



ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

872715
4

UNIVERSIDAD DON VASCO A.C.

INCORPORADA A
LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
CLAVE No 6727 - 18

Impacto Ambiental de la cuenca del Cupatitzio.



Tesis profesional para obtener el título de
licenciado en ingeniería civil

PRESENTA

José Luis Cázares Ruíz

TESIS CON
...LLA DE ORIGEN

febrero 2002 uruspan mich.



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.

*Agradezco a Dios por darme la vida y ser la
guía en cada momento de mi existir, tú has
sido lo que ha alumbrado el camino para
llegar a tan anhelada meta.*

*A mis padres
José Luis Cázares Melgoza y Elda Ruiz Sánchez
por darme todo su amor y sabiduría
para lograr mis objetivos.*

*A José Luis Cázares R.,
por haberme esforzado, motivado
y lograr mi cumplido.*

*A mis hermanos y amigos,
por darme su apoyo incondicional y sus sabios
consejos para soportar los golpes del camino,
porque gracias a ellos, llegué al cometido.*

*A ustedes maestros,
por estar siempre dispuestos a
dar sus conocimientos que nos ayudaron a tener
una buena profesión.*

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

INDICE

INTRODUCCION1

**CAPITULO I
GENERALIDADES**.....7

- a) Localización de área 10
- b) Comunicación 12
- c) Clima y vegetación 14
- d) Cultura y economía 17
- e) Actividades agropecuarias 18
- f) Actividades industriales 19
- g) Actividades turísticas 20

**CAPITULO II
FISIOGRAFIA**23

- a) Orografía25
- b) Hidrografía26

**CAPITULO III
GEOLOGIA**27

- a) Sedimentología y estratigrafía ...32
- b) Tectónica32

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

**CAPITULO VI
ESTRUCTURAS
DE PROTECCION79**

- a) Protección de la erosión81
- b) Protección del suelo82
- c) Tipos de estructuras definitivas83

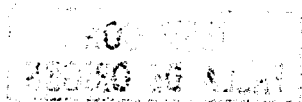
**CAPITULO VII
PROTECCION
DEL MANANTIAL85**

- a) Problemática87
- b) Subcuenca de escurrimiento de la
Rodilla del Diablo89
- c) Superficie89
- d) Pendiente del cauce90
- e) Gasto máximo90
- f) Velocidad del gasto91
- g) Diseño del desarenador92

**CAPITULO VIII
RECOMENDACIONES
Y CONCLUSIONES97**

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

GLOSARIO	103
BIBLIOGRAFIA	111
APENDICE	115



TESIS CON
FALTA DE ORIGEN

INTRODUCCION

RECEIVED
FEBRUARY 10 1961
FEDERAL BUREAU OF INVESTIGATION
WASHINGTON, D. C.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

Desde que el hombre dejó de ser nómada y conoció la agricultura, siempre ha procurado vivir en las márgenes de los ríos por el gran beneficio que le proporciona: agua limpia para beber; para su uso doméstico; con fines de irrigación. Sin embargo, estos márgenes se convirtieron inevitablemente en basureros naturales por los desechos, aunque no fue en un principio, debido a que los pobladores y sus desechos eran pocos y el río tenía capacidad de autopurificación.

Así se formaron las primeras ciudades antiguas cuyo problema era proveer de agua limpia a sus habitantes. Para satisfacer estas necesidades se construyeron estructuras que en su tiempo fueron verdaderos desafíos. El hombre comprendió el beneficio que obtenía al pertenecer a una sociedad, así surgieron grandes ciudades y desaparecieron otras. El hombre con su gran capacidad de adaptación fue creando sociedades más complejas que crecieron en

Río Cupatitzio
Parque Nal. Uruapan, Mich.



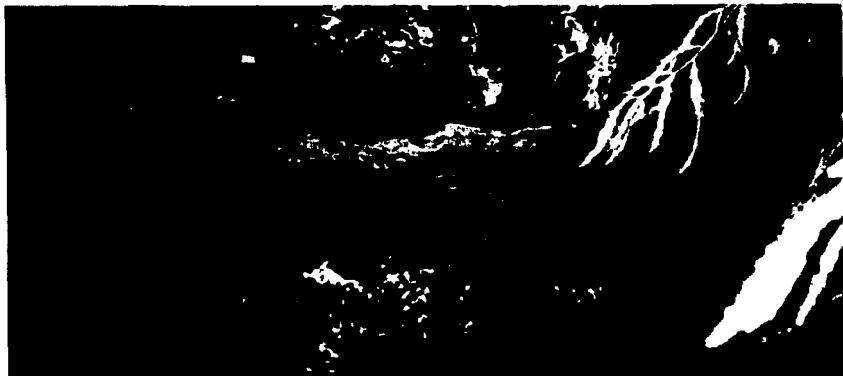
número en forma muy acelerada, hasta crearse las grandes ciudades modernas en el mundo, en donde decenas de millones de personas reclaman servicios de agua potable y otros diversos, y generan gran contaminación. Todo ello nos hizo comprender que los recursos naturales son limitados y debemos utilizar toda nuestra tecnología para conservarlos.

El problema de la contaminación en México es crítico. El escaso apoyo para contrarrestarla, la poca información que se tiene, y más aun la falta de cooperación para intercambiar datos que enriquezcan un buen estudio, ha acelerado su desarrollo podemos afirmar que concretamente en nuestra zona michoacana.

La contaminación del río Cupatitzio, no es solamente por el constante crecimiento de la población, ya que el río se ve amenazado desde su nacimiento. Lo ponen en peligro: el cambio del uso del suelo en las zonas de la cuenca de absorción que le da vida, la sobre demanda del agua y los azolves

En el presente estudio, nuestro objetivo es el análisis de la zona del nacimiento del río Cupatitzio y las partes posteriores que influyen en su formación (La rodilla del diablo). Por su importancia como suministro de agua potable. No se involucrará al saneamiento total del río, porque el problema es basto. (Para tratar este tema se recomienda consultar la tesis desarrollada por Luis Ramírez).

El área del río ha estado sometida a un deterioro ecológico constante por el mal manejo de la cuenca hidrológica que contribuye a su formación; ha sido victima de la mala fe, ignorancia y la mala programación al explotar sus recursos sin medir las



TESIS CON FALLA DE ORIGEN

Manantial La rodilla del Diablo.

consecuencias futuras para sus moradores, en perjuicio de la industria, agricultura y ganadería de la región.

Las acciones que aceleran el proceso de desequilibrio son: la deforestación, los incendios forestales, los asentamientos humanos irregulares, la sobre explotación de mantos acuíferos y el mal manejo de los agroquímicos en cultivos, aguas arriba.

Todas estas acciones forman una envolvente, y al talar los bosques los dejamos desnudos ante la acción del agua que en forma de gotas se impactan sobre la superficie del suelo erosionándolo, compactándolo e impidiendo su infiltración adecuada; la maleza que sirve como trampa para el agua, es inexistente y aquella fluye como torrente por la superficie del suelo. Al talar los bosques se disminuye la precipitación

Todas estas acciones forman una envolvente, y al talar los bosques los dejamos desnudos ante la acción del agua que en forma de gotas se impactan sobre la superficie del suelo erosionándolo, compactándolo e impidiendo su infiltración adecuada; la maleza que sirve como trampa para el agua, es inexistente y aquella fluye como torrente por la superficie del suelo. Al talar los bosques se disminuye la precipitación pluvial, haciendo el terreno más seco y propicio para los incendios y la degradación eólica.

También deben de señalarse los daños y riesgos que está corriendo el vaso del nacimiento del río Cupatitzio (Rodilla del Diablo). Cada temporada de lluvias acarrea problemas como son: las aguas broncas, provocadas por el deterioro antes mencionado, y a su paso deja depósitos de azolves, hasta de varios metros cúbicos, compuestos por los mismos suelos arrasados con basura y desechos de los asentamientos humanos, que obturan los conductos de los manantiales y les impide fluir. Si esto llegara a pasar totalmente, el río disminuiría el caudal en forma crítica.

Se elaborará una estructura de protección contra azolves, basura y sólidos indeseables para el manantial La Rodilla del Diablo, y se analizará por qué las estructuras existentes no son funcionales.

7

capitulo



GENERALIDADES

Cuenca hidrológica es el área de captación de la precipitación pluvial. La topografía facilita el escurrimiento; y la orografía, que existan una serie de drenajes que permiten concentrar el flujo hacia un solo punto de salida. Dentro de la cuenca, el agua se evapora, se consume, se absorbe y fluye en los ríos.

La cuenca de drenaje de una corriente está limitada por su parteaguas, que es una línea definida que divide las cuencas adyacentes y distribuye el escurrimiento originado por la precipitación pluvial, en cada sistema de corrientes, el escurrimiento fluye hacia el punto de salida de la cuenca. El parteaguas está formado por los puntos de mayor nivel topográfico y cruza las corrientes en los puntos de salida.

Las cuencas hidrológicas subterráneas están determinadas principalmente por las estructuras geológicas, independientemente del nivel freático local.

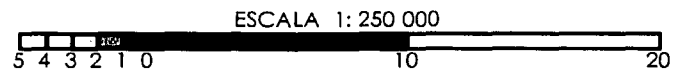
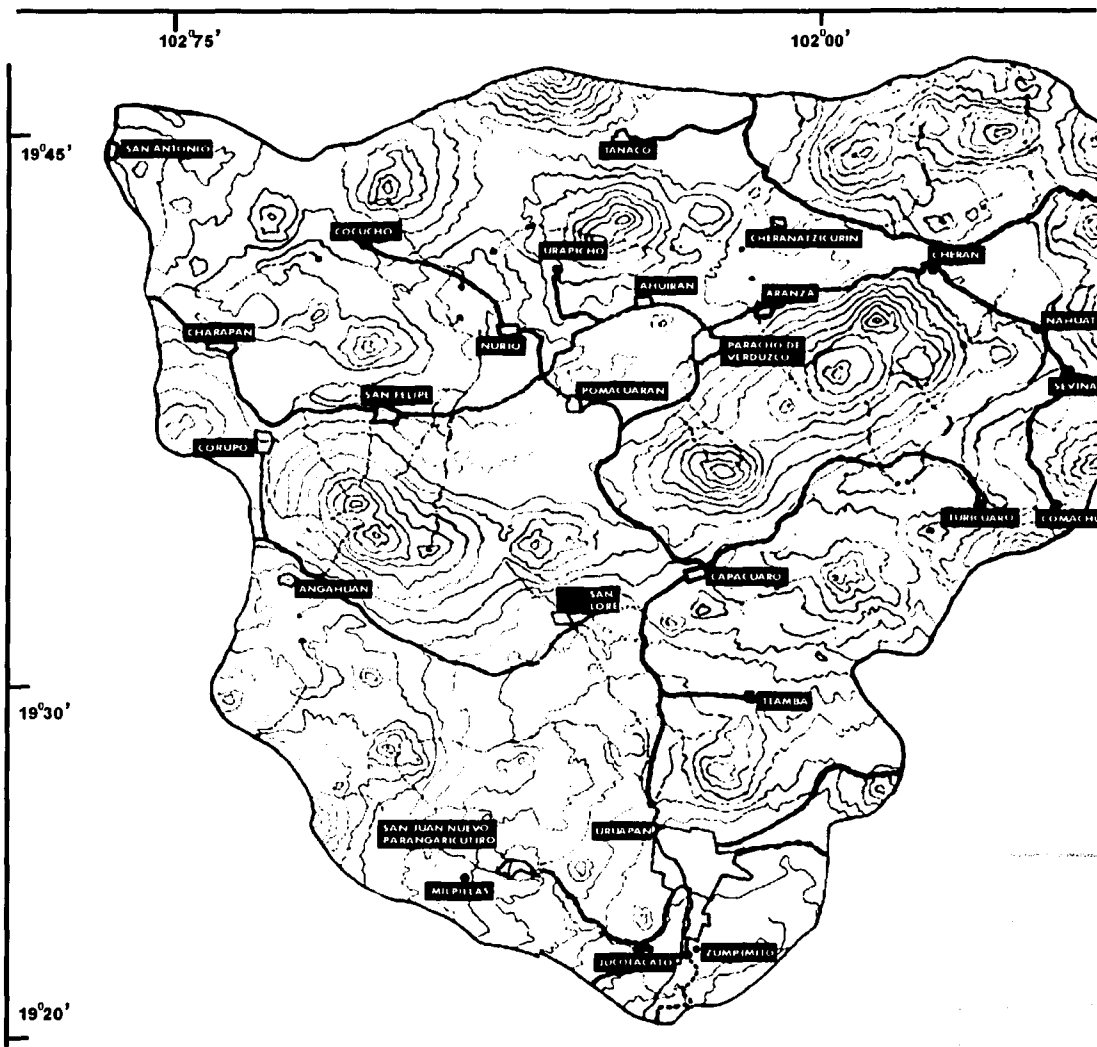
El propósito fundamental que se persigue con este trabajo realizado será el de hacer una modesta recomendación a las autoridades y la ciudadanía, sobre todo a aquellos que viven en el área comprendida, que disfrutaran como un modus-vivendi de los productos que ésta genera y que deben conservar el aspecto físico, higiénico y la buena imagen a los visitantes y preservación del ecosistema.

Como consecuencia de los malos manejos, es decir, por los contaminantes, sedimentos de erosión y la pérdida de flora y fauna actuales, es motivo de alta preocupación la calidad del agua que a tierra caliente conduce el río Cupatitzio (ésta se utiliza en esa zona tanto en agricultura, como en la industria) pues los acuíferos que se explotan con fines de suministro doméstico, podrían en el futuro considerarse como perjudiciales para la salud al convertirse en una amenaza potencial y mermados en calidad de suministro.

El fin que se presume positivo con este trabajo, es el de aprovechar al máximo los señalamientos de las características, el funcionamiento actual y el manejo que sobre el particular se debe tener, a fin de evitar la destrucción de los matos acuíferos, problema que tendría un costo muy alto para restituir y rectificar, y posiblemente podría ser irreparable.

A) Localización del área

La cuenca del Cupatitzio se encuentra enclavada dentro de la parte centro-occidental del Estado de Michoacán, por lo que comprende los municipios de Carapan, Paracho, Cherán, Ziracuaretiro, Nuevo San Juan Parangaricutiro y Uruapan.



**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

LOCALIZACIÓN Y POBLACIONES

U.D.V. ESCUELA DE ING. CIVIL
TESIS PROFESIONAL
 Cuenca del Cupatitzio
 José Luis Cazares Ruiz

1

Su forma es un círculo deformado y más amplio en la parte norte; termina en punta o embudo al sur, justo en el punto final de la zona urbana de la Ciudad de Uruapan.

Ocupa una superficie de 1380 km.² Geográficamente se encuentra entre los paralelos 19° 20' y 19° 45' de latitud Norte y 101° 51' y 102° 18' de longitud Oeste, respecto al meridiano de Greenwich

Se ubica a 120 km al SW de la Ciudad de Morelia, y topográficamente tiene una altura extrema de 3200 m.s.n.m. en la parte Norte; y 1600 m.s.n.m., en la parte Sur, o sea en la parte inferior de Uruapan, Michoacán.

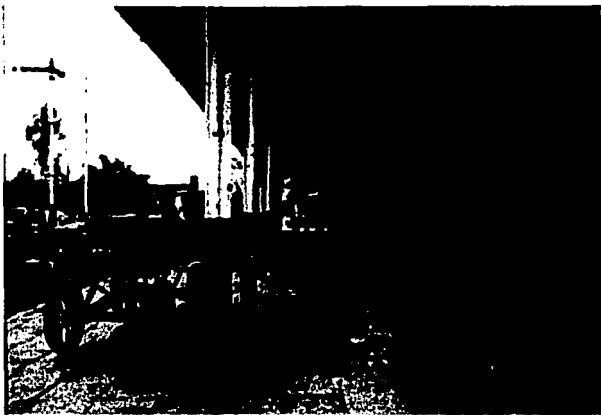
B) Comunicación

La Ciudad de Uruapan, considerada el centro de población más importante de la cuenca, se encuentra bien comunicada por carretera y rutas aéreas. La vía principal respecto al tema que nos ocupa es la carretera nacional Carapan-Cuatro Caminos que cruza por la parte central del área, entre los puntos Carapan-Cherán y Uruapan; corre de norte a sur en forma descendente; la longitud incluida por la cuenca es de 67.5 km.

A lo largo de esta carretera se entroncan otras de recién pavimentación como son Paracho-Corupo, Capacuaro- Los Reyes y la autopista de recién construcción Uruapan- Morelia; algunas otras brechas y caminos balastreados que comunican todas las poblaciones que se encuentran dentro del área.



Dentro de las vías de comunicación, la supercarretera Uruapan-Morelia es una de las más recientes.



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

El ferrocarril que anteriormente comunicaba la Ciudad de Uruapan con la Ciudad de México, la Ciudad de Lázaro Cárdenas y Apatzingán, actualmente y por razones posiblemente de carácter político - económico nacional, únicamente es utilizada para mover carga.

Uruapan cuenta con un aeropuerto nacional que comunica con las principales ciudades de la República Mexicana, la ciudad de México, Guadalajara, Monterrey y Tijuana; y con los más importantes puertos: Acapulco, Veracruz y Lázaro Cárdenas



C) Clima y vegetación



Bosques de pinos en la sierra.

El clima de la cuenca es templado, lluvioso, con precipitación en verano; la temperatura más alta es inferior a 25°C, y la más baja es inferior a 3°C en los picos de los cerros; con nieblas frecuentes en los Valles, San Lorenzo, Capacuaro, Paracho, El Bajonero, Aranza, San Felipe y Angahuan.

En los picos más elevados de las montañas, el clima es frío, sin que ello signifique que alguno de ellos tenga nieve permanente. Las heladas, en la región, ocurren con una frecuencia aproximada de 11 años. No obstante, los eventos drásticos que en los últimos años han azotado al

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

país, han causado los mismos efectos y a esto sumaremos que dada la morfología propia de una zona volcánica, la diseminación de grandes y pequeños cerros, resulta por consecuencia, una infinidad de microclimas durante todo el año.

Vegetación en la cuenca



Bosques de pinos



**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

El clima templado y húmedo que ha prevalecido en la región, quizá a lo largo de todo el período cuaternario, ha favorecido la formación de una rica cubierta vegetal constituida exclusivamente por coníferas y por algunas latifoliadas.

Las coníferas son principalmente del género pinus. Entre las Latifoliadas, las más abundantes son del género Quercus, conocidas popularmente como encinos o robles.

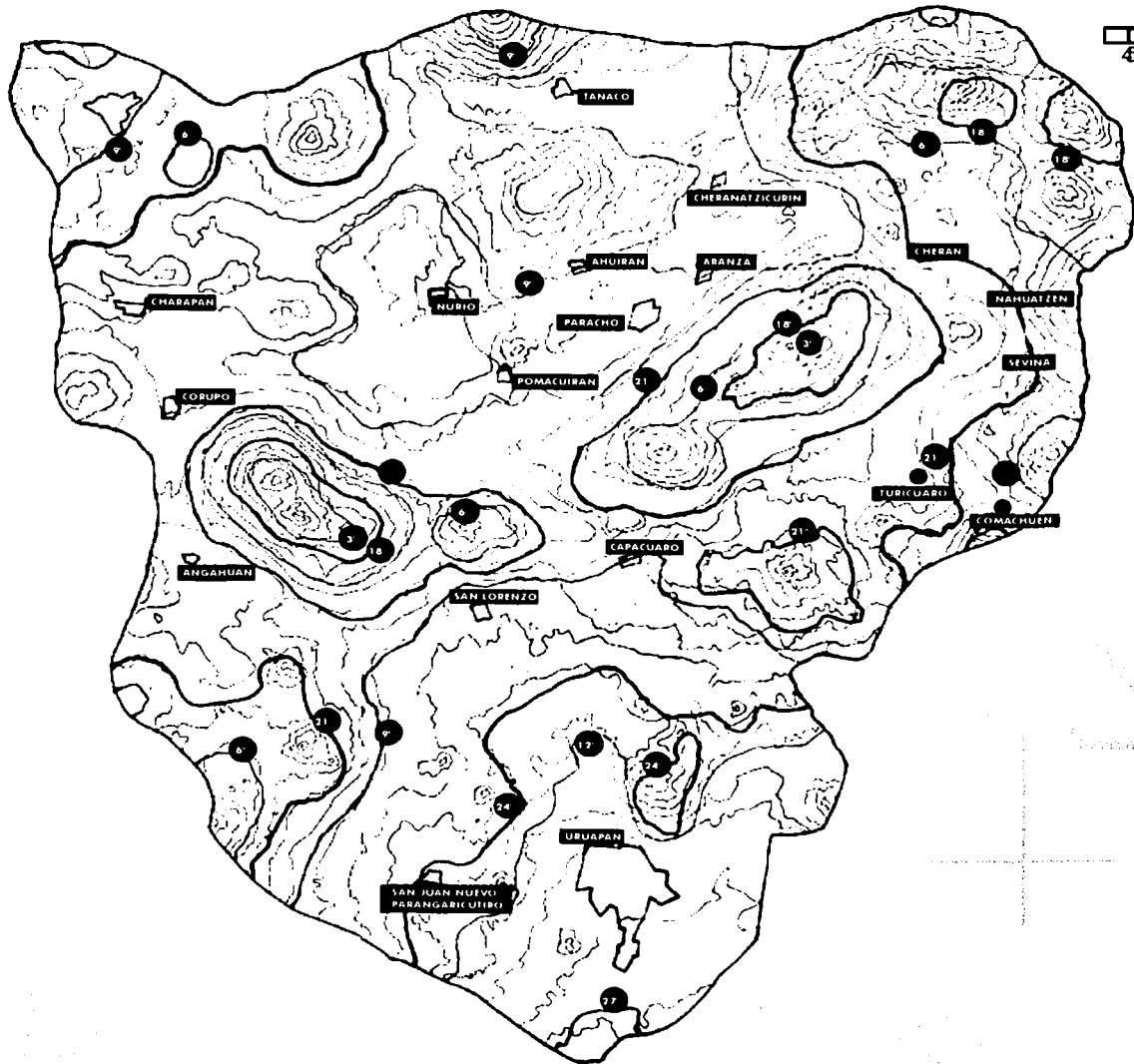
La vegetación se ha desarrollado a partir de un suelo laterítico formado por la intemperización de derrames de lava y de rocas piroclásticas de composición basáltica. Este tipo de suelo es particularmente rico en Hierro, Magnesio, Calcio, Fósforo y Titanio, lo que los hace estar considerados entre los más feraces del mundo.

La cubierta forestal es sin duda alguna el principal recurso natural de la región, recurso que es indispensable conservar e incrementar.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN



Cubierta forestal.



ESCALA 1: 250 000



**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

— ISOTERMAS MEDIDAS MINIMAS
— ISOTERMAS MEDIDAS MÁXIMAS

PLANO DE CLIMAS

U.D.V. ESCUELA DE ING. CIVIL
TESIS PROFESIONAL
Cuernavaca del Capatzen
Jose Luis Cuevas Ram

2

D) Cultura y economía

En la ciudad de Uruapan se cuenta con una universidad privada, otra gubernamental, escuelas técnicas, preparatorias, secundarias y primarias. Las poblaciones cercanas como Paracho, Ziracuaretiro, San Andrés, Nuevo Parangaricutiro y otras, auxilian a la ciudad, respecto a la superpoblación de alumnos a nivel medio.

En la actualidad casi todas las poblaciones y rancherías cuentan con escuelas primarias; y en su gran mayoría, con técnicas y secundarias.

Los servicios comunitarios hospitalarios, de sanidad, comercio y artesanal están muy difundidos en toda la cuenca, y si no son exactamente suficientemente, si lo son en gran medida de amplia cobertura. Por lo tanto, es satisfactorio mencionar que los beneficios en salud y cultura llegan a todos los rincones del área en cuestión.



E) Actividades Agropecuarias

La inmensa mayoría de los habitantes de las cuencas de absorción y escurrimiento se dedican a la labor del campo y subsisten en condiciones de auténtico subdesarrollo. El Principal cultivo sigue siendo el maíz, que constituye la base de la alimentación popular.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

En ciertas áreas se han introducido otros productos. Por ejemplo, entre Cherán y Nahuatzen se viene cultivando con éxito la papa. Otro ejemplo es el de Sevina, en donde se exporta la col. La explotación de los frutales es incipiente, salvo en los alrededores de Uruapan en donde



Cultivo de aguacate

hay un gran número de huertas de aguacate en manos, principalmente de particulares.

La ganadería es prácticamente inexistente, y consta de algunas granjas avícolas y de porcinos en las cercanías de Uruapan, y rebaños de bovinos y caprinos que pastan en las laderas de las serranías.

Del bosque, los habitantes obtienen leña y carbón para calentar el ambiente en sus casas y cocinas; madera, para fabricar artesanías y artículos para el hogar; la resina, que venden a intermediarios y se utiliza para la fabricación de brea y aguarrás. La explotación del bosque se hace en forma irracional y está provocando una pérdida acelerada de recursos naturales.

F) Actividades Industriales

La industria se reduce a la fabricación de artesanías que tienen un mercado escaso y dan ocupación a un número limitado de familias que producen cobijas y rebozos en Nahuatzen; guitarras y juguetes de madera, en Paracho; sólo cito los más importantes.

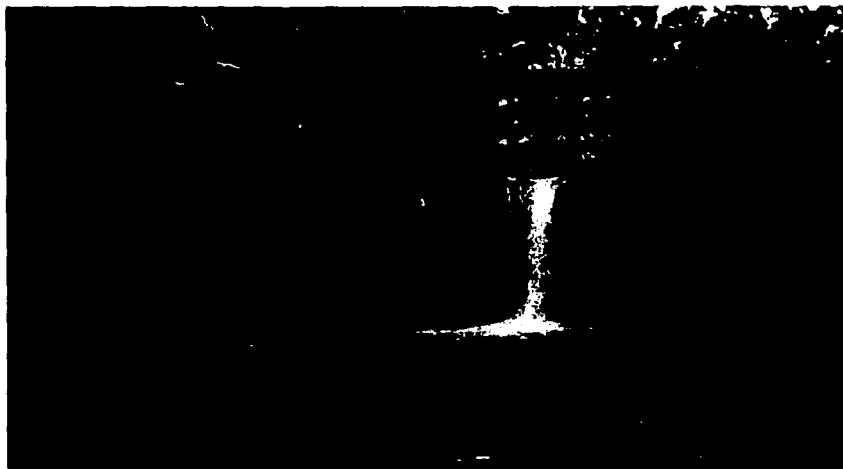
La ciudad de Uruapan cuenta con mayor cantidad de industria: la papelera, la chocolatera, destiladoras de aguardiente, por citar algunas.

G) Actividades Turísticas

El turismo está poco desarrollado, a pesar de que la región cuenta con grandes atractivos como el volcán Parícutín, el nacimiento del río Cupatitzio, ubicado en el parque Eduardo Ruiz, la cascada de la Tzaráracua y la presa de Caltzonzin.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Cascada el Gólgota
Parque Nal. Eduardo Ruiz.





Tzaráracua.

El vulcanismo, la topografía y el clima, obrando conjuntamente, han contribuido a la formación de estos lugares del Estado de Michoacán. Son pocas las regiones del país que pueden ofrecer al visitante tanta belleza, capacidad hotelera y un gran número de antojitos, fondas y restaurantes, así como vinos de aguardiente de caña.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

1944

capitulo

ESCALA 1: 250 000



**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

PLANO GEOGRAFICO

U.D.V. ESCUELA DE ING. CIVIL
TESIS PROFESIONAL
Cuenca del Cupatitzio
José Luis Cárdenas Ruiz

3

A) Orografía

La cuenca del Cupatitzio forma parte de la sierra volcánica transversal conocida como eje neovolcánico o meseta volcánica. Su elevación media es de 2200 M.S.N.M y su elevación máxima es de 3200 M.S.N.M. en los picos de los cerros.

Está compuesta por grandes macizos volcánicos como Tancítaro, Paracho, Quinceo y el tren de volcanes Las Palmas - Corupo, grades valles y cañadas que son rellenos de sedimentos clásticos y cataclásticos producto de la degradación de las grandes prominencias.

Las corrientes alternantes de lava y depósitos tobáceos, dan a la región colinas y depresiones en espacios que en ocasiones se presentan como pequeñas subcuencas exorreicas.

El suelo es muy permeable a profundidad y longitudinalmente, por eso los suelos arcillo arenoso están presentes en toda la región.

B) Hidrografía

De acuerdo con la disposición del drenaje superficial, el área de estudio fue dividida en zona de escurrimiento y de absorción.

La zona de escurrimiento tiene su desagüe a través de los ríos Santa Bárbara, Jucutacato y Cupatitzio, que juntos forman uno de los principales afluentes del Tepalcatepec, y éste a su vez, del río Balsas.

El drenaje de la zona de absorción es de tipo endorreico, o sea, no tiene salida superficial, por lo tanto el volumen de precipitación es igual al volumen del agua que se infiltra, se evapora y se absorbe por la vegetación.

Es razonable suponer, debido a la posición geográfica y la mayor elevación sobre el nivel del mar, que en la zona de absorción el volumen de agua que se infiltra busque su salida natural hacia la zona de escurrimiento cientos de metros más abajo.



Río Cupatitzio.





La cuenca del Cupatitzio se encuentra enclavada dentro de la meseta Tarasca, que a su vez forma parte de la inmensa región volcánica del eje neovolcánico de México. En su porción del Estado de Michoacán, que colinda con los Estados de Colima, Jalisco, y Guanajuato, no hay edificio petrológico natural que no sea producto de actividad volcánica y de la degradación de la roca madre como consecuencia de los fenómenos de intemperismo físico-químicos que principalmente han degradado las grandes prominencias topográficas, transportando y depositando los clásticos sedimentarios para rellenar grandes depresiones y formar así valles, taludes y cañadas de consideración.

Las rocas que cubren el área son, por lo tanto, productos piroclásticos antiguos y recientes, y consisten en derrames basálticos, bombas, lapilli, chinas, gránulos y abundantes tobas o cenizas esparcidas por efectos eólicos en toda la región.

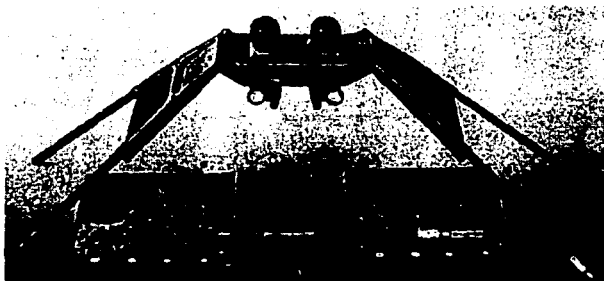
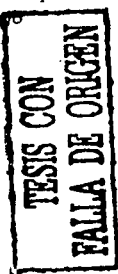
Con apoyo de la fotogrametría y un estereoscopio, es posible observar la secuencia de la actividad y los flujos; más aún,

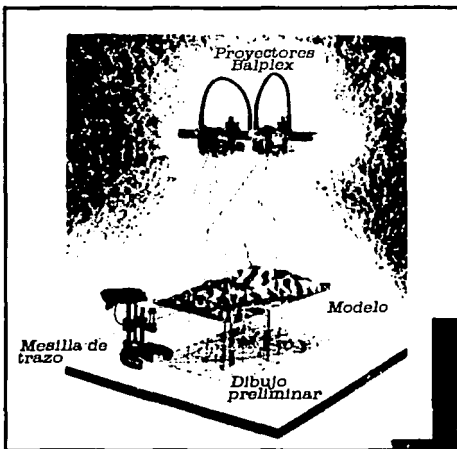


Piedra Basáltica

Estereoscopio

de espejo



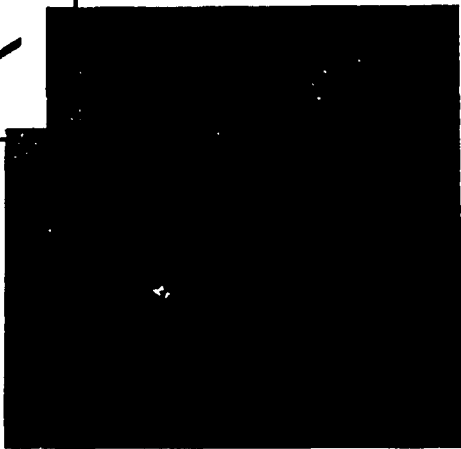


Proyectores Balplex
y modelo estereoscópico

Partículas Piroclásticas

cuando las condiciones de intemperismo han sido estables y abundantes; el grado de alteración de las rocas denotan fielmente la comparación cronológica entre ellas. No obstante las observaciones megascópicas que presentan, un gran número de autores e investigadores consideran la edad de las más antiguas como del pleistoceno medio al reciente, dentro del terciario tardío y cuaternario.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



A) Sedimentología y estratigrafía

Los sedimentos más antiguos que se conocen son producto de la degradación de los volcanes más antiguos y se encuentran en las cañadas, los valles y los taludes o flancos de los mismos. En estudios realizados por Williams (1945-1950), se denominó formación Zumpimito a los grandes depósitos conglomeráticos y alternancia de areniscas y arcillas consolidadas presentes en la región de Uruapan y río abajo, todas ellas de edad pleistocénica-media.

Las rocas sedimentarias presentes son netamente clásticos terrígenos continentales que ocupan los bajos de los valles y cañadas, tales como conglomerados de grano medio, areniscas de grano grueso, arcillas arenosas y bien clasificadas (tepetate).

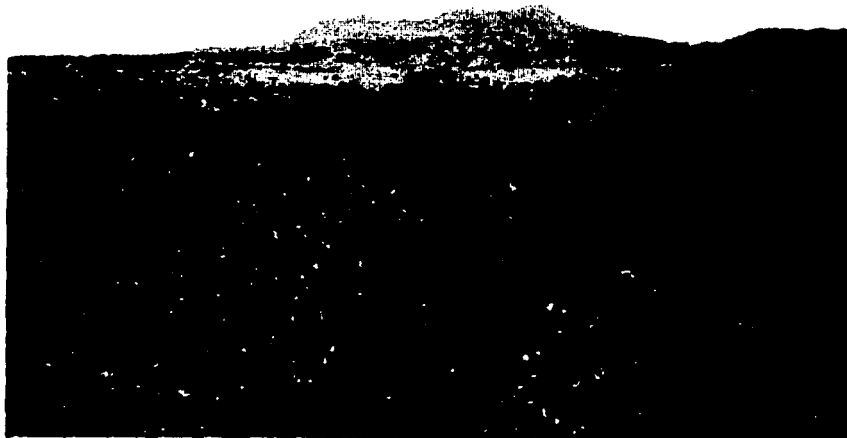
B) Tectónica

La cuenca del Cupatitzio es una parte mayor de la inmensa área denominada Meseta Tarasca de origen eminentemente volcánico y geológicamente reciente. Su región NW, colindante con el Estado de Jalisco y Colima, forma parte de la faja de volcanes que se extienden sobre la porción meridional de la meseta central en donde aparecen las más grandes montañas y los más grandes valles de México. Esto se menciona porque anteriormente se consideraba que solamente se extendía a través del Estado de Tepic, pasando por Jalisco, hasta terminar en la sierra de los Tuxtlas; sin embargo, en

la actualidad se ha comprobado que se prolonga al sur, hasta la vertiente del río Balsas.

Los edificios volcánicos antiguos y modernos, los conos cineríticos numerosísimos y los extensos derrames de lava que forman el " Malpaís ", le dan un aspecto rugoso especial a esta parte del territorio, y en particular a la cuenca que presenta una típica morfología diferenciable de otras localidades que se encuentran en la parte marginal del eje neovolcánico transversal, y que forman grandes planicies, valles, mesetas y cañadas en donde se establecieron los pobladores indígenas que forman parte del patriotismo étnico de la región.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Malpaís

Hay que hacer notar que cualquiera que sea el origen o la dependencia que pudiera existir entre la gran cantidad de erupciones volcánicas en el área, existe una relación tectónica magmática que no se ha estudiado. Esto lo podemos comprobar en el área con los grandes aparatos eruptivos, como Tancítaro, Quinseo, Patamban, los cuales contienen una invariable cantidad de conos parásitos o adventicios, que acusan el origen de los primeros conos volcánicos monogenéticos, y más aún, en la región hasta la fecha, no se han tenido erupciones o estructuras poligenéticas que tengan la chimenea magmática abierta; esto nos hace pensar que sus manifestaciones eruptivas o explosivas se encuentran en la fase final de la cámara magmática en la región circunscrita, o bien, que la alimentación magmática procede de otras nuevas fuentes más retiradas y distintas de las de origen. Esto suena poco probable pues hasta la fecha no se ha confirmado, no obstante son característica de la región y son manifestaciones recientes, como el volcán Parícutín.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN



Manifestaciones eruptivas

*Evidencia del origen del
río Cupatitzio a partir de
dos formaciones geológicas*

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



La gran superficie volcánica del área está cubierta en toda su extensión de basaltos de olivino con notable parecido físico en todas sus partes, como si procedieran de una misma concentración magmática, alojada probablemente a poca profundidad de la superficie terrestre.

No obstante la gran abundancia de manifestaciones eruptivas y la magnitud del área, si observamos que las incidencias recientes son mínimas en función del número presente, podemos decir que en la región, las explosiones volcánicas se encuentran en plena decadencia.

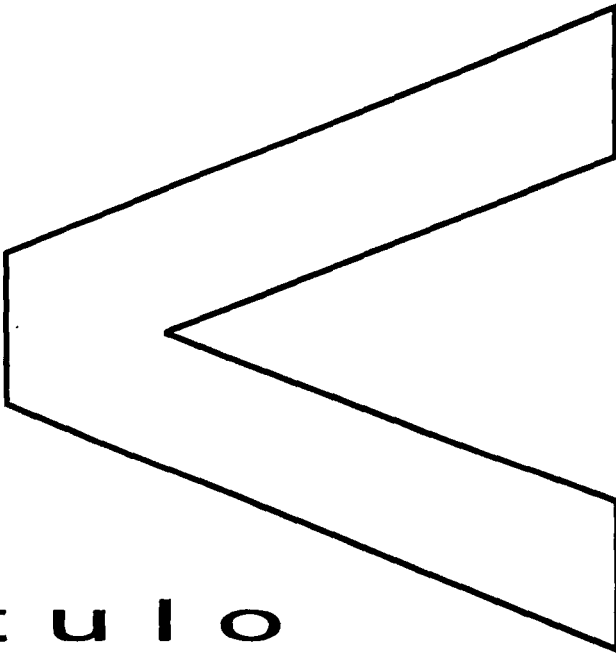
**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Escala del tiempo geológico

MILLONES DE AÑOS				
ERAS	PERIODOS	EPOCAS	DURACION	ANTES DEL PRESENTE
CENOZOICO	Cenozoico	Pleistoceno	1 000 000	63 000 000-
		Plioceno	12 000 000	
		Mioceno	12 000 000	
		Oligoceno	11 000 000	
		Eoceno	22 000 000	
Paleoceno	5 000 000			
MESOZOICO	Cretácico		72 000 000	
	Jurásico		46 000 000	
	Triásico		49 000 000	
PALEOZOICO	Pérmico		50 000 000	
	Pennsylvánico		30 000 000	
	Mississippi		35 000 000	
	Devónico		60 000 000	
	Silúrico		20 000 000	
	Ordovícico		75 000 000	
	Cámbrico		100 000 000	600 000 000-

Las rocas más antiguas tienen 3 300 000 000 de años.

Origen de la tierra: 4-5000 000 000 de años.



37 c a p i t u l o

Etimológicamente la palabra hidrología proviene del griego hidro y lógos que significan respectivamente agua y tratado o estudio.

La hidrología estudia la fase del agua, que comienza al llegar a la superficie de la tierra, e incluye las precipitaciones, las aguas superficiales, la evapotranspiración, la infiltración y las aguas subterráneas. Estos fenómenos tienen lugar en el suelo y en el subsuelo. Se distingue por lo tanto, una hidrología de superficie y una hidrología de las aguas subterráneas. Esta última estudia el origen, la repartición y el movimiento del agua por debajo de

El presente estudio hidrológico servirá para proyectar, construir o supervisar el funcionamiento de instalaciones hidráulicas. Por ejemplo, la necesidad de diseñar puentes, estructuras para el control de avenidas, presas, vertederos, sistemas de drenaje para poblaciones, carreteras, sistemas de abastecimiento de agua, estructuras de control de azolves. Sin excepción, estos diseños requieren de análisis hidrológicos. En nuestro caso nos ubica la zona de estudio y nos proporciona todas las características de la cuenca e información para la estructura de control de azolves.

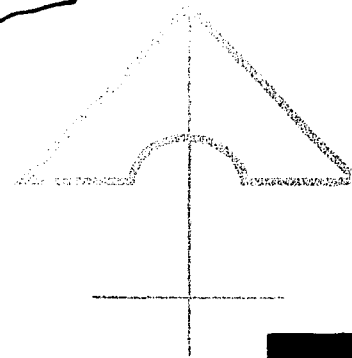
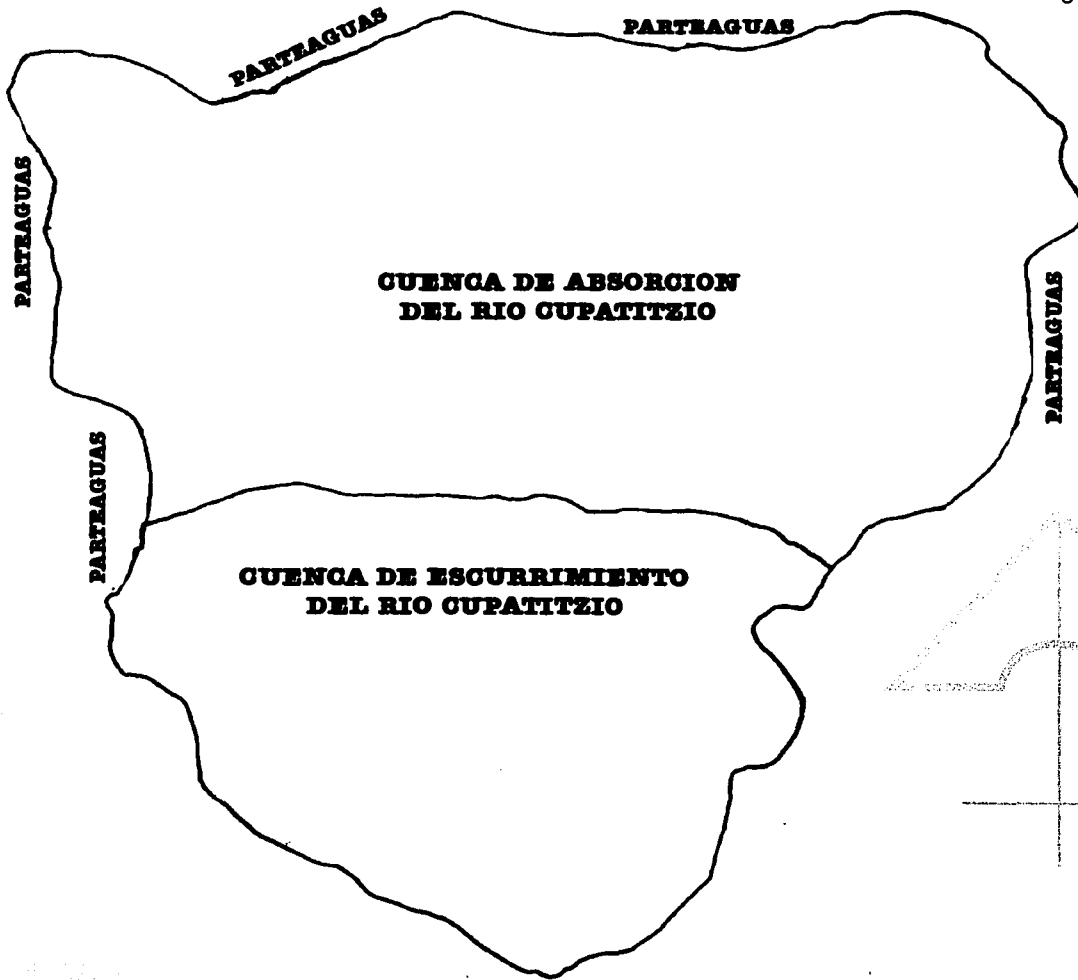
La precipitación, un elemento del ciclo hidrológico, es importante en la planeación de un proyecto de abastecimiento de agua, para irrigación, uso doméstico.

Es fundamental conocer primero la lluvia promedio, la variabilidad mes a mes, a través de un periodo largo de años. Los datos son muy útiles en el desarrollo de proyectos de uso del suelo, y en todos los estudios para estimar gastos máximos en el diseño de drenajes urbanos o zonas de riego que requieren de conocer la intensidad y duración de las tormentas de la zona.

Por la razón anterior la red pluviométrica nunca debe ser subestimada, pues de su densidad depende la calidad de la información.

Los criterios elementales para el diseño de las redes pluviométricas, incluyen una discusión sobre el estado actual y necesidades de la red.

ESCALA 1: 250 000



**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

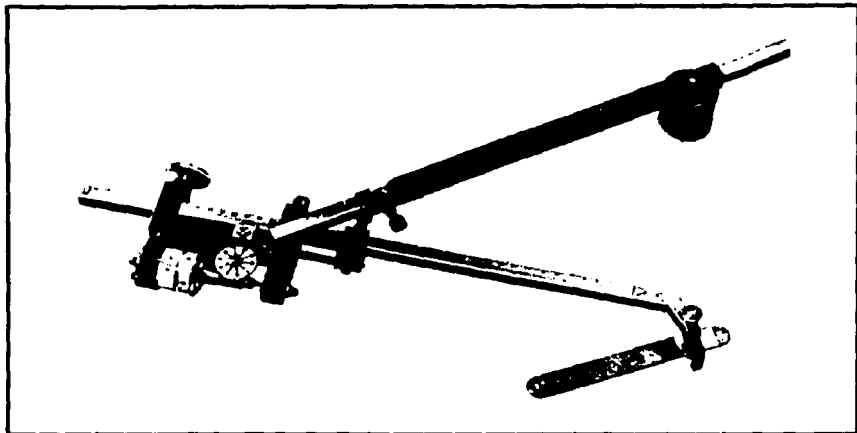
**SUPERFICIE DE LA
CUENCA**

U.D.V. ESCUELA DE ING. CIVIL
TESIS PROFESIONAL
Cuenca del Cupatitzio
José Luis Cázares Ruiz

Lamina

4

A) Superficie de la cuenca



Planímetro

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

La superficie de la cuenca es el área en proyección horizontal encerrada por el parteaguas que es una línea definida por los puntos de mayor altitud topográfica, y se determinó con el apoyo técnico de las cartas topográficas de la región y un planímetro.

La superficie de la cuenca del río Cupatitzio se dividió en:

- Cuenca de escurrimiento, con una superficie de 407 Km²
- Cuenca de absorción, con una superficie de 973 Km²

De conformidad con la anterior, tenemos un total de superficie de 1380Km.²

b) Pendiente de la cuenca

Tiene importancia en relación con la infiltración, el escurrimiento superficial, la humedad del suelo, en la contribución del agua subterránea.

Cuando la pendiente es grande, la velocidad del escurrimiento superficial lo es también, crecen las probabilidades de avenidas y aumenta la erosión.

Para la obtención de la pendiente de la cuenca, se aplicó el criterio de Horton en el cual se traza una malla sobre un plano del área de la cuenca, se orienta en el sentido de la corriente principal.

Se midió la longitud de cada línea de la malla comprendida dentro de la cuenca y se contaron las intersecciones y tangencias de cada línea con las curvas de nivel.

La pendiente de la cuenca en cada dirección se valúa como:

$$S_x = \frac{(N_x D)}{L_x} \quad S_y = \frac{(N_y D)}{L_y}$$

Donde:

D = desnivel constante entre curvas de nivel

L_x = longitud total de las líneas de la malla en dirección X, comprendidas dentro de la cuenca

L_y = longitud total de las líneas de la malla en dirección Y, comprendidas dentro de la cuenca

N_x = número total de intersecciones y tangencias de las líneas de la malla en dirección X, y con las curvas de nivel.

N_y = número total de intersecciones y tangencias de las líneas de la malla en dirección Y, con las curvas de nivel.

S_x = pendiente de la cuenca en dirección X.

S_y = pendiente de la cuenca en dirección Y.

En la primera tabla se presenta la pendiente media de la cuenca de escurrimiento del río Cupatitzio; la siguiente, muestra la pendiente de la cuenca de escurrimiento y la cuenca de absorción.

Número de la
línea de la malla

Intersecciones
Nx Ny

Longitudes en Km.
Lx Ly

0	0	0	0	0
1	0	0	2.25	0
2	4	0	6.5	0
3	5	0	9.25	0
4	4	0	13	0
5	7	2	16.25	1.75
6	12	5	19.25	6.25
7	17	5	21	8
8	14	6	22.25	8.75
9	21	11	25	12.5
10	31	8	25.5	15
11	25	17	26.5	16.25
12	23	15	27.5	16.25
13	16	12	28.5	17.5
14	14	9	28.25	18.75
15	14	7	28.5	20
16	20	18	31	20.5
17	22	13	31.25	21.25
18	22	13	26.75	21.75
19	12	12	15	23
20	8	14	3.75	23.25
21	0	13	0	23.25
22	0	12	0	22.5
23	0	19	0	22
24	0	12	0	20.75
25	0	1	0	14.5
26	0	13	0	17.5
27	0	12	0	12.5
28	0	7	0	8.5
29	0	6	0	6
30	0	2	0	3

Suma
Suma total

291

565

2.74

407.25

808.5

401.25

$$S_x = 0.0714$$

$$S_y = 0.1014$$

$$S_c = 0.0698$$

Número de la línea de la malla	Intersecciones		Longitudes en Km.	
	Nx	Ny	Lx	Ly
0	0	0	0	0
1	0	0	2.25	0
2	4	4	6.5	4
3	5	2	9.25	6.5
4	4	16	13	71
5	7	12	16.25	19.5
6	12	11	19.25	24
7	17	20	21	29.5
8	14	21	22.25	30.25
9	21	32	25	34
10	31	35	25.5	36
11	25	52	26.5	37
12	23	39	27.5	38.25
13	16	33	28.5	39.25
14	14	31	28.25	40.75
15	14	21	28.5	42
16	20	35	31	43.25
17	22	38	31.25	44.25
18	29	44	31.5	44.75
19	31	35	33	45.75
20	37	39	35.5	46
21	40	33	35.5	46
22	37	30	37.25	45
23	33	48	38.25	44.25
24	27	30	41.75	43.25
25	35	32	42.5	42
26	34	36	42.5	40
27	36	44	42	35
28	38	42	42	33
29	41	36	42.25	29.5
30	27	32	43.75	28

Número de la línea de la malla	Intersecciones		Longitudes en Km.	
	Nx	Ny	Lx	Ly
31	37	32	44.75	26.25
32	47	21	44.25	25
33	37	29	44.5	24.5
34	35	26	45	23.5
35	43	15	45	22.25
36	29	24	40	20
37	26	23	13	16.25
38	19	7	5.2	6.25
39	0	2	0	1.25
40	0	0	0	0
Suma	967	1062	1179	1173.25
Suma total		2029		2352.25

La pendiente en la dirección X

$$S_x = (N_x D) / L_x = (967 * 0.1) / 1179 = 0.08201$$

La pendiente en la dirección Y

$$S_y = (N_y D) / L_y = (1062 * 0.1) / 1173.25 = 0.0905$$

Con los datos anteriormente expuestos, la pendiente media de cuenca se obtuvo con la siguiente fórmula.

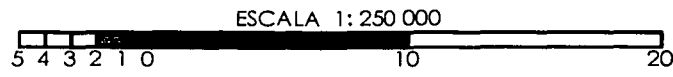
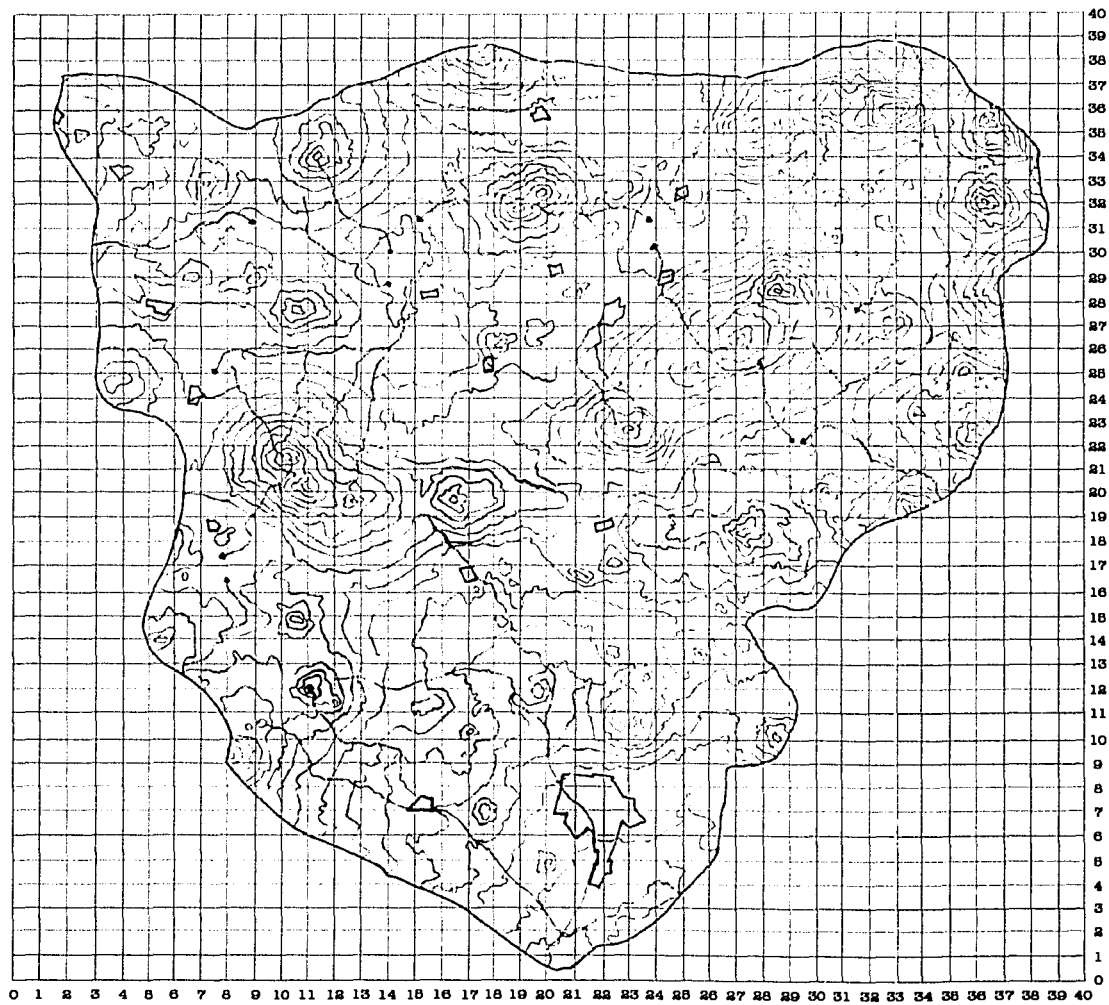
$$S_c = (ND) / L = (2029 * 0.1) / 2352.25 = 0.08625$$

$$S_x = 0.08201$$

$$S_y = 0.0905$$

$$S_c = 0.08625$$

Plano de la maya de Horton (lámina 5)



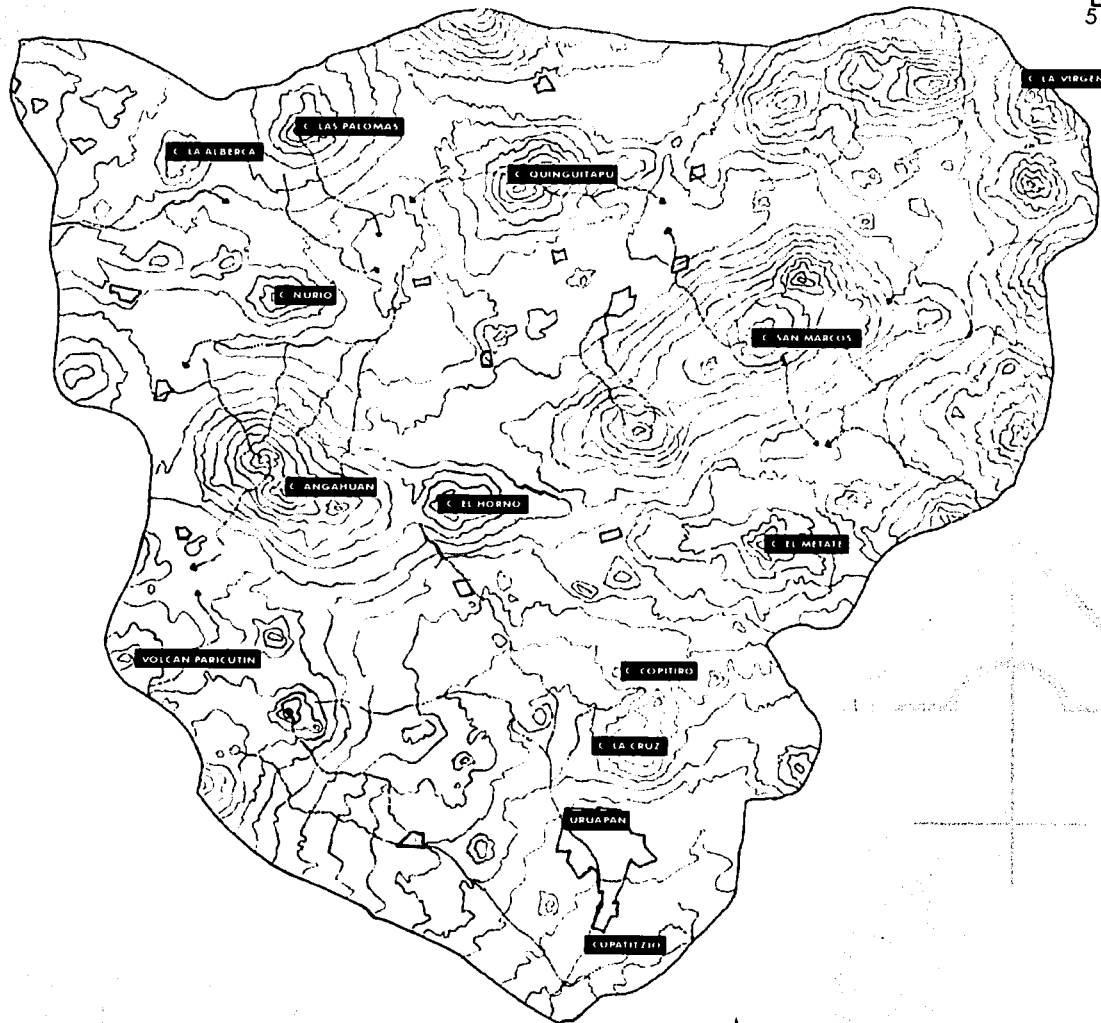
**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

PENDIENTE DE LA CUENCA

U.D.V. ESCUELA DE ING. CIVIL
TESIS PROFESIONAL
 Cuenca del Cupatitlán
 José Luis Cámares Ruiz

5

ESCALA 1: 250 000



**TESIS CON
FOLIA DE ORIGEN**

--- CORRIENTE INTERMITENTE
— CORRIENTE PERENNE

PLANO HIDROLOGICO

U.D.V. ESCUELA DE ING. CIVIL
TESIS PROFESIONAL
Cuenca del Cupatitzio
José Luis Cárdenas Ruiz

6

C) Densidad de drenaje

La red de drenaje de una cuenca es el sistema de cauces por el que fluyen los escurrimientos de manera temporal o permanente. Su importancia se manifiesta por los efectos en la forma de drenado en escurrimientos normales o extraordinarios. Se utilizó el plano hidrológico como apoyo técnico. Lámina 6.

Con respecto a la cantidad de cauces, se ha observado que por lo común se encuentran bajas densidades de drenaje en regiones de roca endebles o de suelos muy permeables. En cambio, se obtienen altas densidades de drenaje en áreas de roca resistentes o de suelos impermeables. El orden de corrientes se clasificaron en efímeras, intermitentes y perennes. El grado de corriente se obtuvo a través de la clasificación de Horton.

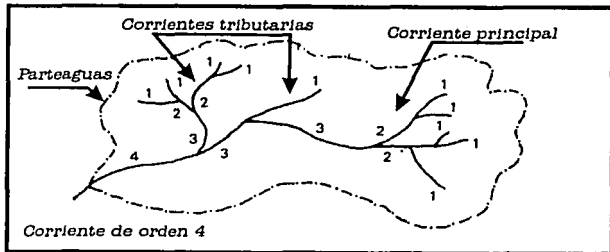
La densidad de drenaje está representada por la longitud de las corrientes por unidad de área, o sea que

$$D = L / A \quad \text{Donde:}$$

A área total de la cuenca en Km^2

L longitud total de las corrientes perennes e intermitentes de la cuenca en Km

$$D = 274.00 \text{ km} / 1380 \text{ km}^2 = 0.19855$$



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

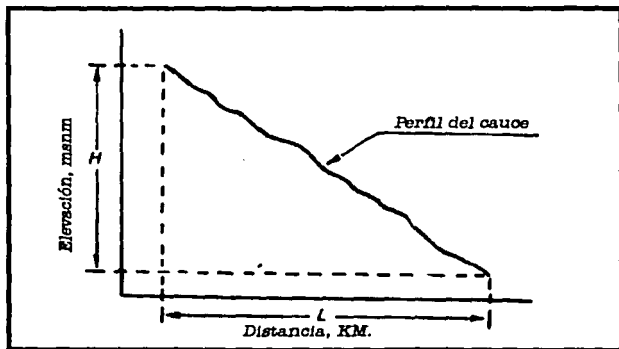
Cuenca Hidrológica

D) pendiente del cauce principal

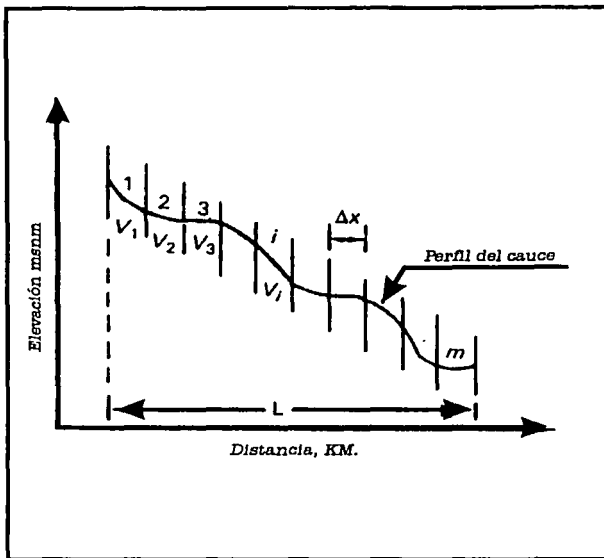
Existe influencia notoria con las más importantes características de avenidas. La respuesta hidrológica, en una longitud de cauce principal, corta la respuesta de la precipitación y se deja sentir más rápidamente que en una longitud larga.

Se obtuvo con el criterio de Taylor y Schwarz, quienes proponen calcular la pendiente media como la de un canal de sección transversal uniforme que tenga la misma longitud y tiempo de recorrido que la corriente en cuestión.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN



Pendiente del
cauce principal



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Se subdivide el río en "M" tramos iguales de longitud DX, se tiene que el tiempo de recorrido T_i por tramos i es

$$T_i = DX / V_i$$

Donde:

V_i = Velocidad media del tramo, de acuerdo con Chezy, se puede expresar como:

$$V_i = C_i \sqrt{(R_i * S_i)} = K \sqrt{s_i}$$

Donde:

K es una constante y S la pendiente del tramo i por lo tanto

$$T_i = (Dt) / K \sqrt{s_i}$$

El tiempo total de recorrido es la suma de los tiempos parciales T_i

$$T = (L) / K\sqrt{S}$$

Donde:

K = Constante

L = Longitud total del tramo del río en estudio

S = Pendiente media del tramo del río en estudio

T = Tiempo total del recorrido

Entonces:

$$\frac{L}{K\sqrt{S}} = \sum_{i=1}^m \frac{Dx}{K\sqrt{S_i}}$$

Y como $L = m Dx$, sustituyendo, simplificando y ordenando, se encuentra que:

$$S = \left(\frac{m}{1/\sqrt{S_1} + 1/\sqrt{S_2} + \dots + 1/\sqrt{S_m}} \right)^2$$

Donde:

S = Pendiente media del tramo en estudio

m = Número de segmentos iguales, en los cuales se subdivide el tramo en estudio

S_1, S_2, \dots, S_m pendiente de cada segmento

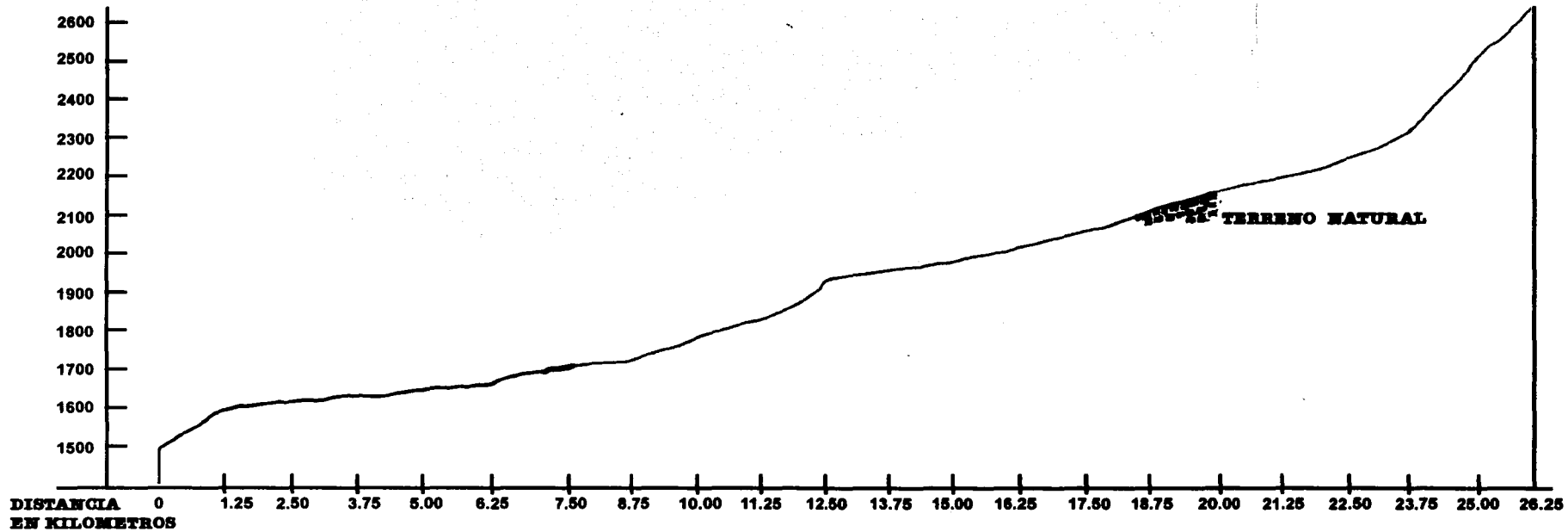
La longitud del cauce principal es de 26.25 km., Se dividió en 21 tramos iguales de 1.25km.

De conformidad con lo anterior se calculó la pendiente del cauce y los resultados son:

$$S = \left| \frac{21}{123.9349} \right|^2 = (0.1694)^2$$

$$S = 0.02871$$

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



PERFIL DEL CAUCE

U.D.V. ESCUELA DE ING. CIVIL
TESIS PROFESIONAL
Cuenca del Cupatitzio
José Luis Cázares Ruíz

Lamina

7

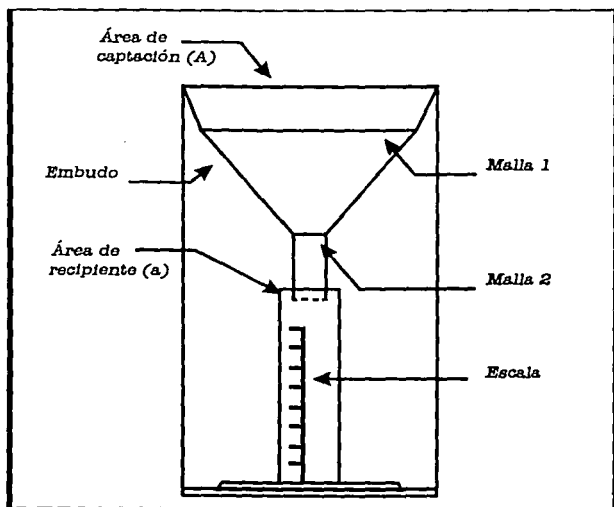
Tamaño	Desnivel H en m	Pendiente Si	\sqrt{Si}	$1/\sqrt{Si}$
1	100	0.0800	0.2828	3.5300
2	16.66	0.0133	0.1154	8.6620
3	16.66	0.0133	0.1154	8.6620
4	16.66	0.0133	0.1154	8.6620
5	16.66	0.0133	0.1154	8.6620
6	26.67	0.0213	0.1460	6.8461
7	16.66	0.0133	0.1154	8.6620
8	50.00	0.0400	0.2000	5.0000
9	50.00	0.0400	0.2828	5.0000
10	100	0.0800	0.1490	3.5300
11	27.77	0.0222	0.1490	6.7091
12	27.77	0.0222	0.1490	6.7091
13	27.77	0.0222	0.1490	6.7091
14	44.87	0.0358	0.1894	5.2780
15	44.87	0.0358	0.1894	5.2780
16	42.30	0.0338	0.1839	5.4360
17	42.30	0.0338	0.1839	5.4360
18	42.30	0.0338	0.1839	5.4360
19	71.42	0.0571	0.2390	4.1800
20	178.5	0.1428	0.3779	2.6400
21	150	0.1200	0.3464	2.8800
Suma				123.9349

E) Precipitación pluvial

Se denomina precipitación al agua que llega a la superficie terrestre de la atmósfera. La precipitación es un componente básico en el ciclo hidrológico y se presenta en forma de lluvia, granizo o nieve.

La magnitud de la precipitación depende de la magnitud del viento, la temperatura y la presión atmosférica. La relación entre estas variables es inestable.

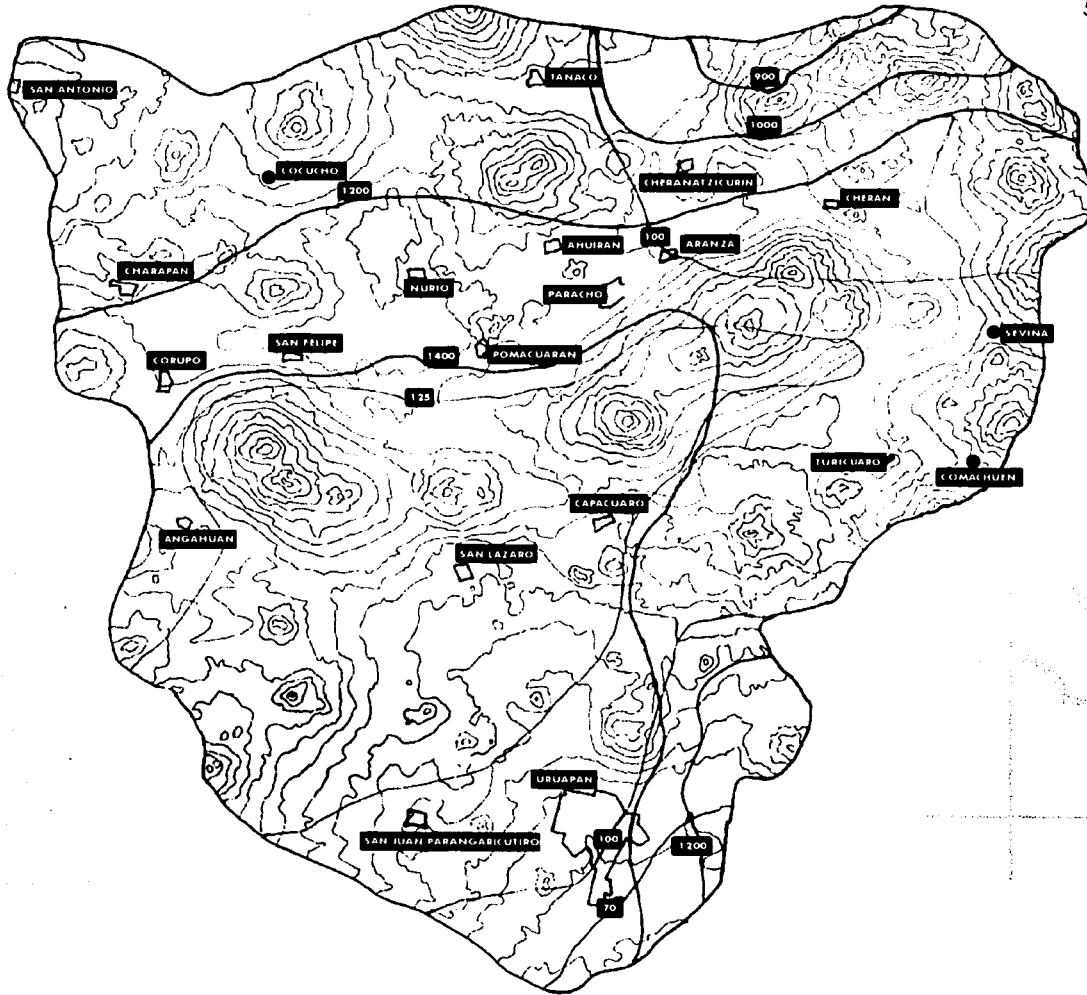
La precipitación promedio anual de la cuenca es de 1427mm, calculada por el método aritmético y datos obtenidos de la Comisión Federal de Electricidad, comparadas con el método de las isoyetas con



**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Medición de la
precipitación

ESCALA 1: 250 000



**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

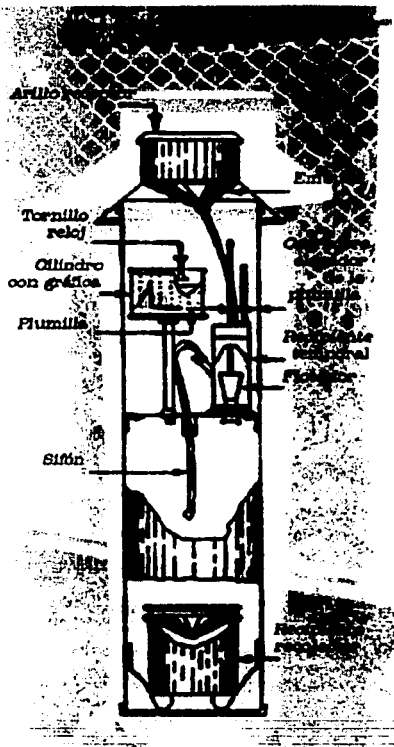
——— ISOYETAS MEDIAS NOVIEMBRE - ABRIL
——— ISOYETAS MEDIAS MAYO - OCTUBRE

PLANO DE ISOYETAS
U.D.V. ESCUELA DE ING. CIVIL
TESIS PROFESIONAL
Cuenca del Capatztic
José Luis Cázarez Ruiz

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

datos de INEGI, lámina 8. Se debe hacer mención a la inadecuada distribución de las estaciones climatológicas por parte de la Comisión Federal de Electricidad ubicadas en la ciudad de Uruapan.

La estación Jicalán y Uruapan, en términos generales, coinciden. La estación Uruapan inició en el año de 1962 y la Jicalán en 1963. La principal inconveniencia de estos datos es la poca zona de influencia respecto al total de la superficie de la cuenca. Una recomendación a la Comisión Federal de Electricidad encargada de llevar los registros es que opte por otra ordenación y aumento de estaciones climatológicas, y no concentrarlas únicamente en la ciudad de Uruapan.



*Medición de la
precipitación*

F) Escurrimiento

Continuando con el análisis de los componentes del ciclo hidrológico, se tratará el escurrimiento. Para entender mejor el concepto de escurrimiento es conveniente describir el proceso que sigue para su formación.

El agua de lluvia llega primero a los objetos que se encuentran sobre la superficie del terreno, como árboles, pasto, casas, etc. En estos lugares parte de la lluvia es interceptada y parte llega al suelo, donde se infiltra, llena las depresiones topográfica y se va acumulando en el terreno hasta romper la tensión superficial y fluir por la superficie de las laderas hacia los cauces.

Así, parte del agua que conducen los ríos se debe al flujo por las superficies; sin embargo, pueden existir otras dos contribuciones: el agua subsuperficial y el agua subterránea.

La primera fluye casi paralela a la superficie a poca profundidad, y la segunda se debe al agua que se encuentra en la zona de saturación del subsuelo.

Para su cálculo, se utilizó el método racional, uno de los más antiguos y más utilizados, es el recomendado por la Comisión Federal de Electricidad.

Considera que el gasto máximo que se alcanza, cuando la precipitación se mantiene con una intensidad constante durante un tiempo, es igual al tiempo de concentración. La fórmula es:

$$Q_p = 0.278 C i A$$

Donde:

Q_p = gasto máximo o pico

C = Coeficiente de escurrimiento

i = Intensidad media de la lluvia para una duración iguala al

tiempo de concentración de la cuenca, en mm/h

A = área de la cuenca en $Km.^2$

$C = 0.30$

$i = 0.20mm/h$

$A = 407 km.^2$

$$Q_p = 0.278 * 0.3 * 0.2 * 407$$

$$Q_p = 6.788 \text{ metros cúbico por segundo}$$

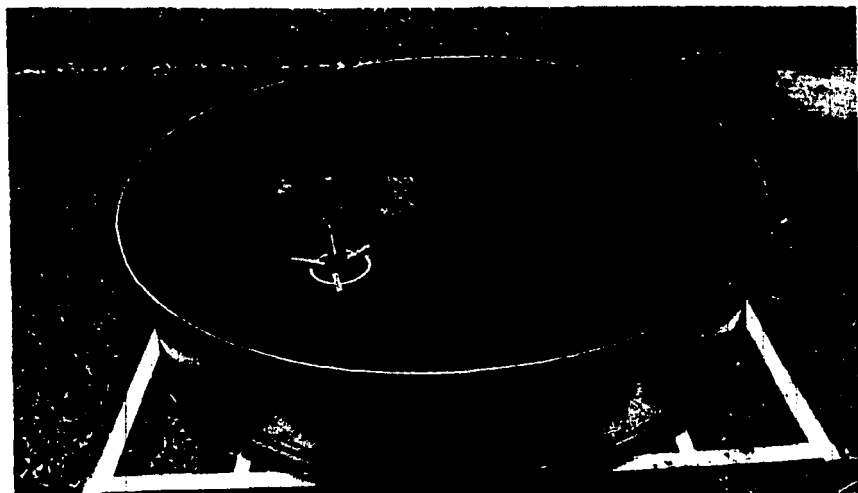
En la zona del estudio se producen los escurrimientos en los meses de Mayo, Junio, Julio, Agosto, Septiembre y Octubre

G) Evaporación

En términos de hidrología, la evaporación se refiere a la tasa neta de transporte de vapor hacia la atmósfera.

Esta tasa se origina por el proceso por el cual las moléculas del agua, en la superficie de un recipiente o en la tierra húmeda, adquieren suficiente energía cinética debido a la radiación solar y pasa de un estado sólido a gaseoso.

De conformidad con lo anterior, podemos percibir que la temperatura es importante en la evaporación, pues un aumento de ella origina una mayor evaporación, ya que se incrementa la velocidad de las moléculas del agua y disminuye la tensión superficial.



Evaporimetro

Tabla de evaporación y temperatura

Mes	Evaporación media diaria	Evaporación total al mes	Temperatura media al mes
Ene	2.61	80.80	16.30
Feb	3.52	98.63	16.40
Mar	4.84	150.15	18.50
Abr	4.90	147.12	20.00
May	4.11	149.22	21.10
Jun	3.20	95.89	20.80
Jul	2.70	81.00	20.10
Ago	3.30	102.35	20.50
Sep	3.20	98.41	20.50
Oct	3.62	112.40	19.90
Nov	2.86	85.83	19.30
Dic	2.26	69.83	18.00

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

H) Manantiales

Son 17 los manantiales registrados, cabe aclarar que hace falta un inventario de los manantiales, algunos de los cuales son importantes por su gasto y abastecimiento para uso doméstico y riego, entre ellos se tienen a la Rodilla del Diablo, los Conejos, Riyitos, entre otros. Se debe señalar que los datos existentes son pocos y de fechas que alcanzan los 10 años de antigüedad.

*Manantiales más importantes de la
cuenca de escurrimiento
del río Cupatitzio.*

Nombre	Gasto LPS
1.- Rodilla del Diablo	424
2.- Los Conejos	493
3.- Riyitos	137
4.- La Perita	104
5.- Gandarillo	168
6.- Arandín	169
7.- Revelero	312
8.- Infiernitos	186
9.- Yerbabuena	1.18
10.- Pánguaro	13
11.- Santa Catarina	401
12.- Las Amapolas	77
13.- Tlacuache	15
14.- Agua Rayada	
15.- Pescadito	1.807
16.- Sauce	
17.- Camatín	

Manantial La rodilla del Diablo.

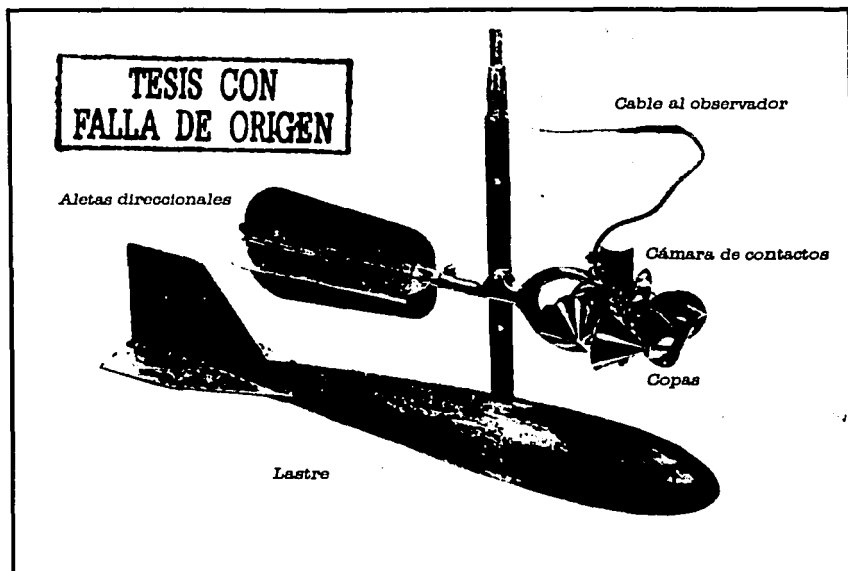


i) Gasto hidráulico

El gasto hidrológico medio en el río fue obtenido de los registros de la Comisión Federal de Electricidad; de la hoy inoperante estación hidrométrica Cupatitzio, en millones de metros cúbicos.

Extrañamente después de 47 años de registro del

Correntómetro Price tipo C



departamento de hidrometría de dicho instituto, éste optó por cancelar la instalación. Los registros son del año 1940 al año 1987, dificultando los estudios que al respecto se elaboran posteriores a esta fecha.

No.	Año	Gasto anual	No.	Año	Gasto anual
1	1940	273	26	1967	306
2	1941	231	27	1968	335
3	1942	267	28	1969	297
4	1943	335	29	1970	273
5	1944	369	30	1971	278
6	1947	232	31	1972	273
7	1948	220	32	1973	313
8	1949	261	33	1974	350
9	1950	295	34	1975	354
10	1951	324	35	1976	320
11	1952	320	36	1977	294
12	1953	307	37	1978	302
13	1954	265	38	1979	288
14	1955	293	39	1980	246
15	1956	314	40	1981	256
16	1957	269	41	1982	246
17	1958	278	42	1983	244
18	1959	305	43	1984	261
19	1960	321	44	1985	253
20	1961	292	45	1986	270
21	1962	272	46	1987	275
22	1963	254			
23	1964	272			
24	1965	256			
25	1966	241			

*Gastos anuales de la estación
hidrométrica Cupatitzio
en millones de metros cúbicos*

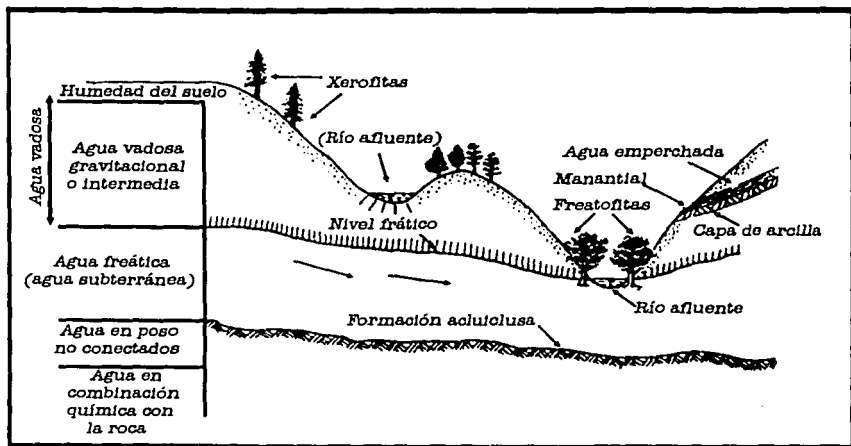
J) Agua subterránea

Debajo de la superficie, oculto a nuestra vista, hay un gran depósito de agua, conocida como agua subterránea, expresión usada para referirse al agua que está en los espacios porosos, fracturas, conductos o grietas.

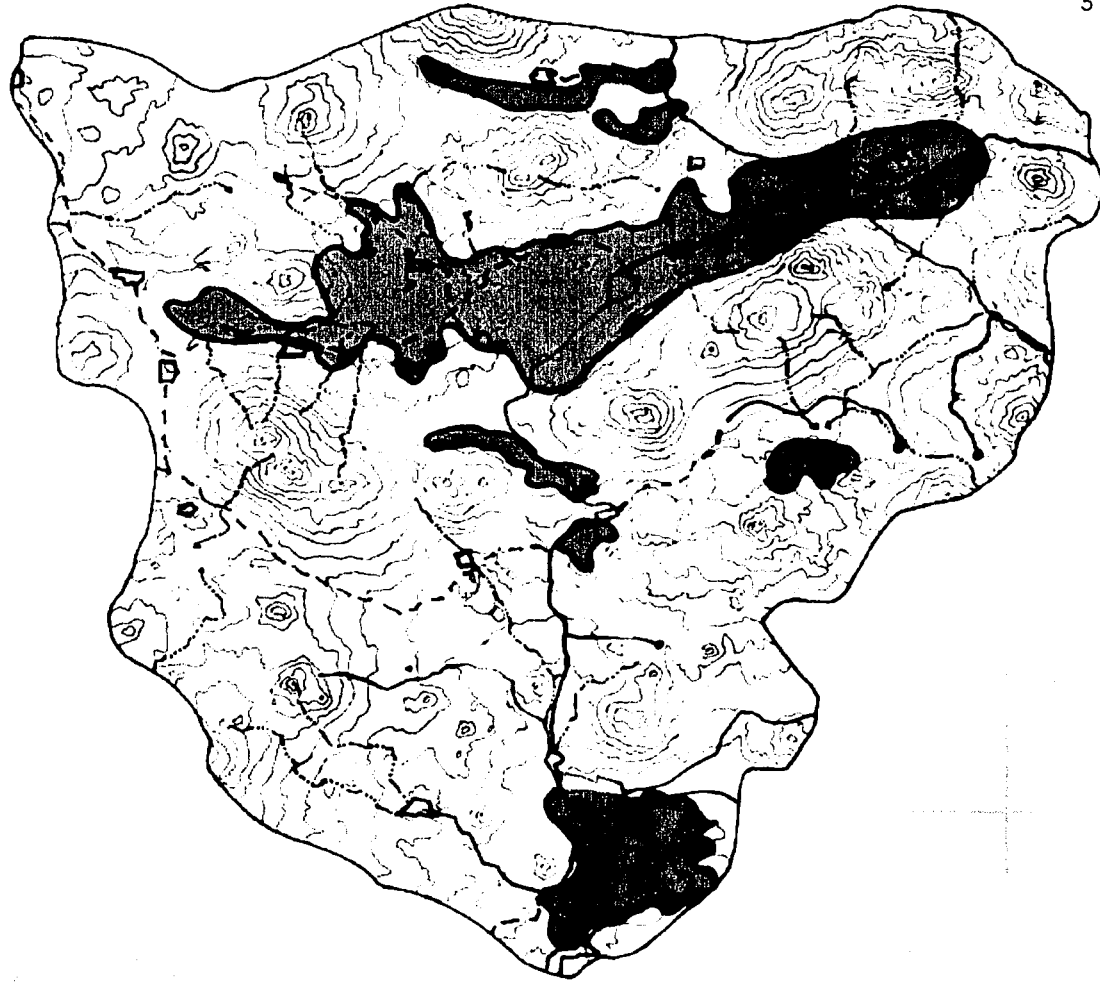
Este proceso se incrementa en volumen, principalmente en época de lluvias, y disminuye en época de estiaje.

El agua subterránea, igual que la superficial, se mueve por efecto de la gravedad

Sección transversal esquemática que muestra el estado del agua subterránea



ESCALA 1: 250 000



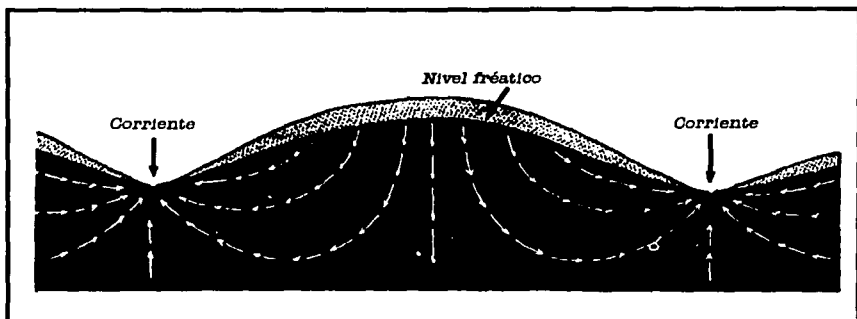
**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

- POSIBILIDADES MEDIAS DE AGUAS SUBTERRANEAS
- POSIBILIDADES BAJAS

PLANO HIDROLOGICO DE

U.D.V. ESCUELA DE ING. CIVIL
TESIS PROFESIONAL
Cuenca del Cupatitzio
José Luis Cámares Ruiz

9



Este diagrama sugiere el flujo de agua subterránea a través de material uniformemente permeable.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

a través de las formaciones permeables y aflora en la superficie del suelo alimentando los ríos y lagos.

Como ya lo mencionamos anteriormente, la cuenca es una zona de origen geológico volcánico, lo cual permite una recarga buena de aguas subterráneas y disminuye en zonas altamente intemperizadas por efectos climáticos.

La cuenca, a grosso modo, cuenta con dos tipos de zonas para recarga de aguas subterráneas, con posibilidad media y posibilidad alta. Lámina 9.

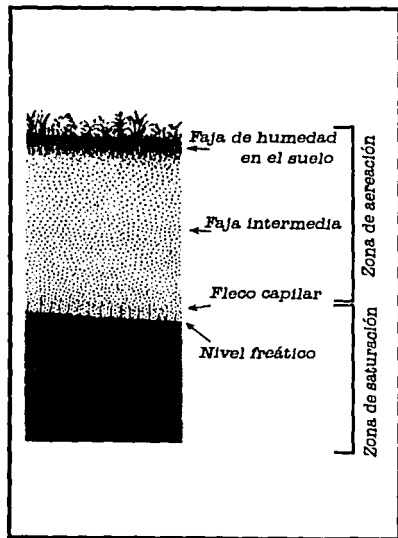
K) Nivel freático

Para hablar de nivel freático debemos mencionar las dos zonas principales del agua subterránea: zona de aereación y zona de saturación.

La zona de aereación es el agua retenida por las rocas y materiales de la tierra que frenan y obstaculizan su descenso más abajo, los espacios entre partículas están llenos de agua y aire principalmente. Son dos las fuerzas que actúan para que al agua no se mueva hacia profundidades mayores, la atracción molecular que ejercen las rocas y la atracción recíproca de las partículas de agua.

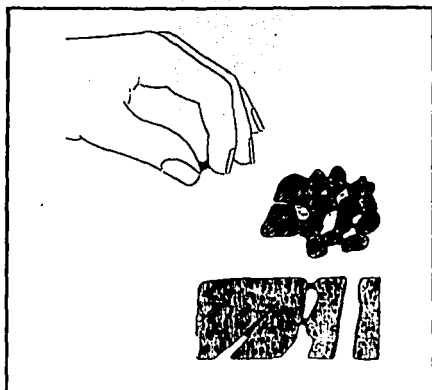
En la zona de saturación, las aberturas de las rocas y de los materiales terrestres están completamente llenos de agua subterránea.

El nivel freático es una zona de superficie de contacto irregular entre la zona de aereación y saturación



**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Las dos zonas principales de agua



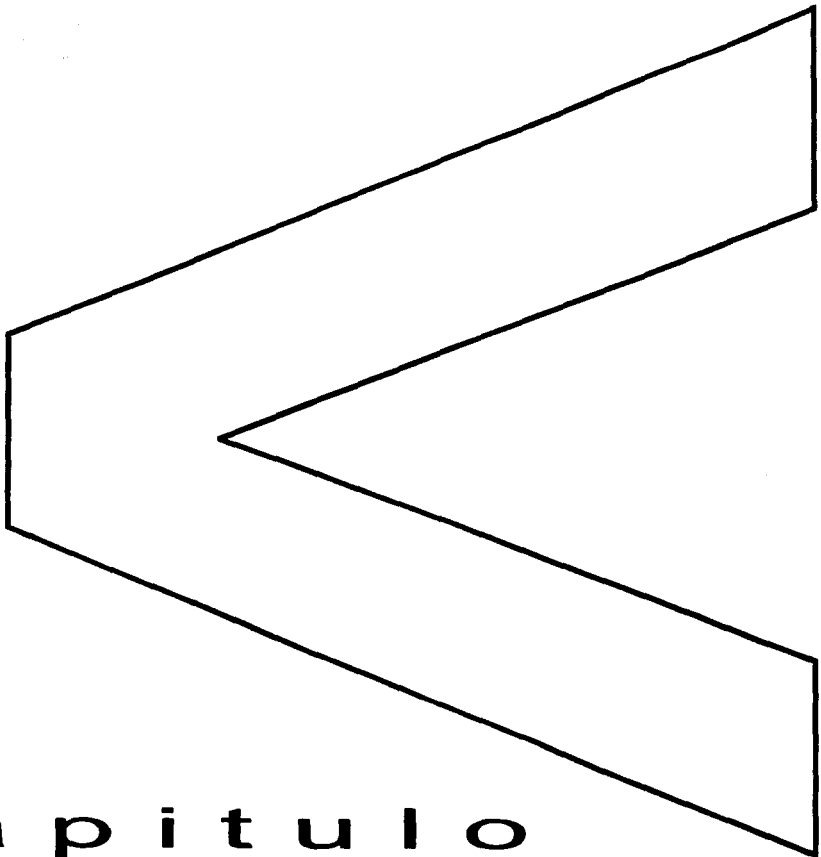
La gota de agua que se sostiene entre dos dedos ilustra la atracción molecular que mantiene el agua colgada en la zona de aereación.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

El nivel freático tiende, en general, a seguir las irregularidades de la superficie del terreno, y alcanza sus elevaciones más profundas en los cerros y lomeríos; y sus puntos más superficiales, en los valles.

Con la ayuda de la fotointerpretación y un estereoscopio, podemos identificar las zonas con mayor posibilidad de tener agua freática y proceder a la construcción de norias con dimensiones de 1.5m. de diámetro y 10 metros de profundidad.

En caso de tener éxito en la obtención del vital líquido, se procederá a aflorarlo regularmente para medir el potencial de agua aprovechable y su tiempo de recarga.



65 **capitulo**

A) Manejo de la cuenca

Uno de los problemas más críticos del agua es la sobredemanda. Si consideramos que el agua subterránea acumulada y retenida en los almacenamientos naturales es solamente una parte de la reserva real del agua, el desarrollo económico del futuro dependerá del manejo de la reserva y que sea sabiamente desarrollado. La cantidad de recarga es notablemente influenciada por las condiciones de la superficie y del uso del suelo.

En cuanto al uso de las corrientes y los ríos, se tiene dos visiones: pequeñas corrientes, tales como arroyos, manantiales de agua cristalina y ríos gigantescos. La visión popular es que las corrientes pertenecen a la naturaleza, han sido creadas para que el hombre las utilice, que los ríos pertenecen al hombre para transportar sus desperdicios, para el comercio y la industria.

El hecho es que los ríos pertenecen a los cauces. Las redes de manantiales y los cursos complejos de agua que están interrelacionados con el paisaje, a través del cual corren, forman una gran red de pequeñas corrientes que se unen a corrientes cada vez más grandes que son colectadas por ríos.

Los ecosistemas de manantiales y corrientes están íntimamente relacionados con su arreglo vegetativo.

Por lo tanto, la naturaleza interactiva del bosque, la estructura comunitaria de las corrientes y sus funciones deben estudiarse dentro de la cuenca; las múltiples e íntimas relaciones entre las zonas ribereñas y los ecosistemas de las corrientes, en cuencas forestales.

La cantidad y calidad de las pequeñas corrientes puede ser drásticamente alteradas por las prácticas y manejo de los suelos y bosques.

Este proceso puede resumirse en los siguientes aspectos:

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



En los suelos forestales no alterados, la escorrentía superficial existe en función de la capacidad de infiltración que existe en estas condiciones.

El sistema de canales de una cuenca se expande y disminuye según la interacción entre las características de la lluvia y la capacidad del suelo para transmitir el agua.

Tanto los aclareos como la construcción de caminos pueden causar movimientos masivos de suelo en algunas áreas. Esta situación, así como las que ocurren naturalmente, pueden cambiar drásticamente la hidráulica de los cauces o canales de pequeñas corrientes dañándolas o haciendo que desaparezcan.

Estas prácticas afectan la cantidad y calidad de las corrientes. El agua que se consume, según el tipo de vegetación y clima, es factor de mayor importancia en la ordenación de cuencas hidrográficas.

Cuando se va a manejar una cuenca, es necesario tener conocimientos previos de los recursos que ahí intervienen. Se refieren a la regularización, control y manejo de los recursos naturales con el fin de tener producción y proteger los suministros de agua, e incluye el control de la erosión y las avenidas.

Se trata de solucionar problemas que plantea el uso de la tierra y el agua.

De aquí que la cuenca se puede caracterizar según:

- 1) Se encuentre deteriorada.
- 2) Se desee tener uso múltiple de los terrenos de ésta
- 3) Disminuya o aumente el gasto del agua
- 4) Mejore la calidad del agua

Dentro de estos aspectos que alteran el régimen de la cuenca, el factor humano es el responsable de las mayores alteraciones. Unos ejemplos son:

- Modifica la cubierta vegetal
- Por las prácticas agrícolas
- Desarrollo urbano
- Modifica el cauce de los ríos

El método más común para determinar si una cuenca está alterada, es obtener el grado de erosión de la misma; los síntomas más evidentes son: cárcavas, depósito de sedimentos y desperdicios. Cuando uno de estos síntomas ocurre, la corriente del río baja sucia.

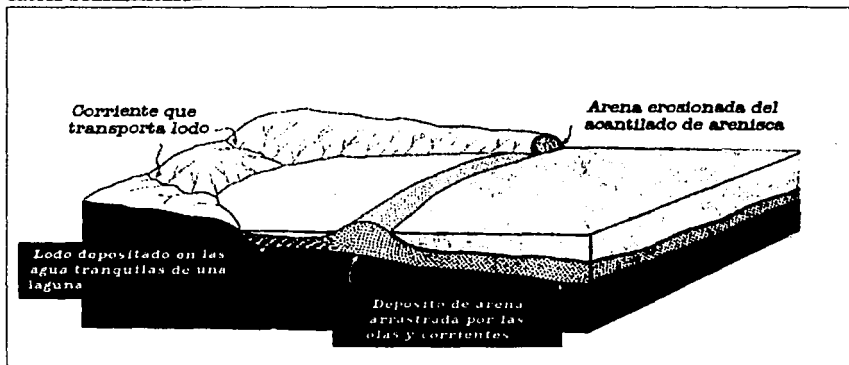
Los sedimentos consisten en todas aquellas partículas sólidas que son arrastradas por una corriente y proceden de los suelos y las rocas como producto de formas comunes de intemperización, o sea, factores físicos y químicos. En general se puede afirmar que las partículas de menor tamaño viajan hacia las partes más bajas de la cuenca con mayor rapidez que las más grandes y pesadas.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Al ser removido del suelo por la acción de la lluvia o por el desgaste del material cohesivo de los márgenes del río, el material fino se incorpora al agua y se le denomina como material de lavado, y es trasportado por los escurrimientos que forman la lluvia el llegar al suelo.

En cambio, las partículas más grandes se mueven sobre la cuenca con mayor lentitud, deteniéndose repetidas veces, hasta que varios agentes los acercan a las partes bajas de la cuenca. Cuando llegan al fondo del cauce, su movimiento hacia el cuerpo de agua depende de la fuerza de la corriente, que puede arrastrarlas sobre el fondo. A estas partículas se les ha dado el nombre de "Azolves"

*Diagrama que
ilustra un cambio de
facies sedimentaria*



B) Contaminación de los manantiales

La contaminación de la zona de absorción y escurrimiento se puede clasificar en tres tipos:

- Contaminación de barrancas torrenciales y zona de escurrimiento
- Contaminación de aguas subterránea (recargas acuíferas)
- Contaminación de aguas superficiales (río Cupatitzio, Santa Bárbara, Jucutacato, etc.)

La existencia de contaminación de las barrancas es evidente por el aspecto discordante que la basura produce en la zona de estudio, así como el mal olor que se respira.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Contaminación de
barrancas torrenciales

Los suelos se contaminan con los productos que emanan de las actividades del hombre: desechos sólidos, líquidos y gaseosos de origen diversos.

A la emisión de desechos sólidos se aplica el término común de basura y consiste en un material heterogéneo que depende del estado económico de la población de la periferia, de las barrancas, así como de las costumbres.



TESIS CON FALLA DE ORIGEN

*Basura de las barrancas
y zona de la cuenca*

La contaminación de barrancas torrenciales y zonas de escurrimiento se debe a que las áreas erosionadas desprovistas de cubierta vegetal y árboles, es utilizada sin estudio alguno como basurero, creando así focos de infección, que más adelante, en tiempo de lluvias, van directamente al manantial " La Rodilla del Diablo".

La contaminación de aguas subterráneas (recarga acuíferas) se debe a la filtración de agentes contaminantes emitidos por basura y agroquímicos utilizados por cultivos de aguacate, además de la contaminación que generan directamente las colonias 28 de Octubre, Rubén Jaramillo y Plan de Ayala con desechos orgánicos, aceites, grasas, agua jabonosa

Esta contaminación se origina por los usuarios de huertas y colonias, al hacer mal uso de sus desperdicios. El suelo en donde se sitúan las huertas y las colonias, es de origen volcánico, y por lo mismo, es muy poroso y permeable, lo que permite la infiltración de los desperdicios hacia los mantos de agua subterránea y zonas de recarga acuífera, dando paso directo a la contaminación que brota con el agua en los manantiales del Parque nacional y otros más situados topográficamente más bajos. La contaminación de las aguas superficiales se debe a la gran cantidad de desechos y basuras que son vertidos al río Cupatitzio.

C) Procedimientos de extracción

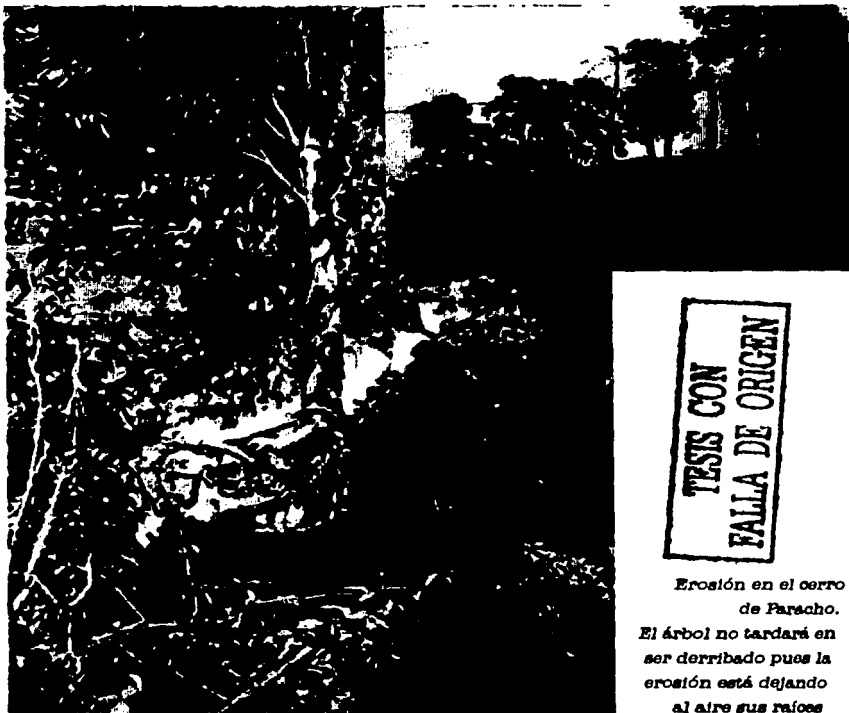
Otro aspecto que afecta la cuenca del Cupatitzio, es la extracción del agua subterránea o absorbida, y que se extrae directamente de veneros y recarga acuífera, para dos usos básicamente: uso doméstico y de cultivo. Para riego de cultivos (huertas de aguacate) ubicadas al norte, oriente y poniente de la cuenca del río Cupatitzio.

Estas aguas se explotan también con pozos profundos, sin control alguno debido a que la zona en donde se riega es altamente permeable, por lo tanto se adiciona el agua consumida por las plantas y por el suelo. El agua que se extrae de los pozos es agua que afecta a los manantiales del parque en cuanto a la cantidad, y la que se absorbe por el suelo es conductora de contaminantes.

D) Labores de prevención de azolves

En el presente trabajo se tomó, como un tema preponderante, el control de azolves por los efectos detrimentales que causan a los manantiales y, obviamente, a la cuenca.

La prevención de azolves se ha mencionado ampliamente. En el capítulo VII se explicarán técnicas simples para que los agricultores de la región las apliquen en sus tierras. Se trata de algo básico como hacer surcos y zanjas en la tierra para que se sedimenten los azolves, todo

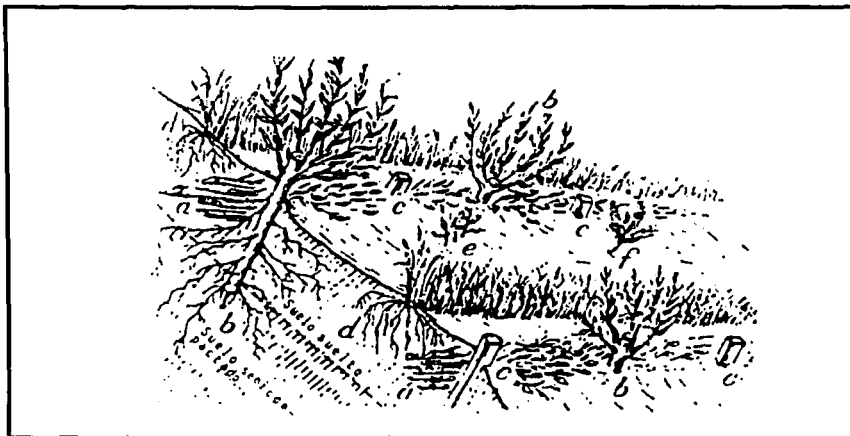


**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

*Erosión en el cerro
de Paracho.
El árbol no tardará en
ser derribado pues la
erosión está dejando
al aire sus raíces*

ello en las periferias de los cultivos, así como presas hechas con ramas o de gavión ubicadas en las vaguadas con el objeto de disminuir la energía cinética del agua.

La vegetación es muy buen método de prevención de azolves; además de ser económico, su funcionamiento lo podemos visualizar de la forma siguiente. Las raíces funcionan como anclas para el suelo ayudándolo a tener mejor adherencia.



La vegetación es un buen elemento en la prevención de azolves.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

En la actualidad se hacen actividades de desazolve en el manantial de la Rodilla del Diablo, con técnicas complicadas como buzos y bombas, evitando las dragas y optando por palas de mano y sacos, labores muy costosas y lentas.

E) Uso de suelos

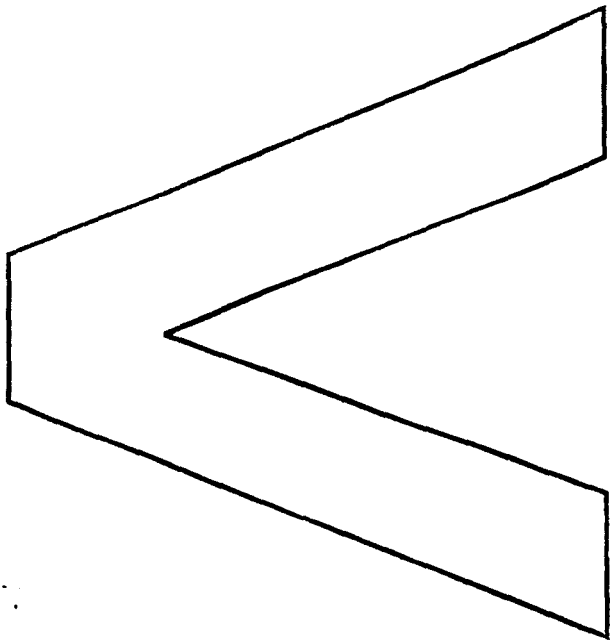
La cuneca del Cupatitzio y su zona de absorción se caracterizan por ser bosques de pinos; en la actualidad han disminuido considerablemente, dando lugar a suelos para uso agrícola, así como uso urbano. Estos dos cambios responden a la necesidad creciente de los pobladores de la cuenca, y modifica drásticamente los ecosistemas existentes. A esto se añade la tala irracional de los bosques para obtener madera, y para lo cual se construyen caminos forestales que no cumplen con especificaciones de diseño, como taludes y drenajes, lo que impide que los cauces naturales sigan su curso y fomentan la erosión que, aun cuando es un proceso natural, aumenta en cantidad con estas prácticas.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

*Huertas de aguacate.
La creciente demanda de
alimento, madera y agua
da origen al cambio
de uso de suelo.*



ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA



79 **c a p i t u l o**

A) Protección de la erosión.

PROTECCIÓN DE TALUDES EN LAS LADERAS SUPERIORES

Surcos y zanjas

Se efectúan sobre el terreno de las laderas en disposición transversales a su pendiente, para retener los escurrimientos y alejarlos de forma que no represente un peligro para el suelo

Ventajas

Son barreras que evitan el incremento de la energía del agua y, por ende, su poder erosivo.

Terrazas (De banco, de drenaje, de absorción o individuales)

Son cortes del terreno que cumplen la función de transformar la pendiente de las laderas en plano normal al escurrimiento y con ligera pendiente hacia el pie de la pared del corte; se complementan con una zanja o cuneta puesta al pie del corte.

Las de absorción no tienen dichos canales colectores, sino bordos que retienen el agua para que sea infiltrada al terreno. Es apropiado su uso porque la cuenca tiene una alta permeabilidad para infiltrar rápidamente el agua.

A medida que se construyan más cerca una de otra, la fuerza erosiva del agua será menor. Se puede aprovechar el agua en exceso retenida para los cultivos, se requiere retirar el suelo, producto de la excavación, para que no sea arrastrado por el agua.

Además de lo antes mencionado, el agricultor puede construir pequeñas presas en las barrancas de poca profundidad con materiales a la mano como son troncos y ramas de los árboles de la región. Estas presas son temporales, pero no por ello menos importantes.

B) Protección del suelo en la cuenca del Cupatitzio

Obtener una solución por estructuras físicas sería inoperante. Para solucionar el problema es necesario complementar las estructuras físicas con programas de reforestación, crear una reserva natural inviolable en la zona de absorción y escurrimiento, además de educar a las personas que hacen uso de la tierra en dicha zona.

C) Tipo de estructuras definitivas

PRESAS DE GAVION

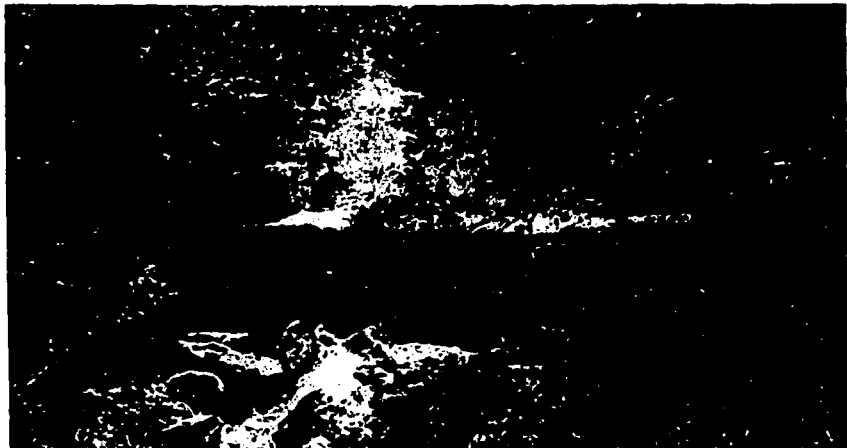
Consiste en un paralelepípedos de malla ciclónica de medidas específicas, que generalmente no sobrepasa los 1.3m^3 de capacidad. Esta estructura se coloca transversal al flujo del escurrimiento dentro de la barranca y se rellena con piedra hasta formar la presa.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Estas estructuras cumplen la función de retener las partículas en suspensión

Presa de Gavión

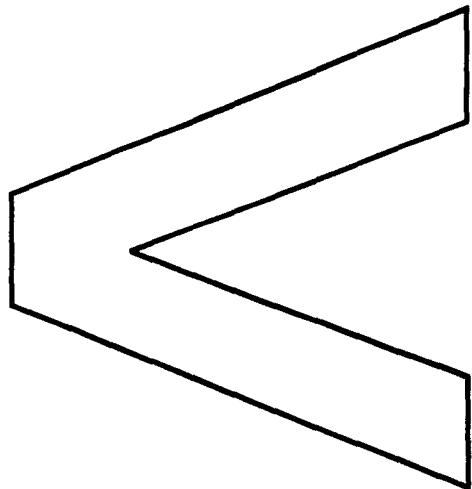




Presa de Gavión

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

arrastradas por las aguas broncas, y simultáneamente disminuyen la velocidad del flujo, lo que permite que no erosione aún más el suelo de la barranca. Sin embargo, el crecimiento demográfico de la ciudad las enfrenta a situaciones que la naturaleza nunca había enfrentado, la basura al llegar a la presa funciona como una rampa para el agua que brinca a la presa; aunado a eso, las presas se obturan con facilidad impidiendo un buen funcionamiento.



VII

PROTECCIÓN DEL MANANTIAL RODILLA DEL DIABLO

A) Problemática

En el presente estudio se tomó como tema preponderante la protección del manantial La Rodilla del Diablo como uno de los manantiales principales que dan vida al río Cupatitzio.

Como se pudo observar, el saneamiento de la cuenca fue realizado desde el punto de vista de un ingeniero civil, dando soluciones como las siguientes y las anteriormente mencionadas.

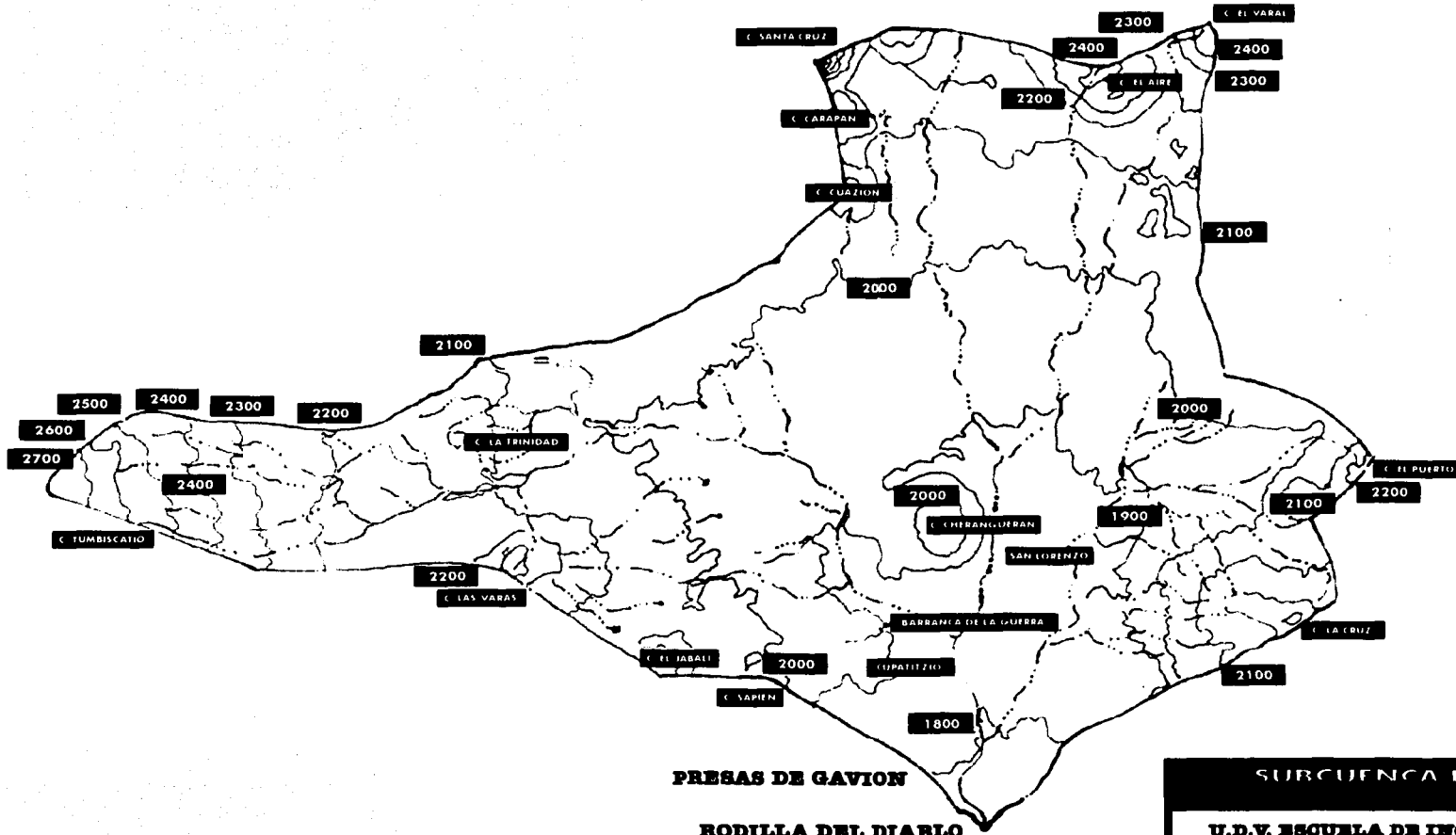
De acuerdo con la topografía que se aprecia en el plano de la subcuenca, lámina 10, podemos concluir que en época de lluvias, año con año se producen aguas broncas que viajan por las vaguadas, arrastrando consigo sedimentos y basuras que deben ser retirados antes de que lleguen al manantial La Rodilla del Diablo, para evitar que la acumulación de sedimentos obturen veneros del propio manantial y se vea disminuido su caudal. Si esto llegara a pasar, se presentarían situaciones alarmantes por la escasez del vital líquido para el uso doméstico, agrícola, industrial y turístico.

La recolección de basura se hará por medio de rejillas que se ubicarán adecuadamente para que los empleados del parque tengan un fácil acceso y les proporcionen mantenimiento.

Las presas de gavión son eficientes, pero no han sido funcionales por la gran distancia que las separa entre sí y no permite a los trabajadores del parque darles mantenimiento adecuado.

El objetivo principal de las presas de gavión es el disminuir la energía del agua; sin embargo, en las primeras lluvias del año el agua arrastra basuras y sedimentos acumulados en tiempo de estiaje y obturan las presas y crean rampas naturales al pie de las mismas, por lo que se vuelven infectivas para el agua de próximas tormentas. En la lámina 10 se ubican las presas de gavión así como el desarenador.

ESCALA 1: 250 000



**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

PRESAS DE GAVION
RODILLA DEL DIABLO
UBICACION DEL DESARENADOR
PARQUE NACIONAL
EDUARDO RUIZ

SURCUENCA DE
U.D.V. ESCUELA DE ING. CIVIL
TESIS PROFESIONAL
Cuenca del Cupatitzio
José Luis Cázares Ruiz
Lamina
10

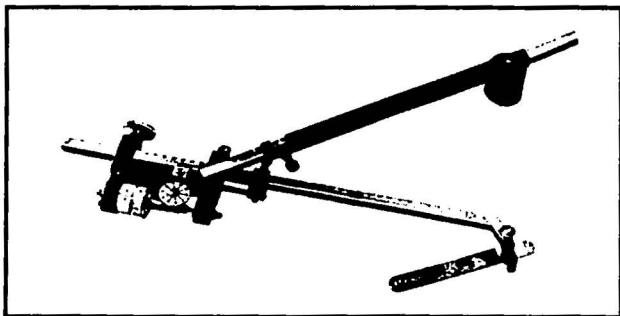
B) Subcuenca de escurrimiento del manantial La rodilla del diablo

La subcuenca fue limitada por el parteaguas, línea definida con el apoyo técnico de la carta topográfica de Uruapan 1: 50,000, ubicándose al norte del manantial la Rodilla del Diablo. Su topografía y la densidad de drenaje facilitan la acumulación del agua pluvial en las barrancas, y la gravedad la conduce hacia puntos topográficos más bajos, lámina 10.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

C) Superficie

La superficie de la subcuenca fue calculada con la ayuda de un planímetro y la carta topográfica 1: 50,000 de Uruapan, con una superficie de 71.5 Km².



Planímetro mecánico

D) Pendiente del cauce

El método utilizado para obtener la pendiente es el de Taylor, anteriormente descrito.

La longitud del cauce principal es de 8.5 Km., que se dividió en 8 tramos iguales de 1.0625 Km. Con los siguientes resultados.

$$S = (8/38.1398)^2 = (0.20975)^2 = 0.0439969$$

la pendiente es de 0.04399

E) Gasto máximo

El gasto máximo escurrido se calculó con la fórmula:

$$Q_p = 0.278 * C * i * A$$

Donde:

Q_p = Gasto máximo o pico escurrido.

C = Coeficiente de escurrimiento,
tabla 5 del apéndice.

i = Intensidad media de lluvia.

A = Área de la cuenca en Km^2

$C = 0.30$

$i = 0.2 \text{ mm/h}$

$A = 71.5 \text{ Km}^2$

$$Q_p = 0.278 (0.3) (0.2) (71.5)$$

$$Q_p = 1.19 \text{ M/S} = 1192.6 \text{ L/S}$$

F) Velocidad del gasto

Se utilizó la fórmula de Chezy

$$V = C \sqrt{R \cdot S}$$

Donde:

C= Factor de resistencia del flujo.

R= Radio hidráulico.

S= Pendiente.

R= A/P

A= Área de la sección 4.55m²

P= Perímetro 6.65m

R= 0.68

S= 0.043996

C= 157.6 / (1 + m/√R)

m= Factor tabla 6, apéndice

m= 2.36

V= C √(R*S)

V= 40.9 √(0.68 * 0.043996)

V= 7.0965 m/s

Esta velocidad se irá disminuyendo a lo largo del trayecto por presas de gavión, y 50 metros antes del desarenador se colocarán piedras de 40 centímetros como su dimensión más grande, para disminuir la velocidad del agua.

G) Diseño del desarenador

Un desarenador es una estructura en forma de canal que nos permite tener una velocidad específica a lo largo de su sección. Esta velocidad provoca la sedimentación de las arenas por gravedad.

Se optó por un desarenador con dos canales para facilitar su limpieza sin interrupción del proceso.

FORMULAS:

$$A = F/V$$

$$H = F / (V * W)$$

$$L = (H * V) / U$$

A= Área hidráulica de la cámara

W=Ancho de la cámara

V=Velocidad del flujo

U=Velocidad de sedimentación de las arenas,

tabla 7 apéndice

H=Tirante hidráulico

L= Largo teórica de la cámara

L'= longitud de diseño

$$F = 1.19 \text{ m}^3/\text{s}$$

El área de la sección transversal A del canal desarenador se basa en el flujo de diseño F y la velocidad horizontal V.

La experiencia ha demostrado que la velocidad horizontal de la cámara desarenadora debe mantenerse lo más próximo a 30 cm/s con una variación de 25%.

El mantenimiento de una velocidad constante se logrará por el uso de un vertedor.

$$A = 1.19 \text{m}^3 / 0.3 \text{m/s} = 3.97 \text{m}^2$$

Proponemos un ancho de 4 metros.

$$H = 1.19 / ((0.3) \cdot 4) = 0.99 = 1 \text{m}$$

$$L = 1 \text{m} (0.3 \cdot 1.25) / 0.027$$

$$L = 13.88 \text{m}$$

Debido a los efectos de turbulencias y las alteraciones de entrada y salida, la longitud de la cámara se incrementará un 40% sobre el valor teórico obtenido.

$$L = 13.88 + 40\% = 19.44 \text{m}$$

$$L = 20 \text{m}$$

$$F = 1.19 \text{m}^3 / \text{s}$$

De acuerdo con los registros de precipitación, con esta intensidad la lluvia tiene una duración de 4 horas por día.

De conformidad con lo anterior tenemos un volumen de $17,173.4 \text{m}^3$

Se previene un volumen de almacenamiento de arena en el flujo de la cámara de 0.06m^3 por 1000 metros cúbicos de agua.

Si el lodo se extrae cada siete días, este volumen será de:

$$7 \text{ días} * \frac{17,173.4 \text{ m}^3/\text{día}}{1000 \text{ m}^3} = 7.21 \text{ m}^3$$

Se debe proveer un espacio dentro de la cámara para la acumulación y almacenamiento de las arenas.

Y la profundidad adicional del canal será: 0.10 m

El método más simple para remover los lodos sedimentados es mediante el paleo manual del fondo de la cámara.

CALCULO DEL VERTEDOR

$$F = 2b (2ag)^{1/2} (h + 2/3 a)$$

$$X = b (1 - 2/3 \cdot 1.416 \text{ arc tan } (y/a))^{1/2}$$

F = flujo del agua

b = mitad del ancho del vertedor

a = altura de la parte rectangular del vertedor (m)

h = altura del vertedor en m

Se asume una altura a = 3cm.

$$h = 100\text{cm} - 2/3a$$

$$h = 100 - 2/3(3)$$

$$H = 100 - 2$$

$$H = 98$$

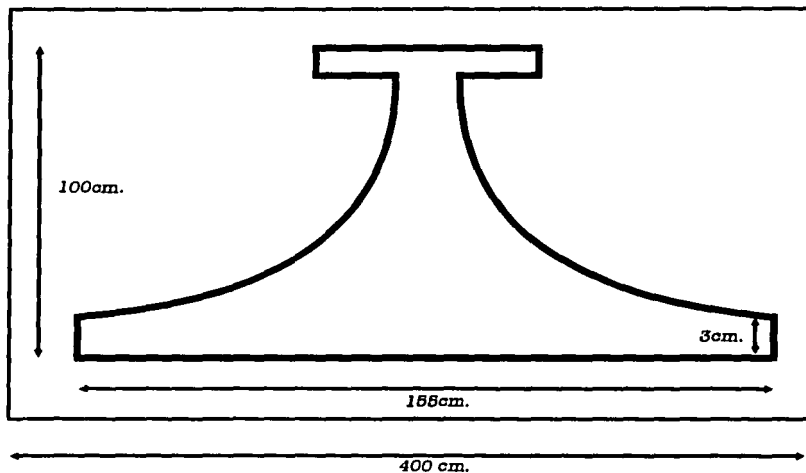
$$B = \frac{f/2}{(2ag)^{1/2} (h + 2/3a)}$$

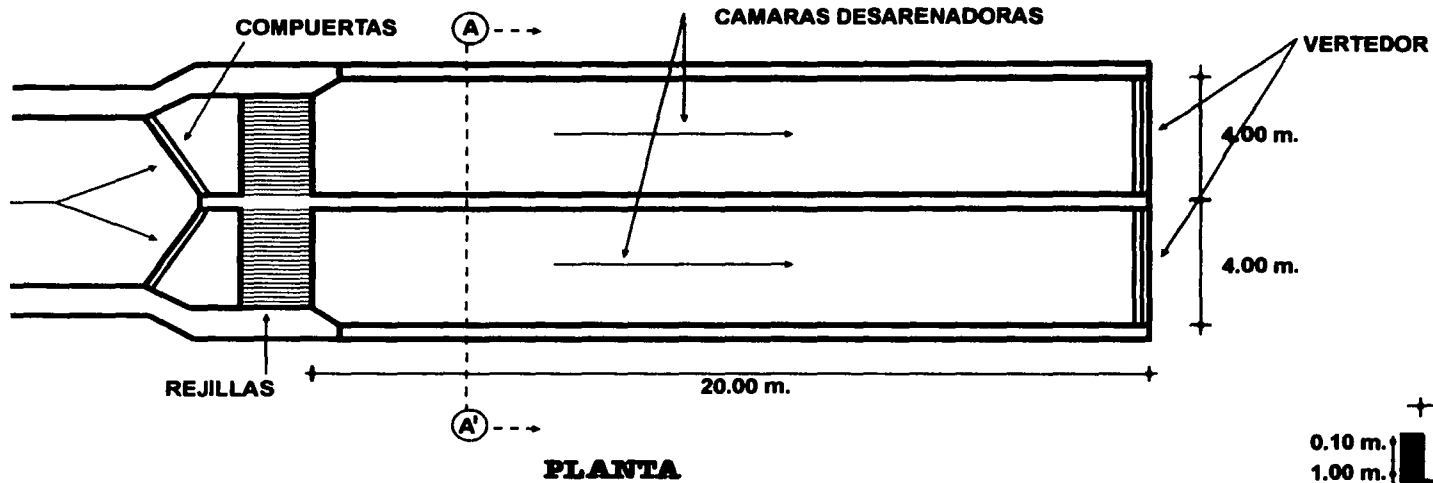
$$B = \frac{1.19/2}{(2 * 0.03 * 9.81)^{1/2} (.98 + 2/3 * 0.03)}$$

$$B = 77.55 \text{ cm.}$$

Y (cm)	X (cm)
0	77.55
1	51.70
2	43.74
5	32.53
10	24.73
15	20.76
20	18.24
25	16.46
30	15.12
35	14.06
40	13.20

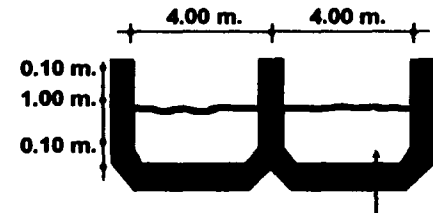
Y (cm)	X (cm)
45	12.47
50	11.86
55	11.32
60	10.86
65	10.44
70	10.00
80	9.44
90	8.91
100	8.46



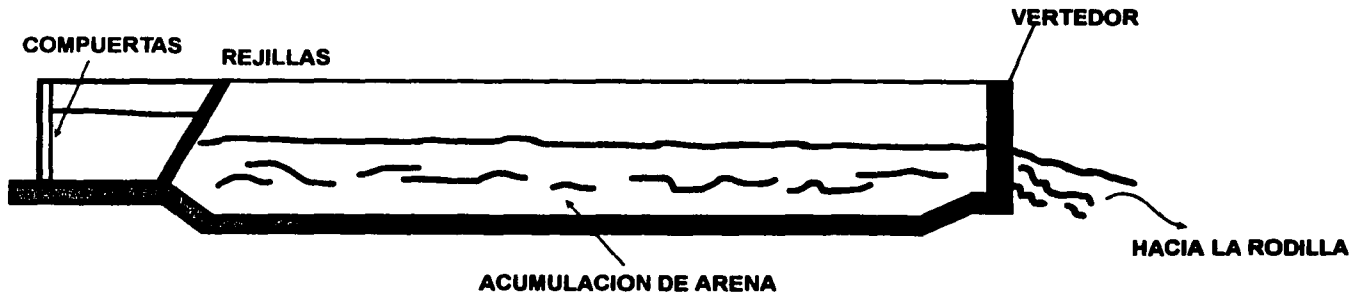


**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

CORTE A - A'

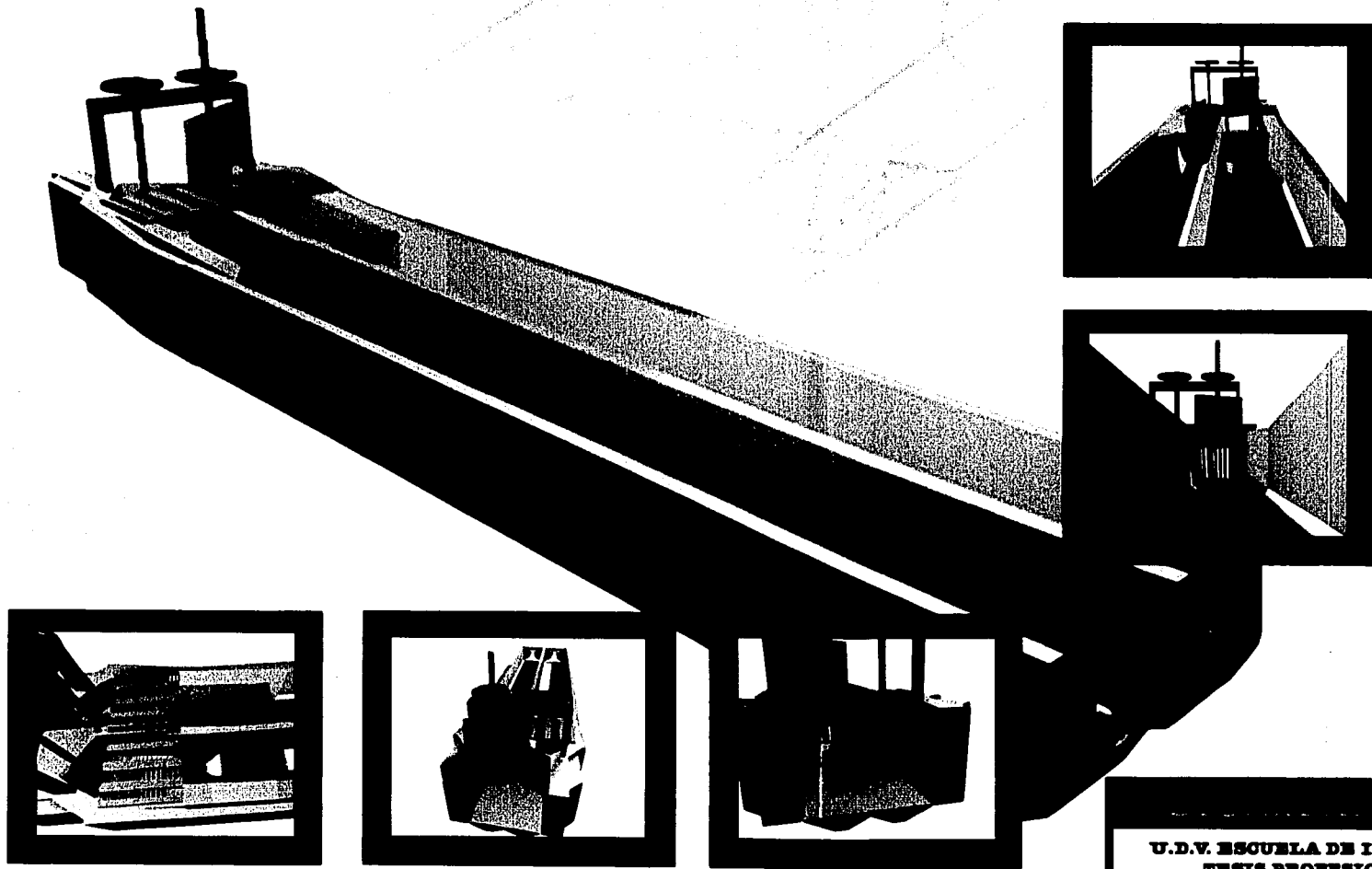


10 cm. DE PROFUNDIDAD
PARA ACUMULACION DE
ARENAS



CORTE LONGITUDINAL

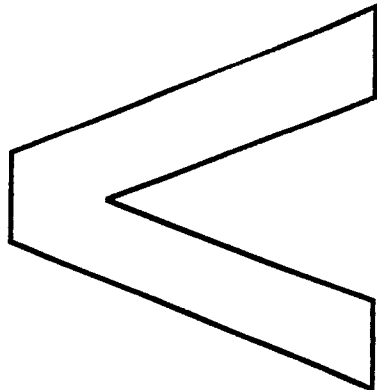
U.D.V. ESCUELA DE ING. CIVIL
TESIS PROFESIONAL
Cuenca del Cupatitzio
José Luis Cázares Ruiz



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

U.D.V. ESCUELA DE ING. CIVIL
TESIS PROFESIONAL
Cuenca del Cupatitzio
José Luis Cázares Ruiz

12



VIII

RECOMENDACIONES Y CONCLUSIONES

Existe una inadecuada distribución de las estaciones climatológicas ubicadas todas ellas en la ciudad de Uruapan, teniendo una superficie limitada en cuanto a su área de influencia.

Una recomendación a las instituciones que les compete, que hagan una redistribución adecuada para tener registros más reales de los elementos hidrológicos en toda su superficie.

Es recomendable hacer registros de los manantiales, llevando el costo de éstos en tiempo de lluvia y estiaje.

Se deben aprovechar los recursos de la cuenca, toda ello con estudios previos que incluyan todas las ciencias involucradas en la conservación de nuestros recursos para crear un mínimo impacto ambiental.

Los principales recursos que tiene la cuenca son los naturales, el conservarlos e incrementarlos es labor y compromiso de todos los pobladores de la cuenca. Se debe declarar una reserva natural para la protección de los recursos naturales, dicha zona puede costearse con dinero que provenga de organizaciones internacionales dedicadas a la protección de los recursos naturales, así como el llamado ecoturismo. Actualmente el Parque Nacional Eduardo Ruiz sólo cuenta con 19 hectáreas y no puede acceder a dichos fondos internacionales por su limitada extensión, por lo que se debe costear con aportaciones de los turistas y pequeñas organizaciones.

En capítulos anteriores se ha mencionado que los azolves afectan las redes de corrientes, nacimientos de manantiales y estructuras existentes y son resultado de los procesos erosivos que actúan sobre formaciones geológicas. Los pobladores de la cuenca deben ayudar a su control con apoyo técnico y económico de los municipios y empresas del gobierno. Las técnicas pudieran ser las anteriormente mencionadas, y programas de reforestación.

A los constructores de caminos de primer orden o caminos forestales se les recomienda:

- Aprovechar la tecnología existente para el saneamiento del agua.
- Acostar sus taludes dándoles inclinaciones hasta de 45° como máximo y sembrar pasto en ellos.
- Construcción de cunetas, contracunetas y bermas con un adecuado mantenimiento.
- Utilizar el suelo producto del despalme, que es tierra fértil, para cubrir los taludes y sembrar pasto.

A las instituciones a quienes compete la recopilación de datos de la cuenca, se les sugiere que deberían permitir más fácil acceso a la información para que las instituciones educativas puedan crear estudios que enriquezca nuestros conocimientos al respecto.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

G

L

O

L

LOSARIC



Absorción

Embeber, atraer un cuerpo sólido y retener entre sus moléculas las de otro en estado líquido o gaseoso.

Acuífero

Material permeable a través del cual se mueve el agua del subsuelo.

Agua fréatica

Agua subterránea dentro de la zona de saturación.

Aguas subterráneas

Expresión usada para referirse al agua que está en los espacios porosos, fracturas, conductos, grietas y cavidades del material consolidado y sin consolidar que se encuentra bajo nuestros pies.

Arcillas

Producto de la descomposición de otros minerales y rocas principalmente eruptivas.

Azolve

Lodo u otra materia que obstruye un conducto de agua.

Bomba

Masas redondas de materia incandescente que se consolidan durante su trayectoria en el aire.

Brea

Sustancia bituminosa, de color negrozco viscoso insoluble en el agua, se obtiene al hacer destilar al fuego madera de varios árboles.

Basálticas

Roca volcánica negra o verdosa muy dura, roca microcristalina.

Cauce

Del latín, calix, calicis, conducto de agua, conducto descubierto o acequia por donde corre el agua.

Cavitación

Proceso de erosión en el cauce de una corriente, causado por el colapso repentino de las burbujas de vapor contra las paredes del cauce.

Ceniza volcánica

Partícula piroclástica de tamaño del polvo volumen igual a menor que el de una esfera de 0.60 milímetros de diámetro.

Conglomerado

Roca sedimentaria retrítica formada de fragmentos más o menos redondos, de tamaño tal que un porcentaje apreciable de volumen de la roca consiste en partículas del tamaño de granulos o más grandes.

Coníferas

Plantas y árboles de fruto cónico.

Clásticos

Roca o depósito formado por fragmentos procedentes de otras rocas preexistentes.

Cuenca

Área cuyas aguas son aventadas por el curso fluvial. Los límites de una cuenca es un sector montañoso bien señalado por la divisoria de agua "parteaguas", es decir, la línea de cumbres.

Desarenador

Estructura cuya finalidad es el quitar la arena de una parte.

Detrimental

Que lo va dañando lentamente.

Densidad de drenaje

Reacción entre la longitud de los cauces incluyendo los meandros y el área de su cuenca.

Ecología

Ciencia que estudia las relaciones de los seres vivos con su medio.

Endorreico

Se dice de un territorio sin drenaje hacia un punto de salida.

Erosión

Conjunto de fenómenos destructivos que obran sobre la parte superior de la corteza terrestres, modifican su relieve.

Estereoscopio

aparato óptico en el que miramos con ambos ojos. Se ven dos imágenes de un objeto que al fundirse en una, producen una sensación de relieve por estar tomadas en un ángulo diferente para cada ojo.

Estratigrafía

Rama de la geología que estudia las rocas estratificadas.

Evaporación

Proceso por medio del cual un líquido se transforma en vapor a una temperatura inferior a la del punto de ebullición.

Fotogrametría

Procedimiento para obtener planos de grandes extensiones de terrenos por medio de fotografías.

Flujo laminar

Mecanismo mediante el cual el agua se mueve lentamente a lo largo de un canal en el que las partículas siguen trayectorias en línea recta paralelas al fondo del cauce.

Flujo turbulento

Mecanismo por medio del cual el agua se mueve en superficies ásperas, el fluido que no está en contacto con la superficie áspera corre más que el retenido. Las partículas de agua se mueven en una serie de vueltas y remolinos.

Geología

Conjunto organizado de conocimientos referentes a la tierra; incluye la geología física y la geología histórica.

Gasto

Volumen de un fluido en unidad de tiempo. Es igual a la velocidad del fluido por su sección transversal.

Hidrografía

Descripción de las corrientes de agua.

Hidrología

Estudio del agua. El concepto básico de la hidrología es el ciclo hidrológico.

Intemperismo

Reacción de los materiales, que alguna vez estuvieron en equilibrio dentro de la corteza de la tierra, a los agentes físicos o químicos.

Infiltración

Absorción en el terreno, del agua que está en la superficie.

Laterítico

Término utilizado para designar las formaciones físicas en óxido e hidróxido de hierro y aluminio.

Lapilli

Roca piroclástica de tamaño de 2 a 30 mm.

Meandro

Giro o vuelta pronunciada de un río.

Manantial

Lugar donde el nivel freático aflora a la superficie del terreno.

Orografía

Descripción de las montañas.

Parteaguas

Línea que separa las cuencas limitada por los puntos de mayor nivel topográfico.

Perenne

Flujo del agua de un río que no tiene intermisión.

Permeable

Mayor o menor capacidad que posee un cuerpo para permitir el paso del agua.

Petrológico

Estudio de las piedras, rocas y peñascos.

Piroclástico

Fragments arrojados por la explosión eruptiva y depositado después sobre otro terreno.

Planímetro

Instrumento utilizado para la medición de áreas.

Precipitación

Descarga de agua en forma de lluvia, nieve y granizo, sobre la tierra o sobre una superficie de agua.

Roca

Agregado de minerales de diferentes clases en proporciones variables.

Sedimentos

Depósitos originados por la acción de agentes atmosféricos. El material que constituye el sedimento procede de rocas preexistentes.

Tobas

Piedra que al ser golpeada por un metal produce un sonido ahogado.

Tectónica

Estudio de las deformaciones de la corteza terrestre producidas por fuerzas internas.

Topografía

Determina las posiciones relativas de puntos situados por encima de la superficie de la tierra, sobre dicha superficie y bajo la misma.

Volcán

Forma terrestre desarrollada por la acumulación de productos magmáticos cerca de un conducto central.

BIBLILOGRAFIA

Hidrología primera parte.
Rolando Springall G.
Instituto de Ingeniería de la U.N.A.M.

Fundamentos de hidrología de superficie.
Francisco Javier Aparicio Mijares
Limusa.

Estudio de gran visión de la cuenca del río Cupatitzio y de su cuenca de absorción.
Comisión Federal de Electricidad.

Hidrología para ingenieros.
Linsley kohler
Graw Hill

Fundamentos de hidrología física.
Lett. Judson
Limusa.

Topografía moderna.
Russell C. Brinker
Harla.

Hidráulica de los canales abiertos.
Ven Te Chow
Diana.

Carta topográfica
Coordinación General del Sistema Nacional de Información.

Carta climatológica.
Coordinación General del Sistema Nacional de Información.

Carta geológica.
Coordinación General del Sistema Nacional de Información.

Carta edafológica.

Coordinación General del Sistema Nacional de Información.

Carta hidrológica de aguas subterráneas.

Coordinación General del Sistema Nacional de Información.

Manual de diseño de obras civiles HIDROTECNIA.

Comisión Federal de Electricidad.

Manual de diseño de obras civiles HIDROLOGÍA.

Comisión Federal de Electricidad.

Manual de diseño de obras civiles ESCURRIMIENTO.

Comisión Federal de Electricidad.

Manual de campo para la ordenación de cuencas hidrográficas.

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.

Manual de diseño de plantas de tratamiento de aguas residuales.

Ingeniería Ambiental

J. Glynn Henry - Garyw

Prentice Hall

Manual de Saneamiento.

Secretaría de Salubridad y Asistencia

LIMUSA

Impacto Ambiental.

Rojas Corona

FALTA

PÁGINA

114

APPENDICE

ENDICE

TABLA 1

ANO /MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	SUMA
1963					21.0	286.0	249.0	255.0	341.5	140.0	15.0	44.0	1551.5
1964	30.5	0.0	7.5	0.0	1.0	266.0	271.4	179.8	495.5	43.6	51.5	55.7	1405.5
1965	12.5	56.7	0.0	8.0	34.0	155.5	212.3	424.1	183.0	65.3	26.6	0.0	1205
1966	11.5	43.9	0.0	30.5	99.3	135.5	325.8	329.7	230.1	88.0	0.0	0.0	1594.5
1967	433.5	0.0	1.5	4.0	18.5	327.3	235.8	327.0	463.3	171.5	70.0	8.5	2000.5
1968	8.5	69.9	83.5	1.0	18.5	280.0	235.0	248.5	320.0	147.5	45.0	23.5	1450.9
1969	5.0	1.5	25.0	0.0	13.0	100.0	324.0	572.5	234.5	119.5	0.0	19.0	1414
1970	0.0	17.0	0.0	0.0	1.5	295.5	422.0	420.0	317.0	106.0	17.5	0.0	1595.5
1971	0.0	4.5	17.5	11.5	15.5	333.0	324.5	219.1	350.0	23.5	49.5	21.5	1515.1
1972	0.0	0.0	4.5	0.0	75.5	366.5	490.5		238.5	60.5	86.5	0.0	1522.5
1973	0.0	3.5	0.0	166.0	41.5	266.0	349.0	305.0	422.5	157.5	18.0	26.5	1715
1974	0.0	0.0	0.0	4.0	86.0	416.7	351.3	295.2	256.1	88.9	46.1	23.5	1557.5
1975	44.3	6.0	0.0	0.0	20.8	267.2	437.2	305.4	375.5	87.2	0.0	0.0	1545.7
1976	0.0	21.0	0.0	0.0	9.5	194.0	415.5	248.0	284.5	279.7	135.5	13.5	1501.5
1977	9.3	5.5	0.0	11.0	33.0	288.2	225.3	255.0	245.1	92.1	24.7	6.0	1225.5
1978	43.0	3.5	6.5	13.0	4.0	259.1	416.8	227.0	465.5	163.7	0.0	0.0	1592.1
1979	0.0	22.0	0.0	0.0	16.0	55.7	253.5	416.7	250.5	15.7	1.8	20.5	1075.7
1980	192.0	1.4	0.0	19.5	0.0	175.1	195.4	335.4	357.7	51.5		3.0	1555
1981	106.9	0.3	0.8	15.5	25.0	337.7	318.8	338.9	271.5	205.5	24.2	20.3	1555.4
1982	0.0	10.1	3.8	0.4	167.3	104.5	181.1	199.9	105.5	71.5	55.5	41.0	571.7

Estación climatológica Jicalán
Precipitación mensual en milímetros
PERIODO 1963 1993

TABLA 2

AÑO / MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	SUMA
1963	44.1	10.6	24.0	0.0	238.7	97.3	377.1	374.2	302.0	146.2	116.4	16.6	1746
1964	41.6	22.6	0.0	0.0	76.9	406.9	371.6	319.3	396.4	96.0	0.0	0.0	1760.2
1965	7.8	0.0	9.6	1.8	2.3	624.6	319.4	266.7	168.8	134.0	3.2	13.9	1461.9
1966	3.0	9.6	0.0	0.0	11.4	284.7	221.9	168.7	206.6	92.9	60.4	7.4	1066.6
1967	10.3	3.9	7.4	6.6	7.4	160.0	424.6	174.9	246.6	37.1	17.3	2.1	1066.2
1968	4.6	0.0	33.4	6.2	0.0	384.0	363.6	674.1	266.3	66.0	0.0	0.0	1726
1969	3.1	0.0	0.0	0.0	3.6	119.6	210.6	386.6	421.4	66.4	24.4	34.2	1266.6
1970	13.6	12.3		16.4	69.2	274.8	366.3	208.4	276.8	189.8	6.8	1.0	1424.6
1971	0.0	6.6	0.0	0.0	0.0	194.8	266.0	262.6	276.8	31.6	28.3	7.6	1066
1972	262.6	26.0	0.0	4.8	47.1	97.7	270.6	263.8	281.6	293.8	6.0	16.3	1661
1973	12.4	22.1	0.0	0.0	0.3	436.7	309.7	340.9	278.8	176.0	23.7	0.0	1601.6
1974	0.0	0.0	1.6	0.8	2.0	232.4	222.8	339.2	243.7	137.1	23.6	0.0	1206.2
1976	6.2	6.3	6.3	19.4	66.7	302.3	440.3	447.3	219.2	29.6	60.4	66.2	1671.2
1976	0.0	1.2	7.9	0.0	64.0	373.8	196.0	427.8	176.7	139.6	10.1	0.0	1466
1977	10.6	0.0	9.0	4.3	61.0	134.1	231.0	209.3	196.2	203.2	64.0	19.6	1161.2
1978	0.6	0.0											0.6

1106.7	1399.2	MEDIA
672.6	2060.8	MÁXIMO
0.0	0.6	MÍNIMO
1122.4	341.79	DES.8

Estación climatológica Jicalán
 Precipitación mensual en milímetros
 PERIODO 1963 1998

TABLA 3

AÑO /MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	SUMA
1962											76.6	0.3	76.9
1963	0	0	1	0.8	20.5	255.2	351.6	246.3	338.1	160.5	32	51.2	1456.9
1964	30.6	0	5.2	0	1.8	283.4	297.5	248.9	531.7	39.8	29.7	44.5	1615.1
1965	11.7	47.3	0.0	16.6	19.4	213.7	258.7	422.5	186.4	92.6	23.2	0.2	1892.5
1966	11.4	41.8	1.8	23.8	109.1	255	383.1	417.7	282.5	137.3	0	1.3	1664.3
1967	410.3	0	3.5	1.3	16.7	374.8	270.6	375	459.5	266.4	55.5	9.5	2245.1
1968	43.6	51.3	79.5	0.3	33.2	233.6	310.9	292.3	264.5	185.2	50.5	30.1	1575
1969	2	6	32.1	0	12.3	153.4	292.9	522.5	251.9	176.7	0.8	14.8	1465.4
1970	2.1	14.1	0	0	2.8	314.6	447.7	491.4	423.9	122.1	18.3	0	1857
1971	0.2	2.4	20.1	5.8	8.3	280.7	551.1	320.7	430.5	214.8	32.2	15.2	1652
1972	0.2	0.5	4.7	0	86.3	414.8	477.6	189.6	212.3	77.7	88.3	0.5	1552.5
1973	1.2	12.1	0	149.5	76.5	244.7	351.6	408.7	358.2	263.7	21.1	27.2	1924.5
1974	0	1.7	0.6	0.2	72.3	373.9	376.5	400.4	269.4	83.2	32.5	19.7	1650.4
1975	45.8	10.5	0	0	43.2	393.7	476	313.0	311	129.5	7.3	1.8	1751.6
1976	1.8	22.6	0	8.4	9	277.2	426.4	354.9	304.6	277.6	131.9	12.9	1627.5
1977	10.4	17.4	0	11.9	29	284.8	291.2	364.8	337.3	89	19.5	4	1459.5
1978	36.7	4.5	6.3	17.1	6.4	274.9	378.9	316.7	159.6	139.9	0	0	1541
1979	0	21.0	0	0	34.4	74	288.4	449.6	257.3	12.1	0.4	25.9	1165.1
1980	173.3	0.5	0	11.7	0.2	165.8	187.9	355.6	344.9	46.4	63.5	0	1549.5
1981	102.1	0.4	0.4	22	41.8	285.9	339.7	337.5	273.1	246	13.1	10.4	1672.4

Estación climatológica Uruapan
Precipitación mensual en milímetros
PERIODO 1962 1988

AÑO / MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	SUMA
1962	0	5.1	3.1	0.6	172.2	120.6	210.9	227.8	129	43.3	81.6	36	1050.2
1963	40.4	4.2	22.5	0	206	78.9	403.3	357.1	310.1	143.1	117.1	18.3	1696.0
1964	44.2	19	0.4	0	45.9	405	446.7	289.4	376.5	118.3	3.6	7.4	1756.4
1965	11.8	0	2.2	1	4.8	504.7	312.4	233.5	206.2	88.9	2.3	0	1567.5
1966	6.1	8.5	0	0	19.5	263.5	249	209.6	286.5	94.7	63	14	1215.4
1967	8	3.7	5	8.4	7.9	153	448.3	175.6	205.6	16	20.7	1.5	1055.7
1968	6	0	33.4	5	0	385	308.1	576	274.3	83.7	0	0	1637.5
1969	0	0	0	0	0	118.5	231.6	427.8	364	93.8	25.1	34.7	1295.5
1970	10.4	15.4	0.0	17.6	61.6	308.5	291.5	198.7	329.2	194.0	2.5	0.5	1429.9
1971	0.0	5.5	0.0	0.0	0.0	202.0	235.1	243.9	301.6	78.0	19.1	20.4	1105.5
1972	585.3	25.1	0.0	5.0	40.7	98.0	305.7	229.7	267.9	217.8	2.8	13.3	1791.5
1973	11.9	15.5	0.0	0.3	0.9	464.6	343.6	366.6	222.7	207.9	13.9	0.0	1647.9
1974	0.3	0.0	1.4	0.0	2.2	254.1	303.0	352.6	242.2	143.4	12.0	0.4	1541.5
1975	6.1	5.2	3.3	23.1	76.7	306.0	453.3	478.9	186.5	46.3	66.2	68.6	1720.2
1976	0.0	1.5	2.6	0.0	65.6	397.0	204.2	451.3	217.5	250.3	10.2	1.0	1501.2
1977	8.9	0.0	6.3	3.7	46.2	133.0	256.8	250.3	243.9	178.2	60.1	13.5	1200.9
1978	0.5	0.0	0.0	0.0	1.0	207.1							206.6

48.748	1456.4	MEDIA
131.9	2243	MÁXIMO
0	76.9	MÍNIMO
46.379	415.48	DES.S

Estación climatológica Uruapan
Precipitación mensual en milímetros
PERIODO 1962 1998

TABLA 5

TIPO DE ÁREA DRENADA	COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO	
	MÍNIMO	MÁXIMO
Parques	0.10	0.25
Zonas suburbanas	0.10	0.30
Caminos	0.70	0.95
Praderas	0.10	0.15

Referencia:
Manual de Diseño de Obras Civiles
Hidrología, Comisión Federal de Electricidad.

Valores de m de bazin

DESCRIPCIÓN DEL CANAL	m DE BAZIN
Cemento muy liso, madera plana	0.11
Madera no plana, hormigón o ladrillo	0.21
Piedra, mampostería aislada o trabajo en ladrillo pobre	0.83
Canales en tierra en perfectas condiciones	1.54
Canales en tierra en normales condiciones	2.36
Canales en tierra en rugosas condiciones	3.17

Referencia:
Hidráulica de canales abiertos
Ven Te Chow

**Velocidad de sedimentación
contra temperatura**

TEMPERATURA (°C)	VELOCIDAD (cm/seg)
0	1.4
10	2.1
20	2.7
30	3.2

Referencia:
Manual de diseño de plantas
de tratamiento de aguas residuales