0.0005	0.0022
DICIEMBRE	0.0	0.0

Con estos gradientes hidraulicos mensuales y aplicando la fórmula $Q=Ak_i$, tenemos los siguientes gastos dependiendo de los valores de Ak del inciso 2.4.3.

VALLE DE ESPERANZA

MES	$Q_1=36.65i$ (m^3/seg)	$Q_2=2.304i$ (m^3/seg)	$Q_3=0.0741i$ (m^3/seg)	$Q_4=0.0206i$ (m^3/seg)	$Q_5=0.0070i$ (m^3/seg)
ENERO	--	--	--	--	--
FEBRERO	0.0110	0.0007	2.2×10^{-5}	6.2×10^{-6}	2.1×10^{-6}
MARZO	--	--	--	--	--
ABRIL	0.8100	0.0509	0.0016	0.0005	0.0002
MAYO	3.0603	0.1924	0.0062	0.0017	0.0006
JUNIO	4.5886	0.2885	0.0093	0.0026	0.0009
JULIO	4.3797	0.2753	0.0089	0.0025	0.0008
AGOSTO	2.8697	0.1804	0.0058	0.0016	0.0006
SEPTIEMBRE	4.9991	0.3143	0.0101	0.0028	0.0010

OCTUBRE	0.9126	0.0574	0.0019	0.0005	0.0002
NOVIEMBRE	0.0806	0.0051	0.0002	4.5×10^{-5}	1.5×10^{-5}
DICIEMBRE	--	--	--	--	--

VALLE DE CUACNOPALAN

MES	$Q_1 = 5.97501$ (m ³ /seg)	$Q_2 = 0.14251$ (m ³ /seg)	$Q_3 = 0.5431$ (m ³ /seg)	$Q_4 = 0.02061$ (m ³ /seg)	$Q_5 = 0.00241$ (m ³ /seg)
ENERO	--	--	--	--	--
FEBRERO	0.0018	4.3×10^{-5}	1.6×10^{-5}	6.2×10^{-6}	7.2×10^{-7}
MARZO	--	--	--	--	--
ABRIL	0.0962	0.0023	0.0009	0.0003	3.9×10^{-5}
MAYO	0.4445	0.0106	0.0040	0.0015	0.0002
JUNIO	0.6453	0.0154	0.0059	0.0022	0.0003
JULIO	0.5324	0.0127	0.0048	0.0019	0.0002
AGOSTO	0.3495	0.0083	0.0032	0.0012	0.0001
SEPTIEMBRE	0.6829	0.0163	0.0062	0.0024	0.0003
OCTUBRE	0.1225	0.0023	0.0011	0.0004	4.9×10^{-6}
NOVIEMBRE	0.0003	7.1×10^{-5}	2.7×10^{-5}	1.0×10^{-5}	1.2×10^{-6}
DICIEMBRE	--	--	--	--	--

Multiplicando estos gastos por un tiempo (t) que depende del mes obtenemos los siguientes volúmenes:

$$V_n = Qnt$$

VALLE DE ESPERANZA

M E S	t(SEG)	V_1 (m ³)	V_2 (m ³)	V_3 (m ³)	V_4 (m ³)	V_5 (m ³)
ENERO	2'678,400	--	--	--	--	--
FEBRERO	2'419,200	26,599	1,672	54	15	5
MARZO	2'678,400	--	--	--	--	--
ABRIL	2'592,000	2'099,429	131,981	4,245	1,180	401

MAYO	2'678,400	8'196,641	515,281	16,572	4,607	1,566
JUNIO	2'592,000	11'893,599	747,690	24,047	6,685	2,272
JULIO	2'678,400	11'730,522	737,439	23,717	6,593	2,241
AGOSTO	2'678,400	7'686,191	483,192	15,540	4,320	1,468
SEPTIEMBRE	2'592,000	12'957,564	814,576	26,198	7,283	2,475
OCTUBRE	2'678,400	2'444,268	153,659	4,942	1,374	467
NOVIEMBRE	2'592,000	208,993	13,138	423	118	40
DICIEMBRE	2'678,400	--	--	--	--	--

VALLE DE CUACNOPALAN

M E S	t(meg)	$V_1(m^3)$	$V_2(m^3)$	$V_3(m^3)$	$V_4(m^3)$	$V_5(m^3)$
ENERO	2'678,400	--	--	--	--	--
FEBRERO	2'419,200	4,336	103	39	15	2
MARZO	2'678,400	--	--	--	--	--
ABRIL	2'592,000	249,344	5,947	2,266	868	100
MAYO	2'678,400	1'190,657	28,396	10,821	4,145	478
JUNIO	2'592,000	1'672,262	39,891	15,201	5,823	672
JULIO	2'678,400	1'425,907	34,007	12,958	4,964	573
AGOSTO	2'678,400	936,201	22,328	8,508	3,259	376
SEPTIEMBRE	2'592,000	1'770,187	42,218	16,087	6,162	711
OCTUBRE	2'678,400	328,071	7,824	2,981	1,142	132
NOVIEMBRE	2'592,000	7,744	185	70	27	3
DICIEMBRE	2'678,400	--	--	--	--	--

2.4.4.3 RESUMEN

Con los volúmenes anteriores podemos resumir los dos métodos en los siguientes cuadros comparativos:

VALLE DE ESPERANZA

M E S	VOLUMENES (m ³)	
	METODO EMPIRICO	COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD
ENERO	1'774,500	—
FEBRERO	2'272,410	28,345
MARZO	1'772,410	--
ABRIL	4'874,164	2'237,236
MAYO	12'214,678	8'734,667
JUNIO	17'194,867	12'674,293
JULIO	16'512,126	12'500,513
AGOSTO	11'592,715	8'190,711
SEPTIEMBRE	18'529,588	13'808,096
OCTUBRE	5'215,534	2'604,710
NOVIEMBRE	2'499,353	222,712
DICIEMBRE	743,967	—
T O T A L	95'196,272	61'001,283

VALLE DE CUACNOPALAN

M E S	VOLUMENES (m ³)	
	METODO EMPIRICO	COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD
ENERO	916,149	---
FEBRERO	1'298,098	4,495
MARZO	847,053	---
ABRIL	2'372,122	258,525
MAYO	6'345,822	1'234,496
JUNIO	8'639,986	1'733,849

JULIO	7'352,708	1'478,409
AGOSTO	5'265,153	970,672
SEPTIEMBRE	9'068,028	1'835,365
OCTUBRE	2'674,153	340,150
NOVIEMBRE	1'311,645	8,029
DICIEMBRE	424,464	--
T O T A L	46'515,381	7'863,990

El resultado obtenido con éstos métodos, nos indica la importancia de considerar la capacidad de infiltración del suelo de acuerdo a su composición. Además, al utilizar el coeficiente de permeabilidad estamos aproximandonos un poco más a los volúmenes reales de almacenamiento en el subsuelo para no sobre-estimar dichas reservas, que según éste método son escasas en el Valle de cuacnopalan y un poco abundantes en el de Esperanza.

2.5 AGUAS SUBTERRANEAS

Las aguas subterráneas, como parte del ciclo hidrológico, constituyen importantes fuentes de abastecimiento, de allí la importancia que se le dará dentro de este trabajo.

El agua se puede encontrar en el subsuelo en diferentes condiciones que se extienden desde el agua que circula libremente hasta el agua que se encuentra firmemente fijada en el interior de las estructuras cristalinas. Estas aguas, sobre todo las muy profundas, tienen muchas ventajas: en general no necesitan tratamientos; su temperatura es uniforme a lo largo del año; son más claras; su contenido orgánico es casi nulo, estando en cambio los minerales en mayor cantidad por lo general carbonatos, sulfatos y cloruros, cuyas sales requieren las aguas potables.

Las obras para captación de las aguas subterráneas son los pozos someros y los profundos.

2.5.1 POZOS SOMEROS O POCO PROFUNDOS

Se clasifican así a los pozos de hasta 30 metros de profundidad. Generalmente captan aguas freáticas, no es muy recomendable el uso de estos pozos como captación del agua para suministros públicos pues presenta las siguientes desventajas:

- a) El nivel piezométrico del agua subterránea poco profunda fluctúa considerablemente y con facilidad, por lo que dan un rendimiento muy incierto.
- b) Los mismos pozos perforados para servir al sistema de abastecimiento haran bajar el nivel freático y podrán afectar a

los pozos cercanos ya existentes.

c) Es muy probable que el agua, debido a que está muy superficial, tenga una calidad sanitaria deficiente o estar expuesta a contaminaciones.

2.5.2. POZOS PROFUNDOS

Por lo general para abastecerse de agua subterránea se disponen de pozos profundos; estos pozos tienen la ventaja de llegar a capas acuíferas profundas y extensas, circunstancias que evitan grandes oscilaciones en el nivel de la superficie piezométrica y por ende, dan como resultado un rendimiento uniforme y considerable.

El agua profunda, como ya se dijo antes, generalmente es de buena calidad, es decir, cumple con los requisitos físicos, químicos y bacteriológicos ya descritos, a menos que haya infiltraciones al acuífero por cavernas o fisuras en las rocas que lo recubren o que tenga en solución una crecida proporción de materiales minerales que pueda hacerla dura, corrosiva o inadecuada al no cumplir con los requisitos químicos requeridos

2.5.3 RECURSOS SUBTERRANEOS

La captación de los recursos subterráneos a sido la principal y única vía para abastecer de agua al ejido de Cuacnopalan, tanto para el riego, como el consumo necesario y mantener a la población que lo compone.

Hasta 1963, fecha en que se perfora el primer pozo profundo, el abastecimiento de agua era únicamente por medio de pozos

someros y su utilización era para consumo doméstico y abrevaderos de ganado, en ese momento era imposible garantizar obtener beneficios del cultivo de los terrenos dedicados para la agricultura; el poder contar con esto, dependía del clima y el acierto que tuvieran los ejidatarios para sembrar a tiempo procurando que en el momento que los cultivos necesitaran el agua coincidiera con las épocas de lluvia.

Cuando se empiezan a realizar los estudios necesarios para determinar la factibilidad de extraer aguas profundas, se detecta que debido a las condiciones topográficas y tipo de suelo donde se ubica el Valle de Cuacnopalan es imposible localizar acuíferos con capacidad suficiente para abastecer las necesidades del ejido, es por ello que sólo sea posible hasta la fecha, contar con un total de 5 pozos que con caudales menores de los 50 Lps, sea muy poca su aportación para la agricultura en este Valle. Más aún, considerando el costo tan elevado que representa el extraer el agua de niveles estáticos a 60 m., ha provocado que no se cuente con más obras en esta zona. Sin embargo, en el Valle de Esperanza este tipo de abastecimiento presenta la posibilidad de satisfacer la demanda de agua para la agricultura. Los gastos obtenidos con niveles estáticos menores que los del Valle de Cuacnopalan hacen que la explotación sea más económica y con rendimientos mayores.

Hasta la fecha se cuenta con las unidades que se presentan en los siguientes incisos, donde se especifican las caracterís-

ticas principales y una evaluación del funcionamiento.

2.5.3.1 POZOS LOCALIZADOS EN EL VALLE DE ESPERANZA

a) LOCALIZACION

UNIDAD	LONGITUD	LATITUD	AÑO
BET 14	97°28'40"	18°52'48"	1963
BET 15	97°29'25"	18°53'28"	1973
BET 17	97°28'30"	18°52'35"	1968
BET 18	97°28'54"	18°52'58"	196A
ECS 05	97°29'33"	18°53'12"	1986

b) CARACTERISTICAS HIDRAULICAS

UNIDAD	PROFUNDIDAD (m.)	NIVEL DINAMICO (m.)	NIVEL ESTATICO (m.)	GASTO (Lps)	DIAMETRO pulg.
BET 14	100.0	49.0	25.0	63.0	8.0
BET 15	125.0	40.0	30.0	78.0	8.0
BET 17	125.0	35.0	30.0	63.0	8.0
BET 18	125.0	38.0	32.0	80.0	8.0
ECS 05	120.0	44.5	26.70	62.22	8.0

c) VOLUMENES ANUALES (m³)

UNIDAD	DISPONIBLES		UTILIZADOS	%
	MAX. POSIBLE	MAX. PERMISIBLE		
BET 14	1'986,768	1'088,640	283,046	26
BET 15	2'459,808	1'347,840	404,352	30
BET 17	1'986,768	1'088,640	283,046	26
BET 18	2'522,880	1'387,584	416,275	30
ECS 05	1'962,170	1'075,161	322,548	30

d) SUPERFICIES REGABLES

UNIDAD	POSIBLES (m ²)	REALES* (m ²)	HORAS/AÑO UTILIZADAS
BET 14	780,000	326,617	1,248
BET 15	780,000	466,596	1,440
BET 17	870,000	326,617	1,248
BET 18	750,000	480,354	1,445
ECS 05	860,000	325,240	1,440

* Determinadas de acuerdo al uso consuntivo de cada cultivo, en este caso como en su mayoría es maíz consideraremos el valor de U = 86.66 cm.

2.5.3.2 POZOS LOCALIZADOS EN EL VALLE DE CUACNOPALAN

a) LOCALIZACION

UNIDAD	LONGITUD	LATITUD	AÑO
BET 20	97°31'25"	18°49'58"	1968
ECS 01	97°31'10"	18°49'52"	1985
ECS 02	97°30'37"	18°49'25"	1987
ECS 03	97°31'07"	18°49'09"	1985
ECS 04	97°30'37"	18°51'04"	1987

b) CARACTERISTICAS HIDRAULICAS

UNIDAD	PROFUNDIDAD (m.)	NIVEL DINAMICO (m.)	NIVEL ESTATICO (m.)	GASTO (Lpn.)	DIAMETRO pulg.
BET 20	99.5	60	50	25	5'
ECS 01	100.5	62	23	49	6'
ECS 02	100	60	30	20	5'
ECS 03	100.0	60	30	40	6'
ECS 04	100.0	60	30	45	6'

c) VOLUMENES ANUALES (M3)

UNIDAD	DISPONIBLES		UTILIZADOS	%
	MAX. POSIBLE	MAX. PERMISIBLE		
BET 20	788,400	432,000	130,000	30
ECS 01	1,261,440	691,200	207,360	30
ECS 02	630,720	345,600	89,856	26
ECS 03	1,261,440	691,200	241,920	35
ECS 04	1,419,120	777,600	202,176	26

d) SUPERFICIES REGABLES

UNIDAD	POSIBLES (m ²)	REALES* (m ²)	HORAS/AÑO UTILIZADAS
BET 20	520,000	150,012	1,444
ECS 01	400,000	239,280	1,440
ECS 02	350,000	103,688	1,248
ECS 03	600,000	279,160	1,680
ECS 04	400,000	233,298	1,248

* Seguimos considerando el valor de U = 86.66 cm.

2.5.3.3 OTROS POZOS

Además de la relación de pozos que detallamos en los incisos anteriores, los cuales se localizan dentro de los terrenos del Ejido de Cuacnopalan, tenemos que dentro de las áreas de influencia que determinamos, existen varios pozos que son utilizados para el riego o para el abastecimiento de agua potable a las comunidades.

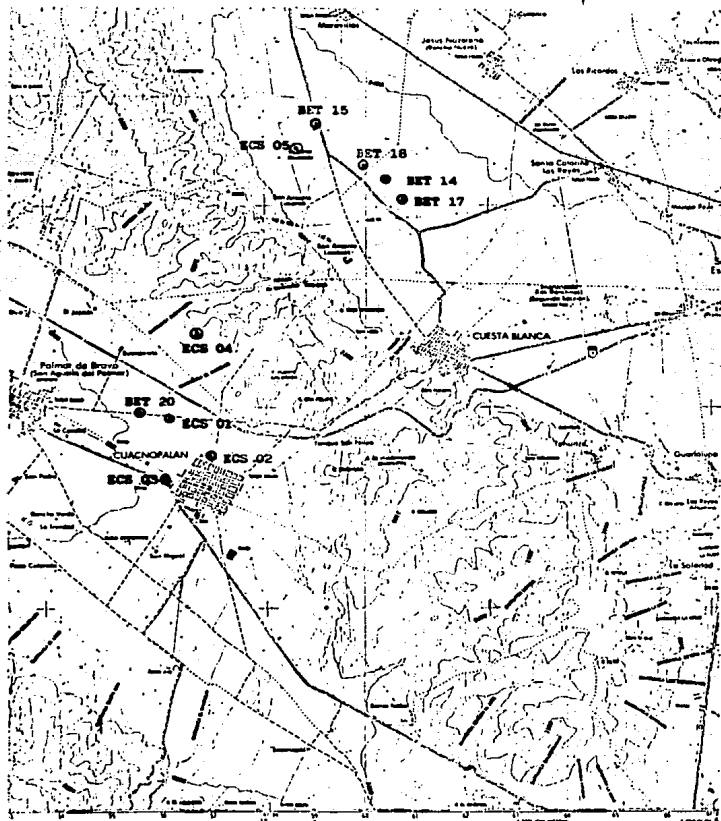
La falta de información sobre éstos, nos obliga a que se haga una estimación global de los volúmenes extraídos. Pero, cabe señalar que en cuanto a número; en el Valle de Cuacnopalan únicamente localizamos el pozo que abastece de agua potable

a la comunidad de Cuacnopalan y hasta las últimas fechas, se han tenido una serie de problemas en cuanto a su utilización, lo que ha provocado que la mayor parte del tiempo se carezca de su servicio y los habitantes sufran de la escases de agua. En el Valle de Esperanza, se tienen aproximadamente 13 pozos de uso agrícola con gastos medios de 60 Lps, lo que representa un volumen anual aproximado de 13'455,150 m³ extraídos, si se explotaran de acuerdo a lo permisible, pero como por lo regular son aprovechados en un 30% este volumen se reduce a 4'036,545 m³ anuales. Se estima que existen, aproximadamente 12 pozos de agua potable, con gastos medios de 40 Lps, que equivale a 8'280,092 m³ anuales, de los cuales, debido a su uso consideraremos que son extraídos 4'968,055 m³ que representan un 60% de lo permisible.

2.5.1 POZOS LOCALIZADOS EN LOS VALLES DE ESPERANZA Y CUACNOPALAN

113

ESCALA 1:80,000



III.- DETERMINACION DE RECURSOS NECESARIOS.

3.1.- REGIMEN DE RIEGO.

A la agricultura de regadío, en condiciones modernas, en vista de las limitaciones de los recursos naturales se le presentan las exigencias siguientes: Utilizar de modo más eficaz los recursos hídricos y agrarios disponibles para elaborar y obtener la producción agrícola planificada con un mínimo de gastos y garantizar la protección del medio ambiente de las contaminaciones.

El régimen de irrigación debe tomar en cuenta las necesidades de agua que tienen los cultivos agrícolas en las diferentes etapas de desarrollo, considerando la técnica agrícola utilizada; garantizar la regulación (dentro de los límites exigidos) del régimen hídrico y los regímenes de salinización, alimentación y térmico relacionados con él; y facilitar el aumento de la fertilidad de las tierras irrigadas sin permitir su empantanamiento, salinación y erosión.

El consumo total de agua o la evaporación (E), compuesta por la transpiración de las plantas (Et) y la evaporación desde la superficie del suelo (Ee), depende de la energía térmica, determinada por la posición geográfica de las tierras irrigadas, de la humedad del suelo y del tipo de cultivo agrícola. La relación entre la transpiración de las plantas y la evaporación desde la superficie del suelo oscila en amplios límites y está relacionada con la etapa del desarrollo de las plantas, las particularidades de estas y el grado en que las plantas

recubren el suelo.

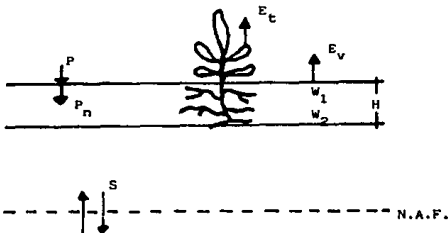
La evapotranspiración de los cultivos agrícolas ($E = E_t + E_v$) crece con el aumento de la humedad en la capa del suelo donde habitan las raíces y del rendimiento de la cosecha, pero el consumo de agua por unidad de cosecha disminuye con el aumento de ésta.

La cantidad neta del agua de riego que debe suministrarse a una superficie determinada, ocupada con cultivos en todo el período vegetativo, para garantizar el rendimiento de la cosecha planificada la denominamos norma vegetativa total de riego (M).

La norma total de riego se determina, sobre la base de la ecuación del balance hídrico, según la fórmula del académico A.N. Kostiakov (URSS):

$$M = E - P_n - AW \pm g, \text{ m}^3/\text{ha}$$

Los parámetros incluidos en la fórmula están representados en la siguiente figura, los cuales son:



- E= Evapotranspiración total.
 Ee= Gasto de agua por evaporación del suelo.
 Et= Gasto de agua por transpiración de las plantas.

$$E = Et + Ee$$

- W1= El volumen del agua en la capa de cálculo de suelo, hacia el comienzo del período vegetativo.
 W2= Es el volumen de agua en la capa H, el cual debe quedar al final del período vegetativo.

$$AW = W1 - W2$$

- g= Es el intercambio de humedad entre las aguas subterráneas y las aguas del suelo.
 P= Precipitación atmosférica.
 Pn= Precipitaciones atmosféricas infiltradas.
 X= Coeficiente de aprovechamiento de las precipitaciones.
 Pn= P . x

NOTA: Todos los parámetros se expresan en $m^3/sup.$

- H= Capa activa del suelo. (m).

3.2 DETERMINACION DEL CONSUMO TOTAL DE AGUA DE LOS CULTIVOS AGRICOLAS

En la práctica de la agricultura de riego se distinguen dos grupos principales de métodos de determinación del consumo total de agua:

- a) Métodos basados en la medición directa del consumo de agua total en condiciones de campo como resultado de la determinación de todos los componentes del balance hídrico en la capa de suelo de cálculo o en lisímetros; este nos permite determinar más exactamente la evapotranspiración conforme

a las condiciones concretas naturales y agrícolas de los cultivos, sin embargo requiere de grandes gastos de recursos y trabajo.

b) Métodos basados en la determinación por medios experimentales de la interrelación entre la evapotranspiración de los cultivos y las condiciones climáticas, meteorológicas y agrícolas expresadas en forma de distintos índices y coeficientes.

De estos últimos el más aceptable para aplicar en nuestra zona de estudios considerando la correspondencia entre los índices de las condiciones concretas y aquellas con las cuales se obtuvieron los indicadores de cálculo, es el de Blaney y Criddle que se expresa en la siguiente fórmula:

$$\begin{aligned} u &= kf \\ k &= wK \\ f &= \frac{pt}{100} \end{aligned}$$

$$t = 4.572 t' + 81.28$$

$$U = KF = \sum kf = \sum u$$

Donde:

u = Evapotranspiración mensual en cm

k = Coeficiente mensual para cada cultivo.

f = Factor mensual de consumo en cm.

p = Porcentaje mensual de horas de luz diurna con respecto a las del año.

w = Factores por los cuales hay que multiplicar (K) para obtener k mensual.

T = Temperatura media mensual en °C.

t' = Temperatura media mensual en °C.

U = Evapotranspiración durante el período de desarrollo del cultivo en cm.

F = Suma de f para el período de desarrollo. (m.)

K = Coeficiente empírico para cada cultivo durante el período de desarrollo.

Tenemos entonces que:

$$u = kf = \frac{kp(4.572t' + 81.28)}{100}$$

$$u = \frac{(wk) p (4.572t' + 81.28)}{100}$$

$$U = \sum u$$

Como apoyo para el desarrollo de los cálculos de la evapotranspiración total se anexan las siguientes tablas:

- 1.- Porcentaje de horas-luz diurna para cada mes en relación al número total en el año y a la latitud. del lugar.
- 2.- Valores de la función $t = 4.572t' + 81.28$, donde t' en grados centígrados para indicarse en la fórmula $f = \frac{pt}{100}$
- 3.- Valores del coeficiente K estacional para diversos cultivos.
- 4.- Factores (w) por los cuales hay que multiplicar K estacional para obtener k mensual.

TABLA 3.2.1 ACOLEAMIENTO

PORCENTAJES DE HORAS-LUZ DIURNA PARA CADA MES EN RELACION AL
NUMERO TOTAL EN EL AÑO Y A LA LATITUD DEL LUGAR

LATITUD NORTE	M E S E S											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
15°	7.89	7.41	8.38	8.46	9.03	8.79	9.11	8.79	8.30	8.22	7.73	7.89
16°	7.86	7.39	8.38	8.47	9.06	8.84	9.14	8.83	8.30	8.20	7.69	7.84
17°	7.82	7.37	8.38	8.49	9.09	8.88	9.17	8.88	8.29	8.18	7.66	7.79
18°	7.79	7.35	8.37	8.50	9.12	8.93	9.20	8.93	8.29	8.16	7.62	7.74
19°	7.75	7.33	8.37	8.52	9.15	8.98	9.23	8.97	8.28	8.14	7.59	7.69
20°	7.72	7.31	8.37	8.53	9.18	9.02	9.26	9.02	9.28	8.12	7.55	7.64
21°	7.69	7.29	8.37	8.54	9.21	9.07	9.31	9.03	8.28	8.10	7.52	7.59
22°	7.66	7.27	8.37	8.55	9.24	9.11	9.36	9.04	8.28	8.09	7.49	7.54
23°	7.68	7.26	8.36	8.57	9.27	9.16	9.41	9.06	8.28	8.07	7.45	7.49
24°	7.58	7.24	8.36	8.59	9.30	9.20	9.45	9.08	8.28	8.06	7.42	7.44
25°	7.55	7.22	8.36	8.60	9.33	9.25	9.50	9.09	8.28	8.04	7.39	7.39
26°	7.47	7.16	8.36	8.61	9.34	9.34	9.51	9.10	8.29	8.04	7.39	7.39
27°	7.46	7.14	8.35	8.68	9.41	9.33	9.57	9.16	8.27	8.03	7.30	7.30
28°	7.39	7.14	8.35	8.69	9.41	9.42	9.58	9.17	8.29	7.95	7.30	7.31
29°	7.38	7.05	8.35	8.68	9.49	9.43	9.65	9.15	8.35	7.95	7.30	7.22
30°	7.29	7.04	8.34	8.74	9.55	9.47	9.72	9.23	8.34	7.94	7.21	7.13
31°	7.28	7.04	8.33	8.74	9.55	9.55	9.71	9.22	8.33	7.93	7.20	7.21
32°	7.20	6.96	8.33	8.74	9.63	9.63	9.79	9.30	8.33	7.93	7.12	7.04

TABLA 3.2.2

Valores de la función $t = 4.572t' + 81.28$, donde t' en grados centígrados para aplicarse en la fórmula $f = \frac{pt}{100}$ de Blaney y Criddle

t' en °C	Valores de t									
	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0.0	81.3	81.7	82.2	82.7	83.1	83.6	84.0	84.5	84.9	85.4
1.0	85.9	86.3	86.8	87.2	87.7	88.1	88.6	89.1	89.5	90.0
2.0	90.4	90.9	91.3	91.8	92.3	92.7	93.2	93.6	94.1	94.5
3.0	95.0	95.5	95.9	96.4	96.8	97.3	97.7	98.2	98.7	99.1
4.0	99.6	100.0	100.5	100.9	101.4	101.9	102.3	102.8	103.2	103.7
5.0	104.1	104.6	105.1	105.5	106.0	106.4	106.9	107.3	107.8	108.3
6.0	108.7	109.2	109.6	110.1	110.5	111.0	111.5	111.9	112.4	112.8
7.0	113.3	113.7	114.2	114.7	115.1	115.6	116.0	116.5	116.9	117.4
8.0	117.9	118.3	118.8	119.2	119.7	120.1	120.6	121.1	121.5	122.0
9.0	122.4	122.9	123.3	123.8	124.3	124.7	125.2	125.6	126.1	126.5
10.0	127.0	127.5	127.9	128.4	128.8	129.3	129.7	130.2	130.7	131.1
11.0	131.6	132.0	132.5	132.9	133.4	133.9	134.3	134.8	135.2	135.7
12.0	136.1	136.6	137.1	137.5	138.0	138.4	138.9	139.3	139.8	140.3
13.0	140.7	141.2	141.6	142.1	142.5	143.0	143.5	143.9	144.4	144.8
14.0	145.3	145.7	146.2	146.7	147.1	147.6	148.0	148.5	148.9	149.4
15.0	149.9	150.3	150.8	151.2	151.7	152.1	152.6	153.1	153.5	154.0
16.0	154.4	154.9	155.3	155.8	156.3	156.7	157.2	157.6	158.1	158.5
17.0	159.0	159.5	159.9	160.4	160.8	161.3	161.7	162.2	162.7	163.1
18.0	163.6	164.0	164.5	164.9	165.4	165.9	166.3	166.8	167.2	167.7
19.0	168.1	168.6	169.1	169.5	170.0	170.4	170.9	171.3	171.8	172.3
20.0	172.7	173.2	173.6	174.1	174.5	175.0	175.5	175.9	176.4	176.8
21.0	177.3	177.7	178.2	178.7	179.1	179.6	180.0	180.5	180.9	181.4
22.0	181.9	182.3	182.8	183.2	183.7	184.2	184.6	185.1	185.5	186.0
23.0	186.4	186.9	187.4	187.8	188.3	188.7	189.2	189.6	190.1	190.6
24.0	191.0	191.5	191.9	192.4	192.8	193.3	193.8	194.2	194.7	195.1
25.0	195.6	196.0	196.5	197.0	197.4	197.9	198.3	198.8	199.2	199.7
26.0	200.2	200.6	201.1	201.5	202.0	202.4	202.9	203.4	203.8	204.3
27.0	204.7	205.2	205.6	206.1	206.6	207.0	207.5	207.9	208.4	208.8
28.0	209.3	209.8	210.2	210.7	211.1	211.6	212.0	212.5	213.0	213.4
29.0	213.9	214.3	214.8	215.2	215.7	216.2	216.6	217.1	217.5	218.0
30.0	218.4	218.9	219.4	219.8	220.3	220.7	221.2	221.6	222.1	222.6

TABLA 3.2.3.1

Valores del Coeficiente (K) estacional para diversos Cultivos

C U L T I V O	DURACION NORMAL DEL PERIODO DE DESARROLLO DE LOS CULTIVOS	COEFICIENTE (K) DE USO CONSUNTIVO LLUVIA MEDIA ANUAL EN mm.					
		500	500-750	750-1000	1000-1500	1500-2000	2000
Algodón, Flores, Zempasúchil	7 meses	0.70	0.68	0.65	0.63	0.60	0.57
Arroz	3 a 5 meses	1.10	1.08	1.05	1.03	1.00	0.97
Cacao, Café	Año completo	0.80	0.78	0.75	0.73	0.70	0.67
Caña de Azúcar	Año completo	0.90	0.88	0.85	0.83	0.80	0.77
Cereales Pequeños (Alpiste, Avena, Trigo, Cebada)	3 a 4 meses	0.85	0.83	0.80	0.78	0.75	0.72
Dátiles (Palma)	Año completo	0.80	0.77	0.73	0.69	0.65	0.51
Garbanzo, Haba, Frijol, etc.	3 a 4 meses	0.70	0.68	0.65	0.63	0.60	0.57
Henequén, Piña	Año completo	0.70	0.69	0.68	0.67	0.65	0.63
Hortalizas (Chile, Ejote, Melón, Sandía, Estropajo)	2 a 4 meses	0.70	0.68	0.65	0.63	0.60	0.57
Tomate	4 meses	0.70	0.69	0.68	0.67	0.65	0.63
Linaza	7 a 8 meses	0.80	0.78	0.75	0.73	0.70	0.67
Maíz	4 meses	0.85	0.83	0.80	0.78	0.75	0.72
Camote, Jícama, Papa, Yuca	3 a 5 meses	0.75	0.73	0.70	0.68	0.65	0.62
Remolacha de Azúcar	6 meses	0.75	0.73	0.70	0.68	0.65	0.62
Semillas oleaginosas (Ajonjolí, Cacahuete, Cártamo)	3 a 5 meses	0.75	0.73	0.70	0.68	0.65	0.62
Sorgo, Zea	4 a 5 meses	0.80	0.78	0.75	0.73	0.70	0.67
Tabaco	4 meses	0.80	0.78	0.75	0.73	0.70	0.67
Vid	5 a 7 meses	0.60	0.58	0.55	0.58	0.50	0.47
FRUTALES							
Aguate, Guayabo, Higuera, Hule, Maney, Papayo, Tamarindo, Guanábana	Año completo	0.55	0.54	0.53	0.52	0.50	0.48
Chirimoya, Mamey, Chicozapote, Anono	Año completo	0.55	0.54	0.53	0.52	0.50	0.48

TABLA 3.2.3.2

Valores del Coeficiente (K) estacional para diversos Cultivos

C U L T I V O	DURACION NORMAL DE PERIODO DE DESARROLLO DE LOS CULTIVOS	LLUVIA MEDIA ANUAL EN mm.					
		500	500-750	750-1000	1000-1500	1500-2000	2000
De hojas caedizas (Chabacano, Ciruelo, Durazno, Granado, Manzano, Membrillo, Nuez de Nogal, Peral, Toronja, Pomelo, Naranja, Limón, Plátano)	Entre Heladas	0.70	0.68	0.65	0.63	0.60	0.57
	Año Completo	0.65	0.63	0.60	0.58	0.55	0.52
	Año Completo	0.55	0.53	0.50	0.48	0.45	0.42
	Año Completo	1.00	0.95	0.90	0.85	0.80	0.75
P A S T U R A S							
Pastos, Jamaica, Trébol blanco, Alfalfa, Fresa	Entre Heladas	0.85	0.83	0.80	0.78	0.75	0.72
	Entre Heladas	0.85	0.84	0.83	0.82	0.80	0.78
	Entre Heladas	0.90	0.88	0.85	0.83	0.70	0.77

TABLA 3.2.4.3

Periodo Vegetativo en meses	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Cultivos
12	30	58	86	113	134	148	150	144	130	96	63	48	Frutales
11	35	62	90	122	140	150	147	135	106	65	48		
10	36	66	98	129	146	149	140	117	70	49			
9	34	70	107	139	150	146	128	76	50				
7	88	93	108	126	131	108	46						Habas
6	88	96	116	131	119	50							
5	89	101	126	126	58								
7	40	86	118	137	137	112	70						Hortalizas y Verduras Chiles y Ejote
6	44	96	129	138	122	71							
5	48	106	137	132	77								
4	56	122	137	85									
7	46	78	103	118	124	122	109						Jitomate
6	48	85	111	123	123	110							
5	52	94	118	124	112								
4	58	105	123	114									
10	79	79	94	106	116	119	119	114	96	78			Limón
9	49	62	82	104	123	131	132	123	94				Linaza
8	49	65	90	113	129	133	125	96					
7	50	69	99	122	132	128	100						
8	20	25	50	102	171	176	160	96					Lúpulo
7	20	29	66	138	176	169	102						
6	20	34	89	174	174	109							
5	20	47	138	176	119								
7	37	100	134	143	127	94	65						Maíz
6	43	110	140	137	103	67							
5	51	121	143	115	70								
5	60	89	109	134	108								Melón
4	63	96	129	112									
10	79	79	94	106	116	119	119	114	96	78			Naranjas

3.2.1 USO CONSUNTIVO (U) EN EL EJIDO DE CUACNOPALAN

Para determinar el uso consuntivo en la superficie cultivable del ejido de Cuacnopalan que asciende a 2,808 Has., se propone una distribución de cultivos tomando en cuenta aquellos que se han logrado plantar en éste tipo de suelo y clima, de acuerdo a la experiencia de los lugareños y las necesidades de la comunidad.

Los periodos en que se propone cada cultivo estan distribuidos -- teniendo en cuenta la temporada de heladas y procurando que para la mayoría de los cultivos, su periodo de desarrollo recaiga en la época de lluvias y se aprovechen al máximo éstas (Cuadro 3.2.1.0).

Se tomaron como cultivos principales los siguientes:

1	Alfalfa	500	Hectáreas
2	Cebada	100	Hectáreas
3	Chicharo	50	Hectáreas
4	Frijol	600	Hectáreas
5	Haba	100	Hectáreas
6	Mafz	1200	Hectáreas
7	Papa	50	Hectáreas
8	Trigo	100	Hectáreas
9	Tomate	8	Hectáreas
10	Zanahoria	<u>100</u>	Hectáreas
	TOTAL	2808	Hectáreas

Los cultivos que se rotarían con cualquiera de los principales son:

1	Calabacita	20	Hectáreas
2	Calabaza	20	Hectáreas
3	Cebolla	10	Hectáreas
4	Col	50	Hectáreas
5	Chile	10	Hectáreas
6	Lechuga	100	Hectáreas
7	Rabanito	50	Hectáreas
8	Sorgo	<u>100</u>	Hectáreas
	TOTAL	360	Hectáreas

Con esta distribución y tomando en cuenta las características de la zona y su ubicación aplicando el método de Blaney y Criddle calcularemos el uso consuntivo de cada cultivo (cuadros 3.2.1.1. al 3.2.1.18).

El desarrollo de esos cálculos arrojan como resumen el cuadro 3.2.1.19, donde tenemos los usos consuntivos mensuales y anuales de cada cultivo.

Con los usos consuntivos anteriores podemos obtener los volúmenes de agua que se requieren para aprovechar al 100% el terreno del ejido, con una rotación de cultivos óptima. Estos volúmenes los tenemos en el cuadro 3.2.1.20 y se distribuyen según la Gráfica 3.2.1.1

CUADRO 3.2.1.0
DISTRIBUCION DE LOS CULTIVOS Y SU PERIODO DE DESARROLLO

CULTIVO	DURACION (DIAS)	SUPERFICIE (Has.)	M E S E S														
			ENE.	FEB.	MZO.	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.			
ALFALFA	365	500														
CALABACITA	80-100	20														
CALABAZA	180-200	20														
CEBADA	120-130	100															
CEBOLLA	130-160	10														
COL	90-100	50															
CHICHARO	120-130	50															
CHILE	180-200	10														
FRIJOL	105-115	600															
HABA	280-290	100															
LECHUGA	115-130	100															
MAIZ	245-255	1200															
PAPA	100-115	50															
RABANITO	30-40	30														
SORGO	190-200	100														
TRIGO	120-130	100															
TCMATE	130-160	8															
ZANAHORIA	120-130	100														
T O T A L		3,148	840	890	2,160	2,160	2,798	2,758	2,758	2,758	2,808	2,000	1,230	740			

CUADRO 3.2.1.1 USO CONSUNTIVO DE LA ALFALFA

SUPERFICIE = 500 Has.

K = 0.90

M E S	INSOLACION P (%)	TEMPERATURA t' (°C)	t	f (cm)	w	$k = \frac{wK}{100}$	$u = kf$ (cm)
ENERO	7.75	13.1	141.2	10.95	61.0	0.549	6.012
FEBRERO	7.33	14.5	147.6	10.83	76.0	0.684	7.408
MARZO	8.37	17.5	161.3	13.5	96.0	0.864	11.664
ABRIL	8.52	19.3	169.5	14.44	110.0	0.990	14.296
MAYO	9.15	20.2	173.6	15.88	120.0	1.08	17.150
JUNIO	8.97	18.9	167.7	15.04	129.0	1.161	17.461
JULIO	9.23	17.9	163.1	15.05	132.0	1.188	17.879
AGOSTO	8.96	18.1	164.0	14.69	127.0	1.143	16.791
SEPTIEMBRE	8.28	17.9	163.1	13.50	117.0	1.053	14.216
OCTUBRE	8.14	16.9	158.5	12.90	100.0	0.900	11.610
NOVIEMBRE	7.59	15.3	151.2	11.48	76.0	0.684	7.852
DICIEMBRE	7.69	14.1	145.7	11.20	66.0	0.504	5.645
TOTAL							147.984

CUADRO 3.2.1.2 USO CONSUNTIVO DE LA CALABACITA

UPERFICIE = 20 Has

K = 0.70

M E S	INSOLACION P (%)	TEMPERATURA t' (°C)	t	f (cm)	w	$k = \frac{wk}{100}$	u = kf (cm)
ENERO	7.75	13.1	141.2	10.95	56	0.392	4.292
FEBRERO	7.33	14.5	147.6	10.83	122	0.854	9.249
MARZO	8.37	17.5	161.3	13.5	137	0.959	12.947
ABRIL	8.52	19.3	169.5	14.44	85	0.595	8.592
MAYO	9.15	20.2	173.6	15.88			
JUNIO	8.97	18.9	167.7	15.04			
JULIO	9.23	17.9	163.1	15.05			
AGOSTO	8.96	18.1	164.0	14.69			
SEPTIEMBRE	8.28	17.9	163.1	13.50			
OCTUBRE	8.14	16.9	158.5	12.90			
NOVIEMBRE	7.59	15.3	151.2	11.48			
DICIEMBRE	7.69	14.1	145.7	11.20			
TOTAL							35.080

CUADRO 3.2.1.3 USO CONSUNTIVO DE LA CALABAZA

SUPERFICIE = 20 Ha

K = .70

M E S	INSOLACION P (%)	TEMPERATURA t' (°C)	t	f (cm)	w	$k = \frac{wK}{100}$	u = kf (cm)
ENERO	7.75	13.1	141.2	10.95	129	0.903	9.888
FEBRERO	7.33	14.5	147.6	10.83	138	0.966	10.462
MARZO	8.37	17.5	161.3	13.5	122	0.854	11.529
ABRIL	8.52	19.3	169.5	14.44	71	0.497	7.177
MAYO	9.15	20.2	173.6	15.88			
JUNIO	8.97	18.9	167.7	15.04			
JULIO	9.23	17.9	163.1	15.05			
AGOSTO	8.96	18.1	164.0	14.69			
SEPTIEMBRE	8.28	17.9	163.1	13.50			
OCTUBRE	8.14	16.9	158.5	12.90			
NOVIEMBRE	7.59	15.3	151.2	11.48	44	0.308	3.536
DICIEMBRE	7.69	14.1	145.7	11.20	96	0.672	7.526
T O T A L							50.118

CUADRO 3.2.1.4 USO CONSUNTIVO DE LA CEBADA

SUPERFICIE = 100 HAA.

K = 0.85

M E S	INSOLACION P (%)	TEMPERATURA t' (°C)	t	f (cm)	w	$k = \frac{wK}{100}$	u = kf (cm)
ENERO	7.75	13.1	141.2	10.95			
FEBRERO	7.33	14.5	147.6	10.83			
MARZO	8.37	17.5	161.3	13.5			
ABRIL	8.52	19.3	169.5	14.44			
MAYO	9.15	20.2	173.6	15.88	21	0.179	2.835
JUNIO	8.97	18.9	167.7	15.04	87	0.739	11.115
JULIO	9.23	17.9	163.1	15.05	145	1.233	18.549
AGOSTO	8.96	18.1	164.0	14.69	163	1.386	20.353
SEPTIEMBRE	8.28	17.9	163.1	13.50	84	0.714	9.639
OCTUBRE	8.14	16.9	158.5	12.90			
NOVIEMBRE	7.59	15.3	151.2	11.48			
DICIEMBRE	7.69	14.1	145.7	11.20			
T O T A L							62.491

CUADRO 3.2.1.5 USO CONSUNTIVO DE LA CEBOLLA

.. SUPERFICIE. = 10. Hqs. .

K = 0.75

M E S	INSOLACION P (%)	TEMPERATURA t' (°C)	t	f (cm)	w	$k = \frac{wK}{100}$	u = kf (cm)
ENERO	7.75	13.1	141.2	10.95	103	0.773	8.459
FEBRERO	7.33	14.5	147.6	10.83	128	0.960	10.397
MARZO	8.37	17.5	161.3	13.5	127	0.953	12.859
ABRIL	8.52	19.3	169.5	14.44	102	0.765	11.047
MAYO	9.15	20.2	173.6	15.88	76	0.570	9.052
JUNIO	8.97	18.9	167.7	15.04			
JULIO	9.23	17.9	163.1	15.05			
ACOSTO	8.96	18.1	164.0	14.69			
SEPTIEMBRE	8.28	17.9	163.1	13.50			
OCTUBRE	8.14	16.9	158.5	12.90			
NOVIEMBRE	7.59	15.3	151.2	11.48			
DICIEMBRE	7.69	14.1	145.7	11.20	64	0.480	5.376
T O T A L							57.190

CUADRO 3.2.1.6 USO CONSUNTIVO DE LA COL.

SUPERFICIE = 50 Ha s.

K = 0.70

M E S	ISOLACION P (%)	TEMPERATURA t' (°C)	t	f (cm)	w	$K = \frac{K}{100}$	u = Kf (cm)
ENERO	7.75	13.1	141.2	10.95			
FEBRERO	7.33	14.5	147.6	10.83	56	0.392	4.245
MARZO	8.37	17.5	161.3	13.5	122	0.854	11.529
ABRIL	8.52	19.3	169.5	14.44	137	0.959	13.848
MAYO	9.15	20.2	173.6	15.88	85	0.595	9.449
JUNIO	8.97	18.9	167.7	15.04			
JULIO	9.23	17.9	163.1	15.05			
AGOSTO	9.05	17.1	164.0	14.69			
SEPTIEMBRE	8.28	17.9	163.1	13.50			
OCTUBRE	8.14	16.9	158.5	12.90			
NOVIEMBRE	7.59	15.3	151.2	11.48			
DICIEMBRE	7.59	14.1	145.7	11.20			
TOTAL							39.071

CUADRO 3.2.1.7 USO CONSUNTIVO DEL CHICHARO

.. SUPERFICIE = 50 Ha...

K = 0.68

M E S	INSOLACION P (%)	TEMPERATURA t' (°C)	t	f (cm)	w	$k = \frac{wk}{100}$	u = kf (cm)
ENERO	7.75	13.1	141.2	10.95	55	0.374	4.095
FEBRERO	7.33	14.5	147.6	10.83	76	0.517	5.597
MARZO	8.37	17.5	161.3	13.5	122	0.830	11.200
ABRIL	8.52	19.3	169.5	14.44	135	0.918	13.256
MAYO	9.15	20.2	173.6	15.88	112	0.762	12.094
JUNIO	8.97	18.9	167.7	15.04			
JULIO	9.23	17.9	163.1	15.05			
AGOSTO	8.96	18.1	164.0	14.69			
SEPTIEMBRE	8.28	17.9	163.1	13.50			
OCTUBRE	8.14	16.9	158.5	12.90			
NOVIEMBRE	7.59	15.3	151.2	11.48			
DICIEMBRE	7.69	14.1	145.7	11.20			
T O T A L							46.242

CUADRO 3.2.1.8 USO CONSUNTIVO DEL CHILE

• SUPERFICIE = 10⁶ Ha.

K = 0.70

M E S	INSOLACION P (%)	TEMPERATURA t' (°C)	t	f (cm)	w	$k = \frac{wK}{100}$	u = kf (cm)
ENERO	7.75	13.1	141.2	10.95	118	0.826	9.045
FEBRERO	7.33	14.5	147.6	10.83	137	0.959	10.386
MARZO	8.37	17.5	161.3	13.5	137	0.959	12.947
ABRIL	8.52	19.3	169.5	14.44	112	0.784	11.321
MAYO	9.15	20.2	173.6	15.88	70	0.490	7.781
JUNIO	8.97	18.9	167.7	15.04			
JULIO	9.23	17.9	163.1	15.05			
AGOSTO	8.96	18.1	164.0	14.69			
SEPTIEMBRE	8.28	17.9	163.1	13.50			
OCTUBRE	8.14	16.9	158.5	12.90			
NOVIEMBRE	7.59	15.3	151.2	11.48	40	0.280	3.214
DICIEMBRE	7.69	14.1	145.7	11.20	86	0.602	6.724
TOTAL							61.418

CUADRO 3.2.1.9 USO CONSUNTIVO DEL FRIJOL

SUPERFICIE = 600 Ha.

K = 0.70

M E S	INSOLACION P (%)	TEMPERATURA t' (°C)	t	f (cm)	w	$k = \frac{wk}{100}$	u = kf (cm)
ENERO	7.75	13.1	141.2	10.95			
FEBRERO	7.33	14.5	147.6	10.83			
MARZO	8.37	17.5	161.3	13.5			
ABRIL	8.52	19.3	169.5	14.44			
MAYO	9.15	20.2	173.6	15.88	36	0.252	4.002
JUNIO	8.97	18.9	167.7	15.04	122	0.854	12.844
JULIO	9.23	17.9	163.1	15.05	144	1.008	15.170
AGOSTO	8.96	18.1	164.0	14.69	127	0.889	13.059
SEPTIEMBRE	8.28	17.9	163.1	13.50	71	0.497	6.710
OCTUBRE	8.14	16.9	158.5	12.90			
NOVIEMBRE	7.59	15.3	151.2	11.48			
DICIEMBRE	7.69	14.1	145.7	11.20			
T O T A L							51.785

CUADRO 3.2.1.10 USO CONSUNTIVO DE LA HABA

SUPERFICIE = 100 Has.

K = 0.70

M E S	INSOLACION P (%)	TEMPERATURA t' (°C)	t	f (cm)	w	$k = \frac{wK}{100}$	u = kf (cm)
ENERO	7.75	13.1	141.2	10.95			
FEBRERO	7.33	14.5	147.6	10.83			
MARZO	8.37	17.5	161.3	13.5	88	0.616	8.316
ABRIL	8.52	19.3	169.5	14.44	93	0.651	9.400
MAYO	9.15	20.2	173.6	15.88	108	0.756	12.005
JUNIO	8.97	18.9	167.7	15.04	126	0.882	13.265
JULIO	9.23	17.9	153.1	15.05	131	0.917	13.800
AGOSTO	8.96	18.1	164.0	14.69	108	0.756	11.106
SEPTIEMBRE	8.28	17.9	163.1	13.50	46	0.322	4.347
OCTUBRE	8.14	16.9	158.5	12.90			
NOVIEMBRE	7.59	15.3	151.2	11.48			
DICIEMBRE	7.69	14.1	145.7	11.20			
T O T A L							72.239

CUADRO 3.2.1.11 USO CONSUNTIVO DE LA LECHUGA

SUPERFICIE = 100 Ha...

K = 0.70

M E S	INSOLACION P (%)	TEMPERATURA t' (°C)	t	f (cm)	w	$k = \frac{wk}{100}$	u = kf (cm)
ENERO	7.75	13.1	141.2	10.95			
FEBRERO	7.33	14.5	147.6	10.83			
MARZO	8.37	17.5	161.3	13.5			
ABRIL	8.52	19.3	169.5	14.44			
MAYO	9.15	20.2	173.6	15.88			
JUNIO	8.97	18.9	167.7	15.04			
JULIO	9.23	17.9	163.1	15.05	56	0.392	5.900
AGOSTO	8.96	18.1	164.0	14.69	122	0.854	12.546
SEPTIEMBRE	8.28	17.9	163.1	13.50	137	0.959	12.947
OCTUBRE	8.14	16.9	158.5	12.90	85	0.595	7.676
NOVIEMBRE	7.59	15.3	151.2	11.48			
DICIEMBRE	7.69	14.1	145.7	11.20			
T O T A L							39.069

CUADRO 3.2.1.12 USO CONSUNTIVO DEL MAIZ

SUPERFICIE = 1200 Has...

K = 0.85

M E S	INSOLACION P (%)	TEMPERATURA t' (°C)	t	f (cm)	v	$k = \frac{vK}{100}$	u = kf (cm)
ENERO	7.75	13.1	141.2	10.95			
FEBRERO	7.33	14.5	147.6	10.83			
MARZO	8.37	17.5	161.3	13.5	37	0.315	4.246
ABRIL	8.52	19.3	169.5	14.44	100	0.850	12.274
MAYO	9.15	20.2	173.6	15.88	134	1.139	18.087
JUNIO	8.97	18.9	167.7	15.04	143	1.216	18.281
JULIO	9.23	17.9	163.1	13.05	127	1.080	12.856
AGOSTO	8.96	18.1	164.0	14.69	94	0.799	10.787
SEPTIEMBRE	8.28	17.9	163.1	13.50	65	0.553	7.127
OCTUBRE	8.14	16.9	158.5	12.90			
NOVIEMBRE	7.59	15.3	151.2	11.48			
DIEMBRE	7.69	14.1	145.7	11.20			
T O T A L							86.660

CUADRO 3.2.1.13 USO CONSUNTIVO DE LA PAPA

.. SUPERFICIE = 50, Ha² ..

K = 0.75

M E S	INSOLACION P (%)	TEMPERATURA t' (*C)	t	f (cm)	w	$k = \frac{wK}{100}$	u = kf (cm)
ENERO	7.75	13.1	141.2	10.95			
FEBRERO	7.33	14.5	147.6	10.83			
MARZO	8.37	17.5	161.3	13.5			
ABRIL	8.52	19.3	169.5	14.44			
MAYO	9.15	20.2	173.6	15.88	61	0.458	7.265
JUNIO	8.97	18.9	167.7	15.04	89	0.668	10.039
JULIO	9.23	17.9	163.1	15.05	110	0.825	12.416
AGOSTO	8.96	18.1	164.0	14.69	121	0.908	13.331
SEPTIEMBRE	8.28	17.9	163.1	13.50	119	0.893	12.049
OCTUBRE	8.14	16.9	158.5	12.90	100	0.750	9.69
NOVIEMBRE	7.69	15.3	151.2	11.48			
DICIEMBRE	7.69	14.1	145.7	11.20			
TOTAL							64.780

CUADRO 3.2.1.14 USO CONSUNTIVO DEL RABANITO

.. SUPERFICIE = 4.30 Ha ..

K = 0.70

M E S	INSOLACION P (%)	TEMPERATURA t' (°C)	t	f (cm)	w	$k = \frac{wk}{100}$	u = kf (cm)
ENERO	7.75	13.1	141.2	10.95	56	0.392	4.292
FEBRERO	7.33	14.5	147.6	10.83	122	0.854	9.249
MARZO	8.37	17.5	161.3	13.5	137	0.959	12.947
ABRIL	8.52	19.3	169.5	14.44	85	0.595	8.592
MAYO	9.15	20.2	173.6	15.88			
JUNIO	8.97	18.9	167.7	15.04			
JULIO	9.23	17.9	163.1	15.05			
AGOSTO	8.96	18.1	164.0	14.69			
SEPTIEMBRE	8.28	17.9	163.1	13.50			
OCTUBRE	8.14	16.9	158.5	12.90			
NOVIEMBRE	7.59	15.3	151.2	11.48			
DECIEMBRE	7.69	14.1	145.7	11.20			
T O T A L							35.040

CUADRO 3.2.1.15 USO CONSUNTIVO DEL SORGO

SUPERFICIE = 100 Has.

K = 0.8

M E S	INSOLACION P (%)	TEMPERATURA t' (°C)	t	f (cm)	v	$k = \frac{MK}{100}$	u = kf (cm)
ENERO	7.75	13.1	141.2	10.95	119	0.952	10.424
FEBRERO	7.33	14.5	147.6	10.83	122	0.976	10.570
MARZO	8.37	17.5	161.3	13.5	108	0.864	11.664
ABRIL	8.52	19.3	169.5	14.44	89	0.712	10.281
MAYO	9.15	20.2	173.6	15.88	80	0.64	10.163
JUNIO	8.97	18.9	167.7	15.04			
JULIO	9.23	17.9	163.1	15.05			
AGOSTO	8.96	18.1	164.0	14.69			
SEPTIEMBRE	8.28	17.9	163.1	13.50			
OCTUBRE	8.14	16.9	158.5	12.90			
NOVIEMBRE	7.59	15.3	151.2	11.48	77	0.616	7.072
DICIEMBRE	7.69	14.1	145.7	11.20	105	0.84	9.408
TOTAL							69.582

CUADRO 3.2.1.16 USO CONSUNTIVO DEL TRIGO

SUPERFICIE = 100 Has.

K = 0.85

M E S	INSOLACION P (%)	TEMPERATURA t' (°C)	t	f (cm)	w	$k = \frac{wK}{100}$	u = kf (cm)
ENERO	7.75	13.1	141.2	10.95			
FEBRERO	7.33	14.5	147.6	10.83			
MARZO	8.37	17.5	161.3	13.5			
ABRIL	8.52	19.3	169.5	14.44			
MAYO	9.15	20.2	173.6	15.88			
JUNIO	8.97	18.9	167.7	15.04	46	0.391	5.881
JULIO	9.23	17.9	163.1	15.05	76	0.646	9.722
AGOSTO	8.96	18.1	164.0	14.69	118	1.003	14.734
SEPTIEMBRE	8.28	17.9	163.1	13.50	141	1.199	16.180
OCTUBRE	8.14	16.9	159.5	12.90	119	1.012	13.048
NOVIEMBRE	7.59	15.3	151.2	11.48			
DICIEMBRE	7.69	14.1	145.7	11.20			
T O T A L							59.565

CUADRO 3.7.1.17 USO CONSUMTIVO DEL TOMATE

SUPERFICIE A 6 Ha.

K = 0.70

M E S	INSOLACION P (%)	TEMPERATURA t' (°C)	t	f (cm)	w	$k = \frac{wk}{100}$	u = kf (cm)
ENERO	7.75	13.1	141.2	10.95			
FEBRERO	7.33	14.5	147.6	10.83			
MARZO	8.37	17.5	161.3	13.5			
ABRIL	8.52	19.3	169.5	14.44			
MAYO	9.15	20.2	173.6	15.88	52	0.364	5.780
JUNIO	8.97	18.9	167.7	15.04	94	0.658	9.896
JULIO	9.23	17.9	163.1	15.05	118	0.826	12.431
AGOSTO	8.96	18.1	164.0	14.69	124	0.868	12.751
SEPTIEMBRE	8.28	17.9	163.1	13.50	112	0.784	10.584
OCTUBRE	8.14	16.9	158.5	12.90			
NOVIEMBRE	7.59	15.3	151.2	11.48			
DICIEMBRE	7.69	14.1	145.7	11.20			
T O T A L							51.442

CUADRO 3.2.1.18 USO CONSUNTIVO DE LA ZANAHORIA

SUPERFICIE \approx 100 Has. . .

K = 0.73

M E S	INSOLACION P (%)	TEMPERATURA t' (°C)	t	f (cm)	w	$k = \frac{wK}{100}$	u = kf (cm)
ENERO	7.75	13.1	141.2	10.95	47	0.343	3.757
FEBRERO	7.33	14.5	147.6	10.83	49	0.358	3.874
MARZO	8.37	17.5	161.3	13.5	170	1.241	16.754
ABRIL	8.52	19.3	169.5	14.44	134	0.978	14.125
MAYO	9.15	20.2	173.6	15.88			
JUNIO	8.97	18.9	167.7	15.04			
JULIO	9.23	17.9	163.1	15.05			
AGOSTO	8.96	18.1	164.0	14.69			
SEPTIEMBRE	8.28	17.9	163.1	13.50			
OCTUBRE	8.14	16.9	158.5	12.90			
NOVIEMBRE	7.59	15.3	151.2	11.48			
DICIEMBRE	7.69	14.1	145.7	11.20			
T O T A L							38.510

TABLA 3.2.1.14 USOS OPERATIVOS

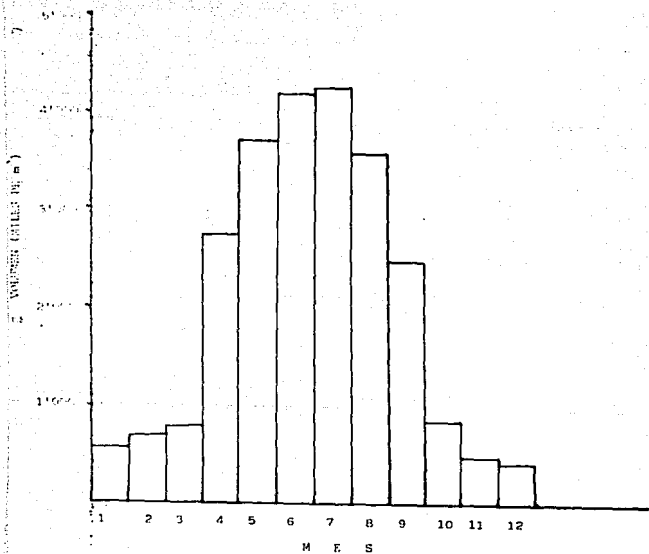
CULTIVO	SFB. (HA)	P (%)	USO OPERATIVO (M ³ /HA)											
			ENE.	FEB.	MAR.	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGTO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.
ALFALFA	500	147,694	5,012	7,408	11,664	14,596	17,150	17,463	17,872	16,791	14,510	11,112	7,852	5,435
CALAPACITA	50	30,080	5,00	9,249	12,947	8,592								
CALABAZA	50	50,112	9,88	10,462	11,529	7,177							5,00	7,526
CEBADA	100	62,421						5,00	11,115	18,549	20,353	9,639		
CEPOLLA	50	57,192	8,852	10,397	12,859	11,047	9,052							5,276
COL	50	39,071		5,00	11,529	12,848	9,449							
CHICHARO	50	40,222	5,00	5,592	11,300	13,256	12,094							
CHILE	10	51,416	9,045	10,356	12,967	11,321	7,781						5,00	6,724
FRIJOL	500	51,725						5,00	12,844	15,170	13,059	6,710		
HABA	100	72,232			8,316	9,400	12,005	13,265	13,800	11,106	5,00			
LECHUGA	100	34,059							5,900	2,546	12,947	7,676		
MAIZ	1,200	66,550			5,00	12,274	18,087	18,281	15,858	0,787	7,127			
PAPA	50	64,780						7,265	10,039	12,416	3,331	12,049	8,68	
RABANITO	30	35,080	5,00	9,249	12,947	8,592								
SORGO	100	69,582	10,424	10,570	11,664	0,281	10,163						7,072	9,409
TRIGO	100	59,535							5,881	9,722	4,734	16,130	13,038	
TCWATE	8	51,442						5,780	9,496	12,431	12,751	10,593		
ZANAHORIA	100	38,810	5,00	5,00	16,754	14,125								
	3,146													

Por especificaciones de riego todos los valores menores de 5 se les asigna esta cantidad

CUADRO 3.2.1.20 VOLUMENES MENSUALES NECESARIOS

CULTIVO	SUPERFICIE (Has.)	VOLUMEN (MILES m ³)	VOLUMEN MENSUAL (MILES m ³)											
			ENERO	FEB.	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGO.	SEPT.	OCTUBE	NOV.	DIC.
ALFALFA	500	7'399.20	300.60	370.40	583.20	714.80	857.50	873.05	893.95	839.55	710.80	590.50	392.60	282.25
CALABACITA	20	71.57	10.00	18.50	25.89	17.18								
CALABAZA	20	103.16	19.78	20.92	23.06	14.35							10.00	15.05
CEBADA	100	646.56					50.00	111.15	185.49	203.53	96.39			
CEBOLLA	10	57.20	8.65	10.40	12.66	11.05	9.05							5.39
COL	50	199.14		25.00	57.65	69.24	47.25							
CHICHAPO	50	235.74	25.00	27.99	56.00	66.28	60.47							
CITRIL	10	63.22	9.05	10.39	12.95	11.32	7.78						5.0	6.73
FRÍJOL	600	3'107.1				240.12	770.64	910.2	783.54	402.6				
HABA	100	728.92			83.16	94.00	120.05	132.65	138.00	111.06	50.0			
LECHUGA	100	390.69							59.00	125.46	129.47	76.76		
MAIZ	1200	10'489.68			600.0	1,472.88	2,170.44	2,193.72	1,902.96	1,294.44	855.24			
PAPA	50	374.92					36.33	50.20	62.08	65.66	60.25	48.4		
PORRITO	30	102.37	15.00	27.75	31.84	25.78								
SPINACH	100	595.82	104.24	105.70	116.64	102.81	101.63						70.72	94.02
TRICO	100	595.65						58.81	97.22	147.34	161.80	130.48		
TUJAY	8	41.16					4.62	7.72	0.95	10.31	8.37			
ZANAHORIA	100	408.79	50.00	50.00	167.54	141.25								
TOTAL	3,144	25'506.99	542.13	667.05	777.79	2'740.94	3'705.24	4'193.14	4'193.14	3'151.75	2'475.02	816.14	473.32	403.49

Gráfica 3.2.1.1 Distribución de los volúmenes mensuales necesarios



IV PROPOSICIONES

Como parte final de este trabajo, analizaremos los resultados obtenidos en los capítulos anteriores y propondremos algunas alternativas para la optimización de los recursos disponibles.

4.1 BALANCE HIDRICO

Actualmente se coloca en la base de la determinación del régimen de riego el método del balance hídrico. La esencia de este método, propuesto por el académico A.N. Kostókov para establecer el régimen nominal de riego, consiste en lo siguiente: de manera analítica, en forma de tabla, para diferentes períodos vegetativos y generalmente por décadas, se determinan las capas de cálculo del suelo (H), las reservas máximas y mínimas de agua en el suelo (W_{max} y W_{min}), y la reserva inicial (W_{in}) al comienzo del período vegetativo. Para cada período determinado de la vegetación se establecen todas las formas de ingresos: las precipitaciones aprovechadas (H_{pa}), de las reservas de agua en el suelo cuando aumenta su capa activa (Δw), el intercambio de humedad con las aguas subterráneas ubicadas en las proximidades (f_g) y las formas de salidas: la transpiración (E_t) del agua por las plantas y la evaporación (E_e) del suelo ($E = E_t + E_e$). Sobre la base de los datos disponibles al final del período de cálculo, se determina la reserva final W_{fin}

$$W_{fin} = W_{in} + H_{pa} - E \quad (4.1)$$

La reserva final de agua se compara con la mínima permisible. Si $W_{fin} < W_{min}$, entonces en el período en cuestión es necesario regar con una norma (m) que se determina según las condiciones siguientes:

$$W_{fn} + m \leq W_{max} \quad (4.2)$$

es decir

$$m \leq W_{max} - W_{fn}$$

La reserva de agua al final del período que se analiza se considera como inicial para el período siguiente.

El método anterior es factible cuando se tienen condiciones de riego en toda el área, en nuestro caso, únicamente consideraremos como ingresos las precipitaciones medias mensuales (Hpm) y las aportaciones del agua subterránea por medio de los 10 pozos que existen actualmente y las salidas; el uso Consuntivo (U), calculado en el capítulo anterior.

El balance hídrico planteado anteriormente, será aplicado únicamente a la superficie cultivable del Ejido de Cuacnopalan, que consta de 2808 hectáreas, de las cuales 1,110 Ha se localizan en el Valle de Esperanza y 1,698 Ha en el de Cuacnopalan. También, supondremos que el total de la precipitación ocurrida en dicha zona es aprovechable, teniendo la siguiente tabla:

TABLA 4.1.1 VOLUMENES PRECIPITADOS Y NECESARIOS EN EL EJIDO DE CUACNOPALAN

M E S	$V_{LL} (m^3)$	VOLUMENES NECESARIOS (m^3)
ENERO	314,487	542,130
FEBRERO	427,616	667,050
MARZO	300,561	777,790
ABRIL	835,061	2'740,940
MAYO	2'162,979	3'705,940
JUNIO	3'000,046	4'198,140

JULIO	2'581,745	4'258,850
AGOSTO	1'911,034	3'581,780
SEPTIEMBRE	3'184,564	2'475,020
OCTUBRE	920,630	816,140
NOVIEMBRE	447,188	478,320
DICIEMBRE	<u>139,894</u>	<u>403,490</u>
T O T A L	16'225,805	25'505,990

Si comparamos los volúmenes llovidos y los volúmenes necesarios, se detecta que, si se aprovecharan todas las precipitaciones, es decir, que no se consideraran los escurrimientos y las infiltraciones, no sería suficiente para satisfacer la demanda de agua.

Hay que tener en cuenta que al determinar los recursos necesarios, estamos proponiendo una rotación de cultivos donde se pretende mantener la mayor parte del año, a la superficie del ejido en producción. Esto se puede modificar si a corto plazo no se contempla realizar otras obras hidráulicas que solucionen el déficit que se tiene, aún considerando las obras que ya existen y suponiendo que el recargue de estas se efectúa.

Nuestra fórmula quedaría de la siguiente forma:

$$V_{fin} = V_{LL} + V_{extr} - V_{nec} \quad (4.3)$$

donde:

V_{fin} = Reserva final (m^3)

V_{LL} = Volumen llovido (m^3)

V_{extr} = Volumen permisible extraído de los pozos (m^3)

V_{nec} = Volumen necesario. (m^3)

Sustituyendo los valores tenemos:

$$V_{fin} = 16'225,805 + 8'925,465 - 25'505,990$$

$$V_{fin} = -354,720 \text{ m}^3$$

El resultado anterior nos demuestra la necesidad de considerar otras alternativas para solucionar el problema de la escasez del agua y no estar esperanzados a depender del temporal y las obras que se tienen hasta el momento.

4.2 PERFORACION DE POZOS

El propósito de aprovechar los recursos hidraulicos que se precipitan sobre el Ejido de Cuacnopalan, tratando de realizar un Balance hidrico, resultan insuficientes y aunque se aprovecharan en un cien por ciento, tanto las precipitaciones como los actuales recursos subterráneos, se observa que serían insuficientes, por lo que es necesario realizar un estudio más detallado para ver cual es la capacidad de los acuíferos considerando toda el area de influencia de los Valles de Esperanza y Cuacnopalan.

El agua subterránea existe casi en cualquier parte por abajo de la superficie terrestre, la explotación de la misma consiste básicamente en determinar en donde se encuentra bajo las condiciones que le permitan llegar rápidamente a los pozos a fin de poder ser utilizada en forma económica. La manera práctica de hacer lo anterior incluye la aplicación de conocimientos técnicos, experiencia en la perforación y sentido común.

Ciertos indicios útiles en la localización de abastecimientos de agua subterránea son por ejemplo: que ésta probablemente se encuentra en mayores cantidades bajo los Valles que en

las partes altas; en las zonas áridas cierto tipo de plantas nos indican que el agua que las nutre se encuentra a poca profundidad; sin embargo, los indicios más valiosos son las rocas, ya que los hidrólogos y los geólogos las agrupan sin importar que sean consolidadas como las areniscas, calizas, granitos y basaltos; o no consolidadas como las gravas, arenas y arcillas.

La grava, la arena, las areniscas y las calizas, son las mejores conductoras de agua, sin embargo, sólo constituyen una parte de las rocas que forman la corteza terrestre y no todas ellas aportan la misma cantidad de agua, la mayor parte de las rocas constituidas de arcilla, lutitas, y rocas cristalinas son en general pobres productoras, pero puede aportar agua suficiente para usos domésticos en las áreas en donde no se encuentran buenos acuíferos.

Si revisamos la composición del suelo y las rocas que afloran a la superficie y algunas secciones transversales que se obtuvieron con los diferentes métodos y las perforaciones que se realizaron, así como toda la información que se logró recabar de los pozos que actualmente están funcionando, tenemos lo siguiente:

4.2.1 VALLE DE ESPERANZA

Dentro de lo que nosotros clasificamos al Valle de Esperanza, tenemos que de la superficie total del área de influencia solamente 11.1 km pertenecen al Ejido de Cuacnopalan, sin embargo, al revisar las profundidades de los pozos localizados en éste Valle, y efectuamos una nivelación de los brocales

de los pozos, así como la profundidad del nivel estático (gráfica 4.2.1.1). Encontramos que se trata del mismo acuífero, por ello, si consideramos la clasificación del suelo que se obtuvo en el inciso 2.4.2 tendremos una recarga de aproximadamente $61'001,283 \text{ m}^3/\text{anuales}$, en éste Valle.

Si realizamos un Balance Hídrico de éste acuífero tendremos que:

$$V_{\text{fin}} = V_r - V_{\text{extraído}}$$

donde:

$$V_{\text{fin}} = \text{Volumen final (m}^3 \text{)}$$

$$V_r = \text{Volumen de recarga (m}^3 \text{)}$$

$$V_{\text{extraído}} = \text{Volumen extraído por medio de los pozos que se localizan en éste Valle (m}^3 \text{)}$$

Sustituyendo los valores tenemos:

$$V_{\text{fin}} = 61'001,283 - (1'709,267 + 4'036,545 + 4'968,055)$$

$$V_{\text{fin}} = 61'001,283 - 10'713,867$$

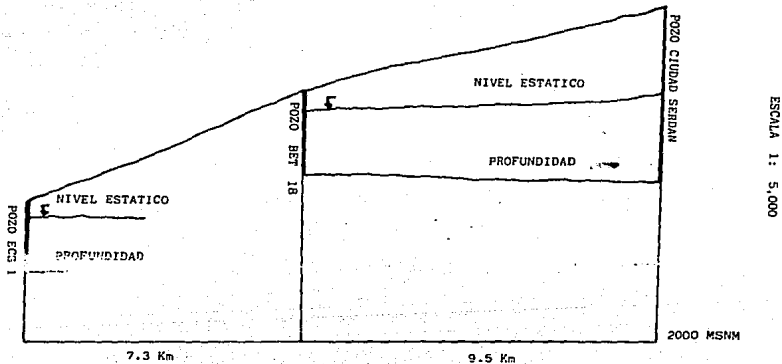
$$V_{\text{fin}} = 50'287,416 \text{ m}^3.$$

Este resultado nos indica que las reservas en el Valle de Esperanza son importantísimas, lo que nos permitiría extraer más volúmenes de agua para satisfacer las demandas de todo el Ejido de Cuacnopalan. Debido a las profundidades a la que se extrae el agua actualmente y que no representan costos tan altos, es conveniente perforar pozos para riego en éste Valle.

4.2.2 VALLE DE CUACNOPALAN

Si observamos la gráfica 4.2.1.1, nos damos cuenta que el

GRAFICA 4.2.1.1 NIVELES ESTATICOS Y DE LOS BROCALES, DE LOS POZOS LOCALIZADOS EN LOS VALLES DE
ESPERANZA Y CUACNOPALAN.



Valle de Cuacnopalan se encuentra a un nivel más próximo al del mar, ésto da a entender que el agua subterránea extraída en esta parte, o pertenece a otro acuífero o son filtraciones que, a niveles por debajo de la Sierra de Cuesta Blanca, alimentan corrientes de las que es posible extraer agua. Esto último es deducible de la irregularidad con que es posible detectar un manto acuífero que de el caudal suficiente para satisfacer la demanda de agua de éste Valle.

Si consideramos que es un acuífero independiente, tenemos que las características del suelo no reúnen las condiciones para garantizar una recarga adecuada del mismo, ya que según los cálculos del inciso 2.4.4.3, si consideramos el coeficiente de permeabilidad, tendremos un volumen infiltrado de 7'863,990 m³/anuales. Este volumen no satisface la demanda que se tiene en éste Valle ya que, aquí se localiza la mayor superficie del Ejido.

La necesidad de poder obtener agua en éste Valle ha obligado a los ejidatarios y a propietarios, solicitar diversos estudios para la exploración de aguas subterráneas. El resultado de éstos, en algunos casos han sido satisfactorios, pero en su mayoría negativos; pero han servido para tener una visión más amplia de la estatigrafía del suelo, y las recomendaciones que se han dado aumenta el costo por m³ extraído, lo que ha obligado se abandonaran algunas perforaciones que no dan los caudales suficientes. Del resultado de estos estudios, se logró reunir alguna información, la cual anexamos al final de éste trabajo.

4.3 GALERIA FILTRANTE

Otra opción para satisfacer la demanda de agua en el Valle de Cuacnopalan, zona donde se localiza la mayor parte de la superficie del ejido, es por medio de una galería filtrante. Este proyecto dió inicio en el año de 1964, con la formación de una sociedad, se tenía como meta la construcción de una galería a 2,435 MSNM, en el Valle de Esperanza, de la cual, ya existen dos lumbreras que alcanzan el agua a los 22.0 m. de profundidad y tienen de 2.0 a 3.0 m. de lamina de agua, una longitud perforada en roca de aproximadamente 150 m. y 2 lumbreras de apoyo; tal como se ve en el trazo de la galería realizado por la extinta Dirección General de Conservación del suelo y agua.

Dicha galería, tiene una dirección norte-sur, debiendo atravesar el cerro Buenavista o Limón, en una longitud aproximada de 400 m. con un túnel de 1.3 m. de ancho por 2.0 m. de altura, para aflorar las aguas en el lado opuesto, a unos 7.0 km. aproximadamente. Esta agua, según el proyecto, debería escurrir por gravedad mediante canales hasta los terrenos, que por cuestiones topograficas, quedaran dentro del área de riego.

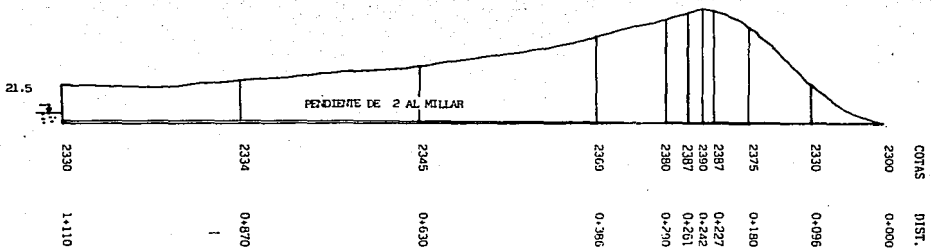
Este proyecto recibió apoyo técnico en 1965 por parte de la Dirección General de Conservación del Suelo y Agua, realizando el trazo de la galería, los canales principales, la topografía y los tipos de suelo de la zona de riego.

Sin embargo, el apoyo se interrumpio, y aunque se intento continuar con la obra de una manera rustica se suspendió su

ESCALAS

HORIZONTAL 1 : 5,000

VERTICAL 1 : 2,500



ejecución debido a los accidentes que hubo, y a los problemas económicos y de organización que se presentaron.

En 1972 se pararon los trabajos, siendo el factor principal, además de los anteriores, la negación por parte de la extinta Comisión del Papaloapan de la autorización para ejecutar la obra, argumentando que dicha obra no sería rentable, debido a que se obtendrían gastos muy bajos.

Si revisamos éste último punto, concluiremos que efectivamente si queremos únicamente depender de las dos lumbreras que se tienen, no sería posible obtener los volúmenes necesarios para abastecer el Valle de Cuacnopalan, ya que si suponemos que cada una aporta lo de un pozo localizado en esta zona, se tendrían aproximadamente $4'351,968 \text{ m}^3$ anuales, de los cuales, es posible extraer únicamente $2'384,640 \text{ m}^3$ anuales.

Esto, claro esta, no satisface la demanda, por lo que se cree necesario considerar una combinación de las propuestas anteriores para intentar cubrir los volúmenes que se necesitan y así mismo lograr una buena optimización de los recursos.

4.4 COMBINACION

La alternativa más eficaz para una buena optimización de los recursos, es sin duda una combinación de las propuestas anteriores, además de la organización de la comunidad para respetar las normas necesarias en la rotación de los cultivos, en la utilización de las obras hidráulicas con que se cuenta y en su participación en la construcción de nuevas obras para satisfacer la demanda.

Primeramente, hay que considerar la buena distribución de los riegos para aprovechar en un 100% los volúmenes permisibles

de las obras con que se cuenta. Si esto se logra, tendremos lo siguiente:

VALLE DE ESPERANZA

Número de hectáreas	1,110 Has.
Volumen total necesarios	10'082,496 m ³
Volumen proporcionado por los pozos	5'987,865 m ³
Volumen que faltaría por cubrir	4'094,631 m ³

VALLE DE CUACNOPALAN

Número de hectáreas	1,690 Has.
Volumen total necesario	15'423,494 m ³
Volumen proporcionado por los pozos	2'937,600 m ³
Volumen que faltaría por cubrir	12'485,894 m ³

No todo el volumen necesario se cubriría con la extracción de las aguas subterráneas, parte de las precipitaciones no aprovechadas, esto ocurre con los escurrimiento, así que si los consideramos, tendríamos otro volumen útil de aproximadamente:

$$V_e = V_{LL} (C_e)$$

$$V_e = 16'225,805 \text{ m}^3 (0.35)$$

$$V_e = 5'679,031 \text{ m}^3$$

Con este último valor, nuestro volumen de necesidades se reduciría a 10'901,494 m³ anuales.

Debido a que el volumen de necesidades es mayor en el Valle de Cuacnopalan, y que tanto la recarga como el costo de extracción de agua en esta zona no garantizan ni optimizan los recursos, se propone la perforación de pozos en el Valle de

Esperanza, mismos que además de que cubran las necesidades en este valle logran abastecer por medio de la galería, las necesidades del Valle de Cuacnopalan.

La factibilidad de esta propuesta la garantizan las recargas anuales del acuífero que se tiene en este valle. Para esto se necesitan aproximadamente cinco pozos con gastos promedio de 69 lps y continuar con la construcción de la galería que serviría como conducto para pasar el agua del Valle de Esperanza al de Cuacnopalan por gravedad, esto debido a la diferencia de niveles entre ambos valles, lo que representaría un ahorro importante de energía eléctrica.

La inversión para realizar un proyecto de ésta magnitud es grande, ya que constaría de la construcción de las siguientes obras:

- a) Galería principal de 1,110 m. con 400 m. en roca.
- b) Galerías secundarias, que comunicarían a los 13 pozos localizados en este valle con la entrada de la galería en una longitud aproximada de 5,000 m.
- c) Perforación de cinco pozos a profundidades aproximadas de 125 m. y caudales promedios de 69 lps.
- d) Canales de conducción.

El objetivo de este trabajo no es proporcionar un proyecto detallado de estas obras, esto sería un trabajo posterior, la idea es más bien demostrar la posibilidad de aprovechar los recursos subterráneos que existen en el Valle de Esperanza sin provocar su agotamiento. Esto, según el resultado de nuestro estudio es posible y lo podemos reforzar si continuamos

estudiando algunos aspectos que no se consideraron en este trabajo.

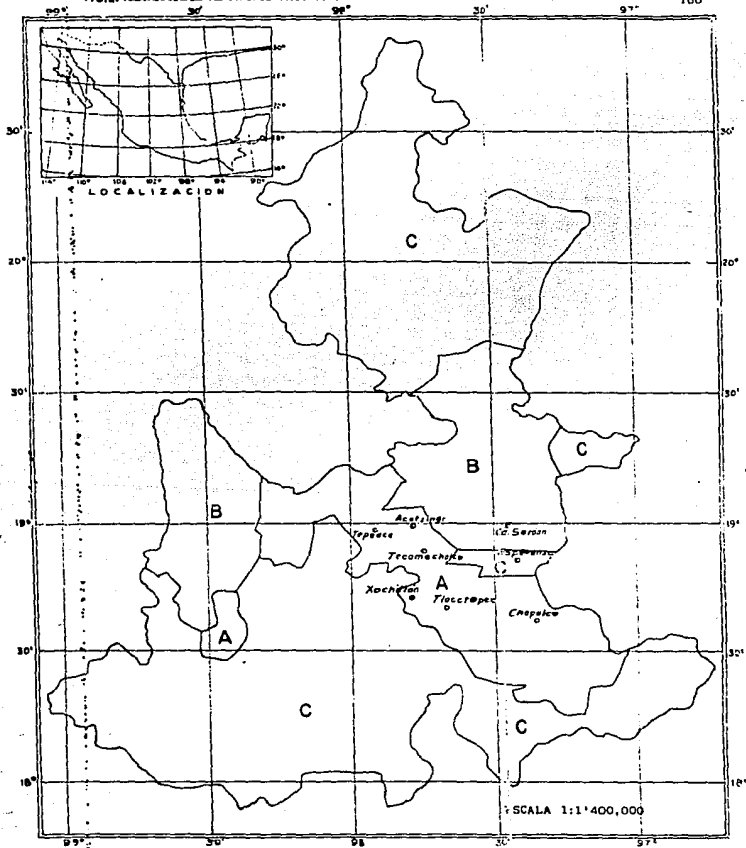
El que se realicen o no las obras necesarias, depende de la capacidad de la comunidad para organizarse y buscar el financiamiento necesario.

En cuanto al problema para la autorización por parte de los organismos encargados del control de la extracción de los recursos subterráneos, existe una distribución de las zonas, donde se clasifican las que se pueden explotar y las que no, afortunadamente el Valle de Esperanza se localiza dentro de las que todavía es posible extraer agua para uso agrícola. Esta zonificación fué proporcionada por la Comisión del Papaloupan y es la de la gráfica 4.3.2 donde tenemos las siguientes zonas:

- A = Zonas de veda en las que no es posible aumentar la extracción sin peligro de abatir o agotar los mantos.
- B = Zonas de veda en las que la capacidad de los mantos acuíferos, sólo permiten extracciones para usos domésticos y servicios públicos urbanos indispensables.
- C = Zonas de veda en las que la capacidad de los mantos acuíferos permiten extracciones para usos domésticos, industriales, de riego y otros.

4.3.2. RESTRICCIONES AL CONTROL SOBRE EL USO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN EL EDO. DE PUEBLA

166

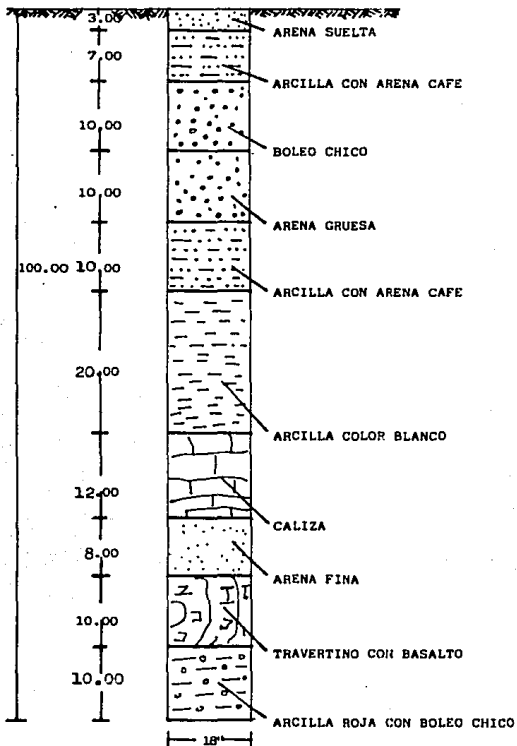


ANEXO 1

RESULTADOS DE ALGUNOS ESTUDIOS DE EXPLORACION DE AGUAS

SUBTERRANEAS REALIZADOS EN EL VALLE DE CUACNOPALAN

CORTE GEOLOGICO DEL POZO PERFORADO EN
RANCHO EL VERGEL LOCALIZADO EN CUACNOPALAN, PUE.



SERVICIO ELECTROBOMBAS Y PERFORACION DE POZOS

Ing. Othón Orduña Ortiz

SUR No. 1104

TEL. 42-08-84

PUEBLA, PUE.

R.F.C. - OUCO - 270702

DATOS DEL AFORO EFECTUADOS EN EL POZO LOCALIZADO EN
CUACNOPALAN, PUE. PROPIEDAD DE LA SOCIEDAD EL VERGEL.

FECHA	HORA	N.E.	R.P.M.	N.D.	L.P.S.	OBSERVACIONES
9-9-85	13:00	23	1400	34	20.6	Turbia
	14	"	"	"	"	"
	15	"	"	"	"	"
	16	"	"	"	"	"
	17	"	"	"	"	"
	18	"	"	"	"	"
	19	"	"	"	"	"
	20	"	"	"	"	"
	21	"	"	"	"	"
	22	"	"	"	"	"
	23	"	"	"	"	"
	24	"	"	"	"	"
10-9-85	1	"	"	"	"	"
	2	"	"	"	"	"
	3	"	"	"	"	"
	4	"	"	"	"	"
	5	"	"	"	"	"
	6	"	"	"	"	"
	7	"	"	"	"	"
	8	"	"	"	"	"
	9	"	"	"	"	"
	10	"	"	"	"	"
	11	"	"	"	"	"
	12	"	"	"	"	"
	13	"	1650	42	32	Limpia
	14	"	"	"	"	"
	15	"	"	"	"	"
	16	"	"	"	"	"
	17	"	"	"	"	"
	18	"	"	"	"	"

Director
de
Servicios
Elegibles
M. A. R.
Electricidad Industrial
Fuerza Luz
Est. de Energía
de las Bombas
Perforación
de Pozos y Aguas

SERVICIO ELECTRO BOMBAS Y PERFORACION DE POZOS

Ing. Othón Orduna Ortiz

SUR No. 1104

TEL. 42-05-84

PUEBLA, PUE.

R. F. C. - OUCO - 270702

FECHA	HORA	N.E.	R.P.M.	N.D.	L.P.S.	OBSERVACIONES
10-985	19:00	23	1650	42	32	Limpio
	20	"	"	"	"	"
	21	"	"	"	"	"
	22	"	"	"	"	"
	23	"	"	"	"	"
	24	"	"	"	"	"
11-9-85	1	"	"	"	"	"
	2	"	"	"	"	"
	3	"	"	"	"	"
	4	"	"	"	"	"
	5	"	"	"	"	"
	6	"	"	"	"	"
	7	"	"	"	"	"
	8	"	"	"	"	"
	9	"	"	"	"	"
	10	"	"	"	"	"
	11	"	"	"	"	"
	12	"	"	"	"	"
	13	"	1900	62	34.6	"
	14	"	"	"	"	"
	15	"	"	"	"	"
	16	"	"	"	"	"
	17	"	"	"	"	"
	18	"	"	"	"	"
	19	"	"	"	"	"
	20	"	"	"	"	"
	21	"	"	"	"	"
	22	"	"	"	"	"
	23	"	"	"	"	"
	24	"	"	"	"	"

Distribuidor
de
Bombas Sumergibles
"Omiga"
y
M. A. K.
Electricidad Industrial
Planta de Luz
Especialidad
en
todo Tipo de Bombas
Perforación
de Pozos Nativos
y
Afijos

SERVICIO ELECTRO BOMBAS Y PERFORACION DE POZOS

Eng. Othón Orduña Ortiz

2 SUR No. 1104

TEL. 42-05-84

PUEBLA, PUE.

R. F. C. - OUOO 270702

FECHA	HORA	N.E.	R.P.M.	N.D.	L.P.S.	OBSERVACIONES
12-9-85	1:00	23	1900	G2	34.6	L1
	2	"	"	"	"	"
	3	"	"	"	"	"
	4	"	"	"	"	"
	5	"	"	"	"	"
	6	"	"	"	"	"
	7	"	"	"	"	"
	8	"	"	"	"	"
	9	"	"	"	"	"
	10	"	"	"	"	"
	11	"	"	"	"	"
	12	"	"	"	"	"

Distribuidor
de
Bombas Sumergibles
"Oteros"
y
M. A. K.

Electricidad Industrial

Planta de Luz

Especialidad


en:

Todo Tipo de Bombas

Perforación
de Pozos y Norias

ESTE AFORO SE EFECTUO CON UNA BOMBA DE 6", UN CUERPO DE TAZONES ROD. 10 CON 10 ETAPAS, UN CABEZAL CON UNO MODO RELACION 1-2 Y UN MOTOR ROLL-ROLLE DE 240 H.P. Y 94 METROS DE COLUMNA.

PUEBLA, PUE. 27 SEPTIEMBRE D^a 85


SERVICIO ELECTRO BOMBAS
ING. OTHON ORDUNA ORTIZ

SERVICIO ELECTRO BOMBAS

AFOROS DEL P.O.Z. DE LOCALIZACION EN
 CUANAHUAPAN PUE. PROPIEDAD DE LA
 SOCIEDAD "EL VERDE" S.A.

NIVEL DINAMICO EN METROS

20

30

40

50

60

55

2.1

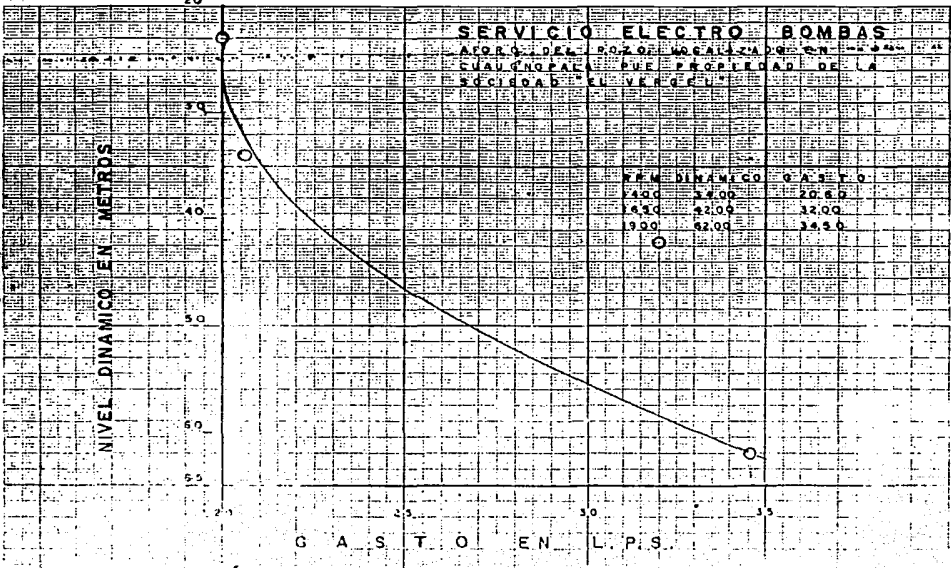
2.5

3.0

3.5

G A S T O E N L. P. S.

KWH	DINAMICO	GASTO
1400	34.00	20.60
1650	42.00	32.00
1900	62.00	38.50



NUMER. FERIA 1 A



GEO-RE, S. A.

Informe No. de av. del taller 43 a 15 0101 México, D. F. Tels. 7 68 37 03 - 5 52 19 39

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

PROYECTO : CUACHOPALAN
MUNICIPIO: FALGAR DE BRAVO
ESTADO : PUEBLA

En los terrenos pertenecientes a la Sociedad Amozquillo-Sn. Miguel se efectuaron dos (2) sondeos eléctricos verticales, el sondeo No. 1 se realizó paramétrico al pozo en construcción y el sondeo No. 2 a 450 metros al sur del primero.

Los sondeos resultaron positivos, ya que los valores de resistividad eléctrica detectados son bajos.

Se observa que existe una capa resistiva que va de la superficie a los 45 metros de profundidad; siendo ésta impermeable.

Por debajo de este horizonte los materiales tienden a ser más porosos, pudiendo estar fracturados y contener agua entre sus cavidades.

Se recomienda seguir perforando en el punto donde se encuentra la máquina a una profundidad de 150 metros ya que existen posibilidades de extraer agua.



Comis. Nacional



A Palmar de Bravo

Pozo

S-1

P.P. Soc. Amozocuillo

Sn. Miguel

A Cañada M... ..

S-2

P.P. Filadelfo B... ..

PROYECTO	CHACONALAN
MUNICIPIO	PALMAR DE BRAVO
ESTADO	PUEBLA

División geofísica

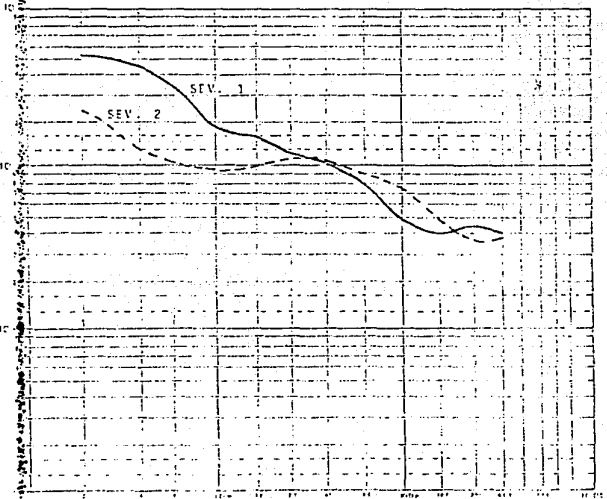
1958

SEV. No. 1	SEV. No. 2
35.14	235.6
70.06	136.9
32.44	105.6
94.74	91.4
60.69	98.2
28.33	107.1/99.4
06	102.8
80	CE
49.5	73.7
4,9/47.8	100.4/99.6
45.6	36.7
41.1	29.8

PARQUELO EL COMALAN
MUNICIPIO PALMAR DE BRAVO
ESTADO PUEBLA

PROFUNDIDAD	RESISTIVIDAD
0.00 a 3.00 m	550 ohms-metro
3.00 a 7.00 m	270 ohms-metro
7.00 a 43.00 m	110 ohms-metro
43.00 a 163.00 m	32 ohms-metro
163.00 a 259.00 m	60 ohms-metro
259.00 a prof.	20 ohms-metro
0.00 a 1.00 m	400 ohms-metro
1.00 a 7.00 m	80 ohms-metro
7.00 a 35.00 m	110 ohms-metro
35.00 a 133.00 m	55 ohms-metro
133.00 a 201.00 m	20 ohms-metro
201.00 a prof.	20 ohms-metro

RESISTIVIDAD APARENTE OHMS-METRO



DISTANCIA ENTRE ELECTRODOS 26/7

REGISTRO ELECTRICO

POZO No.1

SAN SEBASTIAN CUAGNOPALAN.

PERFORADO PARA SOCIEDAD AGRICOLA AGRICOLA
SAN MIGUEL.

MUNICIPIO PALMAR DE BRAVO.

ESTADO PUEBLA.

Fecha	27 de enero de 1953.
Corrida No.	100
Profundidad perforada	100.00 metros
Lectura inferior	98.00 metros.
Lectura superior	7.00 metros.
Encoderador No.	WINTO 1200 P.T.
Tipo máquina perforadora	ROTARIA.
Diámetro barrena	12 1/4" de C.
	de a
	de a
	de a
Fluido de perforación	FENTONICO
Nivel de lodos a	7.00 metros.

OBSERVACIONES: LA PERFORACION REGISTRADA PERSE
 INCREMENTO EN SU SATURACION A CAPAS DE 100 A 40
 METROS, CON MEJORES POSIBILIDADES DE LOGRAR 10 A 15
 METROS, BASTA POR LO QUE ES UN BUEN PUNTO DE
 PASTO DE ENRIQUECIMIENTO DEL OREO EN LOS 10 A 15
 M.P.S. CON NIVELES DE 100 A 100 METROS.

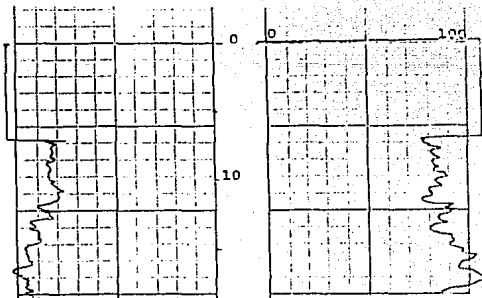
Perforó: ING. OLIVIO ORDUNA O.

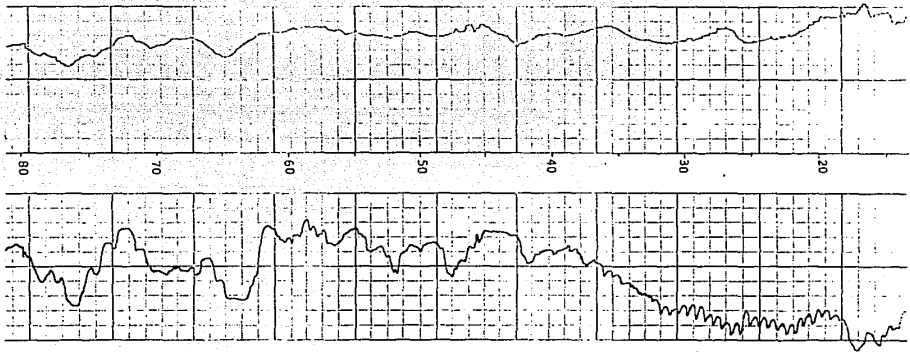
Registró: SANTAGO RODRIGUEZ ALVARADO.

Operación presenciada por: CENTRO CASTELLANO DE INVESTIGACIONES AGRICOLAS
POTENCIAL ASTROFISICO INSTITUTO

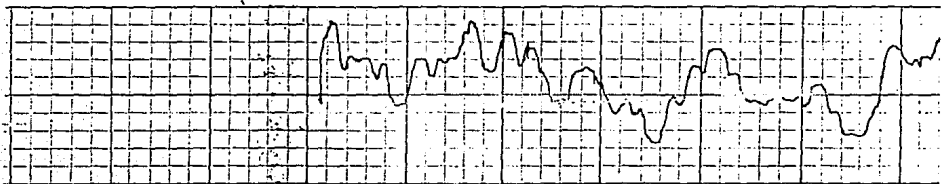
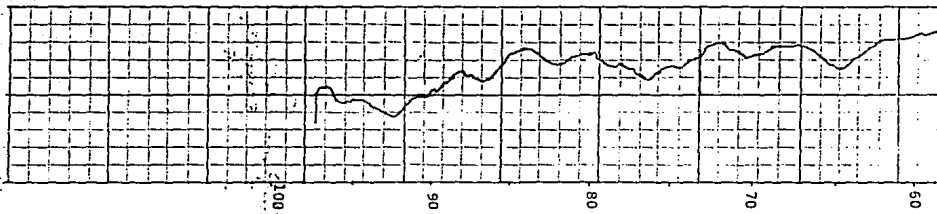
20 mv

0.15 m/m

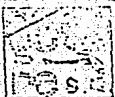




WICO DIVISION OF GEARHART OREN INDUSTRIES, FORT WORTH, TEXAS CHART NO. 2828



CORTE GEOELECTRICO N° 1



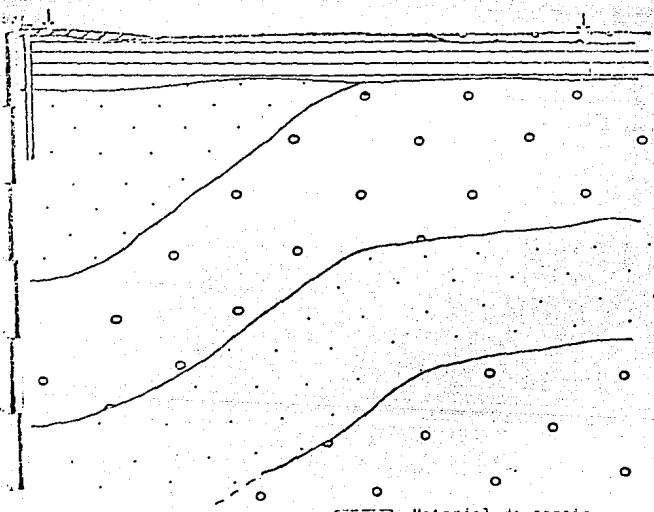
PROYECTO : QUACNOPALAN




MUNICIPIO : PALMAR DE BRAVO




SISTEMA : TUNELA

S.L.V. 1

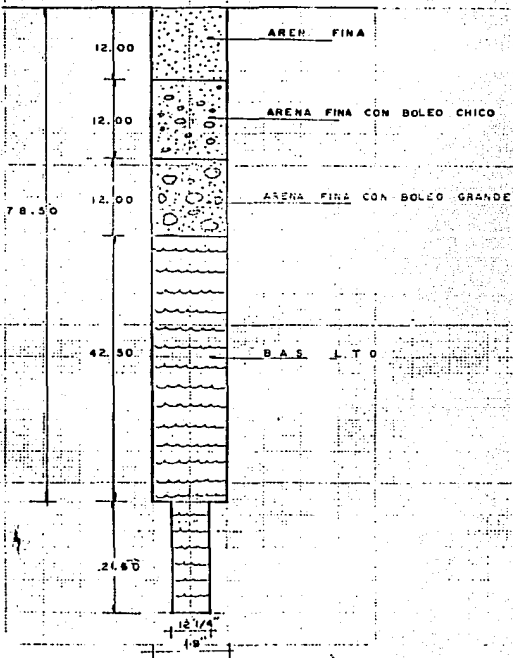
S.L.V. 2



-  Suelo
-  Suelos, Gravas, Roc. Fracturada
-  Roc. compacta

-  Material de consistencia arenosa
-  Roc. fracturada no saturada
- 

SERVICIO ELECTRO OMBAS
CORTE GEOLOGICO DEL POZO PERFORADO PARA LA
SOCIEDAD AMOZOQUILLO SN. MIGUEL LOCALIZADO EN
CUACNOPALAN, MPIO DE PALMAR DE BRAVO PUE.



SERVICIOS AGRICOLAS E INDUSTRIALES DEL SUR

PREPARACION E INSTALACION DE TIPO TIPO DE
BOMBAS DE POZO PROFUNDO INDUSTRIALES, DE RIEGO, AGUA POTABLE Y DOMESTICAS

XXXXXXX

C. P. 55770

TEHUACAN, PUE.

6 NORTE No. 117

RESULTADO DEL AFORO PRACTICADO EN EL POZO PROFUNDO PARA AGUA DE RIEGO, UBICADO EN TERRENOS DE LA POBLACION DE SAN SEBASTIAN CHACROPALAN, PUE., EN EL LUGAR DENOMINADO SAN JOSE ALPUJES, PROPIEDAD DE LA SOCIEDAD DE AGUAS "JOSE MARIA MORELOS" ANTES AMOTOCUILLO.

Tehuacán, Pue., Mayo 27 de 1985.

Aforo practicado por la brigada de Servicios Agrícolas e Industriales del Sur, durante los días 22, 23, 24 y 25 del mes de Mayo de 1985.

DATOS GENERALES

ADME: 14" C	BOMPA: Marca Worthington
PROFUNDIDAD DEL POZO: 120 Mts.	DIAMETRO DE COLUMNA: 11" x 6"
NIVEL ESTÁTICO: 27.90 Mts.	LONGITUD DE COLUMNA: 75 Mts.
METODO DE AFORO: por orificio	CUERPO DE TAZONES: de 12" x 1 pasos
TIEMPO DE AFORO: 72 hrs.	CAREZAL DE DESCARGA: 6" x 6" x 16"
	CABEZAL DE ENGRANES: " " " " " " " "
	MOTOR: Perkins Diesel 16" 100 HP

125
124
123
23
23
23
24
24
24
24
25
25
25

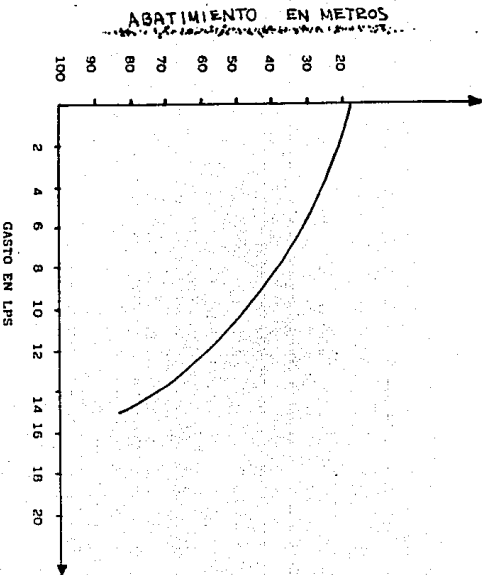
DIA	HORA	R.P.M.	NIVEL DE BOMBA ROMPEO Mts.	LECTURA AXIAL Cm.	GASTOS EN L. P. S.	OBSERVACIONES
22	20	900	35.70	20 (2.5")	3.93	agua turbia
22	23	1000	40.00	40	5.57	agua turbia
23	6	1100	45.90	34 (3")	7.55	Agua turbia
23	14	1200	57.36	17 (4")	10.43	agua clara
23	22	1300	62.50	20	11.32	agua clara
24	6	1400	71.40	25	12.66	agua clara
24	14	1500	74.00	31	14.09	Agua clara
24	20	1500	74.60	28	13.40	Agua clara
25	6	1500	74.60	28	13.40	Agua clara
25	14	1500	74.60	28	13.40	Agua clara
25	23	1500	74.60	28	13.40	Agua clara

Recuperación total del pozo: 24 minutos.

AL TIENTA N. 117

XXXXXXX

GRAFICA DEL AFORO DEL POZO PROFUNDO DE LA
SOCIEDAD DE AGUAS PARA RIEGO
"JOSE MARIA MORELOS" SAN SEBASTIAN COACNOPALAN, PUE.



PROFUNDIDAD TOTAL	120.00 m
DIAMETRO DE ADEME	12.00 pulg.
NIVEL ESTATICO	27.90 m.
NIVEL DINAMICO	74.60 m.
CAUDAL MAXIMO AFORADO	13.40 LPS.
CAPACIDAD ESPECIFICA	0.29 LPS/m

SERVICIO ELECTRO BOMBAS

CURVA DE AFORO DEL POZO PERFORADO PARA LA
SOCIEDAD. AMOZOQUILLO SN. MIGUEL, LOCALIZADO EN
CUACNOPALAN, MUNICIPIO DE PALMAR DE BRAVO, PUE.

NIVEL DINAMICO EN METROS

60

70

72

RPM	N. DINAMICO	G A S T O
1100	57.00	8.00
1500	72.00	11.00

G A S T O E N L. P. S.

8 9 10 11

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

- 1.- DIRECTORIO DE EJIDOS Y DE COMUNIDADES AGRARIAS
V CENSO EJIDAL 1970
DIRECCION GENERAL DE ESTADISTICA DICIEMBRE 1972
- 2.- ARCHIVO DEL METEOROLOGICO NACIONAL
OBSERVATORIO 96 MEXICO, D.F.
- 3.- LEY FEDERAL DE AGUAS
MARTHA CHAVEZ PADRON
- 4.- EL RIEGO
I.P. AIDAROV, A.I GOLOVA NOV, M.G. MAMAEV
- 5.- HIDROLOGIA
- 6.- HIDROGEOLOGIA
STANLEY N. DAVIS Y ROGER J. M. DE WIEST
- 7.- BOLETINES HIDROMETICOS
COMISION DEL PAPALOAPAN (S.R.H.)
- 8.- RECURSOS NATURALES DE MEXICO
ANGEL BASSOLS BATALLA
- 9.- ATLAS DEL AGUA
S. R. H.
- 10.- APUNTES DE HIDROLOGIA DE SUPERFICIE
FRANCISCO J. APARICIO MIJARES
FACULTAD DE INGENIERIA
- 11.- ANALISIS ESTADISTICO Y PROBABILISTICO
DE DATOS HIDROLOGICOS
ROLANDO SPRINGALL GALINDO
FACULTAD DE INGENIERIA
- 12.- ENGINEERING HYDROLOGY
E. M. WILSON
SECOND EDITION
- 13.- APUNTES DE ASPECTOS FUNDAMENTALES EN EL
ESTUDIO DEL AGUA SUBTERRANEA
(GEOHIDROLOGIA)
JAIME A. TINAJERO GONZALEZ
FACULTAD DE INGENIERIA