



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE FILOSOFIA Y LETRAS

COLEGIO DE GEOGRAFIA

**“ESTUDIO GEOGRAFICO DEL RECURSO
AGUA EN EL ESTADO DE MICHOACAN”.**

**INSTITUTO DE GEOGRAFIA
BIBLIOTECA**

T E S I S

**QUE PARA OPTAR POR EL TITULO DE
MAESTRA EN GEOGRAFIA**

**P R E S E N T A :
MARIA GUADALUPE RODRIGUEZ PEREZ**

T
1984

B.6960



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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 esta 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.

Deseo expresar mi agradecimiento a la asesora de esta tesis, Dra. Laura Elena Maderey Rascón, quien con su valiosa orientación, hizo posible la realización de la misma. Asi como a los sinodales: Mtro. Víctor Manuel Martínez Luna, Mtro. - Gilberto Hernández Corzo, Mtro. Mauricio Aceves García y -- Dr. Genaro Correa Pérez por sus acertadas sugerencias y observaciones.

También expreso mi gratitud a las personas e instituciones que me ayudaron en la realización de este trabajo.

Dedico este trabajo con
todo cariño a:

Mis queridos padres:

SR. JESUS RODRIGUEZ CRUZ.

SRA. JUSTINA PEREZ DE RODRIGUEZ.

INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS
LIBRERÍA

A MI HERMANO:
JOSE AGUSTIN.

INDICE

	Pág.
INTRODUCCION.	1
I. CARACTERISTICAS GEOGRAFICAS DEL ESTADO.	8
1.1 Localización.	8
1.2 Fisicogeografía.	10
1.2.1 Relieve y Geología.	10
II. CLIMATOLOGIA.	19
2.1 Los datos.	19
2.2 Temperatura.	19
2.2.1 Temperatura media anual.	19
2.2.2 Temperatura mínima extrema.	22
2.2.3 Temperatura máxima extrema.	24
2.3 Precipitación.	26
2.3.1 Precipitación media anual.	27
2.3.2 Precipitación media del período húmedo.	29
2.3.3 Precipitación media del período seco.	30
2.4 Evaporación potencial.	33
2.5 Tipos de clima.	38
III. HIDROLOGIA.	47
3.1 Características hidrográficas.	47
3.2 Balance hidrológico de las cuencas.	60
3.3 El Régimen Hidrológico.	80

3.4 Aspectos geohidrológicos.	86
IV. APROVECHAMIENTO DE LOS RECURSOS HIDROLOGICOS.	92
4.1 Generalidades.	92
4.2 Uso doméstico.	93
4.3 Uso agrícola.	99
4.4 Uso pecuario.	107
4.5 Uso industrial.	113
4.6 Energía hidroeléctrica.	117
4.7 Piscicultura.	120
4.8 Recreación y turismo.	122
V. CONTAMINACION DEL AGUA.	123
5.1 Generalidades.	123
5.2 Origen y naturaleza de los productos <u>conta</u> minantes.	126
5.3 Principales parámetros indicadores de la - contaminación del agua.	127
5.4 Diferentes estudios de la calidad del agua en Michoacán.	128
CONCLUSIONES.	145
BIBLIOGRAFIA.	152

INDICE DE PLANOS, GRAFICAS Y CUADROS.

PLANOS

	Pág.
1. Localización de Michoacán dentro de la República Mexicana.	9
2. Fisiografía.	11
3. Estaciones meteorológicas.	20
4. Temperatura media anual.	21
5. Temperatura mínima extrema.	23
6. Temperatura máxima extrema.	25
7. Precipitación media anual.	28
8. Precipitación media del período húmedo.	31
9. Precipitación media del período seco.	32
10. Evaporación potencial.	35
11. Climas.	39
12. Hidrología.	48
13. Régimen Hidrológico.	82
14. Manantiales.	90
15. Usos del agua.	97
16. Distritos de riego e hidroeléctricas.	101
17. Atractivos turísticos.	124
18. Estaciones de monitoreo de calidad del agua.	131
19. Localización de descargas en la región del Lago de Chapala.	141

GRAFICAS

	Pág.
1. Variación de la temperatura, precipitación y - evaporación con respecto a la altitud.	36
2. Temperatura y precipitación en relación al cli- ma.	45
3. Relación entre la precipitación y el escurri- miento.	72
4. Variación de los parámetros que intervienen en el balance hidrológico.	76
5. Cuenca hidrográfica del río El Marquez.	89
6. Porcentajes de volúmenes de agua para uso do- méstico.	98
7. Porcentajes de volúmenes de agua para uso agrí- cola.	104
8. Porcentajes de volúmenes de agua para uso pe- cuario.	112
9. Perfil del río Lerma con clase asignada.	136
10. Carga transportada en el río Lerma.	139

CUADROS.

1. Estaciones hidrométricas.	49
2. Cálculo de la precipitación media por el méto- do de isoyetas.	65
3. Evapotranspiración real según L. Turc.	67
4. Cálculo de la evapotranspiración media por el método de isolíneas de evapotranspiración.	69

5. Variaciones del escurrimiento a lo largo del año y coeficiente de variabilidad.	85
6. Agua superficial.	95
7. Agua subterránea.	96
8. Distrito de riego 98 José Ma. Morelos.	103
9. Crecimiento de la población en algunos municipios de Michoacán.	108
10. Población ganadera.	109
11. Estructura de la industria.	115
12. Características de las centrales de generación hidroeléctrica, 1979.	119
13. Calidad del agua.	132
14. Calidad del agua en el río Lerma por tramos.	137

	Pág.
5. Variaciones del escurrimiento a lo largo del año y coeficiente de variabilidad.	85
6. Agua superficial.	95
7. Agua subterránea.	96
8. Distrito de riego 98 José Ma. Morelos.	103
9. Crecimiento de la población en algunos municipios de Michoacán.	108
10. Población ganadera.	109
11. Estructura de la industria.	115
12. Características de las centrales de generación hidroeléctrica, 1979.	119
13. Calidad del agua.	132
14. Calidad del agua en el río Lerma por tramos.	137

INTRODUCCION.

La hidrología fue definida por Meinzer (Kazmann, R., 1969) como la ciencia interesada en la existencia del agua en la Tierra. Sus reacciones físicas y químicas con el resto de ésta y su relación con la vida sobre la misma.

Posteriormente, cerca de veinte años después, en 1962, el Federal Council of Science and Technology for Scientific Hidrology expresó que: "La Hidrología es la ciencia que trata sobre las aguas de la Tierra, su existencia, circulación y distribución, sus propiedades físicas y químicas y su reacción con el ambiente, incluyendo su relación con las cosas vivientes. El dominio de la hidrología comprende la historia total del agua sobre la Tierra". (Kazmann, R., 1969).

Hoy día, la Hidrología se presenta esencialmente como la ciencia que estudia las modalidades que pueden presentarse y las disponibilidades variables en el tiempo y en el espacio del agua. (Remenieras, G., 1971).

Las tres definiciones señalan la importancia que tiene el agua y la relación que sus características intrínsecas ejercen en el tiempo y en el espacio para beneficio de los seres vivientes.

Para que un fenómeno sea completamente hidrológico, únicamente debe ocurrir como resultado de la interac-

ción de ciertos factores naturales y volver a suceder sólo como la consecuencia de circunstancias naturales similares. Es por este motivo que los estudios hidrológicos son indispensables, desde el comienzo, en la formación de proyectos para centrales hidroeléctricas, distribución de aguas, protección contra las crecidas, drenaje, regadío y navegación fluvial; para que finalmente, la evaluación correcta de los mismo esté en unión a la dimensión, seguridad y buena explotación de las obras hidráulicas.

Es por ello que la hidrología recurre a numerosas ciencias, algunas relacionadas con la física de la Tierra, como son la meteorología, la climatología, la geografía física, la geología, etc. así como, otras más generales, como la agronomía, la mecánica de los suelos, la estadística matemática, la hidráulica, etc.

La presente tesis se deriva del programa de investigación "El Régimen Hidrológico en la República Mexicana" que se está llevando a cabo en el Area de Geografía Física del Instituto de Geografía bajo la coordinación de la Dra.- Laura Elena Maderey R. y quien a su vez dirigió este trabajo.

El interés de realizar este estudio hidrológico sobre el estado de Michoacán y no sobre alguna cuenca en particular se debio a varias razones; en primer lugar, a que no existe trabajo similar al realizado en el estado de

Michoacán.

En segundo, a que las características fisicogeográficas que condicionan la existencia de los recursos hidrológicos en Michoacán son bastante favorecedores, como -- por ejemplo: los diversos tipos de clima, que de acuerdo a las modificaciones del sistema de clasificación climática de Köppen hizo Enriqueta García para adaptarlo a las características de la República Mexicana, se les encuentra desde los cálidos hasta los semifríos y por su grado de humedad se les encuentra desde los semisecos hasta los subhúmedos. Por otra parte, las diferentes provincias fisiográficas que lo atraviesan, aunque están relacionadas íntimamente en su origen presentan diferente geología.

También el estado es drenado por varios sistemas fluviales que se pueden agrupar en conjuntos exorreicos y endorreicos; encontrándose entre los primeros el río Lerma, el río Balsas y el Sistema fluvial constanero; y entre los segundos, el Lago Cuitzeo, Patzcuaro y Zirahuén.

Y finalmente, se consideró que este tipo de estudios son de utilidad para el gobierno, como trabajo básico para la elaboración de los diferentes proyectos de desarrollo económico, político y social del estado.

Existieron diversos problemas para la realización de este trabajo debido a que los recursos hidrológicos es--

...

tán relacionados con las características de cada cuenca hidrográfica, cuyos límites generalmente no coinciden con los políticos, por lo que se tuvieron que elegir tres cuencas - que representaran los resultados del balance hidrológico para el estado.

Por otra parte la información proporcionada por la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos sobre los diferentes usos del agua está a nivel municipal, lo que significó estimarla para cada una de las cuencas que así lo requerían.

El objetivo de este estudio es analizar las características fisicogeográficas que condicionan la existencia de los recursos hidrológicos en el estado de Michoacán y de ahí conocer cuáles son los aprovechamientos del agua de mayor importancia que se hacen dentro de la región y para analizar el grado de contaminación que presentan las cuencas. - Esto permitirá finalmente tener una visión en conjunto del recurso agua en el estado y poder opinar sobre el uso y la planeación que se hace de éste.

La hipótesis que se planteó para llevar a cabo este trabajo es la siguiente: Los recursos hidrológicos de Michoacán son suficientes para la satisfacción de las necesidades humanas, sin embargo una inadecuada planeación y -- utilización del agua impide satisfacer éstas en las regiones menos desarrolladas del estado.

La metodología que se utiliza en este trabajo se basa en:

1. Revisión bibliográfica.
2. Recopilación y procesamiento de los datos de - temperatura (media, máxima y mínima absoluta), precipitación (media, período húmedo y seco), - evaporación potencial media anual y escurri- - miento medio anual.
3. Recopilación y manejo de volúmenes de agua pa- - ra los diferentes usos.
4. Elaboración de los mapas correspondientes a -- los elementos del clima, tipos de clima e hi- -- drológico, a una escala gráfica 1: 500 000.
5. Cuantificación de los parámetros hidrológicos.
6. Elaboración de cuadros y gráficas de los dife- - rentes usos en que se aprovecha el agua.
7. Elaboración de la cartografía correspondiente a los diferentes usos, también a una escala -- gráfica 1: 500 000.
8. Cuantificación de la calidad del agua de acuer- - do a los parámetros físicos, químicos y bacte- - riológicos que la condicionan.
9. Interpretación y análisis cartográfico y esta- - dístico de los parámetros del clima e hidroló- - gicos.
10. Redacción de los capítulos respectivos.

El estudio está formado de tres partes principales:

En la primera se describen en forma general las características del relieve y las geológicas del estado, el primer factor influye en las condiciones climáticas y ambos en las hidrológicas; después se analiza la distribución de la temperatura, precipitación y evaporación potencial, elementos climáticos de cuya interacción depende la cantidad de agua con que se cuenta y finalmente se analizan los diferentes tipos de clima.

En la segunda parte se describe la hidrografía de la región en estudio, se realiza y analiza el balance hidrológico de tres cuencas representativas del estado que indican el comportamiento de los parámetros que lo constituyen y se examinan las variaciones del escurrimiento que ocurren en el transcurso del año; los cuales son consecuencia de la relación de los aspectos físicos estudiados.

En la tercera parte se hace el estudio de los principales aprovechamientos del agua que se llevan a cabo en el estado, tanto para agua potable como para las diversas actividades del hombre. Con esto se tiene una visión de la relación entre las disponibilidades de agua y la forma y magnitud de su uso. Y también se analiza la calidad del agua de acuerdo al reporte que proporcionan las estaciones de monitoreo distribuidas en algunos de los cauces principa

...

les que integran la hidrografía del estado.

Finalmente se dan las conclusiones a las que se -
llegó, una vez que se manejó y analizó todo el material uti-
lizado para el trabajo.

I. CARACTERISTICAS GEOGRAFICAS DEL ESTADO.

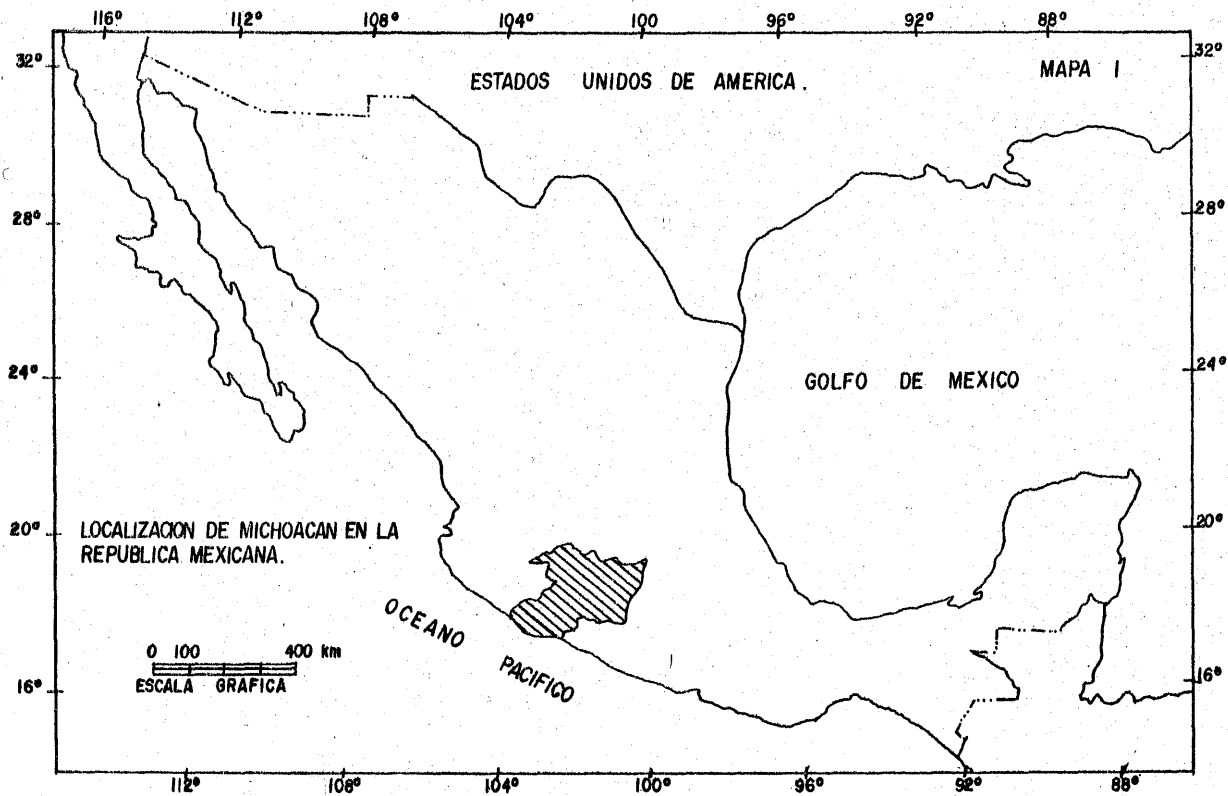
1.1 LOCALIZACION.

El nombre oficial del estado de Michoacán es el de Michoacán de Ocampo. Es una de las 32 entidades que forman los Estados Unidos Mexicanos y fue creado el 31 de enero de 1824 con base en el artículo 7° del Acta Constitutiva de la Federación Mexicana, disposición que se firmó en el artículo 5° de la Constitución Política del 4 de octubre de 1825 y que se ratifica en el artículo 43 de la Constitución Mexicana, promulgada el 5 de febrero de 1917 en la Ciudad de Querétaro. (Correa G., 1974).

Michoacán, originalmente denominado Michihuacan, del náhuatl michi (pescado) huac (afijo posesivo) y an (lugar), significa de acuerdo con estos términos "lugar de los que poseen el pescado".

Abarca una extensión de 60,093 Km² y se encuentra al sur de los estados de Jalisco y Guanajuato, al suroeste del estado de Querétaro, al noroeste y norte del estado de Guerrero, al oeste del estado de México, al este de los estados de Jalisco y Colima y al centro-este del océano Pacífico (mapa 1).

Esta situado entre los paralelos 17°54' y 20°23' latitud norte y los meridianos 100°04' y 103°45' longitud oeste del Meridiano de Greenwich, es decir; que el estado -



se encuentra ubicado en el centro oeste de la República Mexicana y se extiende de este a oeste en $3^{\circ}41'17''$ de longitud.

1.2 FISICOGEOGRAFIA.

1.2.1 RELIEVE Y GEOLOGIA.

Al observar el mapa fisiográfico del estado de -- Michoacán (mapa 2), se aprecian a simple vista algunos caracteres notables, entre los que destaca el complicado sistema montañoso que lo atraviesa.

En una dirección noroeste a sureste, el Sistema Volcánico Transversal se formó según una de la hipótesis, a través de las extensas e importantes grietas y fallas que ocasionaron los plegamientos del cenozoico superior, se produjeron grandes efusiones de toba y lava volcánicas, siendo andesíticas en los primeros momentos y hacia el este, y basálticas en las épocas posteriores y hacia el oeste, así como de arenas y cenizas volcánicas, menos frecuentes, que cubren en alguna extensión las mesetas cercanas. (Vivó J., -- 1958).

La geología superficial de este sistema está representada por un conjunto de materiales de los siguientes períodos: Cenozoico superior volcánico, cenozoico medio volcánico: rocas ígneas extrusivas, andesitas, riolitas y basaltos; en ocasiones asociadas con tobas y cenizas volcáni-

cas; pórfidos, tobas y brechas andesíticas; arenas y cenizas basálticas. Cenozoico inferior: rocas clásticas continentales con intercalaciones de rocas ígneas extrusivas; tobas y derrames. Cretácico del piso senoniano, de la familia Mexcala: calizas delgadas, areniscas y lutitas. De la familia Cuautla: conglomerados basales, calcarenitas, lutitas y calizas arrecifales, rudistas gasterópodos y corales. Del piso neoconiano, de la familia Morelos: calizas y dolomitas grises y oscuras. Del mesozoico: rocas ígneas y sedimentarias. (Carta Geológica del estado de Michoacán, - - 1971).

Esta región se caracteriza por presentar una sin número de conos, elevados unos, pequeños otros; los más notables son: el Tancitaro (3,842 m), el Patambán (3,750 m), el San Andrés (3,690 m), el San Marcos (3,360 m), el Quinceo o Paracho (3,347 m) y otros. (Correa, G., 1974).

El vulcanismo secundario es también intenso en toda la región, se manifiesta en las numerosas fuentes termales y géiseres que existen actualmente.

En las depresiones de este sistema, las que están se cerraron y algunas cuencas se separaron del sistema fluvial del río Lerma. De esta manera se formó una cadena de lagos escalonados, entre los cuales aún subsisten los de Cuitzeo, Pátzcuaro, Zirahuén y Chapala, todos, excepto el último, constituyen cuencas endorreicas. Entre las desapa-

recidos esta el de Zacapu.

El Sistema Volcánico Transversal toma diversos nombres locales en el territorio de Michoacán; los cuales corresponden a sierras paralelas y transversas, algunas de las primeras son: Utzumatlán o Mil Cumbres, Paracho, Tancítaro, San Andrés, y de las segundas son: Zitácuaro, Purépe ro, Zirate, entre otras.

Al norte del territorio del estado de Michoacán - la Altiplanicie Meridional está limitada en su parte sur -- por el Sistema Volcánico Transversal, comprende valles separados por algunas eminencias situadas a diversas altitudes, pero no de gran diferencia. Muchos de estos valles fueron lagos, actualmente desaparecidos por relleno de los sedimentos aluviales y lacustres o por drenado de las corrientes fluviales.

La región de la altiplanicie presenta una amplitud media de 20 Km y se extiende con una superficie de 4,087.2 Km², según determino Humberto Robles, (Citado por Correa, G., 1974).

Su origen está ligado a la orogénesis del Sistema Volcánico Transversal, el levantamiento de esta región se inició a fines del cretácico y ha continuado durante todo el cenozoico. Como resultado de la actividad volcánica del Sistema Volcánico Transversal y de grietas y fallas que se han presentado en la misma, ha recibido diversos materiales

intrusivos y extrusivos del cenozoico, que se han depositado sobre las rocas mesozoicas ya existentes y más antiguas. (Vivó, J., op. cit.)

La constitución geológica de esta zona es de los períodos cenozoico superior volcánico y cenozoico medio volcánico: rocas ígneas extrusivas, andesitas, riolitas y basaltos; en ocasiones asociadas con tobas y cenizas volcánicas, pórfidos, tobas y brechas andesíticas, arenas y cenizas basálticas. Del mesozoico; rocas ígneas y sedimentarias. (Carta Geológica del Estado de Michoacán, op. cit.)

✓ En esta Altiplanicie corre, de este a oeste de la entidad, el río Lerma, por lo que también se le denomina Depresión del Lerma.

✓ Al este de esta Altiplanicie se localizan los valles de Tepuxtepec y Maravatío, y al oeste, los valles de Puruándiro, Angamacutiro, Penjamillo, La Piedad, Yurécuaro, Tanhuato, Zamora y otros. Todos estos valles están drenados por el río Lerma y sus afluentes michoacanos.

✓ La mayor parte y los más grandes valles de la Altiplanicie correspondientes a Michoacán, se encuentran en el noroeste de la parte perteneciente al estado de la denominada cuenca hidrológica Lerma-Chapala.

La depresión del Lerma-Chapala, originada como consecuencia de un fallamiento muy extenso que se presentó

en el terciario, adquirió carácter lacustre durante el -- pleistoceno. Antes, y desde el plioceno, la actividad volcánica se manifestó en esta depresión íntimamente ligada -- con la presencia de fracturas.

De acuerdo a Jorge A. Vivó (op. cit.), la depresión del Balsas tuvo su origen en el gran geosinclinal que formó el canal del Balsas en el cretácico inferior y quedó limitada por los levantamientos iniciados en el cretácico superior, formadores de la Sierra Madre del Sur. La depresión se transformó en cuenca cerrada con la posterior emergencia de la Sierra Madre de Oaxaca y la formación de la Sierra Volcánica Transversal.

Las numerosas fallas y fracturas que se produjeron como consecuencia de los plegamientos que sufrió la Sierra Madre del Sur, seguramente contribuyeron a la formación de una nueva comunicación de la depresión con el Océano Pacífico.

Presenta en Michoacán una altitud media de 500 m, que disminuye a menos de 200 m. de su parte central al oeste. Orientada de noroeste a sureste, tiene una longitud de 255 Km. y una anchura media de 30 Km.

Su composición geológica es de los períodos: cretácico de la familia Morelos; calizas y dolomitas grises y oscuras. Cretácico terciario, con predominio de diques y troncos: Mesozoico y Cenozoico intrusivo, correspondiendo

al Jurásico Superior, destacando las limolitas calcáreas, - filitas oscuras y a las rocas del cenozoico superior volcánico y del cenozoico medio volcánico; dioritas, gneiss, andesitas. Del cenozoico inferior: rocas clásticas continentales con intercalaciones de rocas ígneas extrusivas: tobas y derrames. (Carta Geológica del Estado de Michoacán, op. cit.)

Entre los ríos Coahuayana y Balsas, siguiendo el litoral del Pacífico, se desarrolla la Sierra Madre del Sur, cuya anchura media es de 100 Km. y su altitud media de 2,000 m.

José C. Aguilera (Citado por Vivó, J., 1948.), -- considera que la Sierra Madre del Sur tuvo su origen por los levantamientos que comenzaron en el cretácico superior y continuaron durante el cenozoico, y además sufrió los plegamientos que la han hecho montañosa durante el propio cenozoico, especialmente en los períodos oligoceno, mioceno y plioceno, así como también en el pleistoceno y holoceno, -- pues en la actualidad muestra ser una región de activo tectonismo que se reconoce por su carácter de zona sísmica.

Los materiales geológicos que la constituyen son: limolitas calcáreas, filitas oscuras del Jurásico Superior; del Precámbrico: rocas metamórficas, gneiss y esquistos; -- del Paleozoico: esquistos, filitas, pizarras, pegmatitas, -

gneisses; diques y troncos; del mesozoico y cenozoico intrusivos: diabasas, dioritas, calizas y dolomitas grises y oscuras. Del cretácico, período senoniano; del cenozoico; andesitas, pórfidos, tobas y brechas andesíticas; del Terciario: conglomerados predominantemente rojos de calizas en ocasiones mezclados con rocas volcánicas, arenas y limos. - (Carta Geológica del Estado de Michoacán, op. cit.)

Esta sierra tiene varios nombres en territorio michoacano, los más connotados son: Coalcomán, Arteaga y del Espinazo; es una región abrupta, poco comunicada, que impide el libre tránsito entre el litoral y el interior. Existen en ella una serie de pequeños valles paralelos, con una orientación norte-sur bien definida, que bajan hacia el Pacífico. Hacia el interior y correspondiendo a la vertiente que dá al río Tepalcatepec, afluente del Balsas, descendiendo, asimismo, una serie de corrientes y valles.

La planicie costera del Pacífico es sumamente angosta y con frecuencia desaparece. Tiene una anchura aproximada de 20 Km. Se inicia en la Boca de Apiza en donde desemboca el río Coahuayana, mismo que sirve de límite a Colima y Michoacán. El litoral se desarrolla a veces formando paredones rocallosos, otras en forma de playas alargadas o angostas, lo que se vincula a las estribaciones montañosas de la sierra y a eventos de gradación que se presentan en las áreas costaneras.

II. CLIMATOLOGIA.

2.1 LOS DATOS.

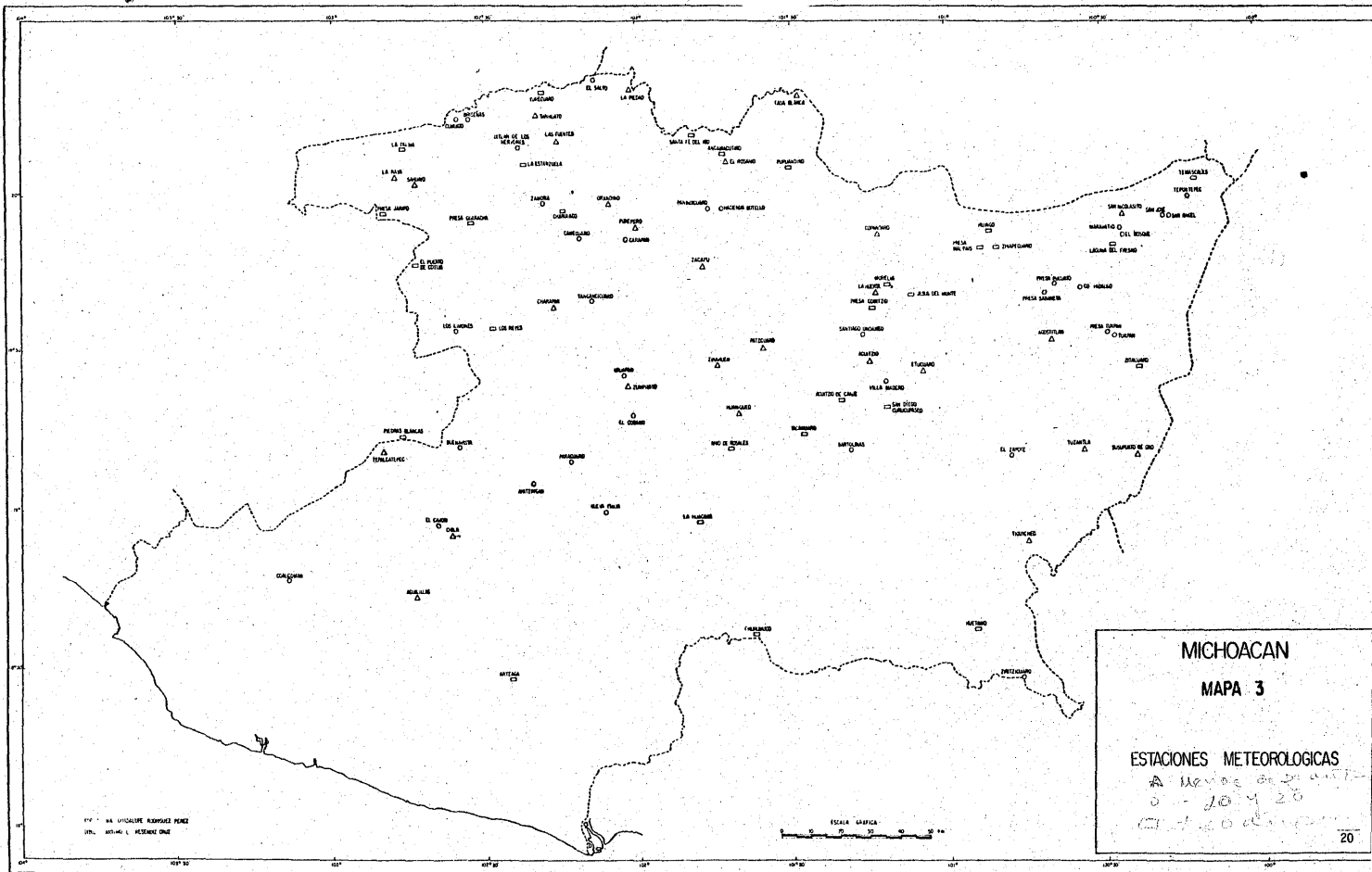
Los datos climatológicos que se trabajaron en la presente investigación fueron obtenidos de los archivos del Departamento de Cálculo Hidrométrico y Climatológico dependiente de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos.

Se tomaron 90 estaciones meteorológicas (mapa 3) que abarcan la mayor parte del estado, exceptuando el área costera. El 30% de ellas tiene menos de 20 años de servicio, mientras que un 38.9% registra un funcionamiento de 21 a 30 años; y el restante, 31.1% son estaciones con más de 31 años de servicio.

2.2 TEMPERATURA.

2.2.1 TEMPERATURA MEDIA ANUAL.

La latitud en el área de estudio no es el principal factor en la distribución de la temperatura debido a -- que ésta se extiende sólo en $2^{\circ}29'$, en cambio, la altitud es el factor que tiene mayor influencia en la región estatal. Si se analiza el mapa 4 de isotermas anuales, se encuentra a la de mayor valor, 28°C , en la llanura costera -- del Océano Pacífico; disminuye la temperatura a medida que aumenta la altitud, así en las partes más elevadas de la --



1942 - IN. MICHOACAN ALBERCAZ PEREZ
 DTA. 100-100 L. VICENTE DIAZ

MICHOCACAN

MAPA 3

ESTACIONES METEOROLOGICAS

A Muestre en el punto
5-20-42

C. J. G. O. S.

Sierra Madre del Sur se encuentra la isoterma de 18°C; vuelve a ser alta en la depresión del Balsas, donde se tiene de nuevo la isoterma de 28°C. En las partes altas del Sistema Volcánico Transversal disminuye el valor a menos de 16°C y en las partes altas de los cerros Patambán y Tancítaro baja hasta menos de 12°C.

2.2.2 TEMPERATURA MÍNIMA EXTREMA.

El mapa 5 se elaboró con los valores de temperatura mínima extrema que han sido registrados en cada una de las estaciones durante todo el período de su funcionamiento. Solamente se utilizaron datos de 82 estaciones debido a que no todas cuentan con este tipo de información.

La temperatura mínima extrema más baja registrada es de -9°C y corresponde a las estaciones de Presa Guarcha, situada en la Sierra de Tarecuato y a la estación Tangancícuaro, localizada en la sierra de Patambán; esto no quiere decir que en estas áreas la temperatura sea la más baja de la región estatal, puesto que hay lugares más elevados que pueden tener temperaturas menores, pero no cuentan con datos.

En el mapa de isolíneas de temperatura mínima extrema se encuentran las de menor valor (de -6°C a -12°C) en las partes altas de la Sierra Volcánica Transversal, registrándose la de -12°C en la parte alta del cerro Tancítaro (3,842 m); aumenta la temperatura hacia la Altiplanicie Me-

ridional, donde se localizan las isolíneas de -2°C (en el valle de Penjamillo) y la de 0°C en el valle de Tanhuato; también la temperatura alcanza alto valor en la Depresión del Balsas, donde se encuentra la isolínea de mayor graduación de las mínimas extremas, ésta es la de 12°C ; la cual decrece en la parte sureste de dicha depresión y hacia las partes altas de la Sierra Madre del Sur en donde las isolíneas son de 2°C a 0°C ; en la vertiente del Océano Pacífico la temperatura mínima aumenta hasta alcanzar la isolínea de 8°C .

2.2.3 TEMPERATURA MAXIMA EXTREMA.

Para analizar la temperatura máxima extrema se utilizaron 82 estaciones que han registrado ésta desde el inicio de sus operaciones. Al igual que en la temperatura mínima extrema no todas las estaciones cuentan con este tipo de información.

La estación que muestra la más alta temperatura de las máximas extremas es Huetamo con 50.5°C , localizada en el valle del mismo nombre al sureste del estado.

En el mapa 6 de isotermas máximas extremas se ve que la isolínea de 46°C pasa a lo largo de la llanura costera del Océano Pacífico y conforme va aumentando la altitud la temperatura disminuye hasta llegar a la isoterma de 36°C localizada en las partes altas de la Sierra Madre del Sur; nuevamente vuelve a elevarse la temperatura en la Depresión

del Balsas hasta coincidir con las isoterma de 48°C y -- 46°C; después vuelve a disminuir a medida que se llega a -- las partes altas del Sistema Volcánico Transversal, donde -- se encuentran las isoterma de 36°C y 34°C. En lo alto del cerro Tancítaro pasa la isoterma de 30 °C así como en la -- Sierra de San Andrés, al noreste del estado. En los valles de Tanhuato, La Piedad y Penjamillo se encuentran las iso-- termas de 40°C y 42°C.

2.3 PRECIPITACION.

Para el estudio de los recursos hidrológicos de -- cualquier región es esencial conocer la cantidad de agua -- disponible, la cual proviene directamente de la precipita-- ción.

El régimen pluviométrico del área de estudio está determinado principalmente por las lluvias de verano y prin-- cipios de otoño en que son frecuentes los ciclones tropica-- les que se originan en el Océano Pacífico y cuya influencia es importante en las estaciones del año antes mencionadas.

En el período de 1952 a 1977 considerado por el -- estudio que efectuó la Secretaría de Programación y Presu-- puesto se registraron 11 huracanes que entraron al territo-- rio michoacano, lo que arroja una frecuencia de una pertur-- bación ciclónica cada 2.3 años. El mes de junio es en el -- que el mayor número recurva para entrar a tierra, y de ju--

lio a noviembre éstos permanecen en el mar siguiendo recorridos más o menos paralelos a la costa.

Las perturbaciones que viajan en el seno de la corriente de los alisios, denominadas ondas del este, afectan al estado en la estación de lluvias produciendo precipitaciones excepcionales durante varios días.

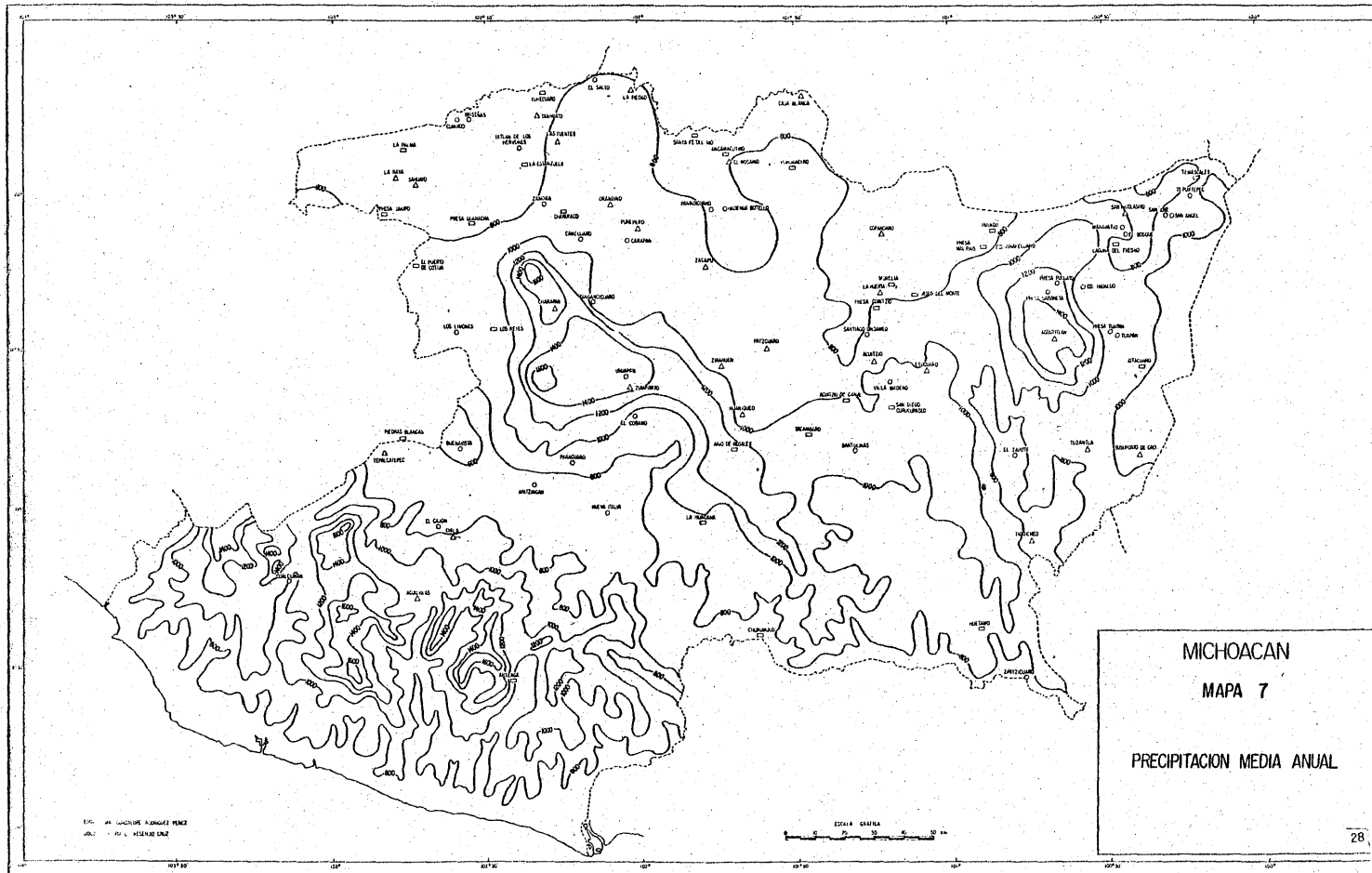
Estas ondas que pasan por el Golfo de México prosiguen generalmente hacia el oeste, por lo que la mayoría de ellas cruza después el estado de Michoacán.

A continuación se analiza la distribución de la precipitación en el área estatal en donde se consideró tanto la altura de la lluvia registrada como el relieve de la región.

2.3.1 PRECIPITACION MEDIA ANUAL.

Normalmente la precipitación es más abundante a medida que aumenta la altura debido a que el aire al chocar con una zona montañosa tiende a ascender y al hacerlo se enfría adiabáticamente hasta alcanzar su nivel de condensación y provocar la precipitación.

Al analizar el mapa 7 de isoyetas medias anuales se observa que la región más húmeda es la parte alta del Sistema Volcánico Transversal, en donde las sierras interceptan los vientos húmedos de la corriente de los alisios,



los que por levantamiento orográfico se enfrían condensando la humedad que llevan, las precipitaciones de esta área varían entre 1,000 y 1,600 mm.

La mayor precipitación anual registrada es de -- 1,626.5 mm. y corresponde a la estación Uruapan localizada a 1,600 msnm, aquí en el nivel de condensación queda abajo de la parte más alta del relieve debido a la cantidad de vapor de agua que traen las masas de aire, como consecuencia esta altitud es suficiente para que el aire se sature por enfriamiento y produzca las lluvias más abundantes.

En la Altiplanicie Meridional la precipitación -- descende, hasta alcanzar la isoyeta de 800 mm; hacia la de presión del Balsas ocurre lo mismo hasta alcanzar valores de 800 y 600 mm; volviendo a aumentar a medida que se -- asciende por las vertientes de la Sierra Madre del Sur, encontrando las isolíneas de 1,400 y 1,600 mm. en las partes más altas de ésta.

2.3.2 PRECIPITACION MEDIA DEL PERIODO HUMEDO.

Para la elaboración de este mapa se dividió el -- año en dos períodos; uno, considerado como época húmeda, la de mayo a octubre, y el otro, la época seca, de noviembre a abril; por lo tanto los datos que se utilizaron resultaron de sumar las precipitaciones medias de los meses correspondientes a cada período.

Al observar el mapa 8 de isoyetas del período húmedo se nota que hay gran semejanza en la distribución de las isoyetas con las medias anuales, descritas anteriormente, es decir, que los valores más altos, isolíneas de 1,000 a 1,400 mm. se localizan en las partes más elevadas del Sistema Volcánico Transversal.

Por las razones previamente señaladas, la estación Uruapan con 1,510.3 mm. es la que registra mayor precipitación.

La isoyeta de 800 mm cruza el estado de oeste a este en la Altiplanicie Meridional; en la depresión del Balsas las isolíneas varían entre 800 y 600 mm; a lo largo de la llanura costera del Océano Pacífico se localiza la isoyeta de 800 mm; y en las partes más altas de la Sierra Madre del Sur se tiene la isoyeta de 1,000 mm.

2.3.3 PRECIPITACION MEDIA DEL PERIODO SECO.

Como se mencionó anteriormente, para la elaboración de este mapa se consideró el período de la época seca, de noviembre a abril; los datos empleados se obtuvieron al sumar las precipitaciones medias de los meses correspondientes.

Siguiendo la misma tendencia que en los dos mapas anteriormente descritos, se observa en el mapa 9 que la isoyeta más baja del período seco se localiza en las áreas de

menor altitud, como son la Llanura Costera del Océano Pacífico y la Depresión del Balsas y es la de 40 mm; conforme se asciende por las vertientes de la Sierra Madre del Sur aumenta la precipitación hasta encontrar la isoyeta de 60 mm.

La estación que registra la menor precipitación dentro del período seco es Buenavista con 27 mm, ubicada en la Depresión del Balsas, cerca de los límites con el estado de Jalisco.

La precipitación aumenta aún más al ascender las laderas meridionales del Sistema Volcánico Transversal, y se tiene en las partes más altas de éste las isoyetas que varían entre 80 y 140 mm; nuevamente baja la precipitación al descender a la Altiplanicie Meridional, donde alcanza los 60 mm.

2.4 EVAPORACION POTENCIAL.

Es una fase del ciclo hidrológico cuyo efecto se presenta de manera muy marcada porque representa las mayores pérdidas del agua captada en la cuenca.

La evaporación potencial se mide por los registros hechos directamente en el tanque del evaporímetro de cada estación meteorológica.

La variación de la evaporación potencial está in-

fluida por la marcha anual de la temperatura y la de la pre
cipitación.

Para su análisis se elaboró el mapa 10 con los promedios anuales (en mm) de 63 estaciones meteorológicas; de ellas el 44.4% tiene información de menos de 20 años; el 36.5% datos entre 20 y 30 años y el restante, 19.1% más de 30 años de registros.

Las regiones más frías y lluviosas del estado, como son las partes altas del Sistema Volcánico Transversal y la Sierra Madre del Sur se caracterizan por tener una evapo
ración reducida, menor a 1,400 mm, mientras que, en las - -
áreas bajas y calurosas de la Depresión del Balsas, las iso
líneas de evaporación son elevadas, mayores a 2,200 mm.

Piedras Blancas con 2,789 mm es la estación que -
mayor evaporación registra y se localiza en la Depresión --
del Balsas en los límites con el estado de Jalisco.

En el norte del estado, donde la lluvia no es muy abundante, la evaporación adquiere también valores altos --
que varían entre 2,000 y 2,200 mm.

Para ver objetivamente como se efectúa la varia--
ción de los elementos estudiados con la altitud, se traza--
ron las gráficas de la figura 1. Para la elaboración de és
tas se utilizó el método de los mínimos cuadrados.

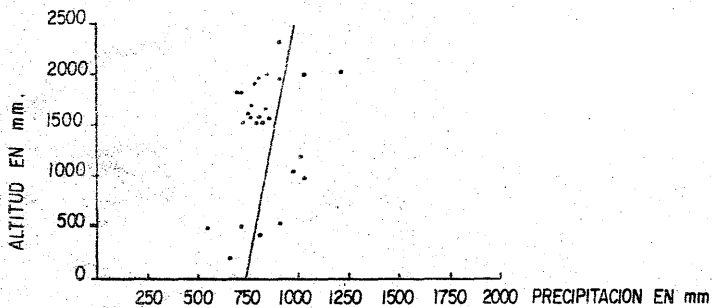
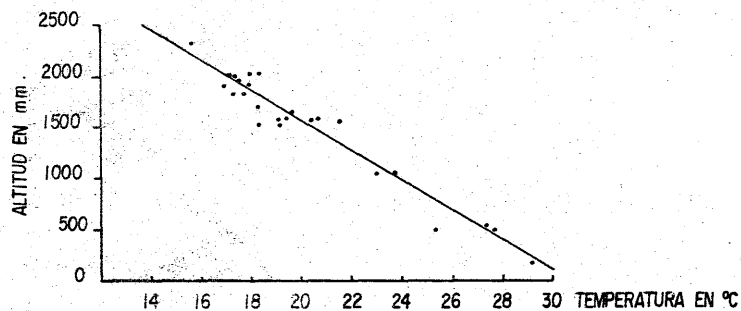
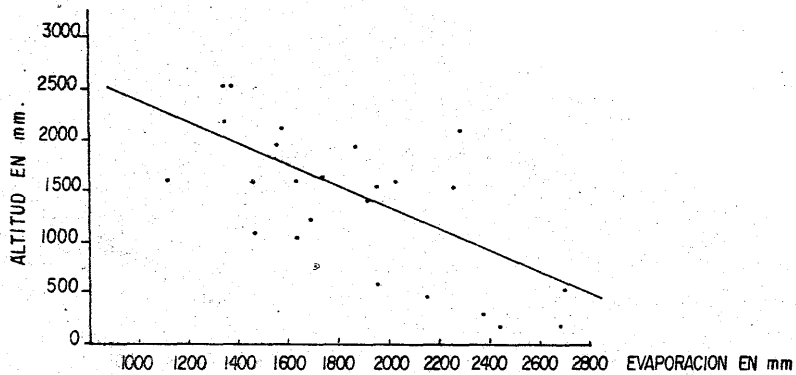


FIG. 1. VARIACION DE LA TEMPERATURA, PRECIPITACION Y EVAPORACION CON RESPECTO A LA ALTITUD.

Las altitudes empleadas para estos tres parámetros fueron entre 190 y 2,513 m.

Los resultados obtenidos se presentan a continuación:

La primera gráfica altitud-evaporación se realizó utilizando datos de 23 estaciones meteorológicas, cuyos registros fluctuaron entre 20 y 30 años. En ella se observa que a mayor altitud, 2,500 m, le corresponde una evaporación menor, 880 mm; y a medida que la altitud disminuye, -- 500 m, la evaporación aumenta, 2,800 mm. La evaporación, - en el estado, disminuye aproximadamente 100 mm por cada 100 m. de aumento en altitud.

Para la gráfica altitud-temperatura se emplearon 26 estaciones meteorológicas con datos de operación de 20 a 50 años. En ésta se ve que la temperatura actúa de igual forma que la evaporación, es decir a una altitud de 2,500 m le corresponde una temperatura de 13.6°C y a una altitud de 100 m le corresponde una temperatura de 30°C. De manera -- que la temperatura disminuye 1°C por cada 148 m que se -- asciendan.

Finalmente, para la gráfica altitud-precipitación se tomaron 28 estaciones meteorológicas que cuentan con el mismo período de funcionamiento que las de temperatura. Se aprecia que aunque la precipitación aumenta con la altitud, la variación de ésta es entre altitudes de 0 y 2,500 m. y -

es mínima, correspondiéndoles 750 y 1,000 mm respectivamente; por lo tanto, su variación con la altitud no es tan marcada como en la de los otros parámetros, pues por cada 100 m. de ascenso la precipitación aumenta sólo 8 mm.

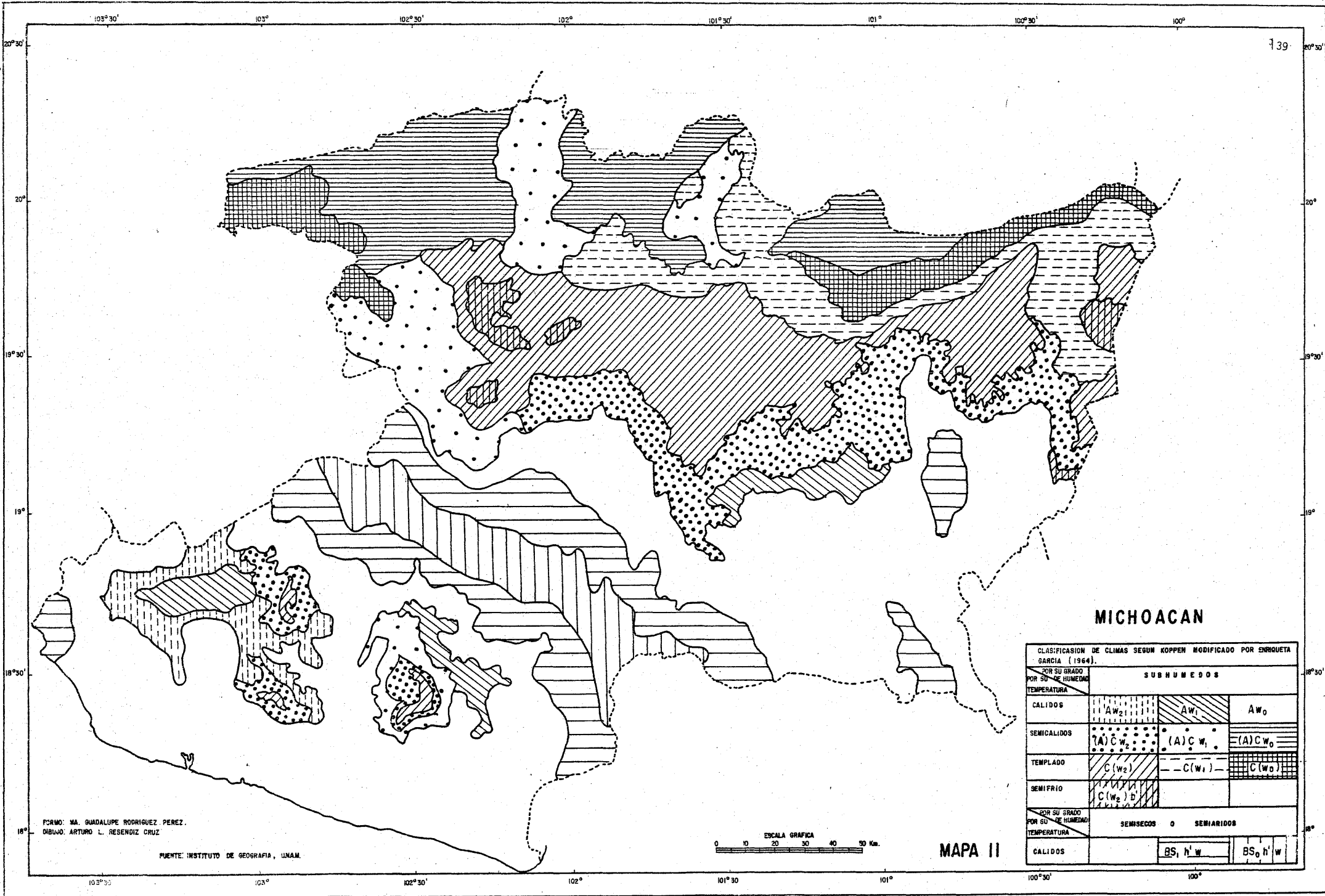
2.5 TIPOS DE CLIMA.

Los climas en el estado de Michoacán son diversos debido a la variada orografía, y van desde los cálidos hasta los semifríos y por su grado de humedad se les encuentra desde los semisecos hasta los subhúmedos.

La clasificación climática utilizada en este trabajo es la de Köppen modificada por E. García (1964) debido a que en sus bases toma el sistema de clasificación climática de Köppen y además considera la variada orografía de la República Mexicana, por lo tanto, los tipos climáticos obtenidos son más detallados y se adaptan a las condiciones particulares del país.

Los climas que se encuentran en el estado se presentan en el mapa 11 y son los siguientes:

a) Grupo de climas A. (cálidos subhúmedos). Con temperatura media del mes más frío mayor de 18°C y la media anual mayor de 22°C, de acuerdo a su grado de humedad se pueden encontrar tres subtipos: Aw_0 , Aw_1 y Aw_2 , presentándose todos en la región de estudio.



MICHOACAN

CLASIFICACION DE CLIMAS SEGUN KOPPEN MODIFICADO POR ENRIQUETA GARCIA (1964).			
POR SU GRADO DE HUMEDAD		SUBHUMEDOS	
TEMPERATURA			
CALIDOS	AW ₂	AW ₁	AW ₀
SEMICALIDOS	(A)Cw ₂	(A)Cw ₁	(A)Cw ₀
TEMPLADO	C(w ₂)	C(w ₁)	C(w ₀)
SEMIFRIO	C(w ₂)b		
POR SU GRADO DE HUMEDAD		SEMISECOS O SEMIARIDOS	
TEMPERATURA			
CALIDOS		BS ₁ h'w	BS ₀ h'w

FORMA: MA. GUADALUPE RODRIGUEZ PEREZ.
 DIBUJO: ARTURO L. RESENDIZ CRUZ

FUENTE: INSTITUTO DE GEOGRAFIA, UNAM.

ESCALA GRAFICA
 0 10 20 30 40 50 Km.

MAPA II

$Aw_0(w)ig$. Caliente subhúmedo con régimen de lluvias de verano, el más seco de los subhúmedos, con bajo porcentaje de lluvia invernal, isotermal y marcha de la temperatura tipo ganges. Se encuentra en las laderas de la Sierra Madre del Sur a altitudes entre 200 y 1,000 m; al norte de la Depresión del Balsas formando una franja que se ensancha hacia el sureste del estado comprendiendo alturas entre 200 y 1,200 m.

$Aw_1(w)(i')g$. Caliente subhúmedo con un índice de humedad superior al clima anterior, con lluvias de verano, con bajo porcentaje de lluvia invernal, con poca oscilación de la temperatura y marcha de ésta tipo ganges. Se localiza en tres pequeñas regiones, al suroeste, centro y este de la entidad a altitudes entre 1,000 y 2,000 m.

$Aw_2(w)ig$. Caliente subhúmedo, el más húmedo de los subhúmedos, con régimen de lluvias de verano, con bajo porcentaje de lluvia invernal, isotermal y marcha de la temperatura tipo ganges. Se localiza en una pequeña área al suroeste del estado comprendiendo altitudes entre 600 y 1,400 m.

b) Subtipo de climas (A)C (semicálidos subhúmedos). Abarca áreas de transición entre los climas cálidos y los templados, es decir, comprende las localidades más frescas de los primeros y las más cálidas de los segundos; la temperatura media anual está comprendida entre 18° y

22°C.

Unicamente la estación meteorológica Los Limones (1,200 m) registra el subtipo climático A(C) (semicálido -- del grupo A) debido a que por su ubicación recibe gran influencia del grupo climático A (cálidos subhúmedos).

(A)C(w₀)(w)a(e)g. Semicálido, con verano cálido, el más seco de los subhúmedos con régimen de lluvias de verano, en algunas estaciones meteorológicas puede presentarse la canícula, con mínima precipitación invernal, extremo, es decir, la diferencia entre el mes más frío y el más caliente está entre 7° y 14°C y la marcha de la misma es tipo ganges; en algunas estaciones meteorológicas la oscilación anual de las temperaturas medias mensuales es isotermal y en otras es baja. Se localiza en altitudes de 1,600 y 2,400 m, en los valles de Pajacuaran, Tanhuato, La Piedad, Penjamillo y Angamacutiro, así como en la cuenca del Lago de Cuitzeo.

(A)C(w₁)(w)a(e)g. Semicálido, con verano cálido, en ciertas estaciones meteorológicas el verano es largo y fresco; más húmedo que el anterior con lluvias de verano, en algunas estaciones meteorológicas puede presentarse la canícula, con escasa precipitación invernal, extremo, pocas estaciones meteorológicas registran oscilaciones anuales isotermas y con poca oscilación; la marcha de la temperatura es tipo ganges. Se localiza en altitudes de 1,200

a 2.200 m, en una pequeña región de la Sierra Madre del Sur; al oeste de la entidad, en una zona central al norte del estado, así como en parte de la Sierra de Purépero.

(A)C(w₂)(w)b(i')g. Semicálido con verano largo y fresco, en algunas estaciones meteorológicas es cálido; el más húmedo de los subhúmedos, con régimen de lluvias de verano, en algunas con presencia de canícula, el porcentaje de lluvia invernal menor del 5% de la total anual, con una oscilación entre 5° y 7°C y marcha tipo ganges. Se localiza en las laderas del Sistema Volcánico Transversal formando una franja que cubre gran parte del estado a altitudes entre 1,200 y 2,000 m; así como en las partes de la Sierra Madre del Sur que registran esas alturas.

c) Grupo de climas Cw (templados subhúmedos) presentan lluvias de verano, con temperatura media anual comprendida entre 12° y 18°C, sólo se les encuentra a altitudes aproximadas de 2,000 a 2,600 m.

C(w₀)(w)b(i')g. Templado, con verano fresco y largo, el más seco de los subhúmedos, con régimen de lluvias de verano, precipitación invernal baja y poca oscilación, entre 5° y 7°C y marcha de la temperatura tipo ganges; se localiza en dos pequeñas porciones, una al noroeste del estado abarcando parte de la sierra de Tarecuato y la segunda formando una franja que principia en el valle de Morelia, continúa hacia el este, abarcando los valles de Que-

réndaro y Zinapécuaro; finaliza en el valle de Tepuxtepec - al norte del estado, entre altitudes de 2,000 y 2,400 m.

$C(w_1)(w)b(i')g$. Templado, con verano fresco y -- largo, con un índice de humedad superior al clima anterior, con régimen de lluvias de verano, precipitación invernal baja, con poca oscilación aunque en algunas estaciones meteorológicas la oscilación es extremosa y marcha de la temperatura tipo ganges; se localiza a alturas entre 2,000 y 2,600 m. en las laderas septentrionales del Sistema Volcánico - - Transversal.

$C(w_2)(w)b(i')g$. Templado con verano fresco y largo, el más húmedo de los subhúmedos, régimen de lluvias de verano, y algunas estaciones meteorológicas con canícula, - mínima precipitación invernal, con poca oscilación, otras - presentan oscilación isoterma y también extremosa, y marcha de la temperatura tipo ganges. Se localiza en las partes más altas de la Sierra Madre del Sur, así como a altitudes entre 2,000 y 2,600 m en el Sistema Volcánico Transversal.

d) Subgrupo de climas semifríos $C(b')$. Con temperatura media anual entre 5° y 12°C y verano fresco y largo. Por su grado de humedad sólo se tiene el subgrupo $C(w_2)(b')$.

$C(w_2)(w)(b')ig$. Semifrío, el más húmedo de los - subhúmedos con verano largo y fresco, régimen de lluvias de verano, escasa precipitación invernal, isoterma y marcha -

de la temperatura tipo ganges. Se localiza en las partes - más altas de la sierra de Patamban, Tancítaro, Nahuatzen y Anganguero a más de 2,600 m de altitud.

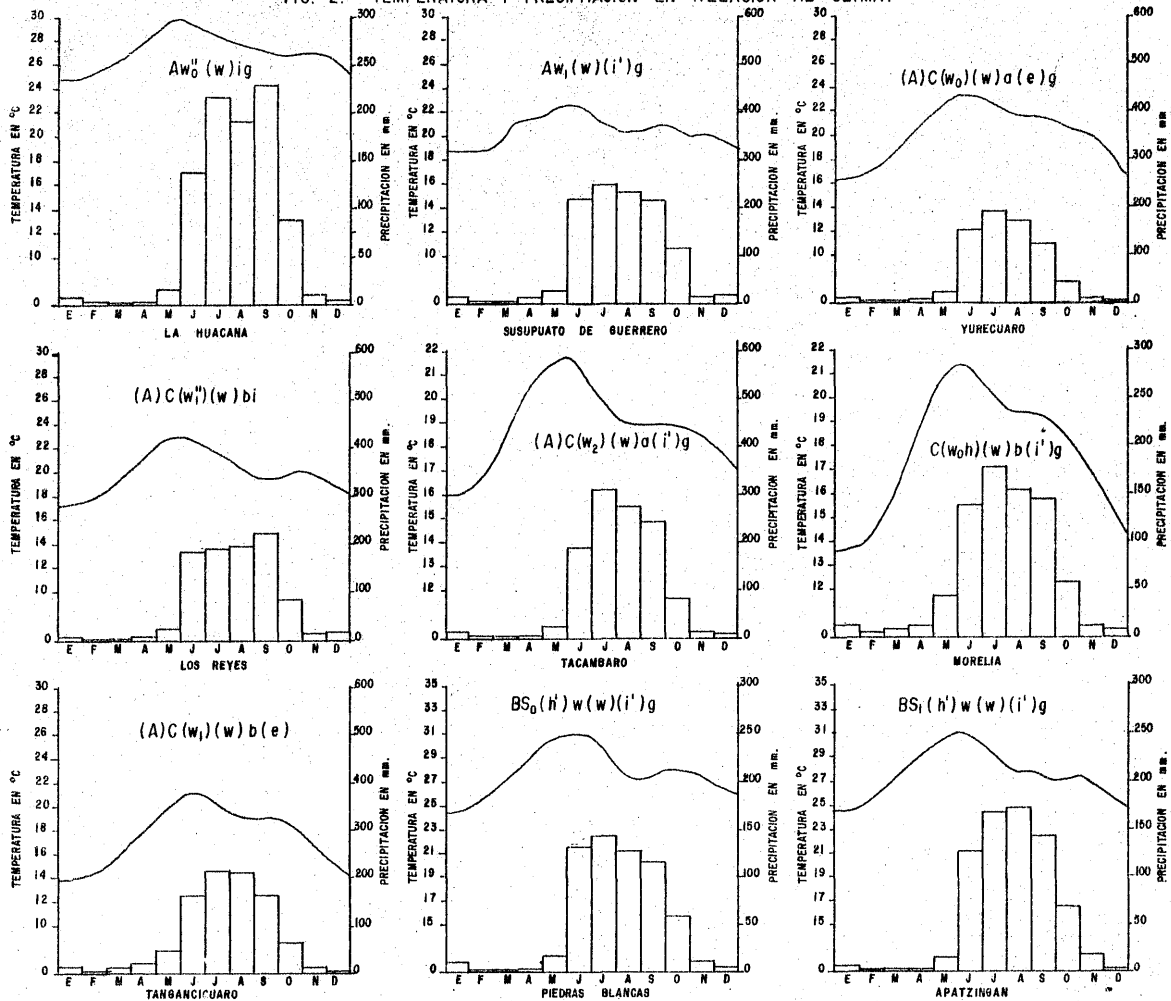
e) Grupo de climas B (secos), que se dividen en - BS (secos) y BW (muy secos), en el área de estudio encontramos dos subtipos de los primeros, éstos son:

$BS_0(h')w''(w)ig$. Seco, el más seco de los áridos, con régimen de lluvias de verano y presencia de canícula, - escasa precipitación en invierno, isotermal y marcha de la - temperatura tipo ganges. Se localiza a lo largo del cauce - del río Tepalcatepec entre los 200 y 400 m de altitud.

$BS_1(h')w''(w)(i')g$. Seco, el menos seco de los áridos con régimen de lluvias de verano, algunas estaciones meteorológicas presentan canícula, mínima precipitación invernal, poca oscilación de la temperatura, aunque en algunas - es isotermal y marcha de ésta tipo ganges. Se localiza en - la Depresión del Balsas entre los 400 y 600 m. de altura, - rodeando el subtipo climático anterior, también en pequeñas áreas al suroeste, este y sureste del estado.

En la secuencia de gráficas de la figura 2 se representan los diferentes tipos de clima. Se escogieron las estaciones meteorológicas La Huacana, Susupuato de Guerrero, Yurécuaro, Los Reyes, Tacámbaro, Morelia, Tangancícuaro, -- Piedras Blancas y Apatzingán debido a que éstas tienen un -

FIG. 2. TEMPERATURA Y PRECIPITACION EN RELACION AL CLIMA.



registro regular y con más de veinte años de antigüedad, en ellas se observa que en todos los tipos de clima la temperatura asciende durante los cinco primeros meses del año, hasta alcanzar en mayo y junio su máximo valor y posteriormente se presenta o insinúa un segundo máximo, debido a que el área de estudio se ubica dentro de la zona intertropical -- del hemisferio norte y se tiene un doble paso del sol por el cenit. El otro máximo se atenúa porque coincide con la época de lluvias y casi siempre, se manifiesta como una estabilización de la temperatura en los meses de julio y agosto, aunque en las estaciones meteorológicas Susupuato de -- Guerrero, Piedras Blancas y Apatzingán se registra este máximo por un ligero aumento de la temperatura en los meses de septiembre y octubre debido seguramente a que la precipitación ha comenzado a descender. Los meses que registran la menor temperatura son diciembre y enero.

En lo que respecta a la precipitación ésta empieza a ascender a partir del mes de mayo y tiene su máximo en los meses de julio y agosto.

En las estaciones meteorológicas Los Reyes, La -- Huacana, Tacámbaro y Morelia también se registra un alta -- precipitación en el mes de septiembre, originada porque el estado medio de la atmósfera se ha saturado de vapor de -- agua debido a los efectos de los fenómenos meteorológicos -- característicos de esa época, lo que hace producir la precipitación, descendiendo ésta en los meses subsecuentes, aun-

que en algunas estaciones, como la de la Huacana se registra canícula o sequía intraestival, es decir que se presentan dos máximos de precipitación separados por un período seco, siendo los máximos julio y septiembre, y el seco agosto.

III. HIDROLOGIA.

3.1 CARACTERISTICAS HIDROGRAFICAS.

Dos ríos importantes de la República Mexicana - por su largo recorrido y la amplitud de sus cuencas atraviesan el estado; el Lerma-Santiago lo cruza en su parte norte, y en su cuenca incluye al Lago de Chapala; y el Balsas-Tepalcatepec lo hace en la parte meridional. Además se forman las cuencas cerradas de Cuitzeo, Patzcuaro y Zirahuén.

Se agregan a las cuencas mencionadas las que componen la vertiente del Pacífico.

A continuación se hace la descripción de cada una de estas cuencas, así como la de las estaciones hidrométricas localizadas en ellas: (ver mapa 12 y cuadro 1).

a) Río Lerma-Santiago. La longitud total desde sus orígenes, en la Laguna Almoloya del Río, hasta la desembocadura del Santiago en el Océano Pacífico (sin incluir el paso de las aguas a través del Lago de Chapala), resulta -- aproximadamente de 1,180 Km; de los que corresponden 705 Km

Cuadro 1 ESTACIONES HIDROELÉCTRICAS

Estación hidrométrica	Cuenca General	Corriente	Área drenada Km ²	Escorrentio medio anual en miles de m ³	Miles de m ³ /Km ²	Período
Temascaltes	Lerma	Lerma	5,275.0	472,085	89.5	1953-70
El Tambor	Lerma	Lerma (sauc rect.)	5,645.0	684,510	121.2	1928-70
El Gigante	Lerma	Lerma	7,121.0	1,225,597	172.1	1970
Santiago Undameo	Lago de Cuitzeo	Grande de Morelia	388.0	70,243	181.0	1940-70
Salida Túnel	Lago de Cuitzeo	Grande de Morelia	486.0	67,843	139.6	1942-70
El Salto	Lago de Cuitzeo	Grande de Morelia	499.0	48,966	100.1	1942-70
Atapanco	Lago de Cuitzeo	Grande de Morelia	912.0	152,983	167.7	1928-70
El Plan	Lago de Cuitzeo	Grande de Morelia (q.r.)	1,270.0	150,396	118.4	1957-70
Chiquito	Grande de Morelia	Chiquito	78.0	11,447	146.7	1927-70
Queréndaro	Lago de Cuitzeo	Queréndaro	133.0	33,419	251.3	1938-70
Selidas Malpaís	Lago de Cuitzeo	Queréndaro	335.0	63,084	188.3	1961-70
Yurécuaro II	Lerma	Lerma	36,176.0	1,435,683	39.6	1960-70
Pasarcia Villa Jiménez	Angulo	Angulo	1,417.0	203,942	144.0	1969-70
Anguacutiro	Angulo	Angulo	2,064.0	266,450	129.1	1956-70
Puente San Isidro	Angulo	La Patera	257.0	18,284	71.1	1947-70
Camécuaro	Duero	Duero	1,221.0	228,962	187.5	1943-70
La Estanzuela	Duero	Duero	2,196.0	339,699	154.5	1937-70
Uracétiro II	Duero	Tlazazalca	479.0	33,940	70.8	1961-70
Jacona	Duero	Gelio	126.0	45,089	357.8	1943-70
La Caimanera	Balsas	Balsas	77,312.9	12,219,072	158.0	1959-77
Río Grande	Tuxpan	Grande	943.5	211,690	224.4	1947-77
Río Chiquito	Tuxpan	Chiquito	247.8	74,283	299.8	1946-77
Zitácuaro	Cutzamala	Zitácuaro	372.5	124,352	333.8	1949-77
Las Juntas	Cutzamala	Filostoc	3,306.9	1,221,455	369.4	1953-73
Los Pinzones	Balsas	Tacambaro	5,525.1	985,332	178.3	1965-77
Los Panches	Balsas	Tepalcatepec	11,596.4	2,154,340	185.8	1965-77
Los Limones	Tepalcatepec	Itzicuaró	1,678.1	380,358	226.6	1956-77
La Limonera	Tepalcatepec	Itzicuaró	1,681.3	437,548	260.2	1958-77
Chorros del Varal	Tepalcatepec	Itzicuaró	1,905.5	602,586	316.2	1955-77
El Puerto	Itzicuaró	Gotija	103.1	18,518	179.6	1943-77
Los Tejonés	Itzicuaró	Apupataro	178.9	89,808	502.0	1955-69
El Carrizo	El Cajón	Taixtán	268.1	64,186	239.4	1970-74
El Cajón	Tepalcatepec	El Cajón	395.0	99,837	252.7	1952-77
El Charco	Tepalcatepec	Chila	251.1	19,514	77.7	1969-77
Cupatitzio	El Marquez	Cupatitzio	235.9	289,799	1,228.5	1947-77
La Tzararcua	El Marquez	Cupatitzio	407.6	420,896	1,032.6	1951-77
La Pastoria	Tepalcatepec	El Marquez	2,655.9	850,424	320.2	1965-77
El Itzicuaró	El Marquez	De la Parota	1,701.4	659,673	387.7	1968-77
Guapeo	Tepalcatepec	San Pedro	281.4	88,432	314.2	1964-73

Fuente: S.R.H. (actual S.A.R.H.), Boletines Hidrológicos
Nos. 49, 50 y 51. 1980.

(60%) al Lerma y 475 Km (40%) al Santiago. Por lo que se refiere al área drenada la cuenca total del sistema es de 130,000 Km², de los que 52,500 Km² (40%) son tributarios -- del Lerma y 77,500 Km² (60%) lo son del Santiago. (S.R.H., - B.H. No. 50, T.I. 1970).

En su trayecto atraviesa la parte nororiental de Michoacán con dirección de noreste a suroeste, y es en esta sección donde se ubica la presa Tepuxtepec; antes de que el río llegue a ésta se localiza la estación hidrométrica Te-- mascales. Aguas abajo de la presa citada, sobre el cauce - del río se localiza la estación hidrométrica El Tambor, asi mismo recibe por su margen izquierda los afluentes proceden-- tes de territorio michoacano, entre los que se encuentran - los siguientes:

Río Tlalpujahuá, conocido también como río del -- Oro o de Las Minas, nace en el estado de México, su trayec-- toria general es hacia el noroeste y recibe la aportación - de varios arroyos entre los que se encuentran Los Baños y - Santa Teresa que unidos forman el río del Puerto, afluyente -- este último del Tlalpujahuá por la margen derecha.

Después de la confluencia del río Tlalpujahuá, el río Lerma sigue un tramo muy sinuoso hasta llegar a unos -- 4.2 Km al noreste de Maravatío, Mich., donde recibe otro -- afluyente de importancia por la margen izquierda, el río -- Cachiví, el cual posee una cuenca de 669 Km² (S.R.H., op. -

cit.), la dirección general de su escurrimiento es hacia el noroeste.

La entrada del Cachiví al río Lerma coincide con un nuevo cambio de dirección del colector general que se dirige ahora hacia el noroeste, en este tramo se ha instalado la estación hidrométrica El Gigante, en los límites entre los estados de Guanajuato y Michoacán. Esta estación tiene por objeto medir las aportaciones del río Lerma a la presa Solís.

El río Angulo es otro afluente de la margen izquierda del río Lerma, posee una cuenca total de 2,079 Km² (S.R.H., B.H. No. 51, T.I., 1970). A lo largo de su cauce se encuentran dos estaciones hidrométricas, Pasarela Villa Jiménez y Angamacutiro. Este río, a su vez, cuenta con varios afluentes, entre los más importantes está el río La Patera y en él se ubica la estación hidrométrica Puente San Isidro.

El río Duero hasta principios de este siglo era realmente una entrada directa al Lago de Chapala pero la desecación parcial de la Ciénega y algunas obras de desviación lo convirtieron en afluente de la margen izquierda del Lerma. Su cuenca es alargada con orientación sureste-noroeste, de forma irregular y mide aproximadamente 2,690 Km² (S.R.H., op. cit.). Recibe un importante afluente por su margen derecha llamado río Tlazazalca en donde se encuentra la estación hidrométrica Urepétiro II, la cual mide los

desfogues y derrames de la presa Urepétiro.

En la confluencia del Tlazazalca con el Duero se encuentra el Lago de Camécuaro, ahí se presenta la estación hidrométrica Camécuaro, que mide las aportaciones del Lago de Camécuaro al río Duero.

Cerca de Jacona, el río Duero recibe al que es su último e importante afluente de la margen izquierda llamado río Celio, el cual tiene una cuenca que mide aproximadamente 152 Km^2 , la cual es alargada, en el sentido sur a norte y en ella se localiza la estación hidrométrica Jacona. (S.-R.H., op. cit.). Al noroeste de Zamora se localiza la estación hidrométrica La Estanzuela.

Antes de que el Lerma vierta sus aguas en el Lago de Chapala se ubica sobre su cauce la estación hidrométrica Yurécuaro II.

El río Cotija se forma al suroeste de Jiquilpan, aguas abajo de sus orígenes está la estación hidrométrica - El Puerto, después vierte su caudal a la Laguna de San Juanico.

b) Lago de Cuitzeo. Es una cuenca cerrada que, sin embargo, se puede considerar como una subcuenca del río Lerma, debido a que se une a éste por dos sistemas de canales alimentadores que comunican al Lago de Cuitzeo con el de Yuriria, y éste con el río Lerma, en el estado de Guana-

juato. (Correa, G., 1974).

El lago es de forma alargada, en el sentido este-oeste, con una longitud máxima de 48 Km. En la dirección norte-sur, su máxima dimensión es de sólo 13 Km. (S.R.H., - B.H. No. 50, 1970).

El Lago de Cuitzeo está alimentado por dos corrientes principales: el río Grande de Morelia y el río Queréndaro; así como de otras corrientes pequeñas e intermitentes y algunos manantiales.

Río Grande de Morelia. La cuenca total que alimenta el Lago de Cuitzeo ($3,675 \text{ Km}^2$), incluye la de este río ($1,577 \text{ Km}^2$), que representa el 43% del total, lo que da una idea de su importancia. (S.R.H., op. cit.).

Nace por la unión de los ríos Tirio y Tiripetío, corre entre una serie de serranías, con una dirección general de suroeste a noreste hasta desembocar en el Lago de Cuitzeo. Sin embargo su cauce fue rectificado porque desearon proteger la zona contra inundaciones y mejorar su salubridad, por lo que a la altura de Charo se desvió hacia el noreste, posteriormente entra al Lago de Cuitzeo en su porción oriental.

La primera estación hidrométrica sobre este río se halla ligeramente aguas arriba de la presa Cointzio y se llama Santiago Undameo, teniendo como propósito medir las aportaciones al vaso.

Aguas abajo de la cortina de la Presa Cointzio se encuentra la estación hidrométrica Salida Túnel cuyo propósito es conocer parte de las extracciones hechas por la obra de toma del vaso. La estación hidrométrica El Salto se sitúa un kilómetro aguas abajo de la Presa mencionada anteriormente.

El río continúa su trayectoria por la ciudad de Morelia y aguas arriba recibe por su margen derecha las aportaciones de tres pequeños arroyos, uno de ellos entra al Río Grande precisamente a la altura de Morelia y por comparación con la corriente principal se le conoce como río Chiquito, en donde se localiza la estación hidrométrica del mismo nombre.

Después de pasar por Morelia, se le unen el río Charo, por su margen derecha, y el río San Marcos, por su margen izquierda. Aguas abajo del cruce del río Grande de Morelia, por la carretera que va de Morelia a Cuitzeo, existe otra estación hidrométrica, Atapaneo, sobre el colector general.

El Plan es otra estación hidrométrica que se localiza aproximadamente doce kilómetros aguas arriba de la entrada al Lago, sobre el colector general rectificado.

El río Queréndaro es el segundo alimentador en importancia del Lago de Cuitzeo, su cuenca total es de 549 -- km², nace en el cerro de la Guajolotera, el rumbo general -

de la corriente es hacia el noroeste. (S.R.H., op. cit.). - Sobre su cauce funciona la estación hidrométrica Queréndaro, medidora de las aportaciones a la Presa Malpaís.

Aguas abajo de la estación mencionada anteriormente está la cortina de la Presa Malpaís, y a unos metros de ésta se ubica la estación hidrométrica Salidas Malpaís, la cual mide las extracciones a la Presa Malpaís que se conducen por el cauce del río Queréndaro.

El río Zinapécuaro es un afluente importante del río Queréndaro, por su margen derecha.

c) Lago de Pátzcuaro. Es una cuenca cerrada que posee una superficie de $1,096 \text{ Km}^2$, de los cuales aproximadamente 92 Km^2 están ocupados por el espejo de agua del propio lago (S.R.H., op. cit.).

d) Lago de Zirahuén. Es una cuenca cerrada, cuya área es de 312.2 Km^2 . (S.R.H., B.H. No. 49, 1970). Se localiza al norte de Ario de Rosales, Michoacán, a él fluyen todas las corrientes que descienden de los cerros que lo circundan.

e) Lago de Chapala. Hace las veces de vaso regulador del sistema Lerma-Santiago. Su extensión promedio es de $1,109 \text{ Km}^2$ y su profundidad media de 10 m. (Correa, G., - 1974).

Su principal alimentador es el río Lerma, además recibe aportaciones secundarias de otras corrientes como son: el río Zula, río de la Pasión y otros, también de las propias aportaciones de éste.

f) Río Balsas. Su área total es de 117,405.6 Km² y dentro de Michoacán es la que ocupa mayor extensión, - - 31,961.4 Km². (S.R.H., B.H. No. 49, 1970). Se origina de la unión del río Atoyac con el río Mixteco, a partir de la cual recibe a lo largo de su recorrido los nombres de Poblano, Grande, Mezcala, Balsas y Zacatula.

Los afluentes principales que recibe procedentes del estado son los ríos Cutzamala, Tacámbaro o Carácuaro y Tepalcatepec.

Río Cutzamala, se origina al este de Morelia, a lo largo de su recorrido recibe los siguientes nombres: Taximorca, Turundeo, Río Grande, Tuxpan y Zitácuaro. Sus formadores más importantes son los ríos Purungueo, Tuzantla o Zitácuaro y Tilostoc.

En esta subcuenca se localizan varias estaciones hidrométricas como son: Río Grande, ubicada aguas arriba de su confluencia con el río Chiquito. La estación denominada Río Chiquito mide los escurrimientos del río del mismo nombre y se ubica medio kilómetro antes de derivar su caudal al río Grande o Cutzamala.

La estación hidrométrica Zitácuaro está localizada aguas abajo de la ciudad de Zitácuaro. Por lo que respecta a la estación Las Juntas se encuentra aguas arriba de la derivación del caudal del río Tilostoc al río Zitácuaro. Finalmente, la estación hidrométrica La Caimanera está sobre el cauce del río Cutzamala al sureste del estado, en sus límites con Guerrero.

Río Tacámbaro o Carácuaro. El río Carácuaro se origina a partir de las corrientes perennes que descienden desde una altitud de 3,000 m, al suroeste de Morelia, aguas abajo después de haber cambiado de rumbo hacia el sur-suroeste recibe al río Tacámbaro por la margen derecha, el cual es la segunda corriente formadora y cuyo nombre adopta hasta su desembocadura. A la vez tiene varios afluentes secundarios. Antes de derivar éste su caudal al río Balsas se encuentra la estación hidrométrica Los Pinzanes.

El río Tepalcatepec tiene su principal corriente formadora en el río Quitupan, del cual toma su nombre, se origina en el estado de Jalisco, al suroeste de Sahuayo. Después se denomina río San Diego al que afluyen corrientes como el río Plátanos y el río Itzícuaro, este último tiene su nacimiento en Tarécuato.

Aguas abajo del cauce del río Itzícuaro se localizan cuatro estaciones hidrométricas, denominadas: Los Limones, La Limonera, Chorros del Varal y Los Tejones.

Después de recibir al río San Diego y las aportaciones del río Itzícuaru confluye con el río Tepalcatepec, - conociéndose con este nombre a partir de esta confluencia y hasta verter sus aguas a la Presa El Infiernillo.

A lo largo de su recorrido recibe aportaciones, - por su margen derecha, de río como: Ticuilucan o Taixtán - en el cual funciona la estación hidrométrica El Carrizo; el Cajón, en el que se localiza la estación hidrométrica del mismo nombre y del río Chila, ubicada en el cauce de éste - la estación hidrométrica El Charco.

Sobre el cauce del río Tepalcatepec se localiza - la estación hidrométrica Los Panches. Continúa éste con su trayectoria hasta recibir las aportaciones, por la margen - izquierda, del río El Marquez, en el cual se presentan tres estaciones hidrométricas, que son: Cupatitzio, Tzaráracua_ y La Pastoría.

Un afluente del río el Marquez, por su margen izquierda, es el río La Parota, en donde se ubica la estación hidrométrica Tziritzícuaru.

Antes de confluir el río Tepalcatepec con el río_ Balsas recibe por su margen izquierda al río San Pedro u -- Oropeo, en el cual se localiza la estación hidrométrica Oro_ peo.

g) Cuencas de la vertiente del Pacífico correspondientes a Michoacán.

La hidrografía de esta zona está constituida por una serie de corrientes paralelas que desembocan en el Océano Pacífico, de curso más o menos corto y cuyo nacimiento es en las sierras de Maquilí, Arteaga, del Cobre, Cachán, - entre otras, paralelas a la costa.

Los principales ríos de esta región son el Coalcomán, Nexpa y el Coahuayana. Tienen su origen, como ya se dijo, en las estribaciones de la Sierra Madre del Sur que va paralela a la costa y su desembocadura dá al Océano Pacífico.

Esta área no cuenta con estaciones hidrométricas.

El río Coalcomán nace al norte del poblado del mismo nombre, cerca del límite con Jalisco. Posee una área de cuenca de 2,030 Km², su recorrido lo realiza con dirección general hacia el sur. (S.R.H., B.H. No. 41, 1970). Recibe importantes afluentes, por su margen derecha, como el río de Ocorlá y el río San José.

Entre los ríos Coalcomán y Nexpa existen numerosas corrientes, algunas de ellas intermitentes como los arroyos Tizupan, de la Guitarra y Guaguá; otras con cauces bien definidos y permanentes como el río Acalpican, Tupitina y Mexcalhuacan.

El río Nexpa nace al este de Coalcomán, posee una área de 2,336 Km². (S.R.H., op. cit.). Confluyen en su -- curso varios tributarios importantes, por la margen derecha el río de la Balsa y por la margen izquierda el arroyo Coacoyul y el río Chacal.

El río Coahuayana sirve de límite entre los estados de Colima, Jalisco y Michoacán.

Entre este río y el río Coalcomán se presentan varias corrientes cuyo nacimiento es a altitudes promedio de 750 m, destacando el río de Aquila, el río de Ostula, el de Cacalula y el Coire.

3.2 BALANCE HIDROLOGICO DE LAS CUENCAS.

Para integrar el balance hídrico, o sea, la cuantificación de la distribución del agua, desde su entrada -- hasta su salida de la cuenca, fue necesario manejar en forma sistemática los valores de la evapotranspiración real -- calculada, la infiltración y el escurrimiento cuya suma total debe corresponder al valor de entrada de la precipita-- ción.

Estos elementos pueden expresarse respecto de la la precipitación, como la igualdad siguiente:

$$P = Q + E + I$$

donde;

P = Precipitación.

Q = Escurrimiento.

E = Evapotranspiración.

I = Infiltración.

Para realizar el balance hidrológico en la región en estudio se seleccionaron las subcuencas del río Lerma y del río Tepalcatepec, ambas comprenden el nacimiento de los respectivos ríos, la primera hasta donde se encuentra la estación hidrométrica El Tambor y la segunda hasta la ubicación de la estación hidrométrica Los Panches, adicional a éstas se seleccionó la cuenca del río Tacámbaro o Carácuarro.

Se hizo la selección de ellas debido a que las características físicas que reúnen no han sido alteradas en su totalidad por la diversa infraestructura instalada por el hombre.

Las estaciones que a continuación se mencionan -- sirvieron de apoyo para el cálculo del balance hidrológico de las cuencas citadas.

Estado de México.

Nombre de la estación.	Coordenadas.	
1. Atlacomulco.	19°48'	99°52'
2. Atotonilco.	19°48'	99°47'
3. Enyegue.	19°34'	99°51'
4. Mimiapan.	19°27'	99°28'
5. San Andrés del Pedregal.	19°35'	99°55'
6. San Bartolo del Llano.	19°36'	99°45'
7. San Felipe del Progreso.	19°43'	99°57'
8. San Francisco Tlalcilancalpan.	19°18'	99°46'
9. San Pedro de los Baños.	19°40'	99°50'
10. San Pedro Potla.	19°51'	99°58'
11. Santa María Nativitas.	19°25'	99°37'
12. Santiago Yeché.	19°42'	99°43'
13. Temascalcingo.	19°55'	100°00'
14. Toluca.	19°17'	99°39'

Jalisco.

1. El Nogal.	19°32'	103°11'
2. La Huerta.	19°39'	102°53'
3. La Tortuga.	19°35'	102°49'
4. Manuel M. Dieguez.	19°35'	102°54'
5. Mazamitla.	19°55'	103°01'
6. Quitupan.	19°56'	102°52'
7. Santa Rosa.	19°34'	102°43'

A continuación se hace el análisis de cada uno de

los elementos que constituyen el balance hidrológico.

Precipitación.

La precipitación es el elemento más importante en el balance hídrico debido a que representa la única aportación de agua que entra en la cuenca.

Es a partir de mayo cuando se inicia el aumento de humedad, el cual alcanza su máximo en julio y agosto, colocando a la región bajo un dominio de lluvias de verano -- que se prolongan hasta principios de otoño.

Las lluvias, como se mencionó en el capítulo correspondiente, son originadas por la presencia de los ciclones tropicales que se forman en el Océano Pacífico y por -- las perturbaciones que tienen origen dentro de la zona de los vientos alisios, a los que se les denomina ondas del este.

Para tener una idea aproximada de la distribución de la lluvia en las cuencas, se trazaron los planos de isoyetas anuales. Se escogió el método de isoyetas por ser el procedimiento más adecuado y preciso ya que permite observar la forma como cambia paulatinamente la precipitación en el espacio de la cuenca.

Después de planimetrear las áreas entre las isoyetas y efectuar las operaciones necesarias, se obtuvieron -- los volúmenes de agua precipitada y la precipitación media

en cada cuenca. En el cuadro 2 se muestran los resultados obtenidos. En general, la precipitación aumenta con la altitud en las tres cuencas.

Evapotranspiración.

Una parte del agua que cae sobre la superficie -- del suelo es eliminada gradualmente por un doble proceso; - en primer lugar, la evaporación que ocurre en un cuerpo de agua y, en segundo lugar, la transpiración efectuada por -- las plantas.

Las medidas de evaporación que se registran en -- las estaciones climatológicas distribuidas en las tres cuen-- cas corresponden al efecto del poder evaporante de la atmós-- fera sobre una disponibilidad constante de agua; como esto -- último no ocurre en ninguna cuenca en estudio, es necesario determinar en forma aproximada, la evaporación real.

Para conocer la distribución espacial de la evapo-- ración real anual en las tres cuencas, se recurrió a la fó-- mula de L. Turc. (Remenieras, G., 1971).

$$E = \frac{P}{\sqrt{0.9 + \frac{P^2}{L^2}}}$$

donde:

E = Evaporación real o evapotranspiración anual en mm.

CUADRO 2

CALCULO DE LA PRECIPITACION MEDIA POR EL METODO DE
ISOCYETAS

A) Subcuenca del río Lerma:

1. Isocyetas en mm.	2. Area entre cada 2 isocyetas, Km ² .	3. Precipitación media en mm.	4. Volumen en Km ³ (2x3)	5. $\frac{4}{2}$ (en mm)
700-800	2 262.5	750	1.696875	
800-1000	3 382.5	900	3.04425	
Totales.	5 645.0	1 650	4.741125	839.8

B) Subcuenca del río Tepalcatepec:

600	1 272.5	550	0.699875	
600-800	2 092.5	700	1.46475	
800	157.5	750	0.118125	
800-1000	4 442.5	900	3.99825	
1000	2 282.5	1 050	2.396625	
1000-1200	555.0	1 100	0.6105	
1200-1400	445.0	1 300	0.5785	
1400	330.0	1 500	0.495	
Totales.	11 577.5	7 850	10.361625	895.0

C) Cuenca del río Tacámbaro:

800	118.5	750	0.088875	
800-900	654.0	850	0.5559	
900-1000	1 375.5	950	1.306725	
1000	411.0	1 050	0.43155	
1000-1200	2 728.0	1 100	3.0008	
1200	238.0	1 250	0.2975	
Totales.	5 525.0	5 950	5.68135	1 028.3

P = Precipitación media anual en mm.

L = Variable según la temperatura, esto es;

$$L = 300 + 25t + 0.05t^3$$

donde:

t = Temperatura media anual en °C.

El empleo de esta fórmula se debe a la mayor disponibilidad de elementos de información, así como, a la facilidad del manejo de los mismos.

De la aplicación de la fórmula de Turc se obtuvieron los datos del cuadro 3, con los cuales y siguiendo el método de isolíneas se procedió a calcular el valor medio - anual de la evapotranspiración real para cada cuenca, los resultados se muestran en el cuadro 4; asimismo se observó que en la subcuenca del río Tepalcatepec, las isolíneas que registran los menores valores, de 600 y 700 mm, de evapotranspiración real se presentan en la región de menor altitud de la subcuenca, aquí las temperaturas que se presentan son altas, en promedio 28°C y la precipitación es mínima, en promedio, 600 mm, por tal motivo la evapotranspiración real iguala la medida de la precipitación.

A medida que la altitud aumenta las isolíneas de evapotranspiración real lo hacen también hasta alcanzar una altitud entre 1,400 y 1,600 m donde se presenta la isolínea de 1,000 mm de evapotranspiración, después estos valores -- descienden conforme sigue aumentando la altitud dado que la

Cuadro 3

EVAPOTRANSPIRACION REAL SEGUN L. TURC.

A) Subcuenca del río Tepalcatepec:

No.	Nombre de la estación.	Evapotranspiración en mm.
1.	Aguilillas	883.1
2.	Apatzingán.	713.7
3.	Buenavista.	553.3
4.	Chila.	868.6
5.	El Cóbano.	839.3
6.	El Nogal.	633.4
7.	La Huerta.	939.5
8.	La Raya.	630.0
9.	La Tortuga.	597.3
10.	Los Limones.	828.4
11.	Los Reyes.	776.5
12.	Manuel M. Dieguez.	977.2
13.	Mazamitla.	683.8
14.	Nueva Italia.	688.9
15.	Parácuaro.	839.4
16.	Piedras Blancas.	638.2
17.	Presa Guaracha.	644.6
18.	Quitupan.	700.1
19.	Sahuayo.	635.5
20.	Santa Rosa.	867.9
21.	Tangancicuaro.	704.3
22.	Uruapan.	894.8
23.	Zamora.	721.3

B) Subcuenca del río Lerma:

1.	Atlacomulco.	551.8
2.	Atotonilco.	580.8
3.	Enyegue.	548.8
4.	Mimiapan.	607.5
5.	San Andrés del Pedregal.	480.8
6.	San Bartolo del Llano.	574.4
7.	San Felipe del Progreso.	593.9
8.	San Francisco Tlalcilancalpan.	561.7
9.	San Pedro de los Baños.	531.8
10.	San Pedro Potla.	598.1
11.	Santa María Nativitas.	606.5
12.	Santiago Yeché.	607.8
13.	Temascalcingo.	592.3

14.	Temascales.	573.6
15.	Tepuxtepec.	649.7
16.	Toluca.	559.1

C) Cuenca del río Tacámbaro:

1.	Acuitzio de Canje.	739.7
2.	Ario de Rosales.	820.3
3.	Bartolinas.	941.9
4.	Churumuco.	674.0
5.	El Zapote.	674.0
6.	Etucuaró.	825.1
7.	Huaniqueo.	655.5
8.	Huetamo.	798.0
9.	La Huacana.	872.7
10.	San Diego Curucupaseo.	977.8
11.	Tacámbaro.	830.4
12.	Villa Madero.	732.0

CUADRO 4

CALCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACION MEDIA POR EL METODO
DE ISOLINEAS DE EVAPOTRANSPIRACION

A) Subcuenca del Río Lerma:

1. Isolneas de EVT.	2. Area entre cada 2 ison ₂ líneas, Km ² .	3. EVT media en mm.	4. Volumen en Km ³ (2x3)	5. E4 E2 (en mm)
500	1 040.0	450	0.468	
500-600	1 500.0	550	0.825	
600	3 105.0	650	2.01825	
Totales.	5 645.0	1 650	3.31125	586.5

B) Subcuenca del río Tepalcatepec:

600	1 132.5	550	0.622875	
600	215.0	650	0.13975	
600-800	517.5	700	0.36225	
700-800	4 370.0	750	3.2775	
800	2 200.0	850	1.87	
800-1000	3 142.5	900	2.82825	
Totales.	11 577.5	4 400	9.100625	786.0

C) Cuenca del río Tacámbaro:

800	923.0	740	0.68302	
800	473.0	750	0.35475	
800-1000	4 129.0	900	3.7161	
Totales:	5 525.0	2 390	4.75387	860.4

temperatura también baja.

En la cuenca del río Tacámbaro y subcuenca del río Lerma, los valores de menor evapotranspiración real se presentan en las partes con mayor altura debido a que el poder evaporante de la atmósfera se reduce ya que conforme se gana altitud, la precipitación se incrementa y al mismo tiempo se aminora la temperatura.

Escurrimiento.

El escurrimiento es la parte de la precipitación que aparece en las corrientes fluviales superficiales, perennes, intermitentes o efímeras, y que regresa al mar o a los cuerpos de agua interiores; está en función de una serie de factores, entre los que destacan: la intensidad y duración de la precipitación, la permeabilidad de la superficie del suelo, el tipo de cobertura vegetal, etc.

En Michoacán funcionan treinta y nueve estaciones hidrométricas en la mayoría de las corrientes principales, mapa 12, lo que permite tener un conocimiento acertado del escurrimiento superficial y, por lo tanto, de sus posibilidades hidrológicas.

El escurrimiento está en estrecha relación a las condiciones climáticas que se presentan en la región en estudio, ya que sus máximos se presentan durante los meses de julio a octubre que corresponden al período estacional de -

precipitación del verano-otoño, ver figura 3. Durante el resto del año el escurrimiento decrece en forma notable y su alimentación se basa en precipitaciones aisladas propiciadas por perturbaciones de la atmósfera superior. Por otra parte se nota que el escurrimiento de algunos de los meses secos es superior a la precipitación ocurrida en las tres cuencas.

Los valores de escurrimiento obtenidos para las cuencas en cuestión se presentan a continuación:

A) Subcuenca del río Lerma:

Area en Km^2 : 5,645

Escurrimiento en miles de m^3 : 684,510.

Escurrimiento medio en mm: 121.2

B) Subcuenca del río Tepalcatepec:

Area en Km^2 : 11,577.5

Escurrimiento en miles de m^3 : 2,154,340.8

Escurrimiento medio en mm: 186.0

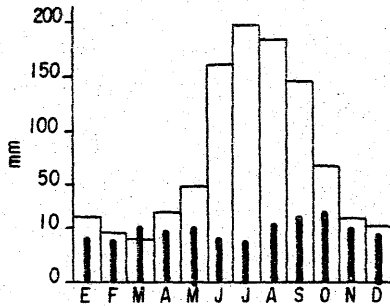
C) Cuenca del río Tacámbaro:

Area en Km^2 : 5,525

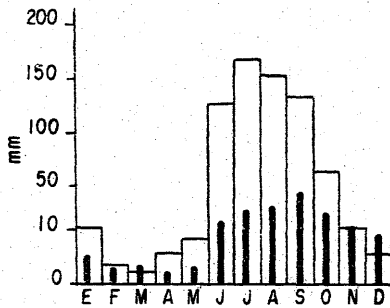
Escurrimiento en miles de m^3 : 985,331.9

Escurrimiento medio en mm: 178.3

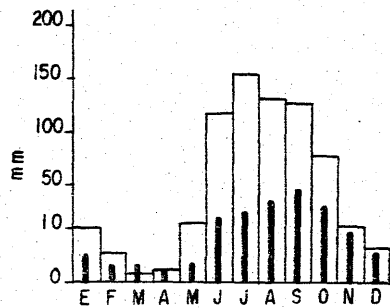
FIG. 3. RELACION ENTRE LA PRECIPITACION Y EL ESCURRIMIENTO.



SUBCUENCA DEL RIO LERMA
ESTACION HIDROMETRICA EL TAMBOR



SUBCUENCA DEL RIO TEPALCATEPEC
ESTACION HIDROMETRICA LOS PANCHES



CUENCA DEL RIO TACAMBARO
ESTACION HIDROMETRICA LOS PINZANES

PRECIPITACION

 ESCURRIMIENTO

Infiltración.

Son varios los factores que intervienen en la capacidad de infiltración, algunos de ellos son: la porosidad y textura del suelo, la presencia y ausencia de vegetación, el laboreo agrícola y ganadero que realiza el hombre, etc.

Respecto a la infiltración de las subcuencas en cuestión, por la falta de datos cuantitativos, se tuvo que deducir su valor medio por la diferencia de los valores del escurrimiento y de la evapotranspiración respecto del volumen total precipitado.

La fórmula que se aplicó fue: $I = P - (EVT+Q)$

El valor de la infiltración deducido para cada cuenca es como sigue:

A) Subcuenca del río Lerma:

$$I = 839.8 - 707.7 = 132.1$$

B) Subcuenca del río Tepalcatepec:

$$I = 895.0 - 972.0 = -77.0$$

C) Cuenca del río Tacámbaro:

$$I = 1,028.3 - 1,038.7 = -10.4$$

Se aprecia que tanto en la subcuenca del río Tepalcatepec como en la cuenca del río Tacámbaro, los valores obtenidos de la infiltración son negativos lo que indica --

que la totalidad de agua precipitada escurre o se evapora o bien va a dar rápidamente al cauce o el terreno de las subcuencas es impermeable, por tal motivo, estos resultados -- son considerados como un valor de cero.

Sin embargo se observó en la figura 3 que en los meses secos hay escurrimiento y éste es mayor que la precipitación de esos meses, es decir, la corriente es permanente lo cual muy probablemente se deba a que el agua subterránea que la alimenta provenga de otras cuencas.

Al analizar la geología que presentan ambas cuencas se encuentra que, en la perteneciente al río Tacámbaro la constitución geológica de su área es de rocas ígneas extrusivas, andesitas, riolitas, basaltos, en ocasiones asociadas con tobas y cenizas volcánicas del Cenozoico superior y medio volcánico, así como de rocas clásticas continentales con intercalaciones de rocas ígneas extrusivas y tobas del Cenozoico inferior volcánico. (Carta Geológica del Estado de Michoacán, 1971). Por lo tanto la permeabilidad que presentan estas rocas es sumamente alta y como consecuencia aumenta la capacidad de infiltración.

En lo que respecta a la subcuenca del río Tepalca tepec su composición geológica es de calizas y dolomitas -- grises y oscuras del Cretácico, también de rocas del Cenozoico Superior y Medio Volcánico como son: dioritas, gneiss y andesitas y del Cenozoico Inferior, destacando las rocas

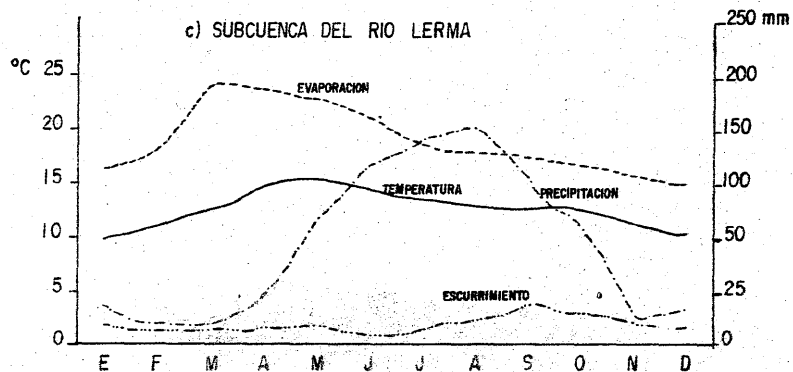
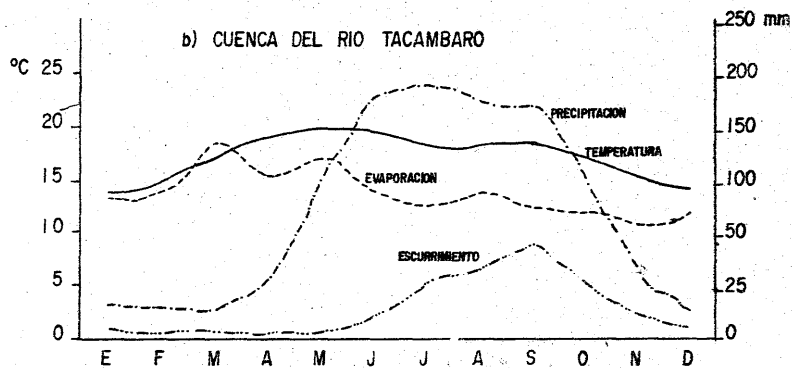
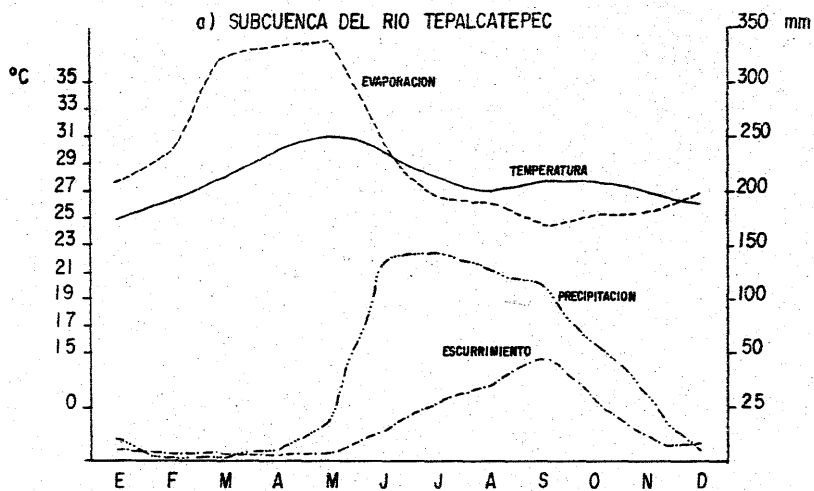
clásticas continentales con intercalaciones de rocas ígneas extrusivas. (Carta Geológica del Estado de Michoacán, op. cit.)

Por lo que se cita anteriormente, la permeabilidad que presentan las rocas es buena, sin embargo hay que recordar que se encuentra en una área de clima seco la cuenca del río Tepalcatepec y la del Tacámbaro en una región de clima cálido subhúmedo muy cercano al seco por lo que la evaporación es muy alta, lo cual permite suponer con mayor seguridad que el escurrimiento base de las corrientes se debe principalmente al agua infiltrada en las regiones que la rodean.

Con el objeto de observar el comportamiento que tienen la precipitación, escurrimiento, temperatura y evaporación potencial en cada una de las cuencas estudiadas, se elaboró su correspondiente gráfica anual con los parámetros ya citados, (fig. 4) para lo cual se eligió la estación meteorológica más conveniente, y así poder tener una representación más acertada de sus características medias de los elementos estudiados que intervienen en el balance hidrológico.

Al analizar las gráficas se observa que existe una relación estrecha entre la temperatura y la evaporación y entre la precipitación y el escurrimiento; sin embargo, tanto la precipitación como la temperatura y la evaporación

FIG.4. VARIACION DE LOS PARAMETROS QUE INTERVIENEN EN EL BALANCE HIDROLOGICO



constituyen factores íntimamente relacionados cuyo efecto - se manifiesta en el escurrimiento.

Como se mencionó anteriormente, se aprecia que la evaporación varía directamente con la temperatura, a mayor temperatura mayor evaporación y viceversa. Esto obedece a que a alta temperatura crece el poder evaporante de la atmósfera y, a mayor precipitación menor evaporación, lo que se explica porque el aumento de humedad trae consigo la disminución del poder evaporante de la atmósfera, por otra parte, se observa que el escurrimiento no sigue exactamente la marcha anual de la precipitación, ya que aunque ésta se inicia propiamente en el mes de mayo, en el escurrimiento empieza a manifestarse un ascenso importante hasta junio o julio.

Lo anterior se explica porque antes de provocar el escurrimiento, las primeras lluvias son retenidas por el suelo y almacenadas en las pequeñas depresiones del terreno. Al quedar satisfecha la capacidad de humedad del suelo el escurrimiento se generaliza, lo cual se aprecia en las gráficas como un aumento continuo del escurrimiento a partir del mes de junio hasta llegar a septiembre, mes en el que se presenta el máximo.

Con respecto al alto valor negativo que resultó -

en la subcuenca del río Tepalcatepec, en la figura a) se --
 aprecia claramente como la precipitación en ningún momento --
 sobrepasa la evaporación lo cual confirma la sequedad del --
 clima y la poca oportunidad de la presencia del recurso --
 agua en esta región, lo que se suma a la característica geo --
 lógica, también ya mencionada, sobre la impermeabilidad del
 terreno.

En la cuenca del río Tacámbaro seguramente la po-
 ca o nula infiltración se debe a las características del te
rreno, puesto que en la figura b) se observa que sí hay --
 disponibilidad de agua, ya que la precipitación sobrepasa a
 la evaporación durante los cuatro meses más lluviosos, o --
 bien a que la infiltración no alcanza niveles profundos y -
 llega rápidamente a los cauces, registrándose de hecho en -
 el agua escurrida.

Resultados del Balance Hídrico.

La expresión general del balance hídrico expresa --
 la igualdad de los aportes y salidas del agua en las cuen--
 cas; los resultados obtenidos para cada cuenca en estudio -
 se indican a continuación:

A) Subcuenca del río Lerma:

Precipitación:	839.8 mm
Evapotranspiración:	586.5 mm
Escurrimiento:	121.2 mm
Infiltración:	132.1 mm

B) Subcuenca del río Tepalcatepec:

Precipitación:	895.0 mm
Evapotranspiración:	786.0 mm
Escurrimiento:	186.0 mm
Infiltración:	0.0 mm

C) Cuenca del río Tacámbaro:

Precipitación:	1,028.3 mm
Evapotranspiración:	860.4 mm
Escurrimiento:	178.3 mm
Infiltración:	0.0 mm

Se observa que, aunque la subcuenca del río Tepalcatepec presenta una mayor área, en comparación a las dos restantes, el volumen precipitado es menor debido principalmente a que se ubica en una área de clima seco. Por otra parte, la cuenca del río Tacámbaro registra el valor más alto de precipitación ya que se encuentra en una región de clima cálido subhúmedo.

Los porcentajes más altos de evapotranspiración se presentan en la subcuenca del río Tepalcatepec (87.8%) y en la cuenca del río Tacámbaro (83.6%) con respecto al volumen precipitado en cada una de ellas.

También en estas dos cuencas, el porcentaje de escurrimiento es alto, siendo para la primera de 20.7% y para la segunda de 17.3%.

Como consecuencia de los porcentajes altos en evapotranspiración y escurrimiento se tiene un valor nulo para la infiltración.

En la subcuenca del río Lerma los porcentajes de los parámetros que integran el balance hídrico en relación a la precipitación son más homogéneos, es decir que la evapotranspiración no es alta, 69.8%, y el escurrimiento y la infiltración presentan valores semejantes, 14.4% y 15.8% -- respectivamente.

3.3 EL REGIMEN HIDROLOGICO.

El término régimen hidrológico de un río se aplica a las variaciones estacionales medias de su flujo, mismas que están señaladas por las variaciones de su descarga.

El régimen hidrológico es el resultado de la acción combinada de una serie de factores; tales como, el clima, el suelo y la vegetación y su manifestación se hace patente en el comportamiento de sus aguas; sin embargo, la precipitación, como elemento del clima, ejerce una acción muy notoria debido a las variaciones que presenta durante todo el año.

Con el objeto de comparar cualitativa y cuantitativamente la precipitación con el escurrimiento en las diferentes cuencas del estado, se construyeron gráficas con los datos registrados por las estaciones hidrométricas y meteo-

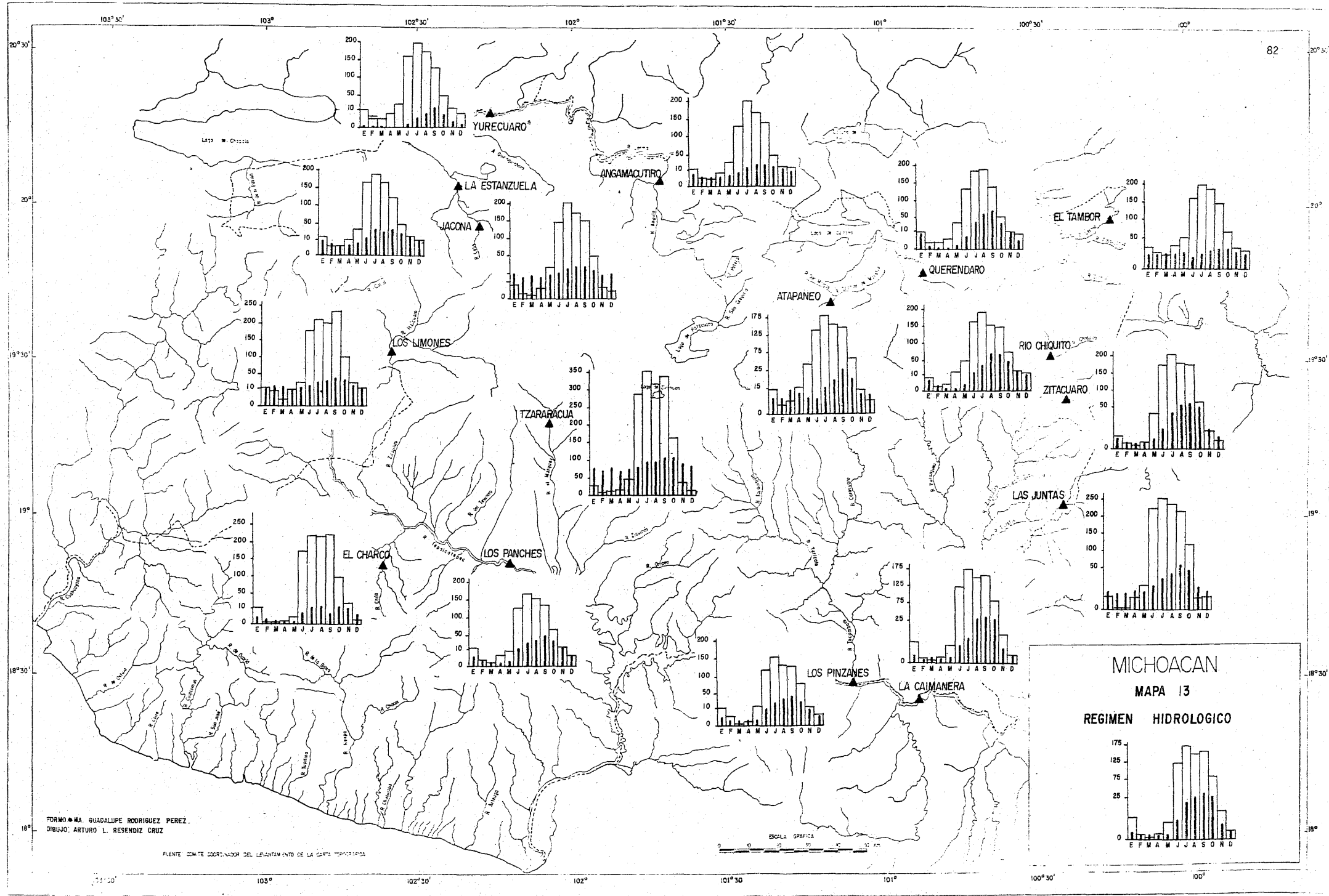
rológicas, cuya distribución se presenta en el mapa 13.

En estas gráficas se observa que el escurrimiento no sigue exactamente la marcha anual de la precipitación, - aunque ésta se inicia propiamente en el mes de mayo, en el escurrimiento empieza a manifestarse un ascenso importante en junio y julio debido a que las primeras lluvias son retenidas por el suelo y almacenadas en las pequeñas depresiones del terreno; finalmente, al quedar satisfecha la capacidad de humedad del suelo, éste se generaliza.

La época húmeda comprende el período de mayo a octubre, y es durante julio cuando se registra el volumen más alto de precipitación, a excepción de las estaciones Tzaráracua, El Charco, La Caimanera y Los Limones que registran sequía intraestival, presentándose los máximos en julio y septiembre y el seco en agosto.

En lo que respecta al escurrimiento, el máximo se registra en septiembre, sin embargo, en las estaciones Angamacutiro, Jacona y Río Chiquito este máximo también se presenta en agosto. Por otra parte, en la estación El Charco, en septiembre se registra un descenso, probablemente debido a la presencia de la sequía intraestival.

A partir de noviembre la precipitación decrece al igual que el escurrimiento, aunque en algunas estaciones, - como Tzaráracua, Los Panches, Las Juntas, Jacona, Los Limo-



FORMA GUADALUPE RODRIGUEZ PEREZ.
 DIBUJO ARTURO L. RESENDIZ CRUZ

FUENTE: COMITE COORDINADOR DEL LEVANTAMIENTO DE LA CARTA TOPOGRAFICA

ESCALA GRAFICA

nes, Atapaneo, Zitácuaro y El Charco este último sobrepasa al volumen precipitado ya que el terreno donde se ubican estas estaciones es demasiado permeable y se encuentra saturado, por lo tanto el escurrimiento es mayor.

El máximo estiaje en la precipitación se presenta en febrero y marzo y, en el escurrimiento éste se registra de marzo a mayo debido a que la corriente recibe aún la descarga de los mantos subterráneos; a excepción de la estación El Tambor, cuyo mínimo se presenta en junio debido a que el volumen escurrido se mantiene homogéneo durante todo el año debido, seguramente, a la acción reguladora de la vegetación.

Con el objeto de comparar la variación que registra el escurrimiento con los diferentes tipos de clima, se seleccionaron las estaciones La Caimanera, Queréndaro y El Charco, cuyos tipos de clima correspondientes son: semicálido subhúmedo, templado subhúmedo y seco; en las gráficas que representan a estas estaciones, se observa que en todas ellas los máximos de precipitación y escurrimiento se presentan en el verano-otoño, registrándose en la estación El Charco, en el río Tepalcatepec los volúmenes más bajos de escurrimiento debido probablemente a que la precipitación no alcanza a amortiguar las altas temperaturas que se presentan en este tipo de clima por lo que el poder de la evaporación es alto.

En lo que se refiere a las variaciones del escurrimiento a lo largo del año, se aprecia en el cuadro 5 que existe una diferencia muy marcada entre el período húmedo, junio a noviembre, y el período seco, diciembre a mayo; registrándose durante la primera temporada un promedio de 74.4% y para el período de estiaje, éste es del 25.6%. Estas cifras comprueban, nuevamente, que el mayor volumen de escurrimiento se manifiesta durante las estaciones de verano-otoño, mismas en las que la mayor precipitación afecta a la región en estudio.

Las estaciones hidrométricas Salida Túnel y el Salto contradicen lo citado anteriormente debido a que existe irregularidad en sus datos.

Debido a que el escurrimiento medio anual se obtiene en base al promedio aritmético de un largo período de observación en cada una de las estaciones hidrométricas, se deseó conocer las posibilidades de variación que existen en cada una de estas estaciones respecto a su correspondiente promedio aritmético; para lo cual se utilizó el coeficiente de variabilidad, que se expresa de la siguiente manera:

$$CV = \frac{\sigma}{Q}$$

donde:

CV = Coeficiente de variabilidad expresado en %.

σ = Desviación standar.

Estación hidrométrica	Cuenca General	Corriente	Area drenada Km ²	Esgurrimiento medio anual en miles de m ³	Junio a Noviembre		Diciembre a Mayo		Coeficiente de variabilidad %
					Volumen	%	Volumen	%	
Temascales	Lerma	Lerma	5,275.0	472,035					
El Tambor	Lerma	Lerma (cauce rect.)	5,645.0	684,510	413,877	37.67	58,208	12.33	84.17
El Gigante	Lerma	Lerma	7,121.0	1,225,597	398,904	58.27	285,606	41.73	41.56 ¹
Santiago Undameo	Lago de Cuitzeo	Grande de Morelia	388.0	79,243	54,860	53.71	47,273	46.29	-
Salida Túnel	Lago de Cuitzeo	Grande de Morelia	480.0	67,043	56,298	80.14	13,945	19.86	33.34
El Salto	Lago de Cuitzeo	Grande de Morelia	480.0	40,906	18,195	26.82	49,648	73.18	26.65
Atapaneo	Lago de Cuitzeo	Grande de Morelia	912.0	152,983	16,269	33.22	32,696	66.78	41.78
El Plan	Lago de Cuitzeo	Grande de Morelia (cauce rect.)	1,270.0	150,396	94,187	61.56	58,796	38.44	31.23
Chiquito	Grande de Morelia	Chiquito	78.0	11,447	131,183	87.22	19,213	12.78	57.41
Queréndaro	Lago de Cuitzeo	Queréndaro	133.0	33,419	11,265	98.41	182	1.59	68.71
Salidas Malpaís	Lago de Cuitzeo	Queréndaro	335.0	63,084	31,014	92.80	2,404	7.2	52.63
Yurécuaro II	Lerma	Lerma	36,176.0	1,435,683	50,940	79.32	13,044	20.68	38.01
Pasarela Villa Jiménez	Angulo	Angulo	1,417.0	203,942	1,264,244	88.06	171,429	11.94	62.92
Angamacutiro	Angulo	Angulo	2,084.0	266,450	127,610	59.21	87,893	40.79	11.93
Puente San Isidro	Angulo	La Patera	257.0	18,284	189,952	70.84	78,171	29.16	37.37
Camécuaro	Duero	Duero	1,221.0	228,962	13,758	75.24	4,526	24.76	37.37
La Estanzuela	Duero	Duero	2,138.0	339,699	159,614	68.62	72,984	31.38	20.66
Urepétiro II	Duero	Tlazazalca	479.0	33,940	251,143	73.93	88,555	26.07	22.86
Jacona	Duero	Celio	126.0	45,089	29,081	85.68	4,859	14.32	26.94
La Caimanera	Balsas	Balsas	77,312.9	12,219,072	25,173	55.82	19,916	44.18	11.48
Río Grande	Tuxpan	Grande	943.5	211,690	10,959,518	85.35	1,880,841	14.65	20.58
Río Chiquito	Tuxpan	Chiquito	247.8	74,283	162,101	79.21	42,544	20.79	34.81
Zitácuaro	Cutzamala	Zitácuaro	372.5	124,352	67,702	90.68	6,953	9.32	39.81
Las Juntas	Cutzamala	Tilostoc	3,306.9	1,221,455	98,220	79.22	25,755	20.78	30.51
Los Pinzanes	Balsas	Tacámbaro	5,525.1	985,332	789,274	65.74	411,145	34.26	25.35
Los Panches	Balsas	Tepalcatepec	11,596.4	2,154,340	863,914	86.12	139,233	13.88	20.72
Los Limones	Tepalcatepec	Itzfcuaro	1,678.1	380,358	1,929,946	86.22	308,307	13.78	26.88
La Limonera	Tepalcatepec	Itzfcuaro	1,681.3	437,548	253,563	68.63	115,867	31.37	15.35
Chorros del Varal	Tepalcatepec	Itzfcuaro	1,905.5	602,586	312,443	71.96	121,723	28.04	15.54
El Puerto	Itzfcuaro	Cotija	103.1	18,518	393,314	67.13	192,578	32.87	14.22
Los Tejones	El Cajón	Apupataro	178.9	89,308	14,564	91.32	1,384	8.68	53.32
El Carrizo	Tepalcatepec	Taixtán	268.1	64,136	61,031	67.96	28,771	32.04	19.67
El Cajón	Tepalcatepec	El Cajón	395.0	99,837	70,921	93.00	5,334	7.00	66.03
El Charco	El Marquez	Chila	251.1	19,514	90,907	95.13	4,650	4.87	53.31
Cupatitzio	El Marquez	Cupatitzio	235.9	289,799	18,482	77.78	5,278	22.22	47.13
La Tzararacua	Tepalcatepec	El Marquez	407.6	420,896	151,766	53.54	131,651	46.46	10.75
La Pastora	El Marquez	De la Parota	2,655.9	850,424	232,941	55.69	185,316	44.31	10.85
Ziritzfcuaro	Tepalcatepec	San Pedro	1,701.4	659,673	659,111	76.38	203,754	23.62	23.28
Oropeo	Tepalcatepec	San Pedro	281.4	68,432	466,436	75.66	150,048	24.34	9.65 ²
					97,425	98.42	1,555	1.58	147.51 ²

Fuente: S.R.H. (actual S.A.R.H.), Boletines Hidrológicos Nos. 49, 50 y 51, 1980.

1 No hubo datos suficientes para calcular el coeficiente de variabilidad.

2 Hay mucha irregularidad en los datos.

Q = Esgurrimiento medio anual.

Los resultados obtenidos se presentan en el cuadro 5, en ellos se observa que el coeficiente de variabilidad del escurrimiento varía inversamente respecto al tamaño de las cuencas. También hay que señalar que tanto la variación como la regularidad del escurrimiento a través de los años están modificadas por la serie de aprovechamientos de las aguas en los cursos de la mayoría de los ríos.

3.4 ASPECTOS GEOHIDROLOGICOS.

El estudio de las aguas subterráneas presenta mayores dificultades que el de las superficiales, pues no se pueden cuantificar en forma sistemática como las superficiales.

La presencia de éstas se debe principalmente a la infiltración del agua de lluvia en el suelo, también hay -- aguas subterráneas debidas a otros fenómenos, como las magmáticas y las volcánicas (aguas juveniles) y las que resultan al quedar atrapadas en los intersticios de rocas sedimentarias en el momento en que se depositan éstas (aguas fósiles), pero su cantidad no es muy considerable en relación con las que provienen de la infiltración.

Un aspecto ligado al estudio de la geohidrología es la presencia de manantiales, los cuales constituyen brotes concentrados de agua subterránea que aparecen en la su-

perficie del suelo en forma de corrientes o simplemente como aguas brotantes.

La presencia de manantiales en la superficie terrestre se encuentra motivada por ciertos factores físicos, siendo los más importantes la precipitación, las formas del terreno, la geología y la presencia o ausencia de vegetación (Maderey, 1972).

En lo que se refiere a la aparición de los manantiales, éstos se concentran, generalmente, en las laderas de los macizos montañosos y en los valles de los ríos, donde existen grandes zonas de contacto por la presencia de formaciones geológicas de distinta permeabilidad.

En relación a las condiciones geológicas, se considera que en general las rocas ígneas son compactas y su capacidad de almacenamiento es nulo o reducido al igual que las rocas metamórficas. En cambio, las rocas sedimentarias, en general, son las más importantes desde el punto de vista geohidrológico, especialmente cuando se trata de rocas modernas ya que sus intersticios no han sido modificados por efecto de presiones o de impregnación de materiales que los obstruyen, en tal caso su capacidad de almacenamiento es bastante grande (Maderey, op. cit.)

La vegetación es un factor que influye en la infiltración y, por lo tanto contribuye al incremento del agua subterránea y, en consecuencia, constituye una protec-

ción para la estabilización de los manantiales, ya que con su sistema radicular permite un almacenamiento mayor de agua.

Cuando la vegetación desaparece el suelo pierde su estructura original, de manera que se compacta y dificulta o impide la infiltración; como consecuencia el agua de escurrimiento aumenta.

En la figura 5 se observa la cuenca hidrográfica del río El Marquez donde se muestra una zona con bosque y su efecto en la regulación de la escorrentía. La corriente está alimentada por manantiales que reflejan la propiedad de almacenamiento que representa la vegetación, así se observa que la parte del agua precipitada destinada al escurrimiento se traduce en éste con cierto retraso. (Maderey, 1977).

Michoacán, por sus condiciones físicas, cuenta con un número bastante considerable de manantiales, más de doscientos, tanto de aguas termales como no termales.

En el mapa 14 se observa que el Sistema Volcánico Transversal debido a su altitud y a la constitución geológica de origen volcánico lo convierten en una de las regiones más húmedas y en la máxima zona de infiltración y realimentación de los mantos de agua subterránea y, por consiguiente de los manantiales. Por otra parte, la vegetación de bosque aumenta la capacidad de infiltración, de al-

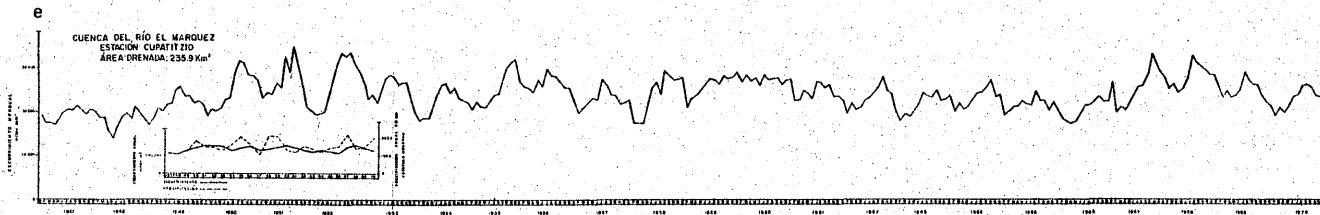


FIG. 5

macenamiento y regulación del agua.

Como consecuencia de la infiltración hacia las -- partes bajas del Sistema Volcánico Transversal, las cuencas media y baja del río Lerma y Lago de Cuitzeo se benefician_ con la presencia de manantiales.

Las partes altas de la Sierra Madre del Sur presentan condiciones favorables de humedad, sin embargo, las_ formaciones geológicas que la constituyen son metamórficas e intrusivas, por lo tanto impermeables, aunque la vegeta-- ción de bosques ofrece un poco de ayuda para la presencia - de manantiales en determinadas áreas.

La depresión del Balsas aunque se encuentra en -- una área seca, el agua de los manantiales que en ella bro-- tan seguramente proviene de las infiltraciones, principal-- mente, del declive sur de la Sierra Volcánica Transversal y en menor proporción del declive norte de la Sierra Madre -- del Sur.

Finalmente, la Llanura Costera no ofrece condicio_ nes favorables para la presencia de manantiales, sin embar-- go pueden existir mantos freáticos, aunque no muy importan-- tes por la estrechez de la llanura.

IV. APROVECHAMIENTO DE LOS RECURSOS HIDROLOGICOS

4.1 GENERALIDADES.

El agua es la historia de la vida misma, es la sustancia más importante de los seres vivos en la Tierra.- El hombre no sólo depende de ella para apagar la sed, sino para obtener energía, transporte, riego y recreación.

El agua ha pasado a considerarse como un bien de producción necesario, en función del avance tecnológico actual y tomando en cuenta el crecimiento de la población, la diversificación de los usos y el aumento de los consumos per capita.

En 1976 la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos a través de la Dirección General de Usos del Agua y Prevención de la Contaminación hizo un inventario, a nivel municipal, de los volúmenes de agua de tipo superficial y subterráneo utilizados en diversos usos en Michoacán, también efectuó la cartografía correspondiente, por cuencas, para completar este estudio.

En 1981 actualizó los datos del municipio de Lázaro Cárdenas debido al desarrollo industrial que generó la creación de la Siderúrgica Lázaro Cárdenas.

A continuación se analizan cada uno de los usos...

del agua y el volumen de la misma que éstos requieren, de acuerdo a los datos reportados por la Dirección antes mencionada.

4.2 USO DOMESTICO.

En la actualidad es la utilización del agua que tiene prioridad en relación a los otros usos, los consumos domésticos por familia se han incrementado notablemente - como consecuencia del aumento de la población y de sus - - correspondientes prácticas higiénicas, así como de la utilización de numerosos aparatos electrodomésticos.

Las principales fuentes de abastecimiento de - - agua potable a los centros de población de la región provienen de manantiales, norias, pozos profundos, corrientes superficiales y bordós.

Para los abastecimientos de agua potable no solamente se requiere captar y transportar las cantidades de - agua necesarias para satisfacer la demanda, sino que el - agua debe de reunir condiciones de pureza, tanto físicas - como químicas y bacteriológicas con el fin de prevenir - - efectos nocivos a la salud.

Aunque el agua de algunas de las fuentes que - - abastecen al estado no siempre reúnen las normas de potabilidad requeridas, es conveniente corregir las condiciones

no consideradas aceptables antes de su empleo.

Al analizar la información proporcionada por la Dirección de Usos de Agua y Prevención de la Contaminación de la SARH, cuadros 6 y 7 y mapa 15, se aprecia que el volumen extraído de tipo superficial es empleado mayormente en este renglón que el de tipo subterráneo, concentrándose el primero en la cuenca del Río Grande de Morelia lo cual resulta lógico si se considera que comprende una superficie que reúne una serie de condiciones físico-geográficas - el terreno en su mayoría es plano, el clima templado, con verano fresco y largo, con régimen de lluvias de verano, - precipitación invernal baja y poca oscilación- favorables al establecimiento de asentamientos humanos, como es el caso de Morelia que, de acuerdo a los datos preliminares del censo de 1980 registra una población de 309,591 habitantes. (Gobierno del Estado de Michoacán, 1981). Además, por ser la capital del estado posee una mejor infraestructura que el resto de las poblaciones y como consecuencia los requerimientos de agua son básicos para satisfacer toda una serie de necesidades, tanto de tipo público como doméstico.

También se puede comprobar, al observar la figura 6, que los abastecimientos de agua para uso doméstico dependen de la categoría política de cada región, por lo tanto las cuencas que siguen en importancia a la citada -

Cuadro 6

AGUA SUPERFICIAL.

95

Cuenca de los ríos	USO DOMESTICO			USO AGRICOLA			USO PECUARIO		USO INDUSTRIAL			
	Habitantes	Volumen en 10 ⁶ m ³ anua- les.	Porcentaje	Hectáreas	Volumen en 10 ⁶ m ³ anua- les.	Porcentaje	Ganado Mayor	Ganado Menor	Volumen en 10 ⁶ m ³ anua- les.	Porcentaje	Volumen en 10 ⁶ m ³ anua- les.	Porcentaje
Cachiví	24,863	531	0.865	2,410	7,858	0.780	11,092	6,545	205	1.509		
Caracuaro	9,669	141	0.229	159	948	0.094	17,402	7,215	307	2.260		
Casilda	25,613	374	0.609	3,927	38,586	3.831	26,770	8,375	452	3.327		
Copándaro	20,530	341	0.555	1,018	13,851	1.375	23,670	16,530	320	2.355		
Cupatitzio	125,931	1,306	2.942	5,357	25,885	2.570	19,293	8,107	332	2.444	75,682	56.460
Arroyo Capua	908	13	0.021									
Arroyo Cutzio	1,130	17	0.027	12	107	0.106	1,855	315	29	0.213		
Charo	26,075	558	0.909	3,302	10,389	1.031	16,950	15,120	334	2.458		
De la Arena	1,550	15	0.024				4,590	215	62	0.456		
De la Pasión	11,779	116	0.189				9,606	1,295	110	0.809		
Duro	130,776	2,868	4.721	10,001	160,372	15.924	17,996	18,221	266	1.958		
Grande de Morelia	496,951	37,829	61.643	1,753	7,611	0.755	51,636	29,276	915	6.753		
Itzicuaro	100,023	1,463	2.384	10,342	95,718	9.504	51,380	31,203	978	7.200	31,536	23.526
Itzanguaritos	53,228	447	0.722	10,382	80,059	5.963	53,012	46,454	753	5.543		
Jicuilpan	20,337	208	0.338	16,045	102,928	10.220	29,669	9,460	359	2.643		
Jungapeo	14,373	170	0.277	7	44	0.004	7,381	4,870	99	0.728		
La Clemencia	37,385	819	1.334	1,621	5,702	0.566	28,660	37,960	668	4.917		
La Patera	88,437	2,702	4.403	11,815	238,674	23.617	42,537	27,803	653	4.807	26,805	20.000
Leñas (Nueva la Presa Tepuxtepec)	7,070	121	0.197	2,726	4,090	0.406	13,110	12,810	276	2.031		
Arroyo Manzanillo	24,185	353	0.575				14,855	5,602	258	1.899		
Purunguao	9,304	132	0.215	139	1,729	0.171	15,950	8,275	217	1.597		
Queréndaro	8,530	134	0.218	32	138	0.013	11,800	4,810	204	1.501		
Arroyo Quiringuicharo	31,368	340	0.554	1,095	5,444	0.540	34,478	36,331	511	3.762		
San Carlos	10,183	152	0.247	11	210	0.020	6,275	1,500	77	0.566		
San Gregorio	26,740	303	0.493	972	2,916	0.289	11,993	8,346	178	1.310		
San Lucas	4,600	101	0.164	10	90	0.008	9,400	3,600	116	0.854		
San Marcos	20,330	360	0.586	1,112	2,106	0.209	22,549	13,169	416	3.062		
Santa Catarina	85,228	1,229	2.002	4,727	44,314	4.400	71,896	70,919	1,537	11.315	8	0.008
Tecámbaro	36,158	528	0.860	3,009	62,685	6.224	45,089	7,184	706	5.197		
Alcalázar	61,651	1,051	1.712	8,574	20,250	2.010	40,730	32,745	810	5.963		
Elacazalca	87,616	1,541	2.511	125	500	0.049	27,182	27,359	398	2.930		
Tuxpan	126,428	3,284	5.351	3,412	82,135	8.155	25,680	20,704	374	2.753	5	0.006
Ticuirén	18,813	270	0.439	504	2,203	0.218	24,889	7,061	353	2.598		
Titicutaro	64,565	1,030	1.678	1,647	9,550	0.948	24,468	11,484	310	2.282		
Totales:	1,723,017	61,367	100.000	120,856	1,007,092	100.000	812,943	540,883	13,583	100.000	134,043	100.000

FUENTE: S.A.R.H., Dirección General de Usos del Agua y
Prevención de la Contaminación, 1976.

Cuadro 7

AGUA SUBTERRANEA.

96

Cuenca de los ríos	USO DOMESTICO			USO AGRICOLA			USO PECUARIO		USO INDUSTRIAL			
	Habitantes	Volumen en 10 ⁶ m ³ anuales	Porcentaje	Hectáreas	Volumen en 10 ⁶ m ³ anuales	Porcentaje	Ganado Mayor	Ganado Menor	Volumen en 10 ⁶ m ³ anuales	Porcentaje	Volumen en 10 ⁶ m ³ anuales	Porcentaje
Ocochiví	4,170	61	0.478	60	90	0.413	430	220	8	0.342		
Carácuero	1,720	25	0.196	16	80	0.367	12,090	5,000	213	9.125		
Casilda	81	1	0.007				20	15	1	0.042		
San Andrés	120	2	0.015									
Cupatitzio	1,232	66	0.517	311	123	3.782	175	30	2	0.085	305	4.804
Arroyo Cutzio	45	1	0.007				55	35	1	0.042		
Chero	18,940	411	3.225	3	5	0.022	3,815	6,410	97	4.155		
De la Arena	340	5	0.039				830	100	12	0.514		
De la Pasión	553	6	0.047									
Duro	70,369	1,035	8.122	145	1,657	7.615	2,780	3,014	44	1.885	5,749	90.565
Grande de Morelia	19,765	344	5.323	125	385	1.769	7,350	8,080	160	6.855	294	4.631
Itácuero	9,261	135	1.059	56	446	2.049	4,800	5,400	108	4.641		
Itzanguaritos	57,625	934	7.330	154	1,667	7.861	10,435	35,062	243	10.411		
Jicuilcan	120,266	2,919	22.908				10,330	14,080	165	7.069		
La Gloriosa	55,600	1,509	11.381	317	1,245	5.722	4,450	20,700	281	12.039		
La Patena	44,556	948	7.439	230	1,743	8.011	8,434	12,357	144	6.169		
Lerma (hasta la Presa Tepuktepec)	4,100	69	0.598				600	850	15	0.642		
Arroyo Manguallo	350	5	0.039				230	130	4	0.171		
Puranguero	3,900	92	0.722					500	3	0.128		
Quirándaro	9,790	245	1.922	1,372	5,957	27.389	6,180	4,760	122	5.227		
Arroyo Quiránguichero	40,104	719	5.642	191	1,220	5.607	4,103	2,660	55	2.356		
San Carlos	1,186	26	0.204									
San Gregorio	23,343	332	2.605				6,668	4,170	86	3.770		
San Lucas	6,965	153	1.200									
San Marcos	52,375	1,147	9.001	566	3,303	15.181	7,450	3,300	130	5.569		
Santa Catarina	35,222	417	3.272				3,800	7,280	105	4.498		
Tecóhuero	65	1	0.007				472	50	8	0.342		
Tlalpujahua	6,225	174	1.365	100	150	0.689	2,420	4,000	62	2.656		
Tlacotalca	24,431	422	3.311	583	2,896	13.310	11,509	30,340	239	10.239		
Tuxcan	11	1	0.007									
Zicuirán	84	1	0.007				420	15	5	0.214		
Zitacuaro	1,460	16	0.125	12	90	0.413	1,510	670	19	0.814		
Totales:	636,119	12,742	100.000	4,201	21,757	100.000	111,272	170,341	2,334	100.000	6,348	100.000

FUENTES: S.A.R.H., Dirección General de Usos del Agua y Prevención de la Contaminación, 1976.

103° 30'

103°

102° 30'

Lago de Chapala

R. de Toluca

R. Cuernavaca

R. Coapa

R. Mexcala

R. Zirapuro

R. Toluca

R. El Cajón

R. Tepicaltépec

R. Chillo

R. de Chivila

R. de Ojeda

R. de la Bota

R. Colcoman

R. San José

R. Coapa

R. Chocón

R. Tupilina

R. Nepepe

R. Chiquigua



FORMA: MA. GUADALUPE RODRIGUEZ PEREZ.
DIBUJO: ARTURO L. RESENDIZ CRUZ

FUENTE: COMITE COORDINADOR DEL LEVANTAMIENTO DE LA CARTA TOPOGRAFICA

103° 30'

103°

102° 30'

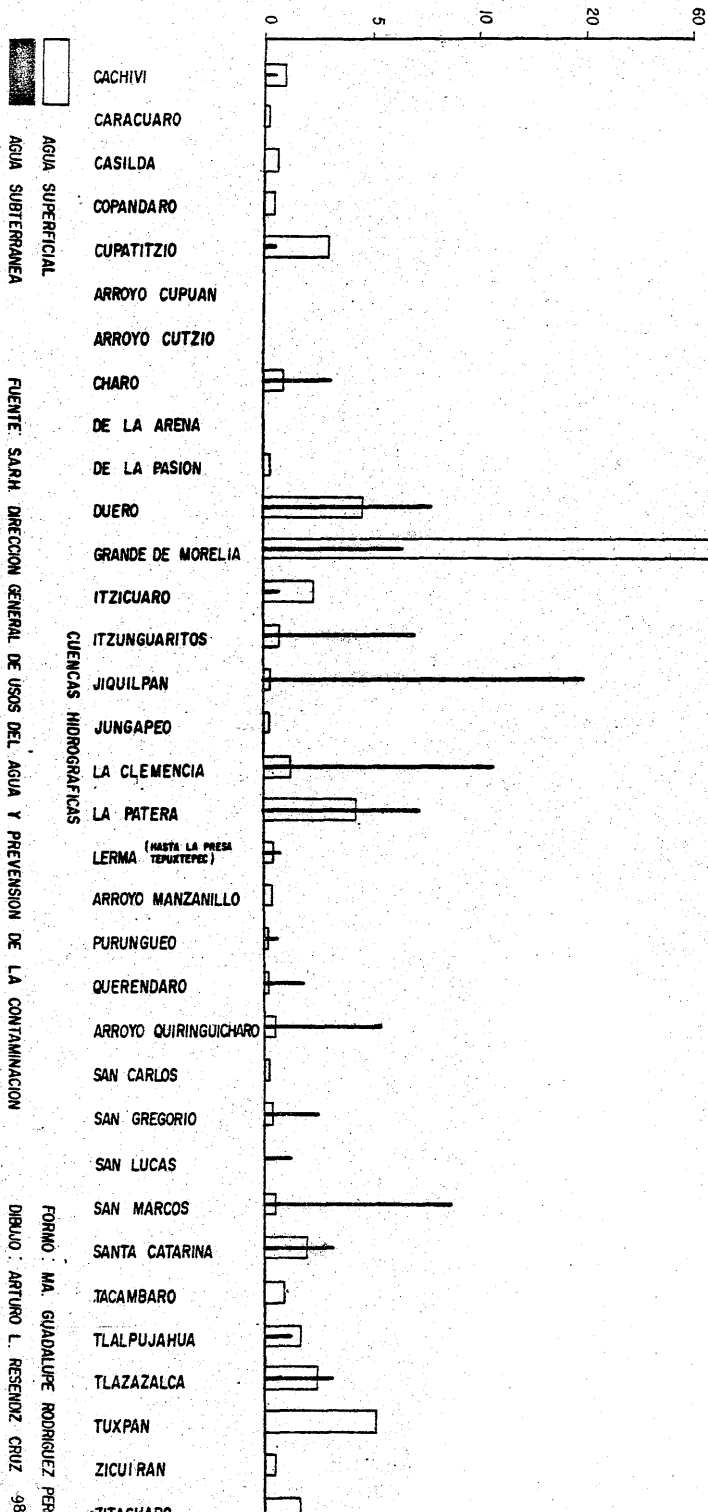


FIG. 6. PORCENTAJES DE VOLUMENES DE AGUA PARA USO DOMESTICO

FUENTE: SARH. DIRECCION GENERAL DE USOS DEL AGUA Y PREVENISION DE LA CONTAMINACION

FORMO: MA. GUADALUPE RODRIGUEZ PEREZ
 DIBUO: ARTURO L. RESENDIZ CRUZ 98

anteriormente son: la de los ríos Tuxpan, Duero, La Patera, Cupatitzio en donde se localizan los municipios de Zitacuaro, Zamora, Zacapu y Uruapan respectivamente, los cuales son regiones de interés agrícola, comercial y turística que por lo mismo concentran una mayor población.

Por otra parte, el aumento de consumo doméstico por individuo en los últimos años, ha obligado al gobierno a explotar nuevas fuentes de abastecimiento de agua potable con el objeto de complementar a las ya existentes. - - Siendo éstas las de tipo subterráneo -manantiales y pozos profundos- de los cuales se emplean para uso doméstico - - $12,742 \times 10^6 \text{m}^3$ anuales (cuadro 7).

De este total, las cuencas que registran el mayor porcentaje empleado para este fin son las de los ríos Jiquilpan y La Clemencia, figura 6, ambos afluentes del río Lerma. Esto seguramente porque en estas regiones la prioridad del uso doméstico se debe principalmente a una sobrepoblación y por consiguiente a una serie de consecuencias derivadas de ella.

4.3 USO AGRICOLA.

Del total de la población económicamente activa del estado, el 59% se dedican a actividades agropecuarias (dato preliminar del censo de 1980 proporcionado por la -

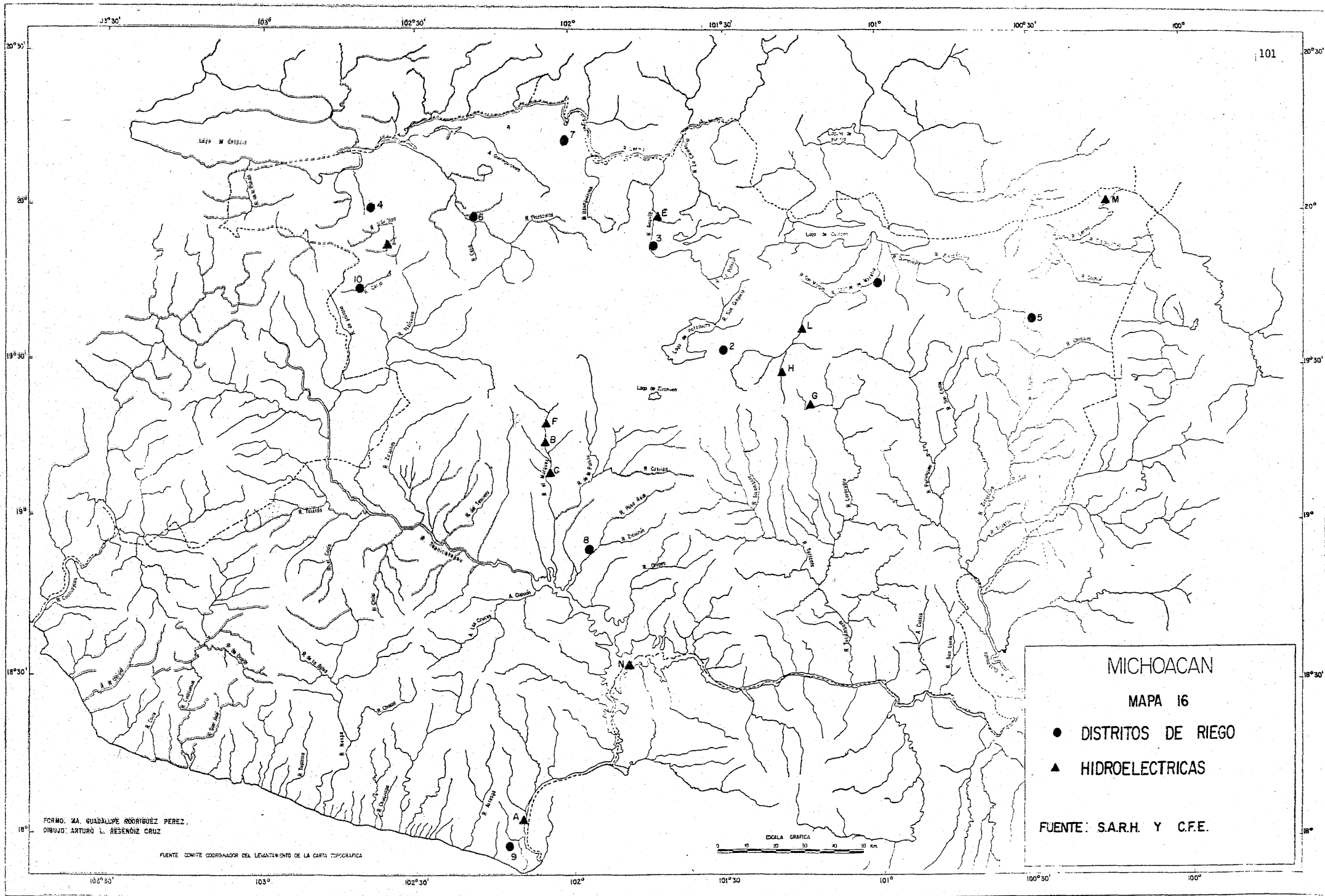
Dirección General de Estadística), antecedente que muestra la importancia de proyectar los recursos hidráulicos.

El crecimiento de la agricultura en Michoacán, - en los últimos años, se debe además de las altas inversiones en irrigación, a otros factores complementarios como - son: la introducción de semillas mejoradas, el uso de fertilizantes, un eficiente control de plagas y mejores técnicas de cultivo. Gran parte de estas innovaciones se han - concentrado en las áreas beneficiadas con riego.

En la región en estudio, como en el resto del - territorio nacional, existen sistemas comunales de riego - que son controlados por la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, de los cuales diez se localizan en la - primera, (mapa 16).

La distribución geográfica de los distritos de - riego indica, por una parte, la existencia de corrientes - permanentes y por otra la existencia de mantos freáticos - cuya agua es captada por la diversa infraestructura que re - claman los distritos de riego.

Los distritos de riego Morelia-Queréndaro, - - Tzurumutaro, Zacapu, Zamora, Ciénega de Chapala y Rosario-Mezquite marcan aproximadamente el área de transición entre las zonas áridas y las húmedas; salvo una pequeña área semiárida, hacia el sur, la Depresión del Balsas.



MICHOCACAN
 MAPA 16
 ● DISTritos DE RIEGO
 ▲ HIDROELECTRICAS
 FUENTE: S.A.R.H. Y C.F.E.

FORMO. MA. GUADALUPE RODRIGUEZ PEREZ.
 DIBUJO. ARTURO L. ARENIZ CRUZ

FUENTE: SEMITE COORDINADOR DEL LEVANTAMIENTO DE LA CARTA TOPOGRAFICA

ESCALA GRAFICA
 0 10 20 30 40 50 km

Para el normal desarrollo de las plantas se necesita un cierto consumo de agua, variable según la temperatura, iluminación, estado vegetativo de las plantas y tipo de cultivo. La distribución del agua por medio del riego favorece a los cultivos. Además de los requerimientos mencionados anteriormente, influye la estación en que se lleva a cabo la siembra para asegurar las cosechas (ver cuadro 8). También se pueden cultivar en ciertas regiones plantas que serían, de otro modo, incompatibles con el régimen de precipitaciones.

Al examinar los cuadros 6 y 7 y mapa 15 se observa que el volumen de agua superficial empleado para esta actividad es mayor que el del agua subterránea. Y al examinar la figura 7 junto con el mapa mencionado se ve que los mayores porcentajes de ambos tipos de aprovechamiento coinciden con los diferentes distritos de riego distribuidos en el territorio michoacano.

La agricultura en el estado se integra de la siguiente manera:

En la región norte, constituida por la Ciénega de Chapala y el Bajío, el mayor número de habitantes se dedica a la agricultura debido a una serie de factores que han impulsado esta actividad, entre ellos destacan: lo poco accidentado del terreno, el clima templado con lluvias

Superficie en Ha.

Dominada: 15,000

Cosechada: 6,031

No. de usuarios: 1,323

CULTIVO	SUPERFICIE REGADA (Ha)	NUMERO DE RIEGOS	LAMINAS (cm)		PERIODO DE RIEGO
			BRUTA	NETA	
<u>INVIERNO</u>					
Maíz	95	1.4	69	48	1o. Nov.-30 Abril
Frijol	9	1.2	47	34	15 Nov.-15 Marzo
Sandía	17	7.5	44	28	1o. Dic.-30 Abril
Jitomate	10	7.5	67	45	1o. Oct.-30 Marzo
SUB-TOTAL	131		64	44	
<u>PRIMAVERA-VERANO</u>					
Maíz	74	1.6	66	43	1o. Abril-15 Jun.
Hortalizas	23	2.0	75	47	15 Abril-15 Jun.
SUB-TOTAL	97		68	44	
<u>PERENNES</u>					
Coco Plátano	1 002	10.1	84	55	1o. Nov.-30 Jun.
Plátano	109	4.0	34	22	1o. Nov.-30 Jun.
Papaya	126	5.6	206	143	1o. Oct.-30 Jun.
Mango	491	1.5	72	49	1o. Nov.-30 Marzo
Mango Papaya	102	7.5	329	234	1o. Nov.-30 Marzo
Mango Plátano	28	7.5	104	69	1o. Nov.-30 Marzo
Coco	214	2.0	159	105	1o. Nov.-30 Jun.
Coco Papaya	15	7.5	808	572	1o. Nov.-30 Jun.
Cítricos	55	13.7	1 351	891	1o. Oct.-30 Abril
Varios	494	7.5	236	162	1o. Nov.-30 Marzo
SUB-TOTAL	2 636		472	312	
TOTAL GENERAL	2 864				
Fuente: S.A.R.H., Dirección General de Distritos y Unidades de riego. Resultados Plan de Riegos Realizados en el ciclo agrícola 1982-1983. S.A.R.H., Características de los Distritos de riego. Tomo III, 1979.					

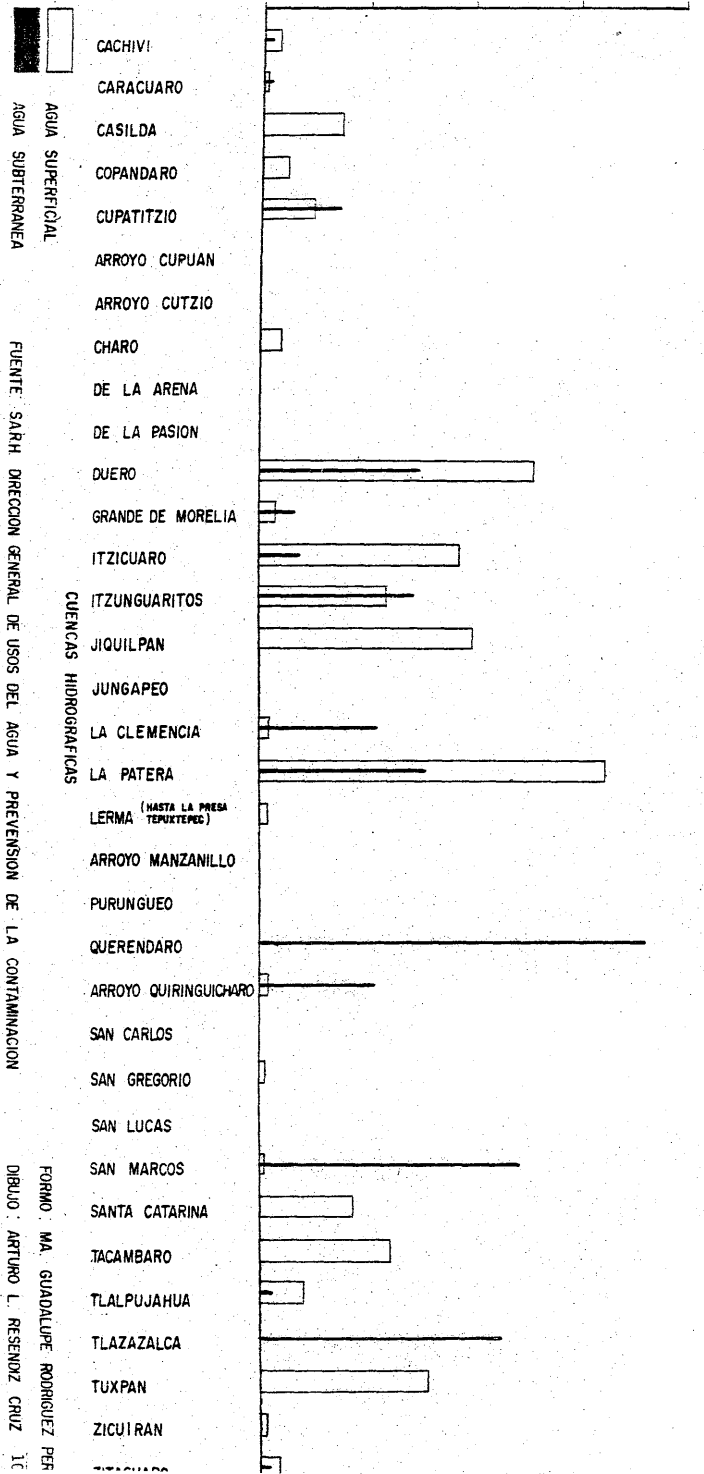


FIG. 7. PORCENTAJES DE VOLUMENES DE AGUA PARA USO AGRICOLA

FUENTE: SARH DIRECCION GENERAL DE USOS DEL AGUA Y PREVENISION DE LA CONTAMINACION

FORMO: MA. GUADALUPE RODRIGUEZ PER DIBUJO: ARTURO L. RESENDIZ CRUZ

en verano, los grandes depósitos naturales de agua -ríos - Duero, Lerma, Tlazazalca y Celio-, los distritos de riego -
-Ciénega de Chapala, Zamora, y Rosario Mezquite- y las - -
-vías de comunicación.

En la Sierra Tarasca, que forma parte del Sistema Volcánico Transversal, se presentan alturas superiores -
-a los 2,500 m, el clima en las partes más altas es semi- -
-frío, el régimen de lluvias es de verano, la hidrografía -
-la forman el Lago de Pátzcuaro y Zirahuén, los ríos Cupa-
-titzio y Turicato y la única unidad de riego es el distri-
-to de Tzurumutaro. Al parecer el principal factor que li-
-mita el desarrollo de la agricultura es el relieve. En -
-esta región el porcentaje de la agricultura de temporal es
-superior al 83%.

En la zona de Tierra Caliente, ubicada entre la -
-Sierra Madre del Sur y la Sierra Volcánica Transversal, -
-entre los 400 y 600 m de altura se encuentran los campos -
-agrícolas más productivos de la entidad: los valles de - -
-Apatzingán, Nueva Italia, Tomatlán, Huetamo y San Lucas, -
-que se extienden por las márgenes del río Tepalcatepec y -
-Balsas. El clima aunque seco no impide el desarrollo agrí
-cola debido al distrito de riego Cupatitzio-Tepalcatepec -
-que favorece en todos aspectos a la agricultura, concen- -
-trándose en esta área el 30% de la superficie total de - -
-riego del estado.

En la Zona Sur o Montañosa Costera, localizada - entre la Sierra Madre del Sur y el Océano Pacífico, la población, que apenas alcanza el 6% de la total del estado, - aprovecha los pequeños valles y planicies para las labores agrícolas y el pastoreo. La carencia de vías de comunicación aunada a la escasa población y al relieve han originado que en esta zona se limite el desarrollo de la agricultura.

Consuelo Soto indica en su trabajo La Agricultura comercial de los distritos de riego en México y su impacto en el desarrollo agrícola (1981) que "en México las inversiones en obras de riego han propiciado el desarrollo de importantes núcleos de población en función de la atracción que representan las diversas actividades económicas - que se han desarrollado alrededor de ellas, lo que ha dado lugar a un fuerte crecimiento de áreas rurales y urbanas - enclavadas en los distritos de riego".

En lo que respecta a Michoacán, menciona que "en la cuenca del Tepalcatepec, la ciudad de Apatzingán es un importante centro agrícola de atracción con 45,000 habitantes en 1970, registró un crecimiento de 68.5% (se calculó en base al crecimiento anual que registraron las cabeceras municipales durante el período 1940-1970) en 30 años, ya - que en 1940 era un pueblo de 2,080 habitantes. Relacionadas con este centro se encuentran las poblaciones rurales

de La Huacana, Tancítaro, Buenavista y otras más."

En el cuadro 9 aparecen los porcentajes de crecimiento para otras cabeceras municipales, considerando el mismo período citado anteriormente.

4.4 USO PECUARIO.

La ganadería es la actividad que sigue en importancia a la agricultura dentro de las actividades agropecuarias. La población de ganado bovino y porcino registraron en 1978 y 1979 las mayores cifras, según lo muestra el cuadro 10, mientras que la población de ovino, caprino, caballar, asnal y mular es menor. En ese mismo cuadro se aprecian algunos datos preliminares para 1980, a la vez, que la población de ganado porcino supera a la de bovino; las restantes, a excepción del caballar y del asnal, tienen un incremento proporcional en relación a los años anteriores.

Las zonas de explotación de ganado bovino son: la Ciénega de Chapala, el Bajío y la Sierra Tarasca donde se concentran las explotaciones lecheras, en tanto que Tierra Caliente y la Sur o Montañosa Costera se caracterizan como zonas ganaderas para abasto (NAFINSA, 1972).

Los factores principales que influyen en un --

...

Cuadro 9

CRECIMIENTO DE LA POBLACION EN ALGUNOS MUNICIPIOS DE MI-
CHOACAN.

Período 1940-1970

Cabecera Municipal	20.1-100%	10.1-20%	5.0-10%
<u>Apatzingán</u>	68.5		
Buenavista			7.0
<u>Ciudad Hidalgo</u>			7.5
La Huacana			5.4
<u>Jacona</u>			9.8
<u>Morelia</u>			9.1
<u>La Piedad</u>			6.0
<u>Sahuayo</u>			5.8
Tangancícuaro			5.5
Tepalcatepec			7.7
<u>Zacapu</u>		13.9	
<u>Zamora</u>			9.1

+ Las poblaciones subrayadas fueron consideradas urbanas -
en el Censo de 1970.

FUENTE: Soto Mora Consuelo, La Agricultura comercial de -
los distritos de riego en México y su impacto en -
el desarrollo agrícola, 1981.

Cuadro 10

POBLACION GANADERA EN EL ESTADO DE MICHOACAN

<u>Ganado</u>	<u>1978</u>	<u>1979</u>	<u>1980</u>
Bovino .	1,413,010	1,488,747	1,558,843
Ovino .	209,965	215,874	222,650
Porcino .	1,708,621	1,884,448	1,994,107
Caprino .	330,521	341,924	356,693
Caballar .	366,779	365,420	364,280
Asnal .	199,058	198,709	198,030
Mular .	138,980	140,012	141,052
 <u>Aves</u>			
Productoras de huevo:	2,564,256	2,753,840	2,951,315
Productoras de carne:	9,206,868	9,422,291	10,006,109
Guajolotes.	398,291	405,400	415,380
Colmenas	183,048	188,343	196,818

* Las cifras de población porcina, caballar, asnal y mular correspondientes a 1980 son preliminares.

Fuente: S.P.P., Anuario Estadístico de los Estados Unidos Mexicanos, 1980.

mejor rendimiento en la ganadería son: problemas de pastizales, sanidad animal, manejo, crédito y asistencia técnica con deficiencias. Sin embargo con el funcionamiento del "Plan Michoacán" se podrán subsanar algunos de estos problemas ya que consta de una campaña de asistencia técnica pecuaria, de servicio médico veterinario y de otra campaña permanente contra el abigeato. (NAFINSA, op. cit.)

Por lo que respecta al ganado porcino, su explotación se encuentra localizada en todo el estado, sin embargo, en la Ciénega de Chapala y el Bajío es en donde se concentra más del 50% de la población debido a la existencia de forrajes, el clima, las empacadoras existentes, las vías de comunicación y a la cercanía de los grandes mercados.

Existen pérdidas de varios miles de pesos por concepto de muertes y mengua de peso en su traslado a los mercados de consumo debido a que los envíos los realizan en pie.

Por otra parte esta actividad deja de generar empleo al no propiciar un mayor desarrollo industrial y económico.

El ganado caprino ha quedado relegado a consecuencia del desarrollo del ganado bovino. Los rendimientos tanto en la leche como en carne son bajos debido a la

mala calidad genética del ganado, a la alimentación deficiente y al manejo inadecuado; aunque éste podría aumentar tanto en número como en calidad debido a que el estado posee zonas montañosas; además este tipo de ganado es poco exigente en materia de alimentación, sin embargo, se debe tener mucho cuidado con él ya que es sumamente depredador por lo que su pastoreo debe estar perfectamente controlado.

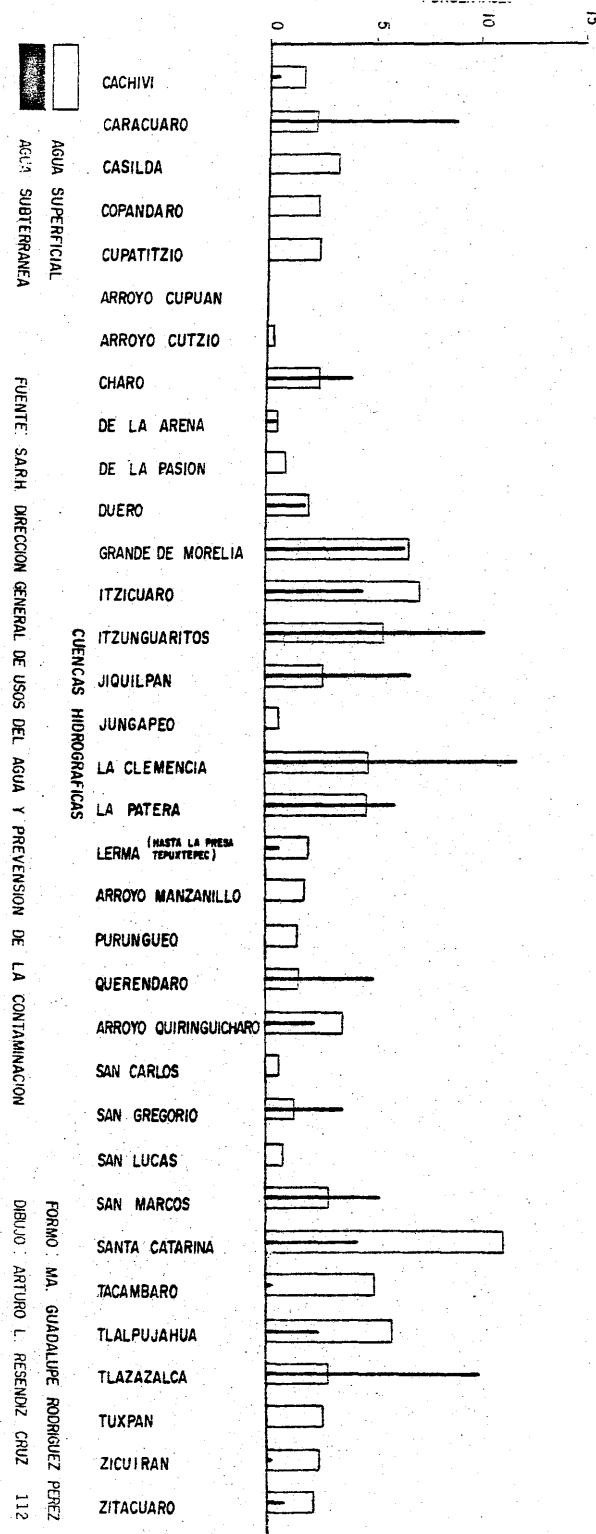
Las especies caballar, mular y asnal tienen menor importancia que las anteriores, reduciéndose su utilización a medios de transporte y carga o como ayuda en la ejecución de las labores agrícolas.

La Dirección de Usos del Agua y Prevención de la Contaminación de la SARH divide el total de cabezas de ganado en: mayor -vacuno, caballar, asnal y mular- y menor -ovino, caprino y porcino- e informa que el volumen de agua superficial es más utilizado para esta actividad (cuadros 6 y 7 y mapa 15). Del volumen total de este tipo de agua, el 60% es consumido por el ganado mayor y las cuencas que registran los más altos porcentajes son las de los ríos Santa Catarina e Itz'icuaró.

Por otra parte, el agua subterránea es destinada en mayor proporción para el ganado menor, las cuencas que señalan los porcentajes más elevados (figura 8) son las de

...

FIG. 9. PORCENTAJES DE VOLUMENES DE AGUA PARA USO PECUARIO



FUENTE: SARH DIRECCION GENERAL DE USOS DEL AGUA Y PREVISION DE LA CONTAMINACION

FORMO: MA. GUADALUPE RODRIGUEZ PEREZ
 DIBUJO: ARTURO L. RESENDIZ CRUZ 112

los ríos La Clemencia, Itzunguaritos y Tlazazalca de la -
cuenca del Lerma, que pertenecen a las regiones de produc-
ción de esta clase de ganado.

4.5 USO INDUSTRIAL.

La industria ocupa el segundo lugar dentro de la
actividad económica del estado. En el período de 1970 a -
1978 el sector industrial creció a una tasa de 11.5% (Go-
bierno del Estado de Michoacán, 1981).

En lo que se refiere a la industria extractiva, -
cuadro 11, la operación de la Siderúrgica Lázaro Cárdenas -
las Truchas y la infraestructura que se está instalando -
constituyen un polo de desarrollo de gran importancia a ni -
vel nacional aunado al desarrollo económico e industrial -
del estado y del que se derivará una serie de industrias -
vinculadas con la actividad acerera.

El subsector electricidad es también uno de los -
más importantes debido a las fuertes inversiones hechas -
por el Gobierno Federal. La energía generada en su mayor -
parte (98%) es de origen hidráulico.

En relación a la industria de la construcción, -
el producto de esta actividad creció debido a las inversio -
nes federales en obras de infraestructura, tales como las -
de irrigación y comunicaciones, además por la construcción

privada.

En lo que respecta a la industria de transformación, en el cuadro 11 aparecen los grupos que integran este tipo de industria, también en ese mismo cuadro se aprecia que son dos, de los diecinueve grupos industriales, - en donde se concentra la actividad. El primero de ellos - es el de fabricación de alimentos, excepto bebidas, el - - cual representó el 41.2% del valor agregado, cuyos subgrupos más importantes son la fabricación de azúcar, destilación de alcohol etílico, preparación y envase de frutas y legumbres, beneficio de cereales y otros granos y fabricación de productos de molino.

El segundo grupo es el relacionado a la fabricación de productos de minerales no metálicos, excepto del - petróleo y del carbón mineral, el cual representó el 17.2% del valor agregado, siendo los subgrupos más importantes - la fabricación de otros productos de minerales no metálicos, fabricación de productos de arcilla para la construcción y la fabricación de artículos de barro, loza y porcelana.

Como puede observarse en el cuadro 11, el 76% de los diecinueve grupos industriales ni siquiera llega a participar con un 10% del valor agregado debido a que no ha - existido una promoción fuerte, encaminada a la diversificación de las actividades industriales manufactureras.

Cuadro 11

ESTRUCTURA DE LA INDUSTRIA DEL ESTADO DE MICHOACAN
VALOR AGREGADO (MILES DE PESOS) 1975.

<u>Industrias Extractivas.</u>			
Grupo	Actividad	Valor Agregado	Estructura (%)
13	Extracción y beneficio de minerales metálicos.	147,781	88.7
14	Extracción de minerales no metálicos; excepto sal.	<u>18,881</u>	<u>11.3</u>
	Total:	<u><u>166,662</u></u>	<u><u>100.0</u></u>
<u>Industrias de Transformación.</u>			
20	Fabricación de alimentos, excepto bebidas.	486,510	41.2
21	Elaboración de bebidas.	56,334	4.8
23	Fabricación de textiles.	16,183	1.4
24	Fabricación de prendas de vestir y otros artículos confeccionados con textiles y otros materiales; excepto calzado.	25,539	2.2
25	Fabricación de calzado e industria del cuero.	14,089	1.2
26	Industria y productos de madera y corcho; excepto muebles.	160,376	13.6
27	Fabricación y reparación de muebles y accesorios; excepto los de metal y los de plástico moldeado.	14,673	1.2
28	Industria del Papel.	11,504	1.0
29	Industria editorial, de impresión y conexas.	14,882	1.3
30	Industria química.	123,361	10.4
32	Fabricación de productos de hule y de plástico.	10,946	0.9
33	Fabricación de productos de minerales no metálicos; excepto del petróleo y del carbón mineral.	201,843	17.2
35	Fabricación de productos metálicos; excepto maquinaria y equipo.	16,322	1.4
36	Fabricación, ensamble y reparación de maquinaria, equipo y sus partes; excepto los eléctricos.	3,576	0.3
37	Fabricación y ensamble de maquinaria, equipo, aparatos, accesorios y artículos eléctricos y electrónicos y sus partes.	3,069	0.2
38	Construcción, reconstrucción y ensamble de equipo de transporte y sus partes.	1,078	0.1
39	Otras industrias manufactureras.	19,095	1.6
	Total:	<u><u>1,179,980</u></u>	<u><u>100.0</u></u>

Fuente: Secretaría de Programación y Presupuesto, X Censo Industrial 1976, Tomo II, 1979.

En lo que se refiere al suministro de agua, numerosas industrias necesitan grandes cantidades de este líquido, ya sea para el propio proceso industrial, para limpieza, refrigeración o procesos auxiliares.

Los usos en este renglón pueden agruparse en dos clases:

a) Aquellos en los cuales el agua se incorpora materialmente en el producto como cualquier otra materia prima, y por consiguiente es consumida -alimentos, refrescos, productos químicos, etc.- y,

b) Aquellos en los que el agua no es consumida, como sucede en los propósitos sanitarios, de servicio, lavado, enfriamiento, etc.

Al referirse a la industria instalada en el estado se puede decir que, la industria extractiva utiliza el agua del segundo grupo al emplearla en el enfriamiento de los altos hornos, así como de las laminadoras de acero utilizándose en este proceso grandes cantidades de agua.

La calidad del agua para el enfriamiento puede poseer un elevado contenido mineral siempre que el equipo en el que se use esté hecho con materiales resistentes a la corrosión.

Con respecto a las industrias de transformación,

los grupos de fabricación de alimentos y elaboración de bebidas utilizan el agua como materia prima o en la cocción de las diversas materias primas. Para estos fines, la calidad del agua debe ser la misma exigida a los abastecimientos para consumo doméstico.

La industria química utiliza grandes volúmenes de agua en los procesos de enfriamiento, dilución, lavado y en algunos otros antes de la obtención final de los productos.

El volumen de agua superficial es más empleado que el subterráneo, según se aprecia en los cuadros 6 y 7 y mapa 15. También se observa que los datos reportados por la Dirección de Usos del Agua y Prevención de la Contaminación se refieren a volúmenes de agua utilizados en industrias de transformación, como se citaba en párrafos anteriores, emplean el agua como materia prima o en la cocción de las diversas materias primas.

Probablemente esta Dirección no tiene datos precisos de los volúmenes de agua utilizados en la industria extractiva debido a que el agua no es consumida, pudiéndose utilizar posteriormente.

4.6 ENERGIA HIDROELECTRICA.

Desde los tiempos más antiguos se han aprovecha-

do las corrientes fluviales para la producción de energía utilizada en molinos y diversas industrias.

Sin embargo, la utilización de la energía hidráulica en gran escala no tuvo lugar hasta que no se pudo transportar, en forma de energía eléctrica, a grandes distancias por medio de líneas de alta tensión. El desarrollo de la energía hidroeléctrica durante los últimos años ha sido extraordinariamente rápido, de modo que en la región de estudio funcionan catorce plantas hidroeléctricas (cuadro 12 y mapa 16). Aunado a este desarrollo está una serie de factores de tipo económico y físico; de los últimos los de mayor importancia son: la existencia de innumerables ríos que corren por un relieve apropiado y con un clima adecuado.

Por otra parte, una planta hidroeléctrica resulta económicamente más conveniente que una accionada por combustible, aunque el costo inicial en la construcción de la primera y las instalaciones relacionadas con la misma es tres o cuatro veces mayor, sin embargo, su costo de operación es considerablemente más bajo pues no se necesita comprar combustible, su maquinaria dura mucho más, sólo se requiere un 20% de los operarios empleados en una planta accionada por combustible para hacerla funcionar y su eficiencia es mucho mayor. (Jones, C. y Darkenwald, G., 1971).

Cuadro 12

CARACTERISTICAS DE LAS CENTRALES DE GENERACION HIDROELECTRICA, 1979.

Centrales Generadoras	No. de Unidades	Capacidad KW	Area de Control	Generación	
				Bruta MWh	Neta MWh
A. José Ma. Morelos (La Villita)	4	300,000	Central	1,020,997	1,019,705
B. Cupatitzio	2	72,450	Occidental	442,280	441,218
C. Cóbano	2	52,020	Occidental	202,110	201,212
D. Platanal	2	9,200	Occidental	47,423	47,317
E. Botello	2	8,100	Occidental	55,807	55,648
F. Zumpimito	4	6,400	Occidental	37,514	37,426
G. San Pedro Porúas	3	2,864	Occidental	12,946	12,918 ^{a/}
H. Tirio	4	1,312	Occidental		
I. Granados	1	940	Occidental		
J. Bartolinas	2	750	Occidental		
K. Itzicuaró	2	592	Occidental		
L. Coitzio	1	480	Occidental		
M. Tepuxtepec	3	79,945	Central	194,409	188,416
N. Infiernillo	6	1,000,000	Occidental	450,000,000	450,000,000
Totales:	38	1,535,053		452,013,486	452,003,860

a/ San Pedro Porúas incluye: Tirio, Granados, Bartolinas, Itzicuaró y Coitzio.

* La localización de las estaciones aparece en el mapa 16.

Fuente: Secretaría de Programación y Presupuesto, El Sector Eléctrico en México, 1983.

En lo que se refiere a capacidad instalada en el estado, ésta es de 1,535,053 KW beneficiando, en 1980, a 2,630,000 habitantes; cifra que representa el 80% de la población total de la región en estudio (Gobierno del Estado de Michoacán, 1981).

El número de localidades electrificadas en ese mismo año es de 1,405, siendo éstas las cabeceras municipales y las localidades mayores de 5,000 habitantes; quedando pendientes por electrificar los poblados con población menor a 500 habitantes (Gobierno del Estado de Michoacán, op. cit.)

4.7 PISCICULTURA.

Esta actividad tratada desde el punto de vista de los aprovechamientos de los cursos hidrológicos viene siendo el uso del agua con el objeto de cultivar peces, cuyo desarrollo es en estanques, bordos, presas, jagüeyes, charcos, etc. con la finalidad de introducir nuevas especies y mejorar la alimentación, así como de abatir la desocupación en el campo.

En el estado funcionan dos centros piscícolas (Departamento de Pesca, 1979), el primero de ellos es el de Pátzcuaro cuya producción de especies abarca charal, pescado blanco, tilapia, lobina negra, acúmara y carpa es-

pejo. Desafortunadamente la densidad de los cardúmenes de la mayoría de estas especies y en particular del pescado blanco se han visto reducidas por una serie de factores, entre los que más destacan están: una explotación intensiva en épocas de cuaresma, la invasión del lirio acuático que limita la penetración de la luz solar, con lo que se reduce la producción del fitoplancton, la erosión que está propiciando el azolvamiento del lago, los desechos de la red de drenaje de las localidades, etc.

El segundo es el de Pecuato destinado a la producción de trucha arco iris.

A pesar de que en el estado existen más de sesenta vasos y presas, mayores de medio millón de metros cúbicos, así como seis lagos naturales y parte del Lago de Chapala, el impulso que se le ha dado a la piscicultura ha sido mínimo por lo que su producción y captura se concentra en muy pocos de ellos.

La pesca en aguas continentales se realiza en los lagos de Cuitzeo, Chapala e Infiernillo.

En lo que se refiere al Lago de Cuitzeo, el cual es de fondos bajos y en importante extensión sufre disminución de su volumen de agua durante la época de secas, los pescadores se limitan a la pesca del charal.

En la Ciénega de Chapala existe una serie de canales en donde hay apreciables cantidades de rana criolla, las cuales han sido objeto de explotación.

4.8 RECREACION Y TURISMO.

Michoacán posee recursos turísticos tanto naturales como culturales cuyas características intrínsecas de cada uno de ellos los hacen susceptibles de ser visitados por los turistas con la finalidad de lograr una reposición energética y obtener un descanso físico y mental.

El empleo del agua como recurso turístico en la región en estudio está determinado por sus características geográficas; por ejemplo, en los lugares de mayor humedad y de topografía accidentada como la Sierra Volcánica Transversal, los cauces de los ríos que drenan su superficie - en algunas ocasiones presentan fuertes rupturas de pendientes formando cascadas como la Tzaráracua en el río Cupatitzio y Chorros del Varal en el río Itzícuaru.

Los rápidos también tienen ese toque de atracción y son abundantes en los ríos formadores así como en los afluentes y subafluentes de los colectores generales; desde el año de 1972 se realiza anualmente el Maratón Náutico del Balsas que ha llegado a ser un evento de atracción tanto nacional como internacional.

La pesca deportiva se realiza en los embalses de algunas presas, en los lagos de Pátzcuaro, Cuitzeo y Zihahuén, también es factible que se lleve a cabo en los cauces medios o bajos de los ríos.

Los balnearios mineromedicinales que existen en el estado son numerosos y se localizan en la Altiplanicie Mexicana y Sierra Volcánica Transversal, allí donde los efectos de la actividad volcánica todavía persisten como las características térmicas del agua que ocasionan mayor disolución de los elementos que encuentran a su paso y les dá peculiaridades químicas muy diversas. Estas características químicas dependen de la composición de las rocas que entran en contacto con el agua, lo cual le confiere algunas propiedades terapéuticas muy variables.

Es común que algunos de los balnearios cuenten con instalaciones deportivas como: albercas, canchas de tenis, volivol, basquetbol, etc.

En el mapa 17 se aprecian los diferentes atractivos turísticos que posee la región en estudio.

V. CONTAMINACION DEL AGUA

5.1 GENERALIDADES.

El agua es un elemento esencial para la vida. -

Constituye el principal componente del protoplasma celular y representa los dos tercios del peso total del hombre y - hasta nueve décimas partes del peso de los vegetales.

Sin embargo, hoy en día, la contaminación de los ríos es uno de los principales factores que limitan el - - abastecimiento de agua de muchas ciudades. Según estudios, las poblaciones urbanas producen al día unos 450 litros - diarios (Colección Científica de Time Life, 1976), en promedio, de residuos por persona y la mayoría de estas aguas negras va a dar a los ríos. Hay que considerar que además las corrientes están contaminadas por aceites industria- - les, sustancias corrosivas, ácidos colorantes, etc.

Con el aumento de la población aunado al desarro- llo del proceso de urbanización, a la demanda creciente de bienes de consumo debido a la intensidad de la publicidad, al surgimiento de la actividad industrial, etc., la polu- ción de ríos, lagos y aguas subterráneas aumenta constante- mente.

La Organización Mundial de la Salud dió en 1961_ la siguiente definición de la polución de las aguas dulces: "Debe considerarse que un agua está polucionada, cuando - su composición o su estado están alterados de tal modo que ya no reúnen las condiciones para el conjunto de utiliza- - ciones a las que se hubiera destinado en su estado natu- - ral". (Salvat Editores, S.A., 1973).

Esta definición incluye tanto las modificaciones de las propiedades físicas, químicas y biológicas del agua, que pueden hacer perder a ésta su potabilidad para el consumo diario o su utilización para actividades domésticas, industriales, agrícolas, etc., como los cambios de temperatura provocados por emisiones de agua caliente -polución térmica-.

5.2 ORIGEN Y NATURALEZA DE LOS PRODUCTOS CONTAMINANTES.

La contaminación de las aguas puede ser natural, la cual se produce con azolve -generalmente durante las avenidas- o con sales -durante el estiaje-. Sin embargo, la contaminación artificial es más peligrosa que la anterior y deriva de vertidos no controlados de origen diverso. Los principales son debidos a:

a) Aguas residuales urbanas. Contienen los residuos colectivos de la vida diaria. Su volumen está en constante aumento debido a la relación que tienen con la población.

b) Aguas de origen industrial. Constituyen la principal fuente de contaminación de las aguas. La mayoría de las industrias utilizan el agua en cantidades variables en diferentes procesos de fabricación. Los principales sectores contaminantes son el petróleo, el carbón, las

industrias químicas y las derivadas de la celulosa.

c) Contaminación de origen agrícola. Proviene - principalmente de ciertos productos utilizados en agricultura -plaguicidas y residuos de origen animal-.

Su origen múltiple se suma a las combinaciones - químicas que se producen.

Entre los productos orgánicos más frecuentes figuran aminoácidos, ácidos grasos, detergentes aniónicos, - etc.

Entre los componentes inorgánicos están numerosas sales disueltas en forma de iones: sodio, potasio, calcio, manganeso, cloruro, nitrato, bicarbonato, sulfato y - fosfato.

5.3 PRINCIPALES PARAMETROS INDICADORES DE LA CONTAMINACION DEL AGUA.

Uno de los parámetros para medir el grado de contaminación orgánica de las aguas de un río o un lago es la demanda bioquímica de oxígeno -DBO-, cuyo cálculo mide el peso, por volumen unitario de agua, del oxígeno disuelto - utilizado en el curso del proceso biológico de degradación de materias orgánicas. Sus valores son de alrededor de - 1 mg/l -en aguas naturales- a 300-500 mg/l -en aguas domés

ticas no depuradas-.

Si la concentración de sustancias contaminantes aumenta considerablemente, su degradación agota el oxígeno disuelto en el agua, pudiendo producir asfixia a gran número de animales acuáticos. A partir de este instante la acción de las bacterias aerobias -las que en condiciones normales mantienen el poder autodepurador del agua- son sustituidas por la intervención de bacterias anaerobias que contribuyen a la putrefacción del agua.

Temperatura. El aumento de ésta en las aguas supone al mismo tiempo un aumento en el consumo de oxígeno, pudiendo amenazar seriamente la vida acuática; la creciente utilización de agua por industrias -siderúrgicas, papeleras, etc.- aumenta cada día más dicho peligro.

Nitratos. Su presencia en el agua es generalmente inferior a 5 mg/l, pero pueden estar presentes en cantidades mayores en aguas subterráneas. El consumo de agua con un elevado porcentaje de nitratos puede originar metahemoglobinemia infantil -producto de la oxidación incompleta de la hemoglobina-.

5.4 DIFERENTES ESTUDIOS DE LA CALIDAD DEL AGUA EN MICHOACAN.

Es de primordial importancia conocer los cambios

de calidad del agua que sufren las principales corrientes_ cuyas características físicas, químicas, biológicas y bacteriológicas puedan, en combinación con los volúmenes de - escurrimiento, definir los usos adecuados a que se destine y aproveche al máximo este recurso.

La Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, por medio de la Dirección de Usos del Agua y Prevención de la Contaminación consciente de esta necesidad, ha iniciado un programa de trabajo que consiste en la medición continua de la calidad del agua en los principales ríos de la República Mexicana. La finalidad del mismo se dirige a proporcionar la información indispensable para lograr la planeación adecuada, en forma integral, de los usos del agua de una cuenca.

En base a ello se han seleccionado en la actualidad 130 estaciones de monitoreo de calidad del agua que cubren 67 ríos del país, tres lagunas litorales y tres zonas costeras de relevancia turística (S.R.H. 1975).

La selección de estaciones de muestreo, y por tanto la determinación de la calidad del agua, fue hecha en base a la importancia de ciertas regiones, como fuentes tanto actuales como potenciales, de abastecimiento de agua.

De estas estaciones de monitoreo doce se locali-

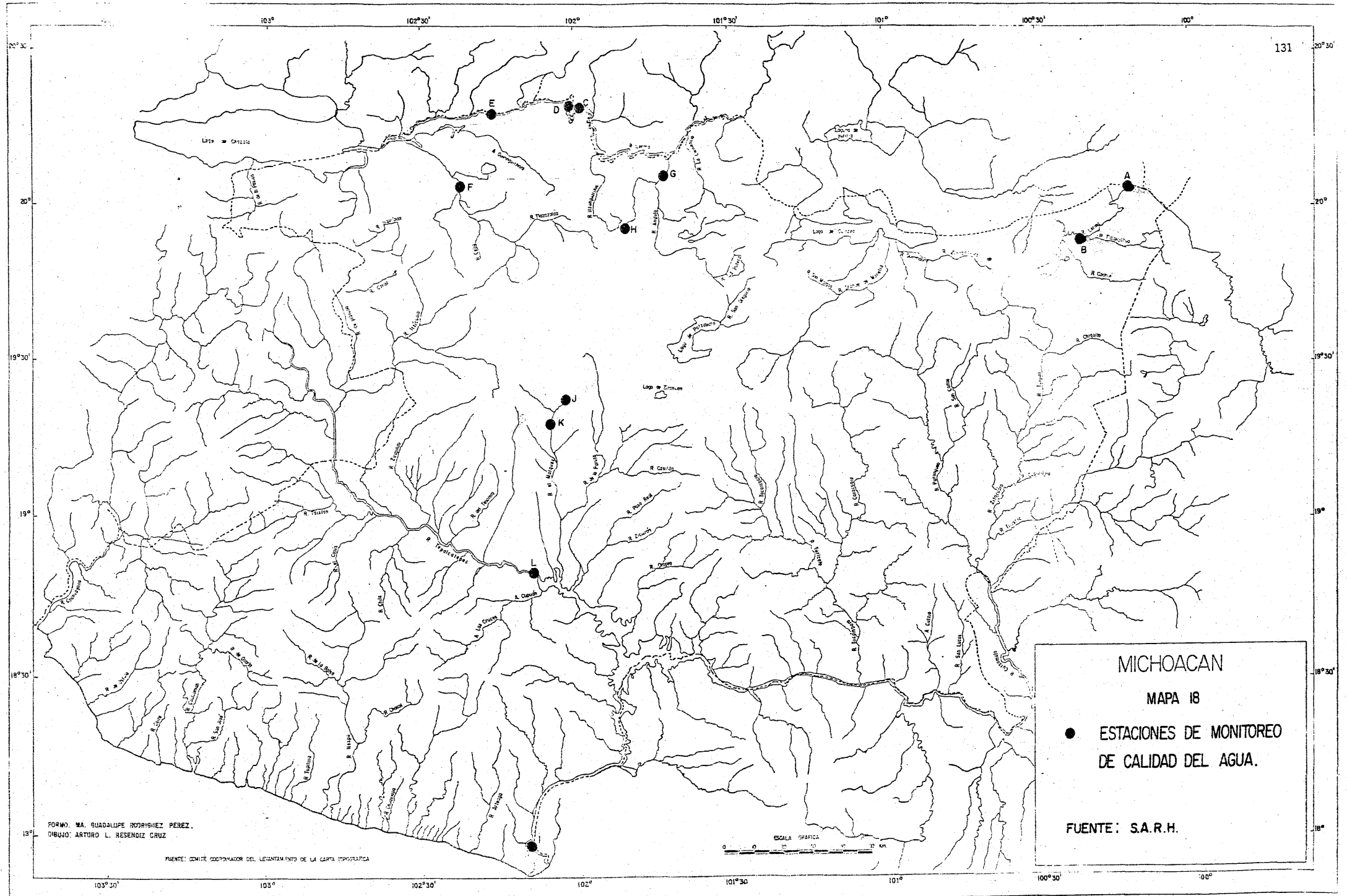
zan en ríos de Michoacán, mapa 18, las cuales reportan una serie de parámetros físicos, químicos y bacteriológicos de la calidad del agua; cuyos análisis se obtienen tanto en el cuerpo de agua como en el laboratorio. Para examinar los datos de estas estaciones se consultaron las Normas de Potabilidad del Agua emitidas por la Secretaría de Salubridad y Asistencia, propuestas dentro del Reglamento de Control Sanitario de Bienes, Servicios y Establecimientos -en vigor a partir de julio, 1984-, con objeto de compararlos con los requerimientos tolerables.

Sin embargo, no todos los parámetros indicados en las Normas se cotejaron debido a que la Dirección antes señalada no consideró algunos de ellos. Estos se muestran en el cuadro 13, obteniendo los resultados siguientes:

En lo que respecta a las características físicas del agua se aprecia que todas las estaciones exceden el número de diez de la escala de sílice -turbiedad- y la de platino-cobalto para el color.

En lo relacionado a las características químicas, los registros del nitrógeno amoniacal, coliformes totales y fecales son elevados a los máximos expresados en miligramos por litro, únicamente los valores de los cloruros quedan comprendidos dentro del límite señalado.

Finalmente, ninguna estación registra que el - -



MICHOACAN

MAPA 18

● ESTACIONES DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AGUA.

FUENTE: S.A.R.H.

FORMO. MA. GUADALUPE RODRIGUEZ PEREZ.
 DIBUJO: ARTURO L. RESENDIZ CRUZ

FUENTE: COMITE COORDINADOR DEL LEVANTAMIENTO DE LA CARTA TOPOGRAFICA

ESCALA GRAFICA
 0 5 10 15 20 km

Cuadro 13

CALIDAD DEL AGUA

<u>Características físicas.</u>	A	B	C	D	E	G	I	J	K	L		
Turbiedad 10 UTJ	1,900.0	4,000.0	1,500.0	1,900.0	1,450.0	625.0	230.0	225.0	242.0	160.0	32.0	2,250.0
Color 10 UNID PT-C	2,500.0	4,000.0	1,000.0	1,000.0	1,000.0	500.0	250.0	500.0	140.0	350.0	12.0	100.0
<u>Características químicas</u>												
pH de 6.0 a 8.0	9.1	8.8	8.3	8.4	10.0	9.3	8.5	8.4	9.2	7.9	7.7	8.8
Nitrógeno (N) amoniacal 0.50 mg/l	0.7	1.5	51.2	137.0	7.0	2.1	4.9	1.7	2.2	0.7	1.8	0.8
Nitrógeno de nitratos 5.00 mg/l	3.1	5.1	2.5	3.1	4.1	2.5	0.7	0.9	3.8	2.1	1.1	1.5
Alcalinidad total, expresada en carbonato de calcio. 400 mg/l	236.0	220.0	370.0	527.0	344.0	236.0	295.0	143.0	200.0	185.0	70.0	283.0
Dureza total, expresada en carbonato de calcio. 300 mg/l	103.0	320.0	301.0	328.0	305.0	143.0	296.0	190.0	354.0	110.0	82.0	274.0
Cloruros, expresados en Cl ⁻ 250 mg/l	82.2	133.0	55.7	151.7	57.4	33.2	32.3	35.2	167.0	6.8	14.7	128.0
Sulfato, expresado en SO ₄ 250 mg/l	81.0	75.0	132.0	375.0	127.0	90.0	106.0	342.0	582.0	3.0	7.0	111.0
Demanda bioquímica de oxígeno, 5 días. 100 mg/l	24.0	27.0	46.8	1,148.0	64.4	23.3	26.5	54.9	7.9	4.1	21.6	26.0
Oxígeno disuelto 160 mg/l	14.0	11.0	22.0	4.7	11.0	5.6	10.1	5.0	7.8	8.0	8.0	9.2
Sólidos totales, de 500 a 1,000 mg/l	2,364.0	2,888.0	2,102.0	2,414.0	1,790.0	670.0	8,620.0	1,124.0	5,759.0	430.0	212.0	1,816.0
<u>Características bacteriológicas</u>												
Coliformes totales 2.2 NMP/100 ml	1,100.0	1,200.0	24,000.0	24,000.0	11,000.0	12,000.0	1,500.0		24.0	24.0	24.0	110.0
Coliformes fecales 0.0 NMP/100 ml	240.0	1,200.0	43,000.0	46,000.0	4,600.0	7,500.0	1,500.0		24.0	24.0	24.0	110.0

* La localización de las estaciones aparece en el mapa 18.

Fuente: Secretaría de Salubridad y Asistencia, Normas de Potabilidad del Agua, 1984.

S.A.R.H., Dirección General de Usos del Agua y Prevención de la Contaminación, 1983.

agua cumpla con los requerimientos tolerables que indican las características bacteriológicas.

Por su parte la Secretaría de Salubridad y Asistencia señala que de no poderse cumplir con los requisitos físicos indicados, se admitirán aquellos que sean tolerables para los usuarios, siempre que no sean resultado de condiciones objetables desde los puntos de vista bacteriológico y químico.

También indica que se podrán realizar análisis químicos, cuando a su juicio exista alguna fuente emisora de contaminación que pueda modificar la calidad del agua del sistema de abastecimiento. Y deberán efectuarse los tratamientos de precloración, clarificación, filtración y postcloración para asegurar la potabilidad del suministro cuando en los estudios bacteriológicos las aguas resulten contaminadas con organismos coliformes.

En resumen, las estaciones "D" e "I" del cuadro 13, localizadas sobre los cauces de los ríos Lerma y Balsas respectivamente, señalan los valores más altos de contaminación debido a que la primera registra las descargas del corredor industrial Lerma-Toluca y los desechos domésticos y agrícolas que recibe hasta este lugar.

La segunda registra las descargas acumuladas de origen municipal, doméstico y agrícola antes de que éstas

sean vertidas en el Océano Pacífico.

Por otra parte, las estaciones que muestran una mejor calidad del agua son las ubicadas en el río Cupatitzio debido a que ambas se encuentran relativamente cerca de los orígenes de este río y no registran el total de las descargas de esta zona.

No se recibió información sobre plantas tratadoras de aguas negras, sin embargo; se recomienda que en los lugares que lo necesiten se instalen éstas, con la finalidad de prevenir efectos nocivos a la salud de la población y no obstaculizar el desarrollo económico de la región.

Por otra parte, la misma SARH por conducto de la Subsecretaría de Planeación de la Dirección General de Protección y Ordenación Ecológica realizó en 1979 dos estudios de contaminación de las aguas que conciernen a la zona de estudio.

El primero de ellos denominado "Clasificación del Río Lerma hasta el Lago de Chapala" divide a la cuenca en dos áreas:

a) Alto Lerma, desde sus orígenes hasta la presa Solís, incluyendo los lagos de Pátzcuaro, Yuriria y Cuitzeo, y

b) Medio Lerma, de la salida de la presa Solís -

hasta el Lago de Chapala.

A lo largo de su recorrido se localizan 23 estaciones que determinan el grado de contaminación del agua.

En la figura 9 se observa el perfil del río Lerma con clase asignada y división de tramos.

El uso básico a lo largo del colector general es riego agrícola -asignándole clase D III-, desde su nacimiento hasta la entrada de la presa Markazuza. De la salida de esta presa, y aprovechando la remoción que se efectúa en este vaso, se asigna clase D II -conservación de flora y fauna- con el objeto de que el agua llegue en condiciones apropiadas para ser usadas como clase D I -abastecimiento de agua potable con tratamiento convencional- en el Lago de Chapala.

En el cuadro 14 y figura 10 se observa que el río Lerma se encuentra altamente contaminado desde la estación 1, puente carretera México-Toluca hasta la entrada de la presa J.A. Alzate, a causa de las descargas industriales generadas en el corredor industrial Lerma-Toluca, lo que provoca que tenga condiciones sépticas todo el año.

La presa J.A. Alzate remueve del 70 al 90% de la carga contaminante que le llega por lo que el río se recupera quedando en condiciones aceptables hasta la estación 4 en Atlacomulco, donde recibe las descargas de esta pobla

SECRETARIA DE AGRICULTURA Y RECURSOS HIDRAULICOS
 SUBSECRETARIA DE PLANEACION
 DIRECCION GENERAL DE PROTECCION Y ORDENACION ECOLOGICA
 SUBDIRECCION DE NORMAS Y VIGILANCIA
CALIDAD DE AGUA EN EL RIO LERMA POR TRAMOS

OBJETO DE CLASIFICACION DE
 CUERPOS RECEPTORES

Clave	MUESTREO		Fecha de muestreo	C A M P O						Demanda de oxígeno		S O L I D O S mg/l									Salinidad (mg/l)	Conductividad (µmhos/cm)	Temperatura (°C)	pH	Fosforo (µg/l)	Nitrogeno (µg/l)	Sulfato (µg/l)	Cloruro (µg/l)								
	ESTACION	FECHA		Temperatura del ambiente	Temperatura del agua	pH	GASTO (lps)	OT (mg/l)	CLOR	CLORC	BOD ₅ (mg/l)	DQO (mg/l)	T O T A L E S			S U S P E N D I D O S			D I S U E L T O S																	
												metales	fitos	pesticidas	pesticidas	fitos	metales	metales	metales	metales	metales	metales	metales	metales	metales	metales	metales	metales	metales	metales	metales	metales	metales	metales	metales	
1 - 3	1976					800	0																													
3 - 4	1976			17	6	800	6		200	13		1164	822	342	482	422	60	682	400	282	0.25	889				0.05	2.54								1.27	
4 - 5	1976			18	7.5	2662	5		100	23		1479	1264	215	515	368	147	964	896	68	0.2	994				0.41	2								0.55	
5 - 7	1976			18.5	5.5	2718	5.5		250	23		990	888	102	380	301	79	610	587	23	0.9	580				0.45	2								0.7	
7 - 8	1976			19	5	2728	5		60	23		700	450	250	315	280	35	305	170	215	2.3					0.45	1.6								0.63	
8 - 11	1976			19	6	2728	6		100	6		860	336	324	340	316	24	320	20	300	1.7	130				0.2	1.7								0.75	
11 - 12	1976			20	6	9400	4		150	200		1834	1644	190	702	609	93	1132	1036	97	0.8	940				0.69	1.4								0.19	
12 - 15	1976			19	6.5	9000	5		150	84		1039	951	88	476	429	47	563	522	41	1.4	970				0.7	3.4								0.06	
15 - 16	1976			21	7	2750	6		75	50		1231	1142	89	516	457	59	715	685	30	0.3	585				3.2	0.3									
16 - 17	1976			23	8.1	4950	3			430		1231	1142	89	516	457	59	715	685	30	0.4	620				5.7	4.1									
17 - 19	1976			22	7.5	7450	4			103		1176	898	278	349	241	108	827	697	170	0.4					5.3	2.7								0.042	
19 - 21	1976					13930	0																													
21 - 23	1976			25	8	17820	3			23		1119	700	419	400	281	119	719	45	300	0.3					2.2									1.8	

Cuadro 14

ción las que vuelvan a disminuir su oxígeno, sin embargo; en este tramo y hasta la población de Salamanca las condiciones no son críticas ya que una gran parte de las aguas residuales se utilizan en riego.

De Salamanca hasta la entrada de la presa Markazuza el río vuelve a contaminarse seriamente, para volverse a recuperar de la salida de ésta, conservando condiciones no críticas aunque con niveles de carga superiores a los que asimila el río.

Posteriormente, desde la población de Numarán hasta la de Yurécuaro el río vuelve a presentar condiciones sépticas.

El río se recupera poco a poco y antes de entrar al Lago de Chapala ya presenta oxígeno. Sin embargo, la gran cantidad de desechos industriales que transporta, así como la baja calidad bacteriológica que presenta aunada a los nutrientes que lleva ponen en serio peligro al Lago de Chapala.

En el segundo estudio "Clasificación del Lago de Chapala" se menciona lo siguiente:

Los afluentes principales de aguas residuales domésticas que entran al lago son de las poblaciones de Chapala, Tizapán el Alto, Ocotlán y Columatlán de Régules que tienen sistema de alcantarillado, (mapa 19). En época




CIUDADES CON SISTEMA DE ALCANTARILLADO

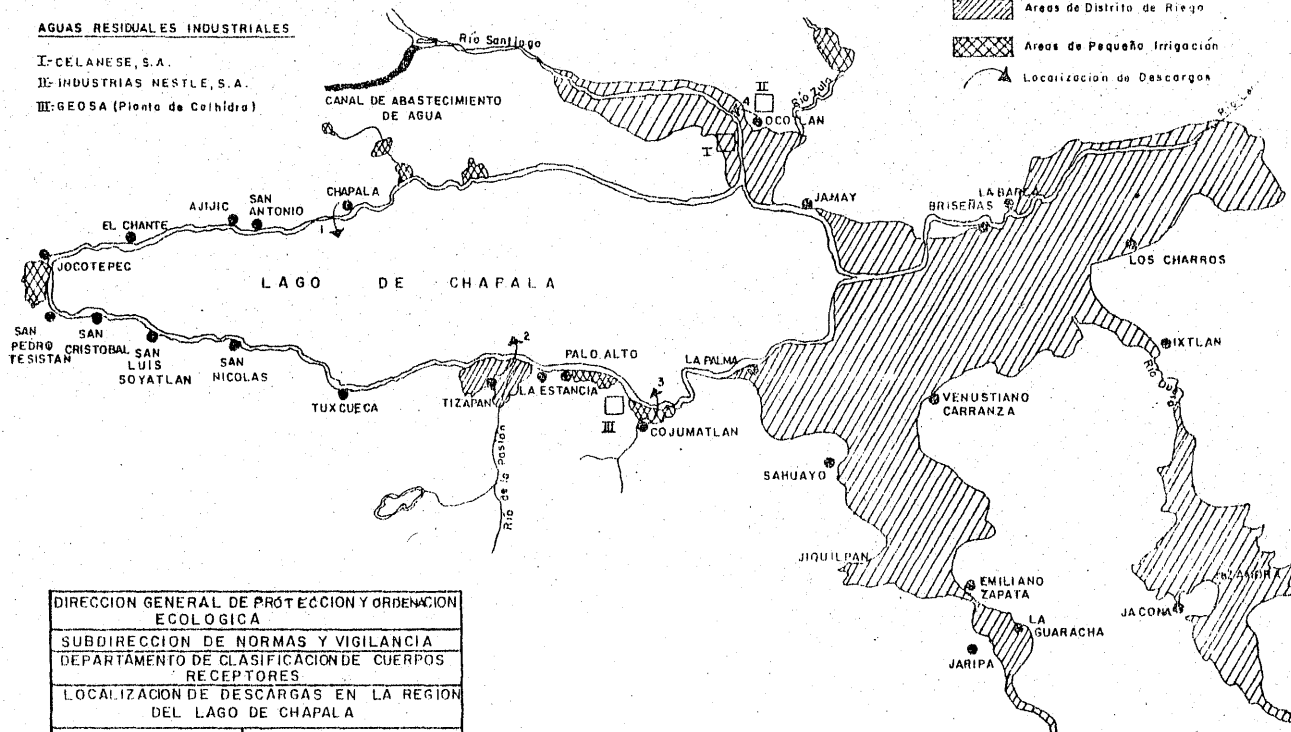
- 1- Ciudad de Chapala, Jal.
- 2- Tizapán al Alto, Jal.
- 3- Cojumatlán de Regules, Mich.
- 4- Ocotlán, Jal.

AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES

- I- CELANESE, S.A.
- II- INDUSTRIAS NESTLE, S.A.
- III- GEOSA (Planta de Colhidra)

SIMBOLOGIA

-  Áreas de Distrito de Riego
-  Áreas de Pequeño Irrigación
-  Localización de Descargas



DIRECCION GENERAL DE PROTECCION Y ORDENACION ECOLOGICA	
SUBDIRECCION DE NORMAS Y VIGILANCIA	
DEPARTAMENTO DE CLASIFICACION DE CUERPOS RECEPTORES	
LOCALIZACION DE DESCARGAS EN LA REGION DEL LAGO DE CHAPALA	
Esc.	Lámimo

MAPA 19

de estiaje, enero y febrero, la descarga del río Lerma es muy baja.

Los desechos líquidos que entran al lago por drenajes agrícolas son de la estación de bombeo La Becerra.

Las descargas industriales de Celanese y Nestlé se efectúan a un canal común de descargas de desechos líquidos al río Santiago; por lo que se considera que no afectan al lago.

El lago presenta muchas muestras de eutroficación. La temperatura y concentración de oxígeno disuelto indican poca estratificación.

Por lo que respecta a estudios biológicos cualitativos y cuantitativos se identifican un total de 93 especies de plancton, predominando las clorofíceas; la distribución de las especies es prácticamente en todo el lago.

En flora acuática, las plantas predominantes son lirio acuático (*Eichornia*) y cola de caballo (*Potamogeton*); existiendo también carrizo y tule. Se observan grandes cantidades de lirio en el río Lerma y en los canales de irrigación. El *Potamogeton* se encuentra en casi todas las zonas bajas del lago.

En los cuerpos de agua disminuye notablemente el

número de microorganismos patógenos, ya que intervienen - fuerzas autopurificadoras, como sedimentación, actividad - de otros organismos, luz ultravioleta, temperatura, aportación de alimentos y posiblemente efectos osmóticos.

El peso específico de las bacterias es algo ma--
yor que el del agua, lo que causa su deposición lenta en - una masa de agua en reposo. Sin embargo; el factor principal que origina la sedimentación de las bacterias es su - adherencia a partículas suspendidas que al precipitarse - eliminan mecánicamente los microbios de las capas superiores del agua.

Los organismos que presentan actividad depuradora de microorganismos en el Lago con algunos protozoarios y crustáceos.

El número de organismos coliformes totales detectados en la zona Chapala se explica por la cercanía de las descargas de aguas residuales de restaurantes y por el - gran movimiento de personas, concentrándose principalmente en los sitios de mayor movimiento turístico.

Los valores de coliformes en el río Lerma resultaron más altos que los del Lago debido, posiblemente, a - la cercanía relativa de la descarga de aguas residuales, - así como a la mayor disponibilidad de materia orgánica que el río transporta por las descargas que se efectúan en su

recorrido. Sin embargo, estas concentraciones de coliformes también están expuestas a los factores de crecimiento.

En el mapa 19 se observa que en el Lago se vierten aguas residuales domésticas, municipales, agrícolas e industriales, éstas últimas provienen principalmente de la zona que recorre el río Lerma.

Por lo tanto, la mayor contaminación que afecta al Lago es por nutrientes lo que ha provocado su envejecimiento y coliformes que no hacen adecuados los usos a que se destina -abastecimiento de agua, recreación, deportes acuáticos, pesca, agricultura, generación de energía eléctrica-.

En lo que se refiere a los desechos líquidos por canales de retorno agrícola, se debe considerar que en principio no se limitarán los parámetros de estas descargas, pero sí es conveniente controlar los productos químicos que se emplean para la agricultura.

CONCLUSIONES

Después de hacer un análisis cartográfico y gráfico de todos los aspectos tratados en esta tesis, se logró hacer la interrelación de los recursos hidrológicos con las características fisicogeográficas del estado y la utilización que hace el hombre de los mismos. Sin embargo, por la escasez de datos, no se pudo conocer si los volúmenes de agua que se utilizan para los diferentes usos son realmente los requeridos para cada uno de ellos o por el contrario, conocer en cual de ellos se emplean excedentes de volúmenes de agua.

Por otra parte, conociendo lo anterior, se abre la posibilidad de que en fechas posteriores pudieran realizarse investigaciones que se avocaran a ese punto. También para la planeación de los recursos hidrológicos, para lo cual se requieren estudios complementarios.

En esta tesis se obtuvieron las siguientes conclusiones.

Michoacán no posee una red de estaciones climatológicas que vaya de acuerdo a la magnitud de su superficie; existen muchas de ellas suspendidas, que no han sido reemplazadas por la instalación de nuevas, siendo la parte suroeste del estado la más afectada.

Lo mismo sucede con las estaciones hidrométricas, que se concentran en los cauces de los ríos cercanos a los centros de mayor población, dejando sin oportunidad de conocer el comportamiento que tienen el resto de los ríos.

Sería conveniente que en lo futuro, las dependencias correspondientes pudiesen mejorar la red de estaciones meteorológicas y ampliar la de estaciones hidrométricas con el objeto de tener una mayor y mejor información del estado para la realización de diferentes tipos de investigaciones.

En relación con los aspectos físicos para determinar las características hidrográficas de Michoacán se encuentran, el relieve y la geología, como factores condicionantes en las particularidades del terreno y el clima, como factor moderador en la cantidad de agua precipitada.

Michoacán en general cuenta con importantes recursos hidrológicos, tanto originados fuera del estado, como son el río Lerma, Balsas y Tepalcatepec cuyo recorrido cruza el estado; así como, los formados dentro del estado que alimentan aquellas corrientes.

Las partes altas del Sistema Volcánico Transversal reciben mayores volúmenes de precipitación, lo que origina la formación de diversas cuencas; donde es notorio el

paralelismo que presentan, cuyo escurrimiento recorre fuertes pendientes y largos recorridos, principalmente hacia la parte sur de esta provincia fisiográfica, entre los ríos que destacan están El Cutzamala, Tacámbaro o Carácuaro y El Marquez.

Existen diversas obras de almacenamiento con capacidad suficiente para aprovechar sus aguas en múltiples usos durante todo el año.

La Altiplanicie Meridional es drenada por una serie de ríos que al igual que los citados anteriormente tienen su origen en el Sistema Volcánico Transversal, éstos a diferencia de los anteriores recorren vastas planicies hasta desembocar en el río Lerma. El río de la Pasión en unión con el Lerma son los principales alimentadores del Lago de Chapala; por otra parte, el Lago de Cuitzeo recibe importantes aportaciones del Río Grande de Morelia y del río Queréndaro.

La región norte del estado tiene condiciones físicas favorables que hacen posible el mayor número de asentamientos humanos como consecuencia se concentran más las obras hidráulicas que ayudan de diversas maneras a satisfacer los requerimientos del hombre.

En lo que respecta a la composición geológica, el centro del estado, que abarca principalmente el Sistema

Volcánico Transversal reúne condiciones favorables que la convierten en una de las regiones más húmedas y de máxima infiltración que permite realimentar los mantos de agua subterránea y por consiguiente la formación de un sinnúmero de manantiales, tanto de aguas termales como no termales.

La Sierra Madre del Sur presenta las mismas condiciones climáticas que el Sistema Volcánico Transversal, de ahí el nacimiento de una serie de ríos cuyos cauces desembocan en el Océano Pacífico, sin embargo por la proximidad que se tiene a la costa sus cursos son cortos.

La Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos tiene aún la tarea de realizar el inventario sobre volúmenes de agua para esta región y así completar el del estado.

Las cuencas que se localizan en climas húmedos y cuya superficie es grande tienen mayores volúmenes de escurrimiento.

Los mayores volúmenes de escurrimiento se registran en el verano y principios de otoño, correspondiendo a la época de lluvias que predomina en la región, mientras que durante el estiaje las reservas del subsuelo y las escasas precipitaciones hacen posible el escurrimiento superficial.

En lo que respecta a los diferentes usos que se le dá al agua en el estado, el volumen total empleado, tanto de tipo superficial como subterráneo, es de $1\ 259\ 266 \times 10^6 \text{ m}^3$ anuales, de los cuales el 96.6% corresponden al tipo superficial y el restante, 3.4%, le pertenece al agua subterránea. Estas cifras demuestran que el estado posee recursos hidrológicos superficiales suficientes para cubrir sus necesidades.

De este total, el 81.7% ($1\ 028\ 849 \times 10^6 \text{ m}^3$ anuales) es empleado en la agricultura debido a que esta actividad económica demanda grandes volúmenes ya que más de la mitad de la población económicamente activa se dedica a las actividades agropecuarias aunado a que en el estado se localizan diez distritos de riego.

En lo que se refiere al uso industrial, éste utiliza el 11.1% ($140\ 391 \times 10^6 \text{ m}^3$ anuales) del total, principalmente para la elaboración de productos alimentarios.

El uso doméstico emplea el 5.9% del total ($74\ 109 \times 10^6 \text{ m}^3$ anuales), del cual sólo una parte es consumida por el ser humano en la elaboración de alimentos e ingerida como materia prima; el resto es empleado en prácticas higiénicas, tanto del hombre mismo como de los diferentes aparatos domésticos que emplea en su vida diaria. Devolviendo estos últimos volúmenes de agua a la naturaleza aunque ahora convertidos en aguas negras; las que debe-

rían ser tratadas para posteriormente ser utilizadas.

Y finalmente el restante 1.3% del gran total - - (15 917 x 10⁶ m³ anuales) es empleado en el uso pecuario.

Uno de los problemas más importantes que afronta este recurso en el estado es la contaminación como consecuencia del uso en la industria y en el hogar, entre otros, cuyos efluentes son vertidos a los cauces, con un alto grado de sustancias tóxicas que causan molestias tanto a la vida acuática como a la terrestre.

La contaminación impuesta por el hombre está - - afectando a los recursos hidrológicos de Michoacán; produciendo interferencias, cada vez más dañinas, en los diferentes usos del agua, que además de afectar la salud de la población se traducen invariablemente en perjuicios económicos de mayor o menor cuantía.

En el estado a pesar de que existen dos Direcciones, dependientes de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, encargadas de hacer los estudios correspondientes, no cuentan aún con redes de monitoreo sobre calidad del agua que cubran todos los ríos del estado.

Sin embargo, con los datos disponibles se demuestra que el río Lerma es el más contaminado, y ésto es obvio, ya que desde antes de entrar al estado recibe las des

cargas del corredor industrial Lerma-Toluca y posteriormente en Salamanca recibe los desechos petrolíferos de la Refinería, que aunados a los desechos domésticos y agrícolas, lo hacen tener condiciones críticas durante todo el año, contaminando también al Lago de Chapala ya que sus aguas desembocan en éste.

Es importante que en la mayoría de las industrias se instalen plantas tratadoras de aguas negras, sobre todo en aquellas en que sus desechos sean nocivos a la salud; ya que aunque el agua tiene el poder de autopurificarse, le es difícil llevarlo a cabo cuando se encuentra con altos volúmenes de desechos de todos tipos.

BIBLIOGRAFIA

- Benassini, O. Bases para el Aprovechamiento Racional de los Recursos Hidráulicos en México. Revista de Ingeniería Hidráulica en México. Vol. XXV. No. 4. 1971.
- Colección Científica de Time Life. El Agua. Ed. Offset - Larios, S.A. México. 1976.
- Coronado, C. Los recursos hidrológicos del estado de Guerrero. Tesis. UNAM, 1978.
- Correa, G. Geografía del Estado de Michoacán. Tomo I. -- Geografía Física. Editora y Distribuidora, S.A. Morelia, Michoacán, 1974.
- Correa, G. Atlas Geográfico del Estado de Michoacán. Editora y Distribuidora, S.A. Morelia, Michoacán, 1979.
- Del Campo, A. Curso de Hidrología General y Aplicada. -- Hidrología de Superficie (II). Inédito. Madrid, España. 1967.
- García, E. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. Instituto de Geografía, UNAM. México, 1981.
- Gobierno del Estado de Michoacán. Memoria del VI Congreso Nacional de Geografía. Morelia, Mich., 1972.

- Gobierno del Estado de Michoacán. "Michoacán (Apuntes Socio-Económicos)". Editorial Quadri, S.A. Morelia, Michoacán, 1981.
- Gómez, J.C. Geografía Turística del Estado de Michoacán - de Ocampo. Tesis Profesional. UNAM. México. 1977.
- Jauregui, E. Las Ondas del Este y los Ciclones Tropicales en México. Revista de Ingeniería Hidráulica en México. 1967. Vol. XXI. No. 3 pp 197-208.
- Jiménez, A. Características Hidrográficas de la Vertiente del Golfo de México en el Estado de Veracruz. Tesis Profesional UNAM. México. 1974.
- Jones, C. y Darkenwald, G. Geografía Económica. Fondo de Cultura Económica. México. 1971.
- Kazmann, R. Hidrología Moderna. C.E.C.S.A. México, 1969.
- Maderey, L.E. Balance Hidrológico de la Cuenca del Río Tizar, Durante el período 1967-1968. Tesis Profesional. UNAM. México, 1971.
- Maderey, L.E. El agua de escurrimiento en la República Mexicana. Instituto de Geografía, UNAM. México. 1977.

Maderey, L.E. Aguas Subterráneas en México. Instituto de Geografía. UNAM. México, 1967.

NAFINSA. Curso Práctico de Metodología de la Industrialización-Michoacán. México, 1972.

Remenieras, G. Tratado de Hidrología Aplicada. Ed. Técnicos Asociados, S.A., Barcelona, España, 1971.

Salvat Editores, S.A. La Contaminación. España, 1973.

S.A.R.H. Características de los Distritos de Riego. Tomo III. México, 1978

S.A.R.H. Subsecretaría de Planeación de la Dirección General de Protección y Ordenación Ecológica. Clasificación del Río Lerma hasta el Lago de Chapala. México, 1979.

S.A.R.H. Subsecretaría de Planeación de la Dirección General de Protección y Ordenación Ecológica. Clasificación del Lago de Chapala. México. 1979.

S.A.R.H. Boletín Hidrológico No. 49 Región Hidrológica No. 18 (Parcial). Tomos VI, VII. México, 1980.

S.A.R.H. Boletín Hidrológico No. 50 Región Hidrológica No. 12 (Parcial). Tomos V, VI. México, 1980.

- S.A.R.H. Dirección General de Distritos y Unidades de - -
Riego. Resultados Plan de Riegos Realizados en el -
ciclo agrícola 1982-1983. México, 1984.
- Soto, C. La Agricultura Comercial de los Distritos de Rie-
go en México y su Impacto en el Desarrollo Agrícola.
Boletín del Instituto de Geografía No. II. UNAM. Mé-
xico, 1981.
- S.P.P. Atlas de Huracanes del Océano Pacífico y del Ocea-
no Atlántico. México, 1979.
- S.P.P. X Censo Industrial 1976. Tomo II. México, 1979.
- S.P.P. Anuario Estadístico de los Estados Unidos Mexica--
nos. México, 1980.
- S.P.P. El Sector Eléctrico en México. México, 1983.
- S.P.P. Dirección General de Estadística. V Censo Agríco-
la-Ganadero y Ejidal, Michoacán. México, 1970.
- S.P.P. Dirección General de Estadística. Agenda Estadís-
tica. México, 1984.
- S.R.H. Boletín Hidrológico No. 49. Región Hidrológica -
No. 18 (Parcial). Tomo I, II, III. México, 1970.

S.R.H. Boletín Hidrológico No. 50. Región Hidrológica - No. 12 (Parcial). Tomos I, II, III. México, 1970.

S.R.H. Boletín Hidrológico No. 51. Región Hidrológica - No. 12 (Parcial). Tomos I, II, III. México, 1970.

S.S.A. Normas de Potabilidad del Agua. México, 1984.

Tamayo, J. Geografía General de México. Tomos I, II. México, 1962.

Vivó, J. Geografía de México. Fondo de Cultura Económica. México, 1958.

BIBLIOGRAFIA CARTOGRAFICA

Cetenal-Instituto de Geografía, UNAM. Carta de Climas - -
(Hojas: Colima, Querétaro, México, Guadalajara). - -
1970. 1:500 000.

Comité Coordinador para el Levantamiento de la Carta Topo-
gráfica de la República Mexicana. Hojas: Colima, -
Guanajuato, México, Guadalajara. 1949. 1: 500 000.

Departamento de Pesca. Carta Nacional de Información Pés-
quera. 1979. 1: 4 000 000.

Instituto de Geografía. UNAM. Carta General del Estado -
de Michoacán. 1982. 1: 500 000.

Instituto de Geología, UNAM. Carta Geológica del Estado -
de Michoacán. 1971. 1:500 000.