



**UNIVERSIDAD MICHOACANA  
DE SAN NICOLAS DE HIDALGO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**

**“MEDICIONES HIDROLÓGICAS EN LAS CUENCAS  
DE QUERÉNDARO, UMÉCUARO Y TARÍMBARO”**

**TESIS PROFESIONAL**

**Que Para Obtener el Título de:  
INGENIERO CIVIL**

**Presenta:  
P.I.C. MOISÉS REYES ESQUIVEL**

**Asesor:  
DR. JESÚS ALBERTO RODRÍGUEZ CASTRO**

**Asesor externo:  
DR. MANUEL EDUARDO MENDOZA CANTÚ**

**MORELIA MICH. NOVIEMBRE DE 2005**



## DEDICATORIA

**Esta tesis la dedico muy orgullosamente a mis padres:**

Sr. RAMÓN REYES SOLIS

Y

Sra. MARÍA ESQUIVEL ROMERO

Por todo el apoyo que me brindan incondicionalmente y que siempre están ahí cuando los necesito, por los buenos consejos que me han dado, por sus desvelos por cuidar a sus hijos, por la buena educación que me dieron y sobre todo por que me dieron la vida. Y ya que no tengo con que pagar todo el sacrificio que han hecho por mi, si les puedo decir MIL GRACIAS.

**A mis hermanos:**

J. Guadalupe, Maria, Miguel, Elías, J. Isabel, Joaquín, Maria de Lourdes, Maria del Carmen, Ramón, Oliva, Rodolfo Núñez, Julio Hernández y Gerardo García.

A quienes admiro mucho y siempre me han aconsejaron bien y sus consejos son y serán de gran utilidad siempre, **Gracias Hermanos.**

**A mis sobrinos:**

Hilda, Olga, Elsa, Juan Luis, Oscar, Eric Omar, Cesar, Miguel Ángel, Fabiola, Elías, Rolando;

Por que crecí con ustedes y aprendí a ver la vida con sonrisas, llanto, travesuras, y aventuras, y porque he aprendido mucho de ustedes, gracias por convivir y compartir alegrías y tristezas conmigo y gracias por los consejos que me dieron que en verdad me han sido de gran valor y gracias por acercarse a mi y aceptar mis consejos. No me olvido de mis niños Jorge, Bernardo, Genaro, Nanci, Jonathan, Manuel, Felipe, Noemí, Sandra, Daniela, Gerardo, Jessica, Rodrigo, Ricardo, Carlos Fernando, Bruno, Servando, Alondra, Andrea, Fernanda, Alejandra, Alberto y el chaparrito José Ramón, quienes están siempre presentes en mi vida y son parte importante de ella, y de ustedes pequeñines se aprecia mucho su cariño y gracias por tomarme como ejemplo para seguir estudiando.

**A todos ustedes un millón de gracias**

## **AGRADECIMIENTOS**

### **A mis asesores:**

#### **Dr. Manuel Eduardo Mendoza Cantú**

Gracias por permitirme participar en este proyecto, por brindarme algo de sus conocimientos, por los consejos que me dio y por todo el apoyo que tuve de usted en la realización de este trabajo. **Gracias.**

#### **Dr. Jesús Alberto Rodríguez Castro**

Por contribuir en mi formación como ingeniero, por sus asesoramientos y consejos como asesor de la tesis y como amigo. **Gracias.**

### **A mi Facultad de Ingeniería**

Porque ha sido parte fundamental en mi desarrollo como persona; a todos los profesores de quien tuve el honor en ser su alumno en la tercera sección gracias por su apoyo y por brindarme parte de sus conocimientos que son base esencial en mi formación como Ingeniero Civil.

### **Al CONACYT**

Por el apoyo de la beca que me proporcionaron y porque me dieron la oportunidad de participar en el proyecto que lleva por nombre “regionalización hidrológica y cambio de cobertura vegetal y uso del suelo dentro de la cuenca de Cuitzeo. Bases para la planeación del recurso hídrico en cuencas pobremente aforadas”.

CONACYT C01-12469. **Gracias**

### **A todos mis amigos y compañeros de escuela:**

De quienes aprendí mucho que en clases no se ve , les agradezco mucho su compañía y sobre todo agradezco a aquellos(as) que verdaderamente me brindan su amistad y apoyo incondicional, no los menciono para no cometer el error de omitir a alguno pero saben de quienes hablo.

También doy las gracias a todas y cada una de las personas que de una u otra manera contribuyeron en la realización de esta tesis.

Por todo esto **“Muchas Gracias”**

“MEDICIONES HIDROLOGICAS EN LAS CUENCAS DE  
QUERÉNDARO, UMÉCUARO Y TARIMBARO”

P.I.C. MOISÉS REYES ESQUIVEL

CONTENIDO

<b>1.- Introducción</b> .....	2
1.1.- Objetivo.....	6
1.2.- Antecedentes.....	7
1.3.- Descripción del área de estudio.....	15
<b>2.-Justificación</b> .....	18
<b>3.- Planteamiento del estudio</b> .....	21
<b>4.- Conceptos básicos</b> .....	22
4.1.- Planeación.....	22
4.2.- Diseño de estructuras.....	24
4.3.- Configuración de instrumentos.....	29
4.4.- Colocación de los instrumentos.....	36
4.5.- Métodos de análisis.....	38
A).- Integración y depuración de las bases de datos.....	46
B).- Serie de tiempo del periodo de registro de datos.....	51
<b>5.- Resultados</b> .....	52
<b>6.- Conclusiones y recomendaciones</b> .....	77
<b>7.- Bibliografías</b> .....	78
<b>Anexos</b> .....	81

## **CAPITULO 1**

### **1.-INTRODUCCIÓN**

Durante su vida sobre la tierra el hombre ha sido testigo, muchas veces sin entenderlo, del desarrollo del ciclo del agua en la naturaleza. La distribución de los climas, la formación de las nubes y su inestabilidad, la producción de las lluvias, la variación de los niveles de ríos, y cambio en el almacenamiento del agua en los depósitos superficiales y subterráneos; los temas anteriores son objeto de estudio de una rama de la física que se conoce como Hidrología (Barry y Chorley, 1960).

En la actualidad la hidrología tiene un papel muy importante en la planeación del uso de recursos hídricos, y ha llegado a convertirse en parte fundamental de los proyectos de ingeniería que tienen que ver con suministro de agua, disposición de aguas servidas, drenaje, protección contra la acción de ríos, y recreación. La integración de la hidrología con ingeniería de sistemas ha conducido al uso imprescindible de la computadora en el procesamiento de datos existentes y en la simulación de ocurrencia de eventos futuros (Barry y Chorley, 1960).

Los objetivos que cumplen los estudios hidrológicos en proyectos que utilizan los recursos hídricos de una cuenca son los mismos en un desarrollo pequeño que en uno grande. En ambos casos el ingeniero debe utilizar al máximo la información disponible y aplicar las técnicas mas apropiadas para obtener los mejores resultados posibles. Lo anterior indica que no puede hablarse de una hidrología diferente, exclusiva de los pequeños proyectos de desarrollo regional o local (Yevchevich, 1972).

Dada la importancia del recurso hídrico como limitante de la calidad de vida de las personas y del desarrollo productivo del país, los aspectos relevantes del uso del agua y de los diversos usuarios del recurso, por ejemplo la minería, la generación eléctrica, el riego, el consumo humano y el turismo, entre otros, así como aspectos trans-sectoriales como la legislación, institucionalidad, aspectos económicos, y manejo de cuencas, el sistema de concesiones de obras de riego, sanitarias y eléctricas, privatización, las proyecciones de demanda y oferta en el largo plazo, la institucionalidad vinculada, la regulación y los aspectos económicos relacionados con el uso y manejo de las aguas del país, tengan como finalidad mejorar el abastecimiento, la calidad, aprovechamiento y el control de dicho recurso.

El manejo integral de cuencas constituye la estrategia multidisciplinaria enfocada a la recuperación y aprovechamiento de las cuencas hidrológicas al servicio de la sociedad.

A diferencia de la visión tradicional sobre las estrategias para el desarrollo regional, el manejo integral de cuencas constituye una visión que pone énfasis en la salud de los cuerpos hídricos sobre otros criterios en la planeación del desarrollo. En este sentido en reordenamiento territorial, la distribución de los recursos renovables y no renovables y la distribución de los asentamientos urbanos y rurales, se determina en función de la adecuada utilización de la cuenca y su entorno.

El presente trabajo es parte de un proyecto de investigación institucional desarrollado en el Instituto de Geografía de la Universidad Nacional Autónoma de México sección Morelia; este proyecto pretende desarrollar aspectos teóricos básicos sobre el manejo integral de cuencas en general y su aplicación particular en la cuenca del Lago de Cuitzeo.

El interés en el desarrollo de la investigación sobre la hidrología de cuencas pequeñas como de cuencas grandes, es un factor en el incremento del conocimiento de nuestro entorno. El monitoreo de áreas de interés permite generar datos que alimentan modelos de evaluación de recursos y sus resultados apoyan la solución de problemas existentes. En este proyecto se planteó la necesidad de ampliar la red de monitoreo de la cuenca del Lago de Cuitzeo, con el objeto de generar un mayor conocimiento sobre la hidrología de la región. Primeramente, se seleccionaron tres subcuencas representativas en las que se realizaron varios recorridos de reconocimiento identificando los lugares más adecuados para la instalación de estaciones climatológicas.

Para que los sitios seleccionados fueran representativos de las subcuencas, su ubicación fue cuidadosamente seleccionada. Por ejemplo, en la cuenca de Tarímbaro (río San Marcos) la estación meteorológica se colocó en la cuenca media dentro de un solar cubierto de matorral (cobertura típica de la cuenca); en Umécuaro, la estación se colocó en la cuenca media en un patio rodeado de agricultura y pastizales (coberturas representativas), además se localiza muy cerca de la riberia de la presa a fin de tener los datos necesarios para un posterior cálculo de evaporación de aguas libres basado en el modelo de balance de masas; finalmente, las estaciones en la subcuenca de Queréndaro se colocaron en la cuenca baja y media-alta, la primera esta rodeada de campos agrícolas y pastizales, mientras que la segunda por agricultura y bosques. En la selección de los sitios se consideró la necesidad de captar el mayor porcentaje de datos de los eventos climáticos que ocurren en el área en estudio y las condiciones necesarias para el correcto servicio de las estaciones de registro y tomarlos como puntos de aforo. Las estaciones automatizadas de medición de nivel de agua se colocaron en la boca del río Queréndaro y del río San Marcos, mientras que la estación de medición en Umécuaro se colocó en la presa antes de donde empieza la derivación del agua, a través de tres canales de riego que abastecen la zona agrícola aguas abajo.

En todos los casos se consideró que las estaciones hidrometeorológicas deberían contar con la infraestructura adecuada que proporcione seguridad, accesibilidad y no interfiera con el correcto funcionamiento de los aparatos encargados del aforo y mediciones climáticas, provocando errores en los datos registrados. En este caso se habla de estaciones automatizadas que facilitan el trabajo capaces de registrar datos en los intervalos de tiempo requeridos, además de tener la capacidad de memoria suficiente necesaria para el vaciado de la información captada en periodos de horas, días y hasta meses dependiendo del intervalo de tiempo de la toma de datos seleccionado.

La recopilación e integración de los datos registrados por las estaciones de aforo es de gran importancia para tener un orden y continuidad en la base de datos generada. Esto ayuda a generar los resultados correspondientes permite tener una visión correcta de los recursos, con el fin de apoyar la toma de decisiones sobre el recurso hídrico y colaborar en la solución de problemas sobre el manejo incorrecto de recursos de cuencas ya sean grandes o pequeñas.

## **1.1.-OBJETIVOS**

Un objetivo importante en el estudio de cuencas hidrográficas es predecir el impacto que ocasiona el uso y manejo de la tierra y del agua. Otro fin importante y común es determinar las prioridades de atención conservacionista de varias cuencas según la degradación actual o potencial de ellas. Para esto es necesaria la aplicación de índices cuantitativos para comparar sobre la misma base, diferentes situaciones que establezcan prioridades (Resumen Silva, Oscar<sup>1</sup>. 2001; Aspinall, 2001).

El objetivo principal es el de mejorar las capacidades de obtener información hidrológica en la cuenca del Lago de Cuitzeo, a través de la construcción de estructuras y el montaje de estaciones automatizadas de recolección de datos. Esto es necesario para reiniciar el registro de datos y con ello ampliar la base de datos hidrometeorológicos en la zona en estudio, con la intención de elaborar modelos de análisis que pueden ser utilizados en la elaboración y revisión de los planes de manejo mas adecuados para la cuenca del Lago de Cuitzeo (cuenca endorreica de 4,000km<sup>2</sup>de área) y de sus recursos naturales, al igual que predecir y prevenir desastres naturales en zonas vulnerables de dicha cuenca.

## **1.2.- ANTECEDENTES**

En la cuenca del Lago de Cuitzeo, son muchos ya los estudios que se han realizado sobre diferentes aspectos. A continuación se citan solamente los trabajos más relacionados con la parte del proyecto al cual pertenece este trabajo, que se refieren al recurso agua en la cuenca del lago de Cuitzeo, al consumo de agua, parte del crecimiento de la población en la cuenca, la hidrología y otros relacionados con el tema.

- **Trabajos sobre el recurso agua realizados en la cuenca del Lago de Cuitzeo.**

Alvarado, et. al., (1994) realizan un trabajo sobre el fenómeno hipertroficación del lago de Cuitzeo entre 1979 y 1981 en el que comparan la composición y abundancia fitoplanctónica. Es importante destacar que en este trabajo los autores mencionan que el lago ha presentado grandes fluctuaciones en su nivel, presentando tendencias a la desecación desde los años treinta, llegando incluso a secarse en 1941 y 1962, en la década de los años cuarenta y cincuenta no existen datos. En los sesenta el lago se recupera un poco, pero en los setenta (a excepción del 76-77) el lago continuo descendiendo drásticamente.

Ayala, (1996b) encontró que el lago es parte de una fosa cuyo material de relleno es de tipo granular, que permite la infiltración y aprovechamiento del agua por medio de todas las perforaciones someras que se encuentran sobre la ribera; así queda manifestada una estrecha relación entre el agua de tipo superficial y el agua subterránea, lo cual se observa en la temporada de baja recarga, observándose un abatimiento considerable del espejo de agua.

Ayala, (1996b), menciona que en la cuenca es común encontrar hasta 40 aprovechamientos en un radio no mayor de un kilómetro, provocando interferencias entre ellos, además menciona que cuando se presenta el fenómeno de desecación del lago será muy difícil que el acuífero pueda sostener un gasto constante sin abatirse.

Es de gran importancia tener un control sobre las perforaciones y el uso del agua en la cuenca pues de acuerdo con lo anterior la extracción del agua por medio de pozos está provocando que baje el nivel del lago ya que el agua superficial y la subterránea están en estrecha relación.

Ayala, et. al., (1996), realizaron un estudio sobre la disponibilidad de agua en la subcuenca de Cuitzeo, con el objetivo de analizar las características de explotación del acuífero. Utilizaron imágenes de satélite MSS 124 de tipo infrarrojo normal a escala 1:250,000 para obtener patrones de relieve, drenaje y cobertura, además de la cartografía topográfica (a escala 1:50,000) para la interpretación del drenaje superficial. Concluyen que los sitios más viables para la obtención de aguas subterráneas son: la zona poniente de Morelia, la zona de Francisco Villa en las inmediaciones de Indaparapéo, la zona de Charo y la zona de Zinapécuaro. Concluyeron que no es recomendable en las riveras del Lago de Cuitzeo. En lo que respecta al agua superficial su totalidad se utiliza para riego, uso industrial y recreativo, por lo que no se encuentra disponible. La investigación de estos autores, puede servir para saber cuales son los lugares mas adecuados para realizar perforaciones de pozos en caso de ser necesario y sin llegar a sobre explotar el acuífero, en lo que respecta al agua de origen superficial es recomendable que se use solo el agua indispensable en las diversas actividades.

Trujillo, (1996), menciona que los distintos sectores productivos demandaron un volumen anual de  $628.8 \text{ Mm}^3$ , de estos  $428.7 \text{ Mm}^3$ , corresponden a fuentes superficiales y  $200.5 \text{ Mm}^3$ , a fuentes subterráneas. Menciona que de la demanda superficial se evapora el 60%. El autor señala que en la cuenca la recarga es de  $221.8 \text{ Mm}^3$ , y la extracción de  $200.05 \text{ Mm}^3$ , encontrándose una condición geohidrológica en equilibrio.

- **Trabajos relacionados con el consumo de agua crecimientos de la población y asentamientos humanos en la cuenca del Lago de Cuitzeo.**

Ávila, (1991) analizo el problema del agua y su relación con los procesos de urbanización y el deterioro socio ambiental existente en la ciudad de Morelia. Este trabajo es importante porque hace referencia a las fuentes que abastecen a la ciudad de Morelia y a la demanda de agua en la ciudad.

Ávila, (1996b) realiza un trabajo sobre los conflictos sociales por la contaminación del agua en la cuenca del lago de Cuitzeo, a partir de 1970, como producto del crecimiento urbano e industrial en la ciudad de Morelia y sus alrededores. El incremento de las descargas de aguas residuales contribuyó al deterioro de la calidad del agua de los Ríos Grande y Chiquito de Morelia. En los años ochenta la población campesina del distrito de riego realiza gestiones y solicitudes al gobierno para solucionar los conflictos. El problema se incremento en los noventa como resultado del crecimiento urbano de Morelia, que se duplico en 10 años. Se hace mención de la fábrica de Celulosa y Papel de Michoacán S.A. (CEPAMISA actualmente CRISOBA industrial S.A. de C.V.) y la planta de tratamiento de aguas residuales de Morelia, que nunca funciona. Finalmente la autora plantea propuestas de solución para resolver los conflictos por la contaminación del agua en la cuenca del lago de Cuitzeo. El trabajo antes mencionado permite conocer cual es la problemática que esta originando la contaminación en la cuenca.

Ayala, (1996a) señala que en la parte norte y noreste del lago se presentan asentamientos de terrenos originados por el reacomodo del sustrato granular producto de la sobreexplotación del manto acuífero, lo que ha provocado un abatimiento en le nivel estático del lago. Los asentamientos del material son evidentes a lo largo de algunas antiguas fallas ocultas por el sedimento, las cuales se pueden apreciar en la parte urbana de Santa Ana Maya (se observan 14 asentamientos); hay que considerar las zonas con fallas, en la planeación del crecimiento urbano.

Chávez, (1997) describe la situación de la cuenca haciendo referencia al lago, el uso del suelo, la producción y la actividad económica. Además, señala la situación del deterioro en la cuenca en lo que se refiere al agua, la salinización de los suelos, contaminación de los acuíferos subterráneos, hipertroficación del lago, desecación del lago, consumo de agua de la población, la deforestación y erosión del suelo.

Pompa, et. al., (1996), describen la relación entre la agricultura y el deterioro ambiental en la cuenca del lago de Cuitzeo, donde señalan cual ha sido el cambio de uso de suelo entre 1950 y 1985, así como la influencia que tiene en la cuenca la deforestación, la erosión, el uso de fertilizantes y pesticidas, la infraestructura hidráulica, el deterioro y sobre explotación del agua del subsuelo y la salinización de los suelos. Los autores mencionan que a partir de la construcción de la presa Cointzio y Malpaís provocaron la desviación de importantes volúmenes de agua que antes llegaba al lago.

Prado, (1994,1999) realiza una investigación sobre Tarímbaro, en la que analiza las transformaciones en el manejo del territorio, desde el siglo XVI hasta 1993, enfatizando la importancia del agua. Señala que existe una estrecha relación entre la fundación del espacio urbano de Morelia y el deterioro ambiental de Tarímbaro, donde se dio una subordinación del espacio rural al urbano. Hace también mención del avance simultáneo de la desecación del territorio de Tarímbaro para el establecimiento de la agricultura y los cambios en la parte alta de la cuenca con la introducción de la ganadería extensiva, lo cual indica las transformaciones que se han venido dando en la cuenca desde el siglo XVI.

García, (1999), realizó una investigación sobre la agricultura de riego y las aguas negras en el valle de Morelia-Queréndaro. Caracteriza la zona de estudio, describiendo su hidrología, geología y suelos. Posteriormente hace mención del riego con aguas negras y la implementación del cultivo de cereales ya que la mala calidad del agua no les permite cultivar hortalizas (que tienen un rendimiento económico mayor).

Romero, et. al., (2001) realizan un trabajo en el que relacionan el ambiente y el uso del suelo en la cuenca del lago de Cuitzeo. Identificaron cinco ambientes para la actividad agropecuaria y forestal. Mencionan que en las llanuras se practica la actividad agrícola de riego intensiva y semi-intensiva, en las sierras altas la actividad forestal extensiva con problemas de degradación de bosques y suelos. Mencionan que se incrementaron en las existencias de ganado con repercusión en el sobre pastoreo de agostaderos, y que el 13.5% de los suelos con aptitud forestal han sido incorporados a la ganadería y tierras de labor.

Acosta Villegas, (2002) en esta investigación se analizó el cambio de uso del suelo urbano, agrícola y pecuario, así como su consumo de agua en la cuenca del lago de Cuitzeo en un periodo de 25 años, utilizando fotografías aéreas a escala 1:50,000 (1975) y a escala 1:37,000 (2000); se interpretaron 444 fotografías y se digitalizó la interpretación en un sistema de información geográfica (SIG). Menciona que la expansión de la superficie urbana y el crecimiento de la población están originando una mayor demanda de agua para su consumo. El uso del agua para las actividades productivas del hombre es la principal causa de que esta no llegue al lago de Cuitzeo.

SARH. COMISION DEL PLAN NACIONAL HIDRAULICO, (13 septiembre 1985) en este trabajo como objetivo plantean el trazar metas y logros coincidentes y en auxilio del Programa Nacional de Desarrollo Rural Integral (PRONADRI), ajustándose a las estrategias del Programa Estatal de Desarrollo Rural Integral (PEDRI) y el Plan Nacional de Desarrollo (PLANADE) y los Programas Estatales de Desarrollo Económico (COPLADE), además de los programas sectoriales referentes al manejo, uso y administración del agua, de acuerdo con los planteamientos que hacen en este documento.

Renteria Venegas, (1996) la información que presenta se refiere a las actividades y alternativas para apoyar la formulación y estructuración del plan de acciones de recuperación y manejo de la cuenca del lago de Cuitzeo. Y haciendo referencia también al sector pesquero y a programas de extensionismo piscícola en el lago de Cuitzeo.

Martínez Toledo, (1996) en su artículo enuncio que el problema de eutrofización del lago de Cuitzeo tiene su origen en toda la actividad humana que se realiza en toda su cuenca hidrográfica. Otro factor importante en el descenso del nivel del lago, ha sido la disminución del aporte de sus principales afluentes por el incremento continuo en el uso de sus aguas para irrigación, en las últimas décadas ha existido por lo tanto un marcado desequilibrio en el presupuesto hidráulico del lago.

Silva Aguilera, et. al., (1996), Describen que en los últimos años el lago ha presentado problemas de desecación principalmente en el vaso oeste, y que en la actualidad el lago de Cuitzeo recupera temporalmente cierto nivel de agua, sin embargo el lago presenta un proceso acelerado de degradación y envejecimiento ocasionado por la sobre explotación, el deterioro y degradación de su cuenca. Mencionan que hicieron un muestreo mensual del agua durante un ciclo anual a partir de septiembre de 1990 y concluyo en agosto de 1991.

Rodríguez Castro, et. al., (1996) en este articulo hacen mención de que antes de abordar cualquier estudio y mas aun proponer medidas de solución a la contaminación del lago, es necesario caracterizar cuantitativamente los volúmenes de precipitación, infiltración y escurrimiento de la cuenca. Para ello se debe de contar con una red de estaciones climatológicas y de aforos distribuidas de tal manera que se tenga una cobertura total de la cuenca. También hacen una propuesta de estudio donde se pretende elaborar un sistema de información geográfica (SIG) que sirva como base para caracterizar y difundir las condiciones actuales del lago y su cuenca de drenaje. Sin embargo para que esta información no se convierta en una simple estadística, debe aprovecharse para definir y predecir el comportamiento físico del sistema. Por lo cual se requiere de construir, calibrar, validar y aplicar los siguientes modelos:

Modelo hidrológico de la cuenca, Modelo hidráulico, Modelo hidrodinámico y Modelos de procesos de tratamiento de agua residuales.

Arias Bautista, (1996) menciona que la cuenca del lago de Cuitzeo esta sujeta a la disyuntiva de buscar que su manejo se haga como una unidad hidrológica; además esta cuenca es una de las mas aprovechadas en el Estado y por lo tanto de las mas contaminadas, y que hasta esa fecha no se habían propiciado los niveles organizativos de los usuarios del agua ni las decisiones políticas o administrativas para orientar de manera adecuada las actividades productivas y de servicios que permitan un desarrollo sustentable de la región.

Suárez Castillo, (1996) dentro de su estudio menciona que por la acumulación de azolve en el vaso del lago de Cuitzeo, se han planteado varias alternativas, como el desazolve del lago, este proyecto es muy caro (no es posible) y no tendría sentido si vamos a continuar vertiendo aguas residuales, se volvería a azolvar. Y hay otro problema grave, es que la evaporación en el lago es superior a la precipitación es decir que llueve un promedio de 630 a 700mm de agua en el temporal de cada año y se evaporan 1800 a 2000mm anualmente ósea en una proporción de 3:1 y en este caso desconoce alguna propuesta, y cree que deben de ser las reforestaciones para contrarrestar tal efecto.

Mendoza, (2001) su trabajo es una contribución para la comprensión de implicaciones del cambio de cobertura vegetal y uso del suelo (CCVUS) a nivel regional en el balance hídrico espacialmente distribuido (BHED) en la cuenca del lago de Cuitzeo. Para su investigación se realizaron balances hídricos para los años de 1975 y 2000. Sus resultados se basan en la integración de herramientas de percepción remota y sistemas de información geográfica con un modelo de balance de agua. También determinó que durante el periodo de estudio las condiciones hidrológicas regionales de la cuenca no se modificaron sustancialmente. Sin embargo las planicies y los piedemontes, mostraron un incremento en los valores de escorrentía, como resultado de un incremento de la superficie ocupada por asentamientos humanos. Hace una descripción y análisis de la dinámica de cambio de las superficies ocupadas por el lago de Cuitzeo en el periodo de 1974 y 2001 para lo cual utilizó en el periodo de 1974 y 2000 imágenes de satélite de alta resolución, para el periodo de 1977 Y 2001 imágenes de satélite de baja resolución su análisis lo apoya en el uso intensivo de técnicas de percepción remota (PR), sistemas de información geográfica

(SIG) y análisis estadísticos. En el análisis del periodo (1974-2000) indica que las superficies del vaso del lago de Cuitzeo varían con el tiempo. El cambio lo asocia con la precipitación y la temperatura media mensual del año antecedente; en el periodo (1997-2001) indican que la superficie del lago presenta una tendencia a la reducción de su cuerpo de agua. Las observaciones desde 1999 indican una desecación anual la cual es recurrente. Con este trabajo se desprende la necesidad del monitoreo de la cuenca a partir de una red de estaciones meteorológicas y de medición del nivel de agua de escurrimientos en ríos iniciando a nivel subcuenca; por lo cual se inicio el presente trabajo.

Caballero Pérez, (2001), hace la aplicación de un sistema de información geográfica (SIG) para el manejo de datos hidrológicos de la cuenca del lago de Cuitzeo. Su trabajo es la recopilación de la información geográfica que se tiene en la cuenca para tener una base de los datos y que dicha información esté más a la mano.

Hernández Villa, (2001) en este trabajo se cuantifican las componentes del balance hidrológico para conocer las cantidades de aportación y extracción del vital líquido y tener una visión más clara del problema y sus afectaciones.

Serrano Medrano, (2005) este trabajo, como objetivo tiene el de desarrollar una herramienta computacional basada en un Sistema de Información Geográfica (SIG) que permita la fácil y rápida determinación de valores de un parámetro conocido como Numero de Curva (CN) tomando como caso específico una cuenca hidrográfica (cuenca del lago de Cuitzeo).

### **1.3.- DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO**

La cuenca del Lago de Cuitzeo es una unidad hidrológica perteneciente a la región hidrológica n° 12 Lerma–Santiago, geográficamente se localiza en la parte noreste del estado de Michoacán cerca de los límites del estado de Guanajuato, en el Cinturón Transmexicano entre los 19°30' y 20°05' latitud norte y 100°35' y 101°30' longitud oeste y ocupa una superficie cercana a los 4,000 km<sup>2</sup>, (Mendoza et. Al., 2001). Colinda al sur con el parteaguas geográfico que le separa de las cuencas de los ríos Balsas y Tepalcatepec y al norte con la cuenca del río Lerma a la que se comunica a través del Dren la Cinta, con una altitud de 1820 msnm. El área de las subcuencas en estudio varía y es cercana a 80 km<sup>2</sup> en Umécuaro, en la subcuenca del río San Marcos casi 122 km<sup>2</sup> y para la subcuenca de Queréndaro cerca a 133 km<sup>2</sup>, tal como se muestra en la (figura 1). El territorio de la cuenca del lago comprende total o parcialmente a 26 municipios (Mendoza et. al. 2001, basado en el Instituto de Geografía, UNAM) de los cuales 21 corresponden al estado de Michoacán. Los municipios del estado de Michoacán que se ubican completamente dentro de la cuenca son 6, los municipios que tienen más del 50% de su superficie en la cuenca son 9 y los municipios que tienen menos del 50% de su superficie dentro de la cuenca son 6; al estado de Guanajuato corresponden 5 municipios los cuales están parcialmente dentro de la cuenca (cuadro 1). La cuenca esta conformada por colinas, lomeríos altos y planicies, desarrolladas sobre materiales volcánicos de composición intermedia a básica que va del Mioceno al Reciente (Mendoza et al., en prensa; Pascuarè et al., 1991). La cobertura vegetal predominante corresponde a las clases matorrales, bosques y cultivos (López y Bocco, 2001). La precipitación media anual es de 847mm y la temperatura media anual es de 17.3 °C.

#### **Aguas Superficiales**

La hidrología esta representada por el lago de Cuitzeo, los ríos Grande y Chiquito de Morelia, río Queréndaro, río Zinapécuaro y río los Naranjos, los arroyos San Marcos y Colorado y las presas de Cointzio y Malpais, el escurrimiento virgen de la cuenca es del orden de 443 Mm<sup>3</sup> anual.

## Cuenca de Cuitzeo y subcuencas estudiadas

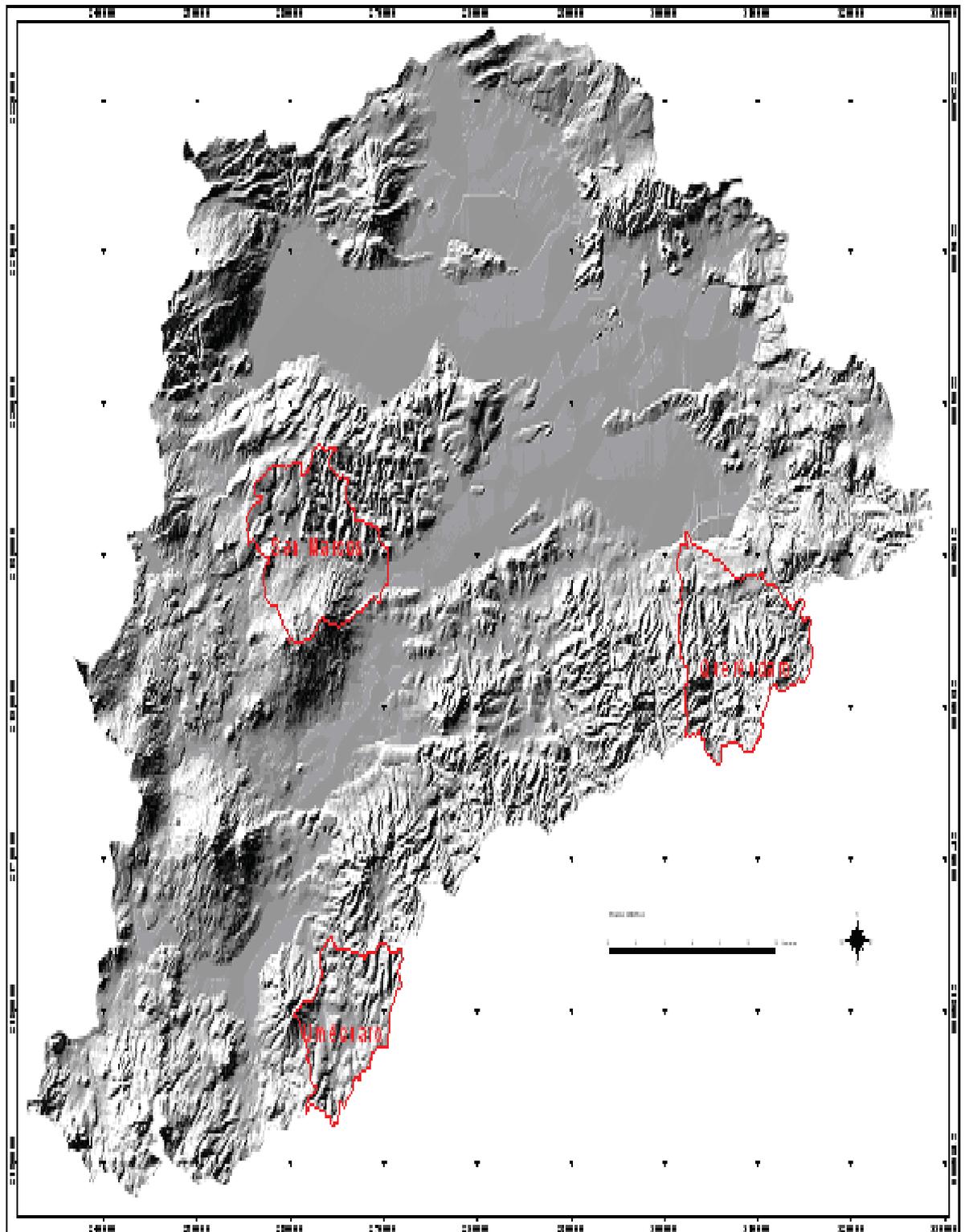


Figura 1 Ubicación de las subcuencas de estudio en la cuenca del Lago de Cuitzeo.

**Cuadro 1.** Porcentaje de la superficie de los municipios que se encuentran dentro de la cuenca del Lago de Cuitzeo (Mendoza, et. al. Op. Cit. Tomado del Instituto de Geografía, UNAM. Basado en INEGI 1995).

<b>Municipio</b>	<b>Área del municipio km<sup>2</sup></b>	<b>% del municipio en la cuenca</b>	<b>Área del municipio en la cuenca km<sup>2</sup></b>	<b>% que ocupa el municipio en toda la cuenca</b>
Acámbaro	874.02	17	146.40	3.66
Acuitzio del Canje	180.39	78	140.60	3.51
Álvaro Obregón	156.95	100	156.90	3.92
Ciudad Hidalgo	1154.61	1	16.30	0.41
Charo	324.55	62	200.20	5.00
Chucándiro	191.84	96	183.70	4.58
Copándaro de Galeana	175.53	100	175.80	4.38
Cuitzeo	256.43	100	255.30	6.39
Huandacareo	91.07	100	91.00	2.27
Huaniqueo	204.41	4	7.40	0.18
Huiramba	81.48	80	65.40	1.63
Indaparapéo	177.21	95	167.60	4.19
Lagunillas	81.30	96	78.10	1.96
Morelia	1195.23	89	1058.10	26.41
Tenencia Morelos	181.75	25	45.40	1.13
Moroleón	158.20	20	32.40	0.80
Pátzcuaro	434.69	19	84.00	2.09
Queréndaro	230.70	69	159.60	3.98
Quiroga	218.24	14	29.40	0.73
Salvatierra	586.36	11	64.30	1.60
Santa Ana Maya	103.66	100	104.40	2.59
Tarímbaro	262.37	100	262.60	6.55
Tzintzuntzan	168.91	2	2.80	0.06
Uriangato	114.71	26	29.60	0.74
Yuridia	669.53	3	17.40	0.44
Zinapecuaro	595.606	72	428.440	10.71

## **CAPITULO 2**

### **2.-JUSTIFICACIÓN**

El Lago de Cuitzeo a pesar de contar con una superficie mucho mayor tanto en el área de su vaso como de su cuenca, en relación al Lago de Pátzcuaro y presenta una problemática que afecta tanto a la población ribereña como a los ecosistemas de la región, y la atención por parte del Gobierno Federal y Estatal ha sido muy poca.

Hasta 1991 se tuvieron reuniones periódicas con las diferentes dependencias estatales, federales y las autoridades municipales de la ribera del lago de Cuitzeo, con la finalidad de darle seguimiento a la problemática del lago; sin embargo después de 1991, año en que se recuperó el nivel del lago, el interés se perdió y no se han realizado las acciones acordadas para recuperar en forma permanente al lago.

Por otro lado, los registros históricos que reporta Alvarado, et al., (1984) y SIHASA, 1986 durante el periodo 1922-1986 y las observaciones del comportamiento de 1986 a 1996, han mostrado que la variación del nivel del lago se ha comportado en forma muy irregular, por lo que en varias ocasiones se ha secado casi en su totalidad y en otros su nivel ha rebasado la cota de los 1820 msnm.

Por todo lo anterior se desprende que la problemática que presenta el lago de Cuitzeo, no se ha enfrentado en forma global, situación que está agravando el deterioro ecológico del mismo, y agudizando la problemática y pobreza de las poblaciones ribereñas.

Debido a la escasa cantidad de estaciones hidrometeorológicas con registros actuales de datos en la cuenca del Lago de Cuitzeo (23 estaciones localizadas dentro de la cuenca, cinco pertenecen al estado de Guanajuato y el resto al estado de Michoacán), existe la necesidad de incrementar el número de estaciones. El incremento en la cantidad de datos y su actualización permitirá poder generar información sobre los procesos hidrometeorológicos (escurrimiento, inundaciones, sequía, etc.). Los datos básicos para el análisis de procesos son: precipitación, temperatura, radiación solar, vientos, nivel de aguas, velocidad de flujos, entre otros. Para poder llevar a cabo este monitoreo

de la cuenca se han colocado estaciones automatizadas de medición del nivel de agua y meteorológicas, capaces de almacenar gran cantidad de datos diarios a intervalos de tiempo variable. Esos datos son vitales para el manejo del recurso hídrico en la cuenca donde se localiza el segundo cuerpo continental más grande de México, el Lago de Cuitzeo.

Se escogieron las subcuencas de Queréndaro, Umécuaro y Tarímbaro (río San Marcos) porque son unidades naturales representativas del resto de las subcuencas que conforman la cuenca del lago de Cuitzeo, además en buena medida representan las condiciones de degradación en las que se encuentran las distintas regiones de nuestro país, y de países subdesarrollados localizados en la zona intertropical. Además cuentan con datos históricos que describen el comportamiento hidrológico a lo largo del tiempo.

En la bibliografía se reporta que la degradación de la cuenca es producto de la reducción de la superficie boscosa en el área (Comisión Ecológica del H. Congreso de Michoacán, 1994). Por observaciones de campo y análisis de datos realizadas previamente indican que la degradación se debe al uso de las aguas residuales de riego y urbanas y al aumento de población (López et al., 2001; López Granados, en preparación; Acosta, 2002). Estos impactos se reflejan en las características hidrológicas del Lago, tales como reducción del volumen y espejo de agua del lago, así como la eutrofización de sus aguas (Soto-Galera et al., 1999). Así mismo no se detectan evidencias severas de erosión, transporte (en la cuenca) y sedimentación (en el vaso) (Mendoza et al. 2001). Solo existen estas tres subcuencas afectadas de manera importante. Una de las subcuencas vierte sus aguas primero a la presa de Cointzio que aparentemente funciona como presa de sedimentación que atrapa gran cantidad de sedimentos provenientes de la subcuenca afectada por erosión, y la segunda y tercer subcuenca vierten directamente sobre el lago (Mendoza, 2002).

Una investigación hidrológica en la cuenca del lago de Cuitzeo es de vital importancia ya que el lago ha sido declarado como zona prioritaria en México para la investigación y conservación, por el Comité Tripartita compuesto por la Dirección General de Conservación Ecológica de los Recursos Naturales, El servicio de Pesca y Vida Silvestre, y la Oficina para la Coordinación de la Gestión de los Humedales de México, Sección Pacífico (Comité Tripartita 1992). Además, el lago forma parte de la región hidrológica Prioritaria decretada por la Comisión Nacional para el Estudio y uso de la Biodiversidad (CONABIO) por considerarse una región de alta biodiversidad de uso por sectores y amenazada.

## CAPITULO 3

### 3.-PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

Considerando la necesidad de reinstrumentar la cuenca, esta fase consiste en el diseño y construcción de obras que permitan la instalación y protección de instrumentos hidrometeorológicos. En la selección del sitio para la instalación de las estaciones, se consideró la accesibilidad a fin de facilitar la posterior transferencia de datos de las estaciones colocadas en las subcuencas representativas de la cuenca de Cuitzeo (Figura 2).



**Figura 2** Estructuras tipo para estaciones meteorológicas (2a) y de medición del nivel de agua (2b).

## CAPITULO 4

### 4.- CONCEPTOS BASICOS

#### 4.1.- PLANEACIÓN

Se realizaron varios recorridos de reconocimiento en las subcuencas de interés y así determinar el lugar donde colocar las estaciones automatizadas a fin de eficientar su funcionamiento, en términos de la adecuada ubicación (para las estaciones meteorológicas se buscó una zona despejada, mientras que para las estaciones de medición de nivel de agua, el lugar en los ríos donde se concentre la mayor cantidad de los escurrimientos de agua) que permita registrar datos representativos además de considerar la accesibilidad y seguridad de los instrumentos.

Durante estos recorridos se evaluó la posibilidad de restaurar antiguas estructuras existentes o la construcción de nuevas estructuras. De esta manera en la cuenca del río San Marcos (Tarímbaro) se decidió restaurar la antigua estructura colocada por la Comisión Nacional del Agua; mientras que en la cuenca del río Queréndaro y la presa de Umécuaro se requirió la construcción de estructuras para la colocación de las estaciones automatizadas de medición del nivel de agua (Figuras 3 y 4).



**Figura 3** Imagen que muestra panorámicamente el lugar donde se decidió la colocación de la estación de medición del nivel de agua, (cortina de la presa de Umécuaro).



(4a)



(4b)

**Figura 4** Imágenes que muestran el lugar donde se decidió colocar las estaciones de medición del nivel de agua en el río San Marcos (4a) y río Queréndaro (4b).

## **4.2.- DISEÑO DE ESTRUCTURAS**

Las estructuras se determinaron con base en las necesidades y dimensiones de las estaciones automatizadas de recolección de datos, de igual manera, respecto a la seguridad y estabilidad, sin interferir con el adecuado funcionamiento sin ocasionar alteraciones en el registro de datos.

El tipo y cantidad de aparatos colocados fueron:

- a) Cuatro estaciones meteorológicas automatizadas (marca Davis).
- b) Tres estaciones automatizadas de medición del nivel de agua (marca Thalimides).

Las principales características de las unidades mencionadas se describen más adelante.

Las estaciones automatizadas de medición del nivel de agua fueron colocadas en el cauce de los ríos, en la zona donde se concentra la mayor parte de los escurrimientos de agua para poder tener un esquema más completo y más apegado a las condiciones del lugar.

En la subcuenca del río San Marcos se colocó una estación automatizada de medición del nivel de agua en el lugar donde está ubicado un puente canal destinado para el paso del agua de riego de terrenos de cultivo cercanos al lugar, el puente canal se encuentra perpendicularmente a la dirección del flujo de la corriente del cauce, dicha estructura fue utilizada por la Comisión Nacional del Agua (CNA) en ella se colocó un tubo en el cual se montó un hidrógrafo mecánico para la toma de datos de los niveles de agua del río. Debido a que en ese lugar se encontraron restos de la estructura utilizada por la CNA se decidió restaurar dicha estructura y en esta se colocó una estación automatizada de medición del nivel de agua y se restauraron las reglas de medición que ya existían en ese lugar.

En el lugar se encontró un tubo de hierro dulce de 5" de diámetro y 7m de longitud relleno de piedras y otros materiales; por lo cual se procedió a rehabilitarlo y volverlo a utilizar.

Este procedimiento consistió primeramente en desmontar el tubo, luego en la limpiar del interior del mismo, cepillar el exterior del tubo para eliminar la pintura deteriorada por la intemperie y la corrosión presente; posteriormente se recubrió con 'primer' y esmalte anticorrosivos (Figura 5)



(5a)

(5b)



(5c)

(5d)



(5e)

(5f)

**Figura 5** Imágenes del procedimiento de la rehabilitación de la estructura encontrada en el río San Marcos para colocar la unidad automatizada de medición del nivel de agua: estructura encontrada en el sitio (5a), desmonte de la estructura (5b), limpia del interior y exterior de la estructura (5c), primera capa de recubrimiento de 'primer' anticorrosivo (5d), segunda capa de recubrimiento de esmalte anticorrosivo (5e) y colocación y puesta en servicio de la estructura (5f).

Otra de las estaciones automatizadas de medición del nivel de agua fue colocada en la margen izquierda del río Queréndaro, y la estación restante fue colocada en la cortina de la presa de Umécuaro.

Para estas estaciones se construyeron tubos de lámina negra de calibre 16 y de un diámetro de 19.42cm y con una longitud de 3.4m y 7.0m respectivamente; dichos tubos fueron pintados con 'primer' anticorrosivo y un esmalte para protegerlos un poco de la corrosión. La colocación del tubo en la cuenca del río Queréndaro requirió la elaboración de anclas de varilla redonda roscada de 30cm de longitud y de diámetro 5/8" con solera de 1" y 10cm de longitud, se empotraron en un muro de mampostería de piedra a una profundidad cercana a los 15cm y reforzados con una mezcla de cemento-arena en proporción 1 a 4 y rajuelas de piedra para macizar el ancla al muro; mientras que para la estación colocada en la cortina de la presa de Umécuaro se fijo a la estructura de una de las compuertas que ya no esta en funcionamiento (figura 6).



(6a)

(6b)

**(Figura 6)** Imágenes que muestran las características de las estructuras que se colocaron en el río Queréndaro (6a) y la presa Umécuaro (6b), para colocar las estaciones de medición de nivel de agua y la manera como ambas están sujetadas al muro.

Ya que el Thalimides es un aparato pequeño que hubo que adecuarlo a un tubo fue necesario diseñar y construir aditamentos para fijar y asegurar los accesorios del mismo y que este pueda trabajar adecuadamente (Figura 7).



**Figura 7** En esta imagen se observa uno de los aditamentos construidos para fijar los accesorios de las estaciones de medición del nivel de agua.

Para las estaciones meteorológicas fue necesario la construcción de una estructura perimetral con área de  $4\text{m}^2$  que encierran dichas estaciones, la estructura cuenta con su puerta de entrada y se encuentra forrada con malla ciclónica calibre 11 y de 1.50m de altura. La estructura esta formada con tubo galvanizado para cerca calibre 16, de 2" de diámetro y una altura de 2m. La estación esta montada en un tubo de las mismas características a excepción de la altura ya que esta es superior en 10cm. este se relleno de concreto y se empotro aproximadamente 60cm en el suelo con una ancla de solera de 1" y 20cm de longitud, reforzado con una zapata de concreto hidráulico de 40x40x60cm aproximadamente y soportado por tensores para aumentar la rigidez y evitar la oscilación del mismo con la intención de incrementar la estabilidad de la estación.

Los tubos de la cerca perimetral cuentan con una ancla de solera de 1" y 20cm de longitud, y se empotraron en el terreno a una profundidad cercana a los 50cm y reforzados con una zapata de concreto hidráulico de 30x30x50cm (figura 8).



(8a)

(8b)

**Figura 8** Imágenes que muestran el procedimiento de construcción de las estructuras para la colocación de las estaciones meteorológicas: colado de zapatas para macizar los postes (8a).y estructura terminada y puesta en servicio (8b).

Debido a limitaciones presupuestales sólo pudo colocarse una estación meteorológica en la cuenca de Umécuaro, una más en la subcuenca de Tarímbaro y dos en la subcuenca de Queréndaro. Los criterios en los cuales se basó la decisión de colocar dos estaciones en la subcuenca de Queréndaro son:

- 1) Su mayor amplitud latitudinal, y su mayor superficie. Las estaciones meteorológicas de la subcuenca de Queréndaro se ubicaron en la población de Milpilllas (cuenca media-alta) y en la población el Castillo (cuenca baja); la estación meteorológica de la subcuenca de Umécuaro se ubico en la población de Umécuaro (cuenca media, junto al Thalimides), y la estación restante, ubicada en la subcuenca de Tarímbaro (río San Marcos), se colocó en las cercanías de la población de Chiquimitio (cuenca media).

### **4.3.- CONFIGURACIÓN DE INSTRUMENTOS**

De acuerdo con el funcionamiento de los aparatos de medición y las características geométricas y geográficas del lugar donde estos fueron situados se ajustan los diferentes parámetros que estos requieren para que estos obtengan los datos reales sin alteraciones.

#### **DESCRIPCION DE LOS APARATOS DE MEDICIÓN:**

##### *ESTACIONES AUTOMATIZADAS DE MEDICIÓN DEL NIVEL DE AGUA (THALIMIDES): (figura 9)*

El Thalimides es un codificador angular con relector de datos compuesto de:

- a) un sensor
- b) un cable del sensor
- c) una unidad recolectora de datos

Su fuente de energía es una pila de 1.5V (pila monocelular redonda) tipo C



#### **SUS ACCESORIOS SON:**

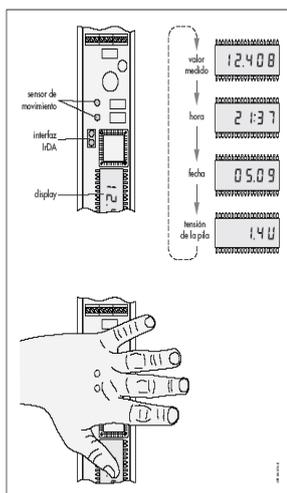
- Un flotador de 80mm de diámetro
- Un contrapeso de 0.100Kg, cable del flotador de 10,30,50 y 100m de 1mm de diámetro(nirosta) y casquillos de apriete
- Módulo de comunicación HIDRAS 3
- Cabezal de lectura óptica OTT Duolink
- Adaptador de interfaz infrarrojo Linkit (IrDA)

**Figura 9** Sistema completo de la estación Automatizada de medición del nivel de agua.

- Tarjeta adicional para el encendido/apagado de la alimentación del modem mediante una señal DTR

### **ACTIVACIÓN DEL THALIMIDES:** (manual OTT para el software HYDRAS 3)

Mientras se efectúan mediciones, el display del Thalimides estará desconectado. Al desear leer el valor medido actual, será preciso activar el Thalimides. Para poder ajustar los parámetros de servicio y leer los valores medidos también será necesario activar el



Thalimides.

- Para tal efecto, se coloca la mano sobre el sensor de movimiento hasta que se active el display (aproximadamente de 2 a 4 segundos). El display visualizará el valor medido actual (figura 10).
- Al colocar de nuevo la mano brevemente sobre el sensor se visualizarán consecutivamente los valores de hora, fecha y tensión de la pila (figura 10).

**Figura 10** Esta figura muestra la activación del display del Thalimides

Tanto para cambiar su configuración como para el vaciado de sus registros.

- El display se desactivará nuevamente a los tres minutos después de haber colocado la mano por última vez sobre el sensor.

### **AJUSTE DE PARAMETROS DE SERVICIO:**

Al poner en servicio el Thalimides por primera vez será preciso ajustar diversos parámetros de servicio (configurar el Thalimides).

Para ello se requieren los siguientes equipos:

- Una PC con interfaz infrarroja (IrDA) o bien con un adaptador de interfaz Linkit o bien un cabezal de lectura infrarroja Duolink así como el módulo de comunicación HYDRAS 3 (Basic),  
o
- El aparato multifuncional VOTA con cabezal de lectura OTT Duolink o bien el adaptador de interfaz IrDA Linkit.

Los parámetros se configuran sin contacto directo mediante luz infrarroja no visible. Conectando un MODEM al interfaz RS 232 del Thalimides es posible “teléconfigurar” los parámetros de servicio tras la primera puesta en servicio, así como transferir los datos a una estación central de recopilación de datos.

### AJUSTE DE PARAMETROS CON UNA COMPUTADORA:

Se procede de la siguiente forma:

- Para ordenadores sin puerto infrarrojo: conectar a un puerto serial el adaptador LinkIt o el cabezal de lectura Duolink (COM1/COM2).
- Arrancar HYDRAS 3 Basic.
- Activar el Thalimides.
- Orientar el puerto infrarrojo/LinkIt/Duolink hacia el Thalimides; distancia máxima 1m.
- Seleccionar menú “comunicaciones leer datos/parametrizar” (alternativamente hacer doble clic en una estación de medición previamente establecida en la configuración tipo árbol de HYDRAS 3).
- Seleccionar la ventana “comunicaciones” (figura 11).

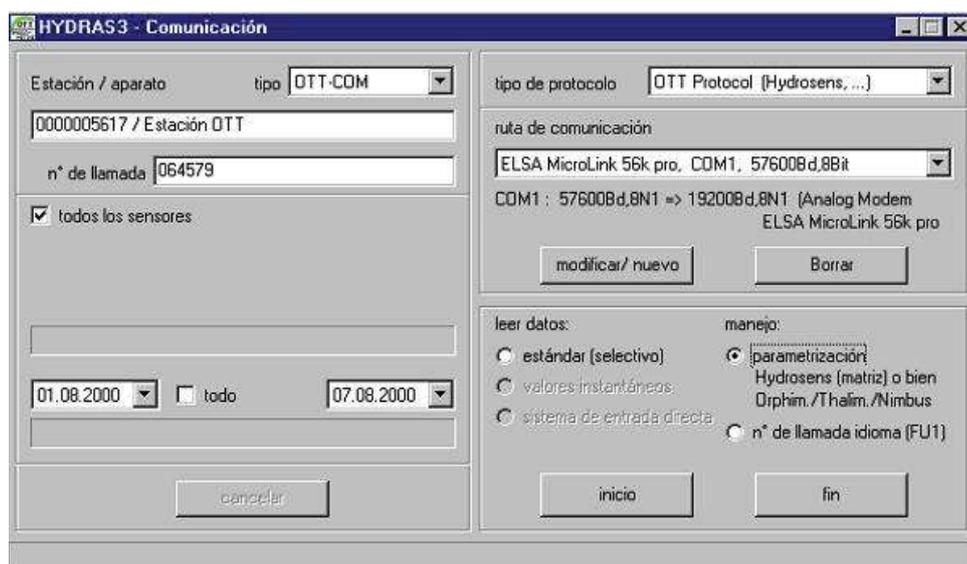


Figura 11 Ventana comunicaciones en la cual se ingresan los datos y el tipo de estación que se va a crear.

- “tipo: Thalimides”;

- “ruta de comunicación IrDA OTT Duolink, COM1, 19800Bd, 8N1 o IrDA LinkIt Adapter, COM1, 19800Bd, 8N1 (alternativamente COM2)”;
- “manejo: parametrización”.

(El tipo de protocolo se ajusta automáticamente en “OTT protocol2 (selective)”).

- Pulsar “inicio”
  - se abre la ventana “manejo Orphimedes/Thalimides/Nimbus”: (figura 12)

**Figura 12** Ventana en la cual se ingresan todas las características de la estación creada (su configuración de la estación).

- Configurar los parámetros de configuración deseados, introducir valores.
- Comprobar si el Thalimides sigue activo; LinkIt/Duolink/Puerto infrarrojo del ordenador este bien orientado.
- Pulsar la tecla “programar” los parámetros quedan ahora almacenados definitivamente en el Thalimides.
- Pulsar la tecla “terminar”.

## **ESTACIONES METEOROLÓGICAS DAVIS:**

### ACCESORIOS:

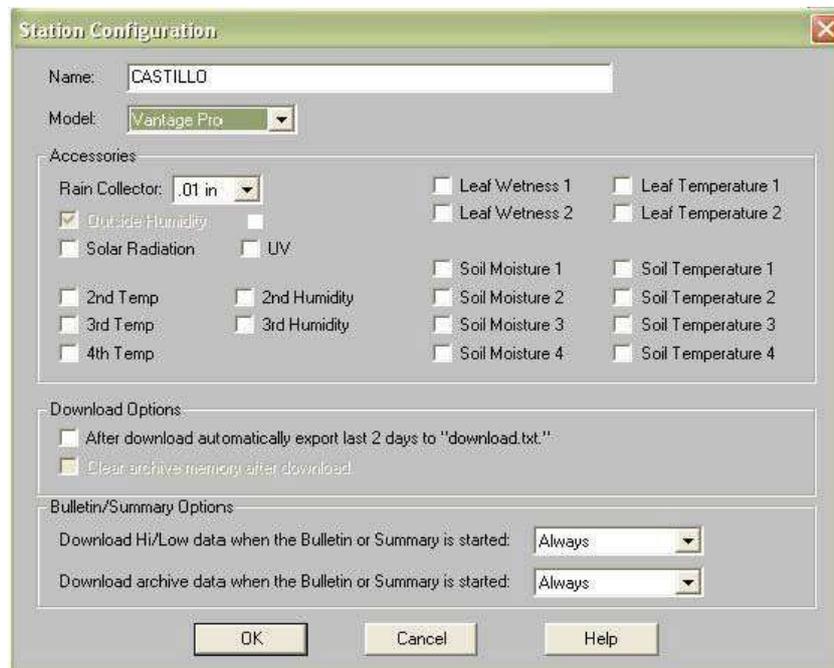
- Anemómetro y su base para montarlo.
- Juego integrado de sensores (colector de lluvia y su base para montarlo, sensor de temperatura, sensor de radiación solar).
- Sensor de humedad de hoja.
- Sensor de humedad de suelo.
- Sensor de rayos UV.
- Módulo de interfaz para sensores.
- Shelter multipropósito.
- Módulo de emisión de alarmas.
- Calefactor para Shelter multipropósito.
- Adaptador para alimentación eléctrica.
- Consola receptor.
- Registrador de datos (Data logger) instalado dentro de la consola.
- Adaptador para MODEM y para puertos USB.
- Shelter para sistema completo.
- Panel solar que recarga la batería de la consola.
- Batería solar de 7.0 ampere-hora.
- Cables para la consola, anemómetro, sensor de humedad.

También incluye las siguientes características:

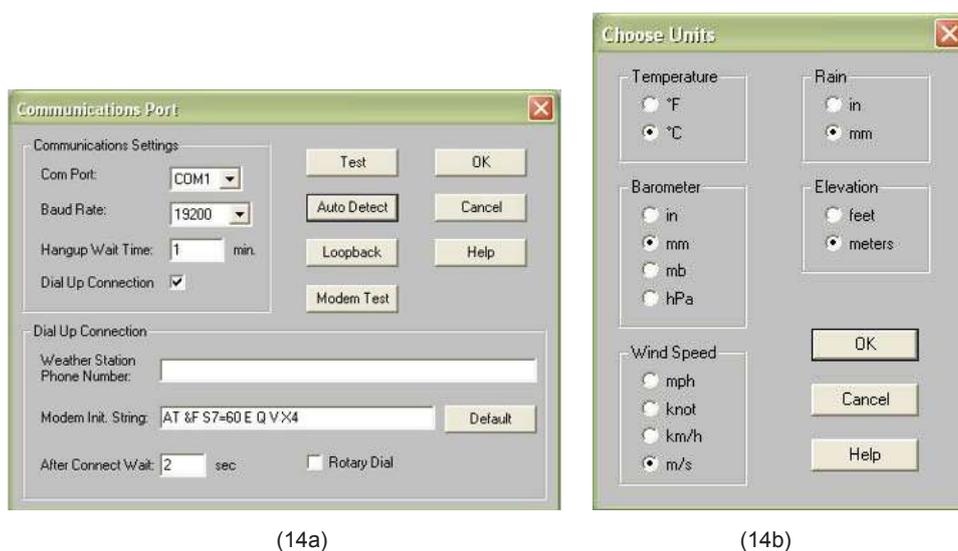
1. Hora en formato de 12 o de 24 horas y fecha.
2. Unidades de medida de EU. de A. y métricas.
3. Máximos y mínimos.
4. Exploración y presentación secuencial de las lecturas.
5. Alarmas para funciones seleccionadas.
6. Calibración de algunas funciones para exactitud mejorada bajo condiciones **difíciles**.

## CONFIGURACIÓN DE LAS ESTACIONES: (manual DAVIS Instruments)

La configuración de las estaciones se explica en las siguientes figuras (figuras 13, 14, y 15).



**Figura 13** En esta ventana se muestra como se determina la estación, el nombre con el cual se identifica y se determinan los parámetros que va a registrar.



(14a)

(14b)

**Figura 14** En estas figuras se determina el tipo de comunicación con el sistema (con la computadora) (14a) y las unidades de medida con las que se quieren obtener los datos registrados por la unidad (14b).

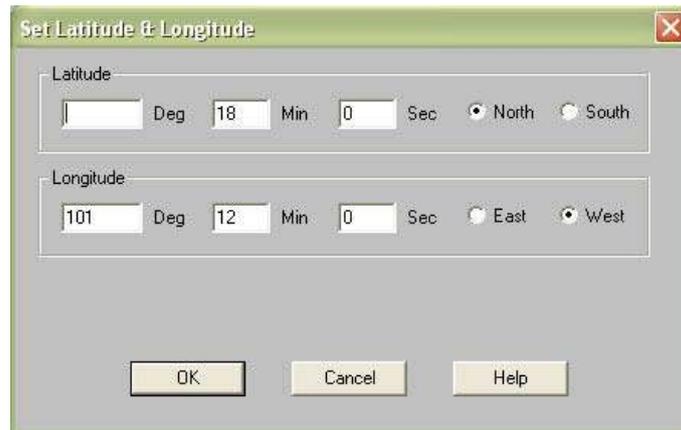


Figura 15 Esta es la ventana en la que se le dan las coordenadas de posicionamiento de la estación.

Para hacer la extracción de los datos registrados por las estaciones meteorológicas, solo se conecta su datalogger a la computadora se abre el archivo de la estación correspondiente y se hace la transferencia de los datos para archivarlos en la computadora, para posteriormente hacer una base con la integración de todos los datos.

Las coordenadas de la ubicación en el campo de las estaciones meteorológicas como de medición del nivel de agua fue con apoyo en un aparato GPS (Global Position System) marca Garmin.

**Nota:** Las estaciones se configuraron con la finalidad de que los datos meteorológicos se registraran cada 30 minutos, y las estaciones automatizadas de medición del nivel de agua cada 15 minutos; de esta manera se tendrán registros con una cierta frecuencia que permita que la memoria de los aparatos no quede saturada, y además permita que la recolección de datos pueda realizarse cada 30 días.

Ambas estaciones tienen una capacidad de almacenaje que depende mucho del intervalo de tiempo de almacenamiento, ya que entre menor sea el intervalo de tiempo de almacenamiento, más rápido se llega al límite de la capacidad de la memoria de la estación, además que toda la información que se ha generado y que está en la memoria de las unidades es posible vaciarla a una PC a través del MODEM de la misma el programa correspondiente y compatible con las estaciones.

#### **4.4.- COLOCACIÓN DE INSTRUMENTOS**

La colocación de las estaciones automatizadas en el campo se llevó a cabo luego de tener listas las estructuras donde estas fueron montadas, no fue necesaria la utilización de maquinarias o herramientas no convencionales para poder colocar las estructuras y montar los aparatos de medición a excepción de la estructura colocada en el río San Marcos donde se necesitó un malacate para lograr acomodarlo en el lugar correspondiente. Se requirió de (tornillos con sus respectivas tuercas y además tuercas de seguridad y sus respectivas llaves para apretarlos y fijar las piezas de los aparatos, sistemas de poleas con carruchas para soportar el peso de los tubos y colocarlos en el lugar requerido, un taladro inalámbrico para las perforaciones correspondientes para fijar los accesorios de los aparatos y asegurarlos y que estén trabajando de manera adecuada; la colocación de las estaciones se ilustra con las imágenes siguientes: (figura 16).



(16a)



(16b)



(16c)



(16d)



**Figuras 16** En estas imágenes se observa el procedimiento de la colocación de las estaciones en sus estructuras correspondientes; para las estaciones automatizadas de medición del nivel de agua, perforación de las cavidades para los tornillos de apriete de los accesorios (16a), colocación de accesorios para soporte de las unidades (16b), colocación de las estaciones (16c) y para las estaciones meteorológicas, colocación de los instrumentos de medición (16e), conexiones con las baterías de energía solar (16f) y configuración de la consola y memoria de almacenamiento (16g). Para ambos tipos de estaciones esta es su primera puesta en servicio en su sitio de trabajo.

#### **4.5.-METODOS DE ANALISIS**

Para determinar un gasto aproximado en los ríos en estudio (método de la relación sección-velocidad, método mas usado en México para aforar corrientes), para la aplicación de dicho método fue necesario obtener las secciones perpendiculares correspondientes en los diferentes puntos de control considerados, ya teniendo determinadas las secciones se dividieron en dovelas, (de acuerdo a las secciones de los ríos Queréndaro y San Marcos, las dovelas son de un ancho de un metro, para el canal de salida de la presa Umécuaro de acuerdo con su sección el ancho de cada dovela es de 0.56m); con la ayuda de un flujómetro se determinó la velocidad de la corriente en cada una de las dovelas en nuestro caso cuatro profundidades diferentes que son: (0.2, 0.4, 0.6 y 0.8 del tirante medido, estas profundidades se toman a partir de la superficie libre del agua). De acuerdo al método utilizado, este hace las siguientes descripciones:

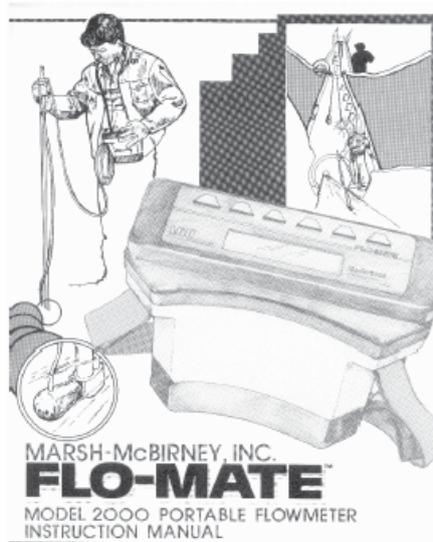
Para determinar la velocidad media en cada dovela se puede tomar con la medida a una profundidad de  $0.6 y_1$  y aproximadamente, donde  $y_1$  es el tirante medido en el centro de la dovela cuando  $y_1$  no es muy grande; en caso contrario, conviene tomar al menos dos medidas a profundidades de  $0.2y_1$  y  $0.8y_1$ ; así la velocidad media es:

$$V_m = (v_{20} + v_{80})/2$$

Donde  $v_{20}$  y  $v_{80}$  son las velocidades medidas a  $0.2y_1$  y  $0.8y_1$  respectivamente. Cuando  $y_1$  es muy grande, puede ser necesario tomar tres o más lecturas de velocidad en la dovela. Para este caso la velocidad media será:

$$V_m = (v_i + \dots + v_n)/n$$

La velocidad en este caso se mide con un aparato llamado Flujometro "FLO-MATE" (figura 17) que determina la velocidad en metros por segundo; el proceso para determinar la velocidad es introducir la perilla del aparato en la corriente de agua y se espera a que se estabilice (no varíen las lecturas observadas) y se pueda tomar la lectura correcta.



**Figura 17** Imagen donde se muestra el aparato utilizado  
Para determinar la velocidad de la corriente en puntos establecidos de cada dovela.

De esta manera obtenemos los datos de la velocidad promedio de cada dovela, con el tirante medio (medido en el centro de cada dovela para cada caso) y con el perfil de la sección transversal se obtiene el área que ocupa el agua en cada dovela; para el cálculo del gasto parcial de cada dovela se emplea la ecuación de la continuidad que es:  $Q=A \cdot V$

Donde  $Q$  = gasto ó flujo ( $m^3/s$ )

$A$  = área que ocupa el agua en la sección transversal  
(ó en la dovela)

$V$  = velocidad media del flujo en las dovela

Y para la obtención del gasto total de la sección solo se hace la sumatoria de los gastos parciales de cada dovela.

Este sería un método tradicional, pero durante una creciente de agua en los ríos en estudio implica riesgos para quien tenga que hacer las mediciones directamente, por lo cual hice una propuesta para determinar el gasto sin tener riesgos con la seguridad del personal al que le toque tomar los datos. La propuesta es la de calcular la pendiente media del cauce, la cual se puede calcular por tres métodos los cuales son:

### 1. Pendiente Media tradicional:

$$S_c = (\Delta H)/L.$$

Donde  $S_c$  = Pendiente media del cauce principal (adimensional).

$\Delta H$  = Diferencia de elevación entre el inicio y el final del cauce principal (m)

$L$  = Longitud total del cauce principal (m)

### 2. Pendiente media grafica:

Tomando como coordenadas las cotas y elevaciones del cauce principal, se dibuja el perfil del mismo, y se traza una línea recta la cual una la mayoría de los puntos del perfil y donde se igualen las áreas por debajo y por arriba de la recta con respecto al perfil del cauce; ya trazada la recta se calcula su pendiente  $S=h/L$

Donde  $S$  = pendiente media del cauce principal

$h$  = Longitud vertical de la recta.

$L$  = Longitud horizontal de la recta.

### 3. Método de Taylor y Schwars

$$S = \left[ \frac{L}{\frac{L_1}{\sqrt{S_1}} + \frac{L_2}{\sqrt{S_2}} + \frac{L_3}{\sqrt{S_3}} + \dots + \frac{L_n}{\sqrt{S_n}}} \right]^2$$

Donde:

$S$  = Pendiente media del cauce principal.

$L$  = Longitud total del cauce principal.

$S_i$  = Pendiente del tramo del cauce principal.

$L_i$  = Longitud del tramo del cauce principal.

Teniendo ya como datos las elevaciones del inicio hasta el final del cauce principal (tomadas de las cartas topográficas correspondientes). Se puede calcular la pendiente por cualquiera de los métodos descritos anteriormente; también se puede calcular el área en la sección de control que esta en la estación automatizada de medición del nivel de agua (Thalimides) [se aplica en el caso de la estación colocada en el río Queréndaro y río San Marcos] ya que esta estación nos da el dato de el tirante que esta pasando y ya se tienen los datos de la sección transversal en ese punto; para determinar el gasto en la presa de Umécuaro se determina por abatimiento en el vaso y se calcula la salida del agua en la compuerta.

Para el cálculo de la velocidad en las subcuencas de los ríos Queréndaro y San Marcos, se tomó como referencia la pendiente del cauce principal y se aplicó el método de sección-pendiente, utilizando la fórmula de Manning:

$$V = (1/n) R_h^{2/3} S^{1/2}$$

Donde:

V= velocidad

Rh= Radio hidráulico en la sección

$$R_h = A/P$$

Donde:

A= área que ocupa el agua en la sección

P= perímetro mojado de la sección

S= Pendiente del cauce

n= coeficiente de rugosidad

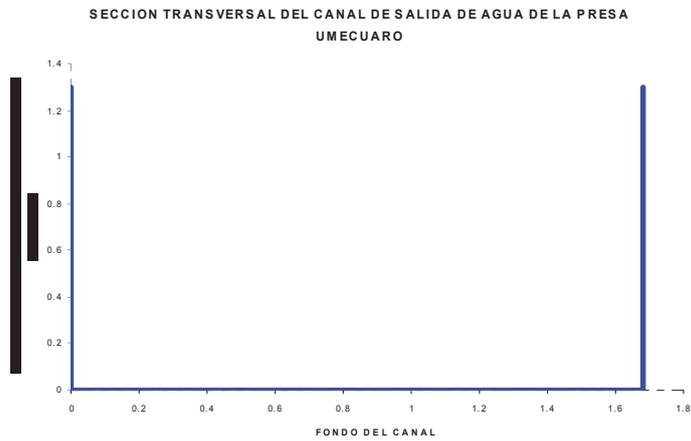
Este coeficiente se representa en el siguiente cuadro (cuadro 2):

**Cuadro 2.** Coeficientes de rugosidad de Manning (n) para cauces naturales

Condiciones del cauce	Coeficiente de rugosidad (n)		
	Mínimo	Normal	Máximo
A) Arroyos (ancho de la superficie libre del agua en avenidas hasta de 30 m):			
1. Corrientes en planicies:			
a) Limpios, rectos, sin deslaves ni remansos profundos	0,025	0,030	0,033
b) Igual al anterior, pero más rocosos y con hierba	0,030	0,035	0,040
c) Limpio, curvo, algunas irregularidades del fondo	0,033	0,040	0,045
d) Igual al anterior, con hierba y roca	0,035	0,045	0,050
e) Igual al anterior, pero menor profundidad y secciones poco eficientes	0,040	0,048	0,055
f) Igual que en d), pero más rocosas	0,045	0,050	0,060
g) Tramos irregulares con hierbas y estanques profundos	0,050	0,070	0,080
h) Tramos con mucha hierba, estanques profundos, o cauces de avenidas con raíces y plantas subacuáticas	0,075	0,100	0,150
2. Corrientes de montañas, sin vegetación en el cauce; taludes muy inclinados, árboles y arbustos a lo largo de las márgenes que quedan sumergidos en las avenidas:			
a) Fondo de grava, boleo y algunos cantos rodados	0,030	0,040	0,050
b) Fondo de boleo y grandes rocas	0,040	0,050	0,070
B) Planicies de avenidas:			
1. Pastura sin arbustos:			
a) Pasto bajo	0,025	0,030	0,035
b) Pasto alto	0,030	0,035	0,050
2. Areas cultivadas:			
a) Sin cosecha	0,020	0,030	0,040
b) Cosecha en tierra labrada y pradera	0,025	0,035	0,045
c) Cosecha de campo	0,030	0,040	0,050
3. Arbustos:			
a) Arbustos diseminados y mucha hierba	0,035	0,050	0,070
b) Pocos arbustos y árboles, en invierno	0,035	0,050	0,060
c) Pocos arbustos y árboles, en verano	0,040	0,060	0,080
d) Mediana a densa población de arbustos, en invierno	0,045	0,070	0,110
e) Mediana a densa población de arbustos, en verano	0,070	0,100	0,160
4. Árboles:			
a) Población densa de sauces, en verano, rectos	0,110	0,150	0,200
b) Terrenos talados con troncos muertos	0,030	0,040	0,050
c) Igual al anterior, pero con troncos retoñables	0,050	0,060	0,080
d) Árboles de sombra y avenidas debajo de las ramas	0,080	0,100	0,120
e) Igual al anterior, pero las avenidas alcanzan las ramas	0,100	0,120	0,160
C) Ríos (ancho de la superficie libre del agua en avenidas mayor de 30 m):			
1. Secciones regulares sin cantos rodados ni arbustos	0,025	---	0,060
2. Secciones rugosas e irregulares	0,035	---	0,100

Es importante notar, que este procedimiento proporciona una cruda aproximación de la velocidad, por lo que es necesario desarrollar la relación “tirante-gasto” para cada sección de control, mediante mediciones durante diferentes avenidas.

Las secciones transversales obtenidas de los ríos donde están ubicadas las estaciones de medición de nivel de agua, y otros puntos de control, se representan en las siguientes figuras (figuras 18, 19, 20, 21 y 22).

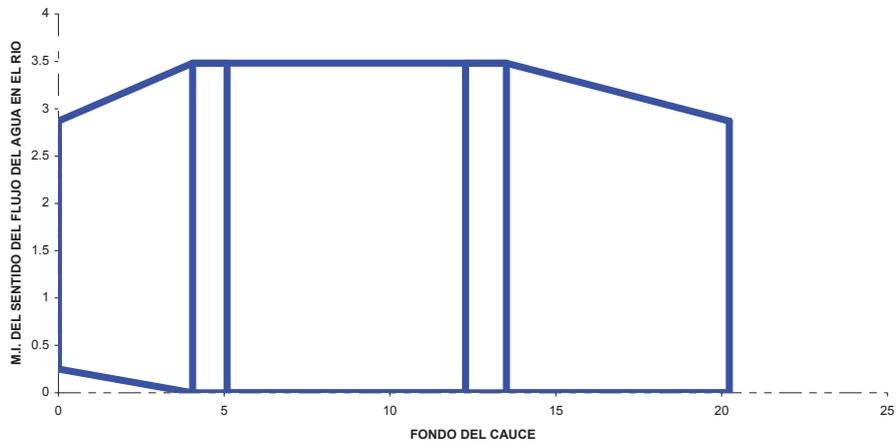


**Figura 18**



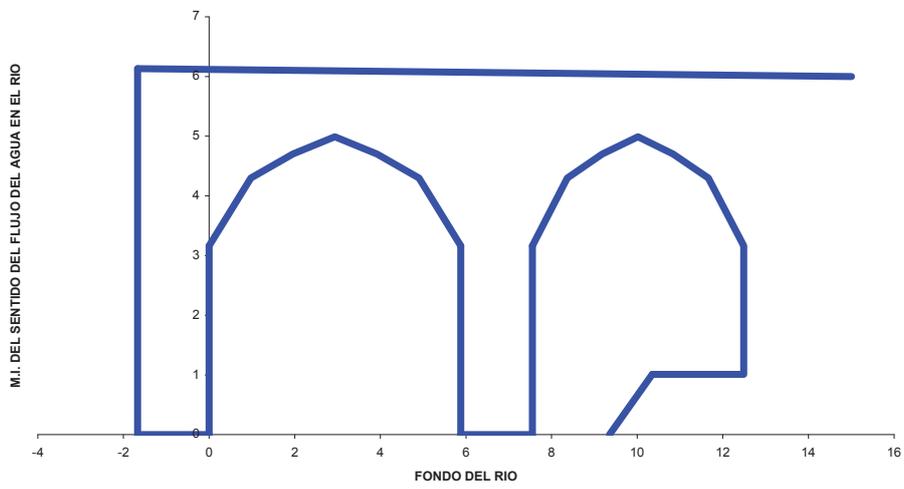
**Figura 19**

**SECCION TRANSVERSAL DEL RIO QUERENDARO EN EL PUENTE  
VEHICULAR**

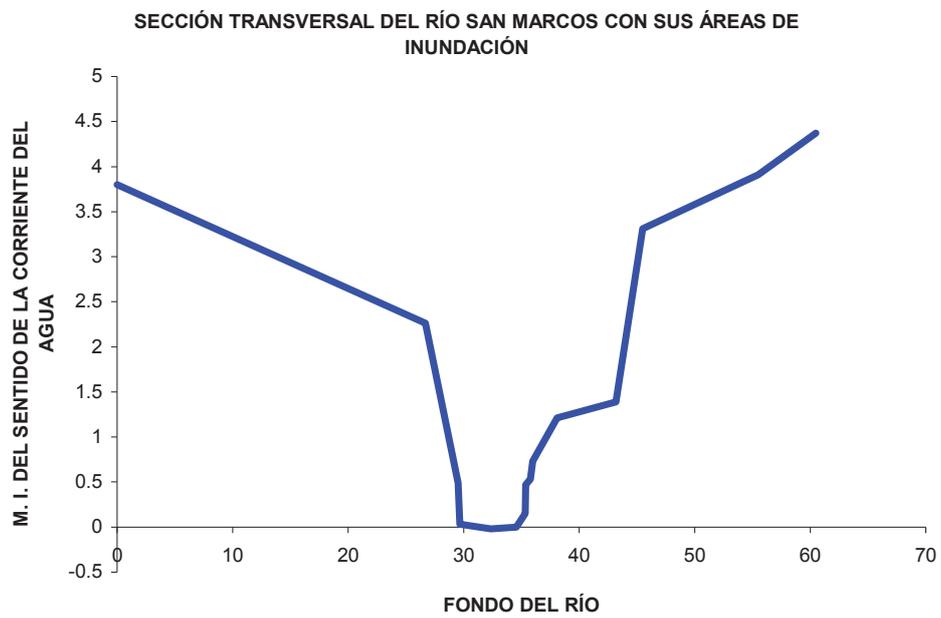


**Figura 20**

**SECCION DEL PUETE CANAL EN EL RIO SAN MARCOS EN LA UBICACION  
DEL THALIMIDES**



**Figura 21**



**Figura 22**

## **A).-INTEGRACIÓN Y DEPURACIÓN DE LAS BASES DE DATOS**

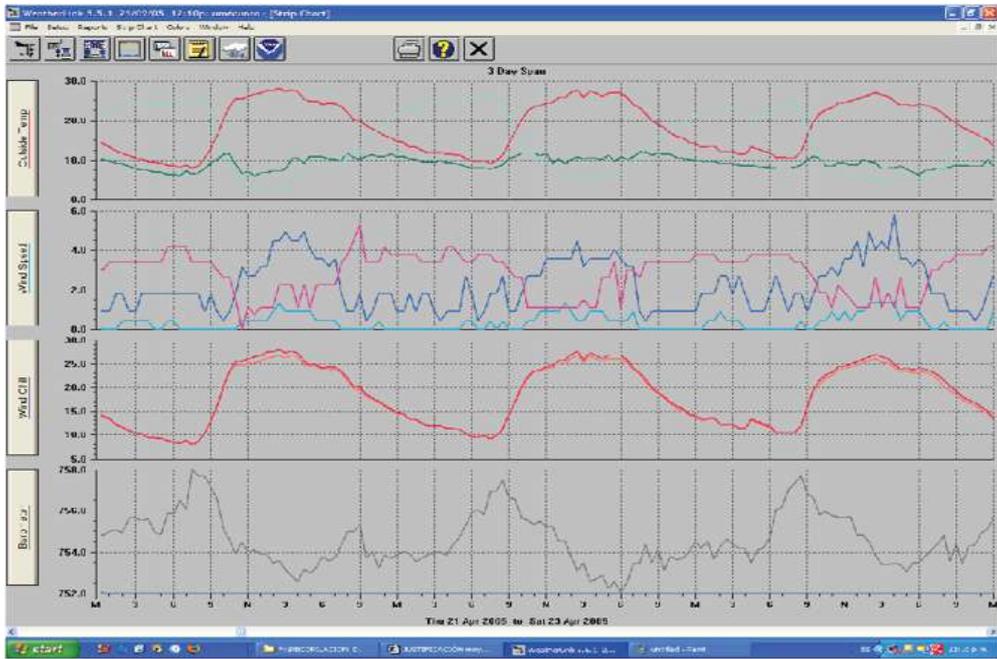
En este apartado se realiza la recopilación de la información registrada y se integra para hacer continua la base de datos y generar estadísticas mensuales y mas adelante generar estadísticas anuales para la aplicación que a estas se les de; para este caso en particular se presenta una tabla de la integración de los datos de la estación meteorológica ubicada en Umécuaro, que para este caso se pone como el ejemplo de una parte de la integración de los datos generados en esta misma estación y en las demás estaciones meteorológicas.

En los cuadros que se muestran enseguida (cuadros 3 y 3-A) se puede observar también el intervalo de tiempo de registro de las estaciones meteorológicas que es cada 30 minutos, y para las estaciones automatizadas de medición de nivel de agua es de 15 minutos, respectivamente. Y para el caso de la integración de los datos de las estaciones meteorológicas se pueden representar mediante graficas de todos los parámetros de registro de las estaciones meteorológicas para ver como se tuvo el comportamiento climático (figura 23).

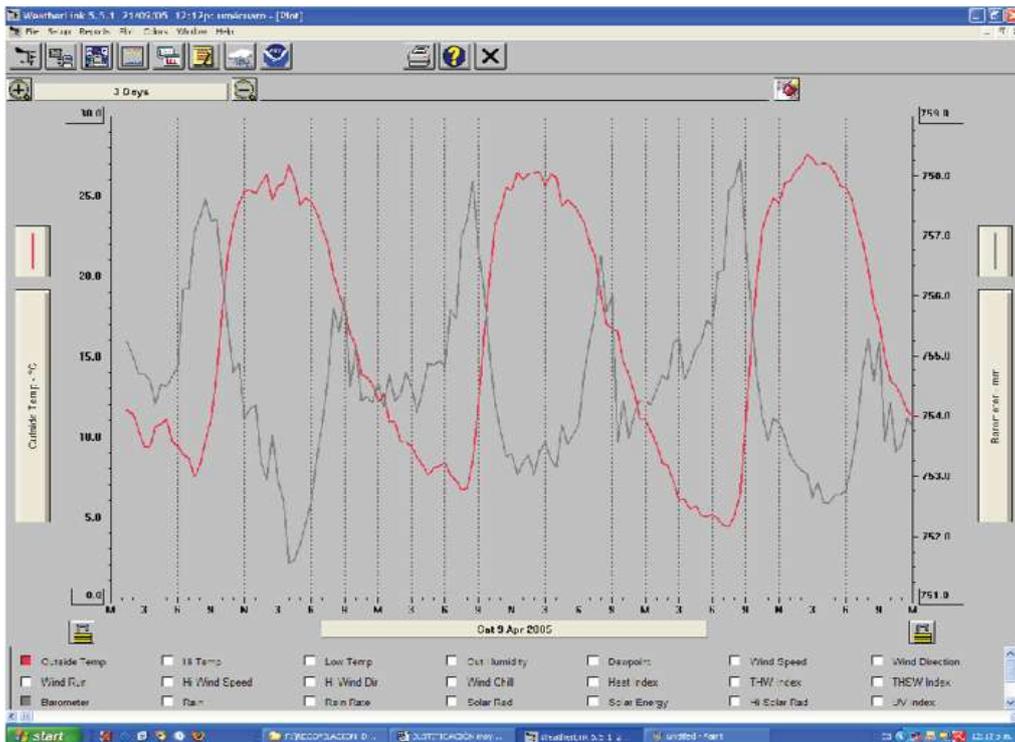
**Cuadro 3** Ejemplo de la integración de datos de las estaciones meteorológicas. Para los encabezados de las columnas ver anexo 2.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Date	Time	Temp. Out	HI Temp.	Low Temp.	Out Hum	Dew Pt.	Wind Speed	Wind Dir	Wind Run	HI Speed	HI Dir	Wind Chill	Heat Index	THW Index	THSW Index	Bar	Rain
02/03/2005	10:30	15.8	16.3	15.8	22	-5.9	0.9	E	1.61	3.6	SSW	15.8	13.3	13.3	16.5	750.2	0.00
02/03/2005	11:00	15.9	16.9	15.8	21	-6.4	0.9	E	1.61	4.0	N	15.9	13.4	13.4	17.4	749.9	0.00
02/03/2005	11:30	16.8	16.8	15.8	19	-7.0	1.3	E	2.41	4.5	E	16.8	14.1	14.1	18.4	749.2	0.00
02/03/2005	12:00	17.3	17.9	16.8	19	-6.6	1.8	E	3.22	6.3	ENE	17.3	14.6	14.4	18.5	748.6	0.00
02/03/2005	12:30	19.6	19.6	17.3	18	-5.4	1.3	SSE	2.41	4.5	SE	19.6	16.7	16.7	22.2	746.9	0.00
02/03/2005	13:00	18.5	19.9	18.2	20	-4.9	1.3	E	2.41	5.8	S	18.5	15.7	15.7	20.3	747.3	0.00
02/03/2005	13:30	19.2	19.3	18.5	18	-5.7	0.9	SE	1.61	5.8	SSE	19.2	16.3	16.3	20.8	746.7	0.00
02/03/2005	14:00	19.1	19.2	18.5	20	-4.5	0.9	SE	1.61	4.5	SE	19.1	16.2	16.2	20.3	746.5	0.00
02/03/2005	14:30	18.7	19.1	18.2	18	-6.2	0.9	ESE	1.61	4.5	SSE	18.7	15.8	15.8	19.6	745.9	0.00
02/03/2005	15:00	18.2	18.9	18.2	16	-8.1	0.9	E	1.61	4.0	ESE	18.2	15.3	15.3	18.6	746.4	0.00
02/03/2005	15:30	17.7	18.2	17.7	18	-6.9	0.9	E	1.61	4.0	ENE	17.7	14.9	14.9	17.7	746.5	0.00
02/03/2005	16:00	17.5	17.9	17.5	19	-6.4	0.9	ENE	1.61	4.5	E	17.5	14.7	14.7	17.0	746.5	0.00
02/03/2005	16:30	17.3	17.5	17.1	20	-5.9	0.9	ESE	1.61	4.5	E	17.3	14.6	14.6	15.9	746.9	0.00
02/03/2005	17:00	17.3	17.8	17.3	20	-5.9	0.9	SE	1.61	5.8	ESE	17.3	14.6	14.6	15.7	746.5	0.00
02/03/2005	17:30	16.4	17.3	16.4	23	-4.8	0.9	SE	1.61	4.9	SSE	16.4	13.9	13.9	13.7	747.1	0.00
02/03/2005	18:00	15.5	16.4	15.5	23	-5.6	0.9	SSW	1.61	4.5	SW	15.5	13.1	13.1	12.0	748.3	0.00
02/03/2005	18:30	14.8	15.5	14.8	25	-5.1	0.9	SSW	1.61	4.5	SSW	14.8	12.6	12.6	10.8	748.7	0.00
02/03/2005	19:00	13.6	14.8	13.6	27	-5.1	0.0	S	0.00	1.8	S	13.6	11.7	11.7	9.2	749.8	0.00
02/03/2005	19:30	12.3	13.6	12.3	28	-5.7	0.0	SSW	0.00	0.4	SW	12.3	10.7	10.7	8.2	751.2	0.00
02/03/2005	20:00	12.3	12.3	12.2	28	-5.7	0.0	SSW	0.00	2.7	SSW	12.3	10.7	10.7	8.2	751.2	0.00
02/03/2005	20:30	11.3	12.3	11.3	31	-5.3	0.4	SW	0.80	2.7	SSW	11.3	9.9	9.9	7.5	752.3	0.00
02/03/2005	21:00	11.8	12.2	11.3	29	-5.7	0.4	SW	0.80	3.1	SW	11.8	10.3	10.3	7.9	752.1	0.00
02/03/2005	21:30	10.3	11.8	10.3	38	-3.4	0.0	WSW	0.00	0.9	WSW	10.3	9.3	9.3	6.9	753.1	0.00
02/03/2005	22:00	10.8	10.8	10.2	38	-3.0	0.0	W	0.00	0.9	W	10.8	9.7	9.7	7.3	753.4	0.00
02/03/2005	22:30	9.5	10.9	9.5	48	-1.0	0.0	SW	0.00	0.9	SW	9.5	8.8	8.8	6.5	751.7	0.00
02/03/2005	23:00	8.9	9.5	8.9	49	-1.3	0.0	SW	0.00	0.9	SW	8.9	8.2	8.2	5.9	752.1	0.00
02/03/2005	23:30	8.3	8.9	8.3	55	-0.2	0.0	SSW	0.00	1.8	SSW	8.3	7.8	7.8	5.5	751.8	0.00
03/03/2005	0:00	8.7	8.7	8.2	47	-2.0	0.0	SW	0.00	0.9	SW	8.7	8.0	8.0	5.7	751.8	0.00
03/03/2005	0:30	9.2	9.3	8.7	55	0.6	0.0	SW	0.00	0.9	SW	9.2	8.7	8.7	6.4	750.7	0.00
03/03/2005	1:00	7.7	9.2	7.7	57	-0.3	0.0	SSW	0.00	0.4	SSW	7.7	7.2	7.2	4.9	751.5	0.00
03/03/2005	1:30	7.3	7.7	7.3	55	-1.2	0.0	SSW	0.00	0.9	SSW	7.3	6.7	6.7	4.4	751.4	0.00
03/03/2005	2:00	6.9	7.3	6.8	46	-3.9	0.0	SSW	0.00	2.7	SSW	6.9	6.2	6.2	3.8	751.1	0.00
03/03/2005	2:30	7.0	7.0	6.8	50	-2.7	0.0	SW	0.00	1.8	SSW	7.0	6.4	6.4	4.1	751.1	0.00
03/03/2005	3:00	7.2	7.5	7.0	53	-1.8	0.4	SW	0.80	2.7	SSW	7.2	6.6	6.6	4.3	750.7	0.00
03/03/2005	3:30	7.4	7.4	6.9	47	-3.2	0.0	WSW	0.00	0.9	SW	7.4	6.8	6.8	4.4	751.2	0.00
03/03/2005	4:00	8.0	8.2	7.4	52	-1.3	0.4	SW	0.80	1.8	SW	8.0	7.4	7.4	5.1	750.4	0.00
03/03/2005	4:30	7.5	8.0	7.3	50	-2.3	0.0	SW	0.00	1.8	SW	7.5	6.9	6.9	4.6	750.8	0.00
03/03/2005	5:00	8.7	8.7	7.5	35	-6.0	0.0	SW	0.00	0.9	SW	8.7	7.7	7.7	5.3	750.6	0.00
03/03/2005	5:30	7.1	8.8	7.1	46	-3.7	0.0	SSW	0.00	2.7	SSW	7.1	6.4	6.4	4.0	751.8	0.00
03/03/2005	6:00	5.6	7.1	5.6	55	-2.7	0.4	SSW	0.80	1.8	SSW	5.6	5.1	5.1	2.7	752.2	0.00
03/03/2005	6:30	7.8	8.2	5.6	41	-4.6	0.0	SSW	0.00	1.8	SW	7.8	7.0	7.0	4.6	752.4	0.00
03/03/2005	7:00	8.4	8.6	7.7	40	-4.5	0.0	WSW	0.00	1.8	WSW	8.4	7.6	7.6	5.2	752.7	0.00
03/03/2005	7:30	9.1	9.2	7.8	47	-1.7	0.0	SSW	0.00	0.9	S	9.1	8.3	8.3	6.0	753.1	0.00
03/03/2005	8:00	10.8	10.8	9.1	48	0.2	0.0	SSW	0.00	0.9	SSW	10.8	9.9	9.9	7.9	753.0	0.00
03/03/2005	8:30	13.1	13.1	10.8	29	-4.6	0.0	SSW	0.00	1.8	SSW	13.1	11.4	11.4	9.7	753.0	0.00
03/03/2005	9:00	15.1	15.1	13.1	24	-5.3	0.0	SW	0.00	0.9	SSW	15.1	12.8	12.8	13.2	752.6	0.00
03/03/2005	9:30	17.7	17.7	15.1	25	-2.6	0.4	ENE	0.80	0.9	SSE	17.7	15.2	15.2	17.8	752.1	0.00
03/03/2005	10:00	19.8	19.9	17.7	17	-6.0	0.4	ENE	0.80	3.1	E	19.8	16.8	16.8	20.9	751.3	0.00
03/03/2005	10:30	19.9	19.9	19.1	19	-4.4	0.4	ENE	0.80	3.1	ENE	19.9	17.1	17.1	22.2	751.3	0.00
03/03/2005	11:00	19.6	21.0	19.6	19	-4.7	0.9	ENE	1.61	4.0	ENE	19.6	16.8	16.8	21.5	751.3	0.00
03/03/2005	11:30	20.3	20.3	18.6	22	-2.1	1.3	ENE	2.41	4.0	NE	20.3	17.8	17.8	25.2	750.6	0.00
03/03/2005	12:00	20.1	21.2	20.1	21	-3.0	0.4	ENE	0.80	3.1	E	20.1	17.4	17.4	22.0	750.4	0.00
03/03/2005	12:30	21.3	21.3	19.4	18	-4.0	0.9	ENE	1.61	3.6	SSW	21.3	18.7	18.7	23.2	750.0	0.00
03/03/2005	13:00	20.6	21.4	20.5	20	-3.2	0.9	ENE	1.61	4.0	S	20.6	18.0	18.0	22.7	750.0	0.00
03/03/2005	13:30	20.4	21.1	20.4	20	-3.3	0.4	ENE	0.80	3.1	SSE	20.4	17.8	17.8	22.3	749.7	0.00

19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
Rain	Solar	Solar	HI Solar	UV	UV	HI	Heat	Cool	In	In	Hum		Soil 1	Wind	Wind	ISS	Arc.
Rate	Rad.	Energy	Rad.	Index	Dose	UV	D-D	D-D	Temp.	Hum	3rd	ET	Moist.	Samp	Tx	Receipt	Int.
0.0	333	14.32	486	4.3	0.92	8.8	0.052	0.000	20.5	19	---	0.00	---	312	1	45.6	30
0.0	477	20.51	735	5.9	1.26	11.4	0.050	0.000	18.7	24	---	0.28	---	676	1	98.8	30
0.0	567	24.38	1050	5.7	1.22	12.4	0.031	0.000	17.8	25	---	0.00	---	684	1	100.0	30
0.0	748	32.17	1056	7.7	1.65	12.4	0.021	0.000	18.6	27	---	0.43	---	684	1	100.0	30
0.0	953	40.98	1204	9.7	2.08	14.4	0.000	0.027	19.7	28	---	0.00	---	684	1	100.0	30
0.0	673	28.94	913	6.8	1.46	10.0	0.000	0.003	20.5	28	---	0.51	---	684	1	100.0	30
0.0	653	28.08	903	7.4	1.59	14.9	0.000	0.019	20.9	28	---	0.00	---	684	1	100.0	30
0.0	550	23.65	651	5.9	1.26	10.2	0.000	0.015	20.9	28	---	0.43	---	684	1	100.0	30
0.0	497	21.37	769	5.4	1.16	9.3	0.000	0.007	20.8	28	---	0.00	---	684	1	100.0	30
0.0	427	18.36	670	5.1	1.09	9.7	0.002	0.000	21.1	27	---	0.33	---	684	1	100.0	30
0.0	363	15.61	436	3.9	0.84	4.7	0.013	0.000	20.1	27	---	0.00	---	649	1	94.9	30
0.0	296	12.73	422	3.5	0.75	5.5	0.017	0.000	19.6	27	---	0.23	---	684	1	100.0	30
0.0	197	8.47	246	2.8	0.60	4.0	0.021	0.000	18.8	27	---	0.00	---	684	1	100.0	30
0.0	173	7.44	246	3.3	0.71	6.4	0.022	0.000	19.2	27	---	0.15	---	684	1	100.0	30
0.0	81	3.48	111	1.7	0.36	2.2	0.041	0.000	17.9	27	---	0.00	---	684	1	100.0	30
0.0	34	1.46	58	1.0	0.21	1.5	0.059	0.000	16.6	27	---	0.08	---	684	1	100.0	30
0.0	7	0.30	18	0.3	0.06	0.6	0.074	0.000	15.2	28	---	0.00	---	684	1	100.0	30
0.0	0	0.00	0	0.0	0.00	0.0	0.098	0.000	13.8	28	---	0.03	---	623	1	91.1	30
0.0	0	0.00	0	0.0	0.00	0.0	0.126	0.000	12.7	28	---	0.00	---	646	1	94.4	30
0.0	0	0.00	0	0.0	0.00	0.0	0.126	0.000	11.7	29	---	0.05	---	684	1	100.0	30
0.0	0	0.00	0	0.0	0.00	0.0	0.147	0.000	11.0	29	---	0.00	---	684	1	100.0	30
0.0	0	0.00	0	0.0	0.00	0.0	0.135	0.000	10.6	29	---	0.05	---	684	1	100.0	30
0.0	0	0.00	0	0.0	0.00	0.0	0.168	0.000	9.7	29	---	0.00	---	684	1	100.0	30
0.0	0	0.00	0	0.0	0.00	0.0	0.157	0.000	9.6	30	---	0.05	---	684	1	100.0	30
0.0	0	0.00	0	0.0	0.00	0.0	0.184	0.000	9.8	29	---	0.00	---	650	1	95.0	30
0.0	0	0.00	0	0.0	0.00	0.0	0.197	0.000	9.2	29	---	0.03	---	684	1	100.0	30
0.0	0	0.00	0	0.0	0.00	0.0	0.208	0.000	8.7	29	---	0.00	---	684	1	100.0	30
0.0	0	0.00	0	0.0	0.00	0.0	0.200	0.000	8.4	30	---	0.03	---	684	1	100.0	30
0.0	0	0.00	0	0.0	0.00	0.0	0.190	0.000	8.4	30	---	0.00	---	683	1	99.9	30
0.0	0	0.00	0	0.0	0.00	0.0	0.222	0.000	7.9	29	---	0.03	---	683	1	99.9	30
0.0	0	0.00	0	0.0	0.00	0.0	0.230	0.000	6.8	29	---	0.00	---	684	1	100.0	30
0.0	0	0.00	0	0.0	0.00	0.0	0.237	0.000	6.3	30	---	0.03	---	683	1	99.9	30
0.0	0	0.00	0	0.0	0.00	0.0	0.236	0.000	6.1	31	---	0.00	---	684	1	100.0	30
0.0	0	0.00	0	0.0	0.00	0.0	0.233	0.000	6.3	31	---	0.03	---	684	1	100.0	30
0.0	0	0.00	0	0.0	0.00	0.0	0.227	0.000	6.4	31	---	0.00	---	684	1	100.0	30
0.0	0	0.00	0	0.0	0.00	0.0	0.215	0.000	6.8	31	---	0.03	---	684	1	100.0	30
0.0	0	0.00	0	0.0	0.00	0.0	0.226	0.000	6.7	31	---	0.00	---	682	1	99.7	30
0.0	0	0.00	0	0.0	0.00	0.0	0.201	0.000	6.7	31	---	0.03	---	684	1	100.0	30
0.0	0	0.00	0	0.0	0.00	0.0	0.234	0.000	6.4	31	---	0.00	---	676	1	98.8	30
0.0	0	0.00	0	0.0	0.00	0.0	0.265	0.000	5.6	31	---	0.03	---	649	1	94.9	30
0.0	0	0.00	0	0.0	0.00	0.0	0.219	0.000	5.6	32	---	0.00	---	684	1	100.0	30
0.0	0	0.00	0	0.0	0.00	0.0	0.207	0.000	5.9	32	---	0.03	---	683	1	99.9	30
0.0	3	0.13	11	0.5	0.11	1.2	0.193	0.000	6.5	32	---	0.00	---	685	1	100.0	30
0.0	22	0.95	32	1.6	0.34	3.1	0.157	0.000	8.1	34	---	0.03	---	684	1	100.0	30
0.0	52	2.24	77	1.6	0.34	2.1	0.109	0.000	10.2	34	---	0.00	---	684	1	100.0	30
0.0	118	5.07	201	2.9	0.62	5.8	0.067	0.000	12.2	34	---	0.05	---	684	1	100.0	30
0.0	262	11.27	378	6.3	1.35	9.3	0.013	0.000	15.2	36	---	0.00	---	684	1	100.0	30
0.0	438	18.84	530	8.0	1.71	9.4	0.000	0.030	18.8	36	---	0.20	---	684	1	100.0	30
0.0	593	25.50	686	8.8	1.89	11.6	0.000	0.032	21.2	35	---	0.00	---	684	1	100.0	30
0.0	654	28.13	774	7.9	1.69	11.3	0.000	0.027	22.3	34	---	0.41	---	684	1	100.0	30
0.0	970	41.72	1177	9.9	2.12	14.2	0.000	0.042	22.6	33	---	0.00	---	684	1	100.0	30
0.0	677	29.11	827	6.8	1.46	13.4	0.000	0.036	23.7	33	---	0.53	---	684	1	100.0	30
0.0	742	31.91	1195	6.8	1.46	12.0	0.000	0.061	23.9	32	---	0.00	---	684	1	100.0	30
0.0	679	29.20	873	6.2	1.33	11.4	0.000	0.047	24.2	31	---	0.48	---	684	1	100.0	30
0.0	610	26.23	753	5.0	1.07	6.1	0.000	0.044	24.0	31	---	0.00	---	684	1	100.0	30



(23a)



(23b)

**Figura 23** Representación grafica de los datos registrados por las estaciones meteorológicas; graficas de los parámetros que son medidos por las estaciones (23a) y grafica de temperatura por separado (23b).

**Cuadro 3-A** Cuadro de ejemplo (estación de Umécuaro) de los datos registrados por las estaciones automatizadas de medición del nivel de agua, donde se muestra el intervalo de tiempo de almacenamiento de los datos que es cada 15 minutos.

Fecha de registro y hora	Nivel de agua medido	Fecha de registro y hora	Nivel de agua medido	Fecha de registro y hora	Nivel de agua medido	Fecha de registro y hora	Nivel de agua medido
24/03/2005 0:01	4.718	17/04/2005 0:30	4.308	25/04/2005 19:45	4.097	26/04/2005 8:00	4.063
25/03/2005	4.731	18/04/2005	4.367	25/04/2005 20:00	4.097	26/04/2005 8:15	4.062
25/03/2005 0:01	4.731	18/04/2005 0:30	4.368	25/04/2005 20:15	4.095	26/04/2005 8:30	4.062
26/03/2005	4.744	19/04/2005	4.359	25/04/2005 20:30	4.095	26/04/2005 8:45	4.061
26/03/2005 0:01	4.744	19/04/2005 0:30	4.358	25/04/2005 20:45	4.095	26/04/2005 9:00	4.061
27/03/2005	4.756	20/04/2005	4.323	25/04/2005 21:00	4.094	26/04/2005 9:15	4.06
27/03/2005 0:01	4.757	20/04/2005 0:30	4.322	25/04/2005 21:15	4.094	26/04/2005 9:30	4.059
28/03/2005	4.77	21/04/2005	4.27	25/04/2005 21:30	4.093	26/04/2005 9:45	4.058
28/03/2005 0:01	4.77	21/04/2005 0:30	4.269	25/04/2005 21:45	4.092	26/04/2005 10:00	4.056
29/03/2005	4.744	22/04/2005	4.216	25/04/2005 22:00	4.092	26/04/2005 10:15	4.055
29/03/2005 0:01	4.744	22/04/2005 0:30	4.214	25/04/2005 22:15	4.091	26/04/2005 10:30	4.055
30/03/2005	4.695	23/04/2005	4.157	25/04/2005 22:30	4.09	26/04/2005 10:45	4.055
30/03/2005 0:01	4.695	23/04/2005 0:30	4.156	25/04/2005 22:45	4.089	26/04/2005 11:00	4.055
31/03/2005	4.648	24/04/2005	4.113	25/04/2005 23:00	4.088	26/04/2005 11:15	4.054
31/03/2005 0:01	4.648	24/04/2005 0:30	4.113	25/04/2005 23:15	4.088	26/04/2005 11:30	4.053
31/03/2005 17:00	4.616	25/04/2005	4.127	25/04/2005 23:30	4.087	26/04/2005 11:45	4.052
01/04/2005	4.6	25/04/2005 0:30	4.127	25/04/2005 23:45	4.086	26/04/2005 12:00	4.052
01/04/2005 0:30	4.599	25/04/2005 11:45	4.123	26/04/2005	4.086	26/04/2005 12:15	4.052
02/04/2005	4.552	25/04/2005 12:00	4.124	26/04/2005 0:15	4.085	26/04/2005 12:30	4.05
02/04/2005 0:30	4.55	25/04/2005 12:15	4.125	26/04/2005 0:30	4.084	26/04/2005 12:45	4.051
03/04/2005	4.514	25/04/2005 12:30	4.121	26/04/2005 0:45	4.084	26/04/2005 13:00	4.053
03/04/2005 0:30	4.514	25/04/2005 12:45	4.123	26/04/2005 1:00	4.083	26/04/2005 13:15	4.048
04/04/2005	4.531	25/04/2005 13:00	4.12	26/04/2005 1:15	4.082	26/04/2005 13:30	4.052
04/04/2005 0:30	4.531	25/04/2005 13:15	4.122	26/04/2005 1:30	4.082	26/04/2005 13:45	4.054
05/04/2005	4.503	25/04/2005 13:30	4.122	26/04/2005 1:45	4.08	26/04/2005 14:00	4.046
05/04/2005 0:30	4.501	25/04/2005 13:45	4.117	26/04/2005 2:00	4.08	26/04/2005 14:15	4.047
06/04/2005	4.449	25/04/2005 14:00	4.116	26/04/2005 2:15	4.079	26/04/2005 14:30	4.047
06/04/2005 0:30	4.448	25/04/2005 14:15	4.119	26/04/2005 2:30	4.078	26/04/2005 14:45	4.044
07/04/2005	4.395	25/04/2005 14:30	4.119	26/04/2005 2:45	4.078	26/04/2005 15:00	4.045
07/04/2005 0:30	4.394	25/04/2005 14:45	4.118	26/04/2005 3:00	4.077	26/04/2005 15:15	4.045
08/04/2005	4.34	25/04/2005 15:00	4.114	26/04/2005 3:15	4.076	26/04/2005 15:30	4.044
08/04/2005 0:30	4.339	25/04/2005 15:15	4.12	26/04/2005 3:30	4.076	26/04/2005 15:45	4.043
09/04/2005	4.285	25/04/2005 15:30	4.114	26/04/2005 3:45	4.075	26/04/2005 16:00	4.043
09/04/2005 0:30	4.285	25/04/2005 15:45	4.112	26/04/2005 4:00	4.075	26/04/2005 16:15	4.044
10/04/2005	4.269	25/04/2005 16:00	4.109	26/04/2005 4:15	4.073	26/04/2005 16:30	4.038

## B).-SERIE DE TIEMPO DEL PERIODO DE REGISTRO DE DATOS

Los periodos de registros en las estaciones tanto meteorológicas como de las de medición del nivel de agua, no es igual para todas ya que debido a retrasos en cuanto al presupuesto, la espera de los permisos por parte de las autoridades y de los dueños de los terrenos donde se ubicaron las estaciones y las condiciones de trabajo; los periodos de registro de datos de las estaciones se representa en el siguiente (cuadro 4).

**Cuadro 4** Subcuencas, ubicación dentro de las subcuencas y fecha de la puesta en servicio de las estaciones “hidrometeorológicas”.

<b>Datos de los periodos de registros de la estaciones</b>		
<b>Estaciones de medición del nivel de agua</b>		
<b>Subcuenca</b>	<b>Ubicación</b>	<b>Fecha de inicio de toma de datos</b>
Tarímbaro	Río San Marcos	17 de enero de 2005
Queréndaro	Río Queréndaro	10 de marzo de 2005
Umécuaro	Presa de Umécuaro	24 de marzo de 2005
<b>Estaciones meteorológicas</b>		
<b>Subcuenca</b>	<b>Ubicación</b>	<b>Fecha de inicio de toma de datos</b>
Tarímbaro	Chiquimitio	08 de abril de 2005
Queréndaro	Milpillas	07 de julio de 2005
	El Castillo	07 de julio de 2005
Umécuaro	Umécuaro	02 de marzo de 2005

## CAPITULO 5

### 5.-RESULTADOS

Los resultados obtenidos de los registros de datos de las estaciones meteorológicas son las medias mensuales de temperatura y precipitación los cuales como un ejemplo se representan en los (cuadros 5, 6, 7 y 8).

#### Subcuenca de Queréndaro

**Cuadro 5** Ejemplo de las medias mensuales de los datos registrados por la estación meteorológica del Castillo (ver anexo 3 para obtener la descripción de identificaciones de las columnas).

##### MONTHLY CLIMATOLOGICAL SUMMARY for AUG. 2005

NAME: prueba castillo CITY: MORELIA STATE: MICHOACÁN  
 ELEV: 2010 m LAT: 19° 06' 00" N LONG: 119° 06' 00" W

##### TEMPERATURE (°C), RAIN (mm), WIND SPEED (m/s)

DAY	MEAN TEMP	HIGH	TIME	LOW	TIME	HEAT DEG DAYS	COOL DEG DAYS	RAIN	AVG WIND SPEED	HIGH	TIME	DOM DIR
1		19.4	11:30	19.4	11:30	0.0	0.0	0.0	0.0	1.8	11:30	NW
2	18.9	24.7	15:30	14.9	23:30	0.5	0.9	0.8	0.3	6.3	17:30	SSE
3	17.6	25.1	18:00	10.9	8:00	0.6	0.4	13.7	0.0	4.5	19:30	SSE
4	18.7	24.2	15:00	12.2	6:00	0.5	0.7	0.0	0.2	8.9	15:30	SSE
5	14.6	15.9	0:30	13.8	4:00	0.7	0.0	0.0	0.0	3.1	2:00	SSE
6	17.1	22.1	16:00	13.4	23:30	1.7	0.7	18.5	0.1	5.8	4:30	SSE
7	14.3	15.2	23:00	13.7	0:30	0.3	0.0	3.3	0.0	2.7	23:00	SSE
8	13.9	15.8	22:30	12.3	6:00	1.5	0.0	0.0	0.0	2.7	21:00	SSE
9	17.6	25.3	18:30	12.0	7:00	1.9	1.4	0.3	0.1	8.0	19:00	SSE
10	15.6	19.9	17:00	13.1	6:30	1.4	0.0	11.4	0.0	1.8	11:00	WNW
11	15.5	22.4	15:30	13.9	23:00	1.1	0.1	1.0	0.1	4.5	16:00	SSE
12	16.3	23.2	16:30	13.2	7:30	2.4	0.5	1.8	0.1	3.6	11:30	SSE
13	16.6	21.8	19:00	12.9	6:30	1.9	0.4	1.8	0.0	3.6	11:30	SSE
14	16.7	22.8	16:30	14.0	7:00	2.1	0.5	3.0	0.1	5.8	14:30	WNW
15	16.0	21.6	13:30	13.4	22:30	2.6	0.3	5.3	0.1	4.0	13:00	SSE
16	17.6	25.1	17:00	12.4	6:30	1.4	1.0	17.8	0.2	4.5	20:30	SSE
17	14.1	14.9	0:30	13.7	3:30	0.8	0.0	0.3	0.0	1.8	0:30	SSE
18	---	---	---	---	---	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	---	---
19	16.2	20.6	12:30	14.1	23:30	0.8	0.1	0.0	0.0	3.1	11:00	WNW
20						0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
21	16.9	21.3	14:00	14.5	23:30	0.8	0.2	4.6	0.0	2.7	14:00	SF
22	17.5	24.8	17:30	13.6	8:30	1.6	1.0	0.0	0.1	4.5	12:30	WNW
23	15.6	17.3	16:30	15.5	00:00	0.2	0.0	10.7	0.0	0.4	16:30	S
24	15.8	22.9	14:00	13.1	5:00	2.3	0.4	0.0	0.1	3.6	13:00	SSE
25	15.8	21.7	16:00	13.2	00:00	2.7	0.2	13.2	0.1	4.5	13:30	WNW
26	17.7	26.6	18:00	12.5	2:00	2.3	1.7	9.9	0.1	3.6	17:00	WNW
27	15.6	16.7	23:00	13.9	9:00	0.6	0.0	0.3	0.0	4.9	21:30	SSE
28	15.1	16.1	22:00	14.2	7:30	0.8	0.0	12.4	0.0	2.7	23:30	SSE
29	14.7	15.4	0:30	13.7	6:00	1.1	0.0	0.3	0.0	1.8	2:00	SSE
30												
31												
-----												
	16.2	26.6	26	10.9	3	34.6	10.7	130.3	0.1	6.9	4	SSE

Max >= 32.0: 0  
 Max <= 0.0: 0  
 Min <= 0.0: 0  
 Min <= -18.0: 0  
 Max Rain: 18.54 ON 06/08/05  
 Days of Rain: 20 (> .2 mm) 12 (> 2 mm) 0 (> 20 mm)  
 Heat Base: 18.3 Cool Base: 18.3 Method: Integration

**Cuadro 6** Ejemplo de las medias mensuales de los datos registrados por la estación meteorológica de Milpilllas (ver anexo 3 para obtener la descripción de identificaciones de las columnas).

MONTHLY CLIMATOLOGICAL SUMMARY for AUG. 2005

NAME: Milpilllas CITY: MORELIA STATE: MICHOACÁN  
 ELEV: 2620 m LAT: 0° 00' 00" N LONG: 101° 12' 00" W

TEMPERATURE (°C), RAIN (mm), WIND SPEED (m/s)

DAY	MEAN		TIME	LOW	TIME	HEAT	COOL	RAIN	AVG		TIME	DOM
	TEMP	HIGH				DEG	DEG		SPEED	HIGH		
1	16.2	20.1	12:30	13.7	20:00	1.0	0.0	0.0	0.0	4.0	11:00	N
2	11.9	17.6	12:30	8.5	7:00	2.6	0.0	0.0	0.0	4.5	12:30	WSW
3	8.9	8.9	8:30	8.6	8:30	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	---	---
4	---	---	---	---	---	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	---	---
5	13.5	18.6	16:30	10.1	4:00	4.3	0.0	12.8	0.0	4.9	11:00	N
6	12.5	15.4	15:00	11.4	2:00	1.0	0.0	1.4	0.0	1.8	22:00	WSW
7	14.9	19.9	18:30	10.1	8:30	2.1	0.1	0.0	0.0	3.1	10:30	N
8	13.8	17.0	16:30	11.1	7:30	2.8	0.0	18.0	0.0	2.7	20:00	SW
9	14.2	21.4	16:00	8.7	7:30	3.0	0.2	3.8	0.1	4.0	12:30	N
10	16.1	16.1	15:30	15.9	15:30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	15:30	SW
11	16.1	16.1	11:00	16.1	11:00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	---	---
12	13.1	15.9	11:30	10.3	8:00	2.4	0.0	0.4	0.0	2.7	11:30	N
13	14.8	14.8	11:00	14.8	10:30	0.1	0.0	0.0	0.0	0.4	11:00	N
14	13.7	16.7	16:00	11.1	6:00	2.5	0.0	1.6	0.1	4.5	14:30	N
15	10.9	12.6	18:30	9.7	23:00	1.8	0.0	0.2	0.0	1.8	19:00	W
16	13.2	20.2	14:30	8.7	8:00	5.3	0.1	11.4	0.0	4.0	14:30	N
17	13.7	17.1	12:00	11.3	2:00	3.0	0.0	1.8	0.0	2.7	11:30	SSE
18	12.3	18.7	12:00	8.5	8:00	3.8	0.0	11.8	0.0	4.0	18:30	NNW
19	12.7	16.4	12:30	11.1	4:00	2.3	0.0	8.4	0.0	3.6	12:00	N
20	15.9	19.3	16:00	12.8	23:00	1.3	0.0	0.0	0.1	4.5	18:30	N
21	14.9	18.6	12:30	10.4	8:30	1.2	0.0	0.0	0.1	4.5	14:30	N
22	14.6	16.3	16:00	12.0	10:00	0.7	0.0	0.0	0.0	4.0	12:00	N
23	12.2	12.8	17:00	11.4	11:30	2.0	0.0	0.0	0.0	3.6	18:30	N
24	13.1	20.1	13:30	9.5	5:00	3.4	0.1	16.4	0.0	3.1	13:30	N
25	13.2	17.9	13:00	9.8	00:00	4.3	0.0	4.2	0.0	3.6	13:00	N
26	13.4	19.1	14:30	9.6	2:00	2.0	0.0	0.0	0.1	5.8	14:30	N
27	10.4	10.6	6:00	10.4	6:00	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	---	---
28	18.9	22.9	15:00	12.3	1:30	0.6	0.9	0.0	0.0	3.6	13:00	N
29	13.8	19.4	14:00	9.7	7:00	3.1	0.0	0.8	0.2	4.9	15:00	SSE
30												
31												

-----  
 13.7 22.9 28 8.5 2 57.2 1.4 93.0 0.0 5.8 26 N

Max >= 32.0: 0  
 Max <= 0.0: 0  
 Min <= 0.0: 0  
 Min <= 18.0: 0  
 Max Rain: 18.01 ON 08/08/05  
 Days of Rain: 14 (> .2 mm) 8 (> 2 mm) 0 (> 20 mm)  
 Heat Base: 18.3 Cool Base: 18.3 Method: Integration

## Subcuenca de Tarímbaro

**Cuadro 7** Ejemplo de las medias mensuales de los datos registrados por la estación meteorológica de Chiquimitio (ver anexo 3 para obtener la descripción de identificaciones de las columnas).

### MONTHLY CLIMATOLOGICAL SUMMARY for MAY. 2005

NAME: Chiquimitio CITY: STATE:  
 ELEV: 2000 m LAT: 19° 47' 07" N LONG: 101° 14' 16" W

TEMPERATURE (°C), RAIN (mm), WIND SPEED (m/s)

DAY	MEAN TEMP	HIGH	TIME	LOW	TIME	HEAT DEG DAYS	COOL DEG DAYS	RAIN	AVG WIND SPEED	HIGH	TIME	DOM DIR
1	27.9	28.6	12:30	27.4	11:30	0.0	0.4	0.0	0.0	6.3	12:30	S
2	20.5	20.5	21:30	20.5	21:30	0.0	0.1	0.0	0.0	0.9	21:30	NE
3	---	---	---	---	---	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	---	---
4	21.1	31.7	15:00	7.4	7:00	2.1	4.5	0.0	0.7	9.8	14:00	NNW
5	18.6	30.7	15:00	8.0	8:00	2.5	2.7	0.0	0.4	5.8	14:00	NW
6	20.2	29.7	14:30	8.7	7:30	2.0	3.5	0.0	0.5	6.7	16:30	NW
7	18.4	24.3	19:00	12.7	2:30	0.4	0.4	0.0	0.0	4.9	19:00	NNW
8	15.3	26.1	12:00	9.8	7:30	1.9	0.5	0.0	0.0	3.6	10:30	NNW
9	25.7	32.1	16:00	17.3	00:00	0.0	3.1	0.0	0.3	4.9	18:00	N
10	18.9	27.2	18:00	12.8	4:00	0.6	0.8	0.0	0.1	4.0	18:30	NNW
11	17.4	28.4	15:30	13.6	6:30	0.9	0.5	3.8	0.2	6.7	18:00	N
12	17.4	27.3	14:00	9.8	7:00	2.4	1.8	0.0	0.1	4.0	13:30	NNW
13	---	---	---	---	---	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	---	---
14	22.8	32.8	17:30	12.9	7:00	0.8	5.1	0.0	0.3	4.9	16:30	N
15	21.4	29.7	18:00	12.1	8:00	1.3	4.1	0.0	0.7	6.7	15:00	NNW
16	24.6	27.8	17:30	21.2	21:00	0.0	1.1	0.0	0.2	6.3	18:00	W
17	19.9	30.3	16:00	8.3	6:30	2.3	3.8	0.0	0.4	5.8	20:00	SE
18	13.6	17.6	9:00	10.6	7:00	1.7	0.0	0.0	0.0	2.7	0:30	NNW
19	27.0	32.2	15:30	20.3	00:00	0.0	3.2	0.0	0.1	4.5	16:00	SE
20	22.4	32.4	16:30	15.7	8:00	0.4	3.2	0.0	0.4	6.7	22:00	SE
21	17.1	20.1	0:30	15.4	2:30	0.1	0.0	0.0	0.0	0.9	0:30	NW
22	16.8	27.6	12:30	10.1	7:30	1.6	0.9	0.0	0.2	4.9	10:30	NW
23	24.8	32.1	16:00	15.8	00:00	0.1	4.1	0.0	0.6	8.0	15:30	SE
24	20.6	31.4	15:00	11.3	7:00	1.5	3.3	0.0	0.4	7.2	16:30	N
25	25.5	32.8	16:30	10.9	7:30	0.4	4.3	0.0	0.3	4.5	14:30	SE
26	21.4	32.4	14:00	13.2	6:30	0.9	3.3	0.0	0.2	4.5	15:30	SE
27	22.0	30.6	16:00	12.7	7:30	0.8	4.5	0.0	0.5	6.3	17:00	N
28	16.3	17.4	0:30	15.3	2:30	0.2	0.0	0.0	0.0	3.1	0:30	NW
29	20.3	27.6	13:30	15.8	22:30	0.2	1.4	9.8	0.2	4.9	14:30	SE
30	28.6	32.5	17:30	22.6	21:00	0.0	2.3	0.0	0.2	5.8	20:00	E
31	---	---	---	---	---	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	---	---
	21.0	32.8	14	7.4	4	25.2	62.8	13.6	0.2	9.8	4	SE

Max >- 32.0: 8  
 Max <- 0.0: 0  
 Min <- 0.0: 0  
 Min <= -18.0: 0  
 Max Rain: 9.80 ON 29/05/05  
 Days of Rain: 2 (> .2 mm) 2 (> 2 mm) 0 (> 20 mm)  
 Heat Base: 18.3 Cool Base: 18.3 Method: Integration

## Subcuenca de Umécuaro

**Cuadro 8** Ejemplo de las medias mensuales de los datos registrados por la estación meteorológica de Umécuaro (ver anexo 3 para obtener la descripción de la identificación de las columnas).

MONTHLY CLIMATOLOGICAL SUMMARY for MAR. 2005

NAME: UMÉCUARO CITY: UMÉCUARO STATE: MICHOACÁN  
 ELEV: 2100 m LAT: 19° 30' 00" N LONG: 119° 06' 00" W

TEMPERATURE (°C), RAIN (mm), WIND SPEED (m/s)

DAY	MEAN TEMP	HIGH	TIME	LOW	TIME	HEAT DEG DAYS	COOL DEG DAYS	RAIN	AVG WIND SPEED	HIGH	TIME	DOM DIR
1												
2	14.8	19.9	13:00	8.2	00:00	2.1	0.1	0.0	0.7	6.3	12:00	E
3	13.6	23.3	16:00	5.6	6:00	5.5	0.8	0.0	0.4	5.8	15:30	SW
4	13.8	23.2	15:30	2.9	4:30	5.5	1.0	0.0	0.6	6.3	12:00	SW
5	14.2	22.8	14:30	4.7	5:00	5.0	0.8	0.0	0.3	4.5	12:30	SSW
6	14.1	19.5	13:00	10.3	7:00	4.3	0.1	1.8	0.5	8.0	13:00	SSW
7	14.0	20.8	15:00	7.3	23:30	4.5	0.2	0.0	0.9	9.8	15:30	SSW
8	14.1	21.7	13:30	8.2	4:00	4.7	0.4	0.0	1.3	11.2	14:30	SSW
9	12.6	22.6	16:00	3.2	23:30	6.4	0.6	0.0	1.1	7.6	13:30	SW
10	11.9	22.8	15:00	0.9	6:00	7.3	0.9	0.0	0.7	8.0	16:00	SSW
11	13.8	23.9	15:00	3.8	7:30	5.6	1.1	0.0	0.8	6.3	11:30	SSW
12	13.5	24.5	15:00	2.1	7:00	6.4	1.6	0.0	0.6	7.2	15:00	WSW
13	14.1	24.1	14:00	3.1	6:00	5.5	1.3	0.0	0.6	8.0	15:30	SSW
14	15.0	23.8	14:30	5.9	7:00	4.2	0.9	0.0	0.7	7.6	18:30	SSW
15	12.7	14.2	2:30	11.2	23:30	5.6	0.0	7.4	0.9	8.0	5:00	SSW
16	12.8	17.3	11:00	10.1	20:30	5.5	0.0	5.2	1.2	8.0	16:30	SSW
17	12.9	19.9	16:00	5.7	00:00	5.6	0.1	0.0	0.9	7.2	4:00	SSW
18	12.2	21.7	15:00	2.6	5:00	6.7	0.6	0.0	0.8	6.7	11:30	SSW
19	12.3	24.1	15:30	-0.1	5:00	7.3	1.3	0.0	0.5	6.7	16:30	SSW
20	13.7	24.9	13:30	1.7	7:00	6.4	1.8	0.0	0.5	6.7	15:00	SW
21	14.3	25.5	13:30	3.1	6:30	6.0	2.0	0.0	0.6	6.3	15:30	SW
22	14.2	25.5	14:00	3.2	4:30	6.2	2.1	0.0	0.6	6.7	16:30	SW
23	13.2	24.5	15:30	0.9	6:30	6.7	1.5	0.0	0.7	6.3	12:30	SW
24	14.1	24.9	16:00	1.9	6:30	6.2	1.9	0.0	0.8	7.2	13:00	SW
25	14.6	26.4	14:00	2.9	5:30	5.8	2.2	0.0	0.8	5.8	12:00	SW
26	14.4	26.7	14:30	2.7	7:00	6.0	2.2	0.0	0.6	6.3	15:00	SW
27	14.7	28.1	14:00	2.9	5:00	6.2	2.6	0.0	0.4	4.9	16:00	SSW
28	14.7	25.7	13:00	4.9	7:00	5.5	1.9	0.0	0.4	4.5	13:00	SSW
29	12.7	21.6	11:00	3.9	3:00	6.2	0.5	0.0	0.6	6.3	13:00	SSW
30	14.6	25.7	15:00	3.3	7:00	5.7	2.0	0.0	0.7	6.3	15:00	ENE
31	14.7	26.8	14:00	4.2	5:30	5.3	2.0	0.0	0.4	7.6	17:30	SSW
-----												
	13.7	28.1	27	-0.1	19	169.9	34.6	14.4	0.7	11.2	8	SSW
-----												
Max >= 32.0:	0											
Max <= 0.0:	0											
Min <= 0.0:	1											
Min <= -18.0:	0											
Max Rain:	7.39 ON 15/03/05											
Days of Rain:	3 (> .2 mm) 2 (> 2 mm) 0 (> 20 mm)											
Heat Base:	18.3 Cool Base: 18.3 Method: Integration											

### **Determinación de la pendiente media del cauce principal:**

Como se describió en el apartado (4.5.-Métodos de análisis), se utilizaron 3 métodos para estimar la pendiente media de los ríos Queréndaro y San Marcos.

Para las subcuencas seleccionadas, los resultados se presentan a continuación:

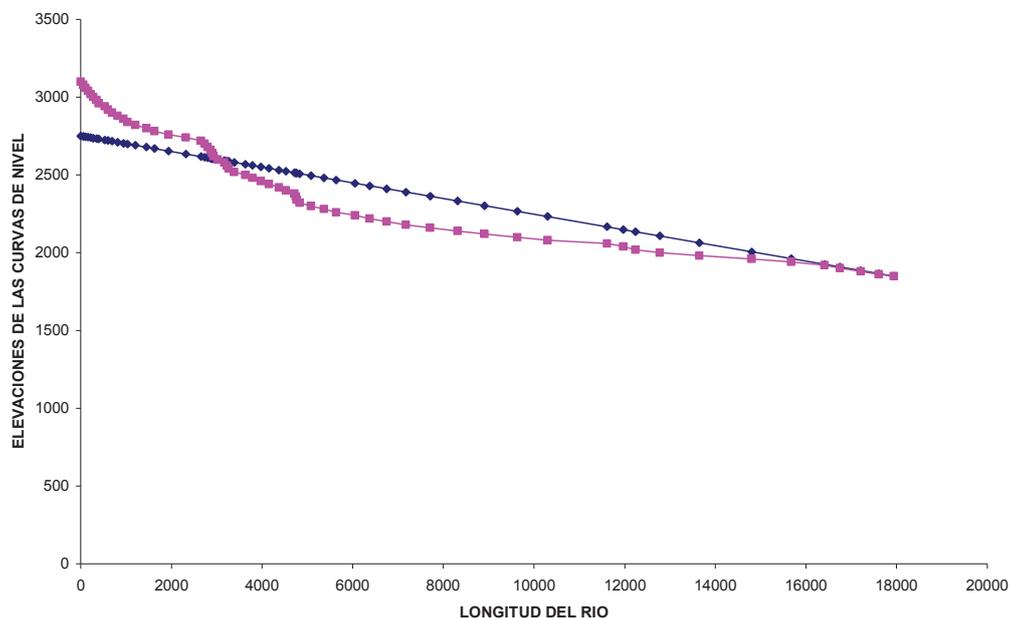
Para el río Queréndaro (cuadros 9 y 10) y (figura 24):

**Cuadro 9** Datos topográficos del cauce principal

Pendiente media del cauce principal			
<b>1.-método tradicional</b>			
elevación del inicio del cauce		3100	
elevación del final del cauce		1850	1250
longitud total del cauce		17940.55	
		<b>S = 0.0697</b>	

### **2.- Método de la pendiente media grafica**

**PERFIL LONGITUDINAL DEL RIO QUERENDARO**



**Figura 24** Perfil del cauce principal con la recta compensadora para obtener la pendiente media grafica.

Como se puede ver gráficamente no es posible tocar todos los puntos del perfil del río con una sola recta. Y compensando las áreas por debajo y por arriba de la recta se obtiene la siguiente pendiente: **S=0.050333**

Cuadro 10 Datos topográficos en cada curva de nivel, a lo largo del cauce principal

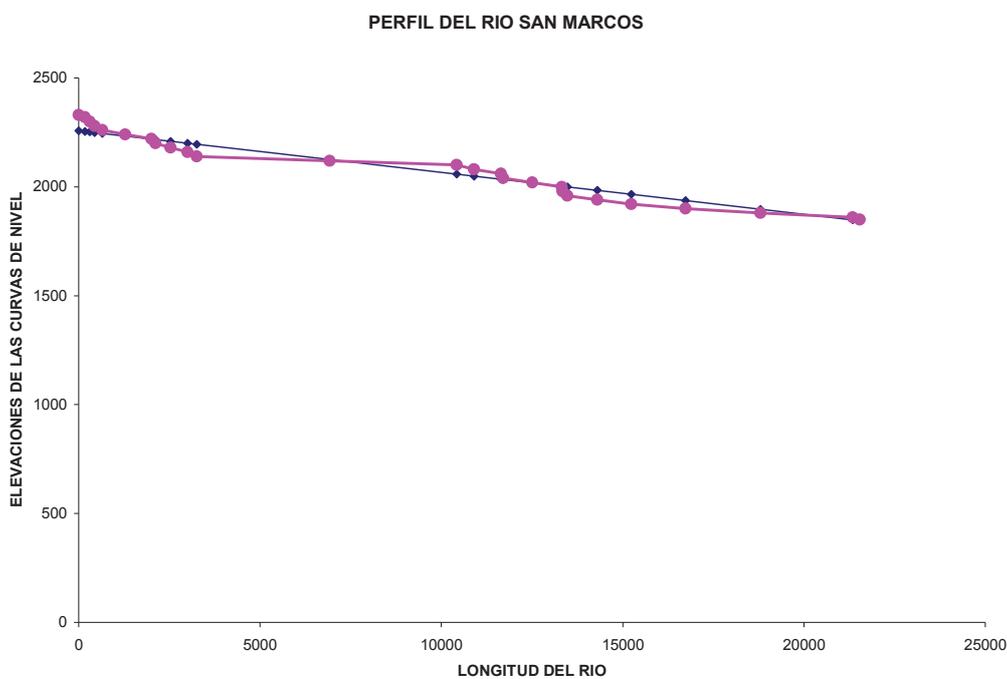
<b>3.- Método de Taylor y Schwars</b>				
Distancia de cada tramo	Curva de nivel	Pendiente del tramo (s)	(s) <sup>1/2</sup>	L/(s) <sup>1/2</sup>
0	3100			
55.93	3080	0.3576	0.5980	93.53
49.37	3060	0.4051	0.6365	77.57
56.26	3040	0.3555	0.5962	94.36
57.21	3020	0.3496	0.5913	96.76
60.34	3000	0.3315	0.5757	104.81
67.49	2980	0.2963	0.5444	123.98
53.59	2960	0.3732	0.6109	87.72
125.17	2940	0.1598	0.3997	313.14
77.69	2920	0.2574	0.5074	153.12
86.91	2900	0.2301	0.4797	181.17
127.01	2880	0.1575	0.3968	320.07
130.7	2860	0.1530	0.3912	334.12
82.82	2840	0.2415	0.4914	168.53
175.4	2820	0.1140	0.3377	519.43
243.02	2800	0.0823	0.2869	847.13
183.59	2780	0.1089	0.3301	556.24
305.11	2760	0.0656	0.2560	1191.71
380.4	2740	0.0526	0.2293	1659.00
332.71	2720	0.0601	0.2452	1357.01
86.52	2700	0.2312	0.4808	179.95
60.08	2680	0.3329	0.5770	104.13
70.8	2660	0.2825	0.5315	133.21
33.88	2640	0.5903	0.7683	44.10
31.33	2620	0.6384	0.7990	39.21
91.21	2600	0.2193	0.4683	194.78
140.64	2580	0.1422	0.3771	372.95
62.97	2560	0.3176	0.5636	111.73
41.09	2540	0.4867	0.6977	58.90
121.24	2520	0.1650	0.4062	298.51
242.93	2500	0.0823	0.2869	846.66
153.07	2480	0.1307	0.3615	423.47
188.31	2460	0.1062	0.3259	577.82
181.77	2440	0.1100	0.3317	547.98
220.3	2420	0.0908	0.3013	731.15
150.58	2400	0.1328	0.3644	413.18
187.03	2380	0.1069	0.3270	571.94
36.65	2360	0.5457	0.7387	49.61
16.22	2340	1.2330	1.1104	14.61
64.9	2320	0.3082	0.5551	116.91
247.8	2300	0.0807	0.2841	872.24
290.16	2280	0.0689	0.2625	1105.20
265.55	2260	0.0753	0.2744	967.62
417.96	2240	0.0479	0.2187	1910.68
326.14	2220	0.0613	0.2476	1317.02
373.75	2200	0.0535	0.2313	1615.69
424.43	2180	0.0471	0.2171	1955.21
536.42	2160	0.0373	0.1931	2778.07
598.85	2140	0.0334	0.1827	3276.89
597.49	2120	0.0335	0.1830	3265.74
725.07	2100	0.0276	0.1661	4365.71
666.43	2080	0.0300	0.1732	3846.95
1310.55	2060	0.0153	0.1235	10608.78
360.89	2040	0.0554	0.2354	1533.02
261.75	2020	0.0764	0.2764	946.92
540.84	2000	0.0370	0.1923	2812.47
868.35	1980	0.0230	0.1518	5721.73
1162.94	1960	0.0172	0.1311	8867.90
869.2	1940	0.0230	0.1517	5730.13
732.74	1920	0.0273	0.1652	4435.17
339.84	1900	0.0589	0.2426	1400.87
457.96	1880	0.0437	0.2090	2191.42
394.45	1860	0.0507	0.2252	1751.75
338.75	1850	0.0295	0.1718	1971.60
<b>17940.55</b>				<b>89358.96</b>
		S=	(17940.55/89358.96) <sup>2</sup>	
		S=	<b>0.04030838</b>	

Para el río San Marcos (cuadros 11 y 12) y (figura 25):

**Cuadro 11** Datos topográficos del cauce principal

Pendiente media del cauce principal			
1.-método tradicional		msnm	
elevación del inicio del cauce		2330	
elevación del final del cauce		1850	480
longitud total del cauce		21540.25	
		<b>S =</b>	<b>0.0223</b>

**2.- Método de la pendiente media grafica:**



**Figura 25** Perfil del cauce principal con la recta compensadora para obtener la pendiente media grafica.

La pendiente grafica obtenida para el río San Marcos, compensando las áreas por debajo y por arriba de la recta se obtiene la siguiente: **S=0.019173**

**Cuadro 12** Datos topográficos en cada curva de nivel, a lo largo del cauce principal

<b>3.- Método de Taylor y Schwars</b>				
Distancia de cada tramo	Curva de nivel	Pendiente del tramo (s)	(s) <sup>1/2</sup>	L/(s) <sup>1/2</sup>
0	2330			
177.53	2320	0.0563	0.2373	748.01
130.63	2300	0.1531	0.3913	333.85
126.87	2280	0.1576	0.3970	319.54
219.79	2260	0.0910	0.3017	728.61
630.08	2240	0.0317	0.1782	3536.54
720.01	2220	0.0278	0.1667	4320.09
116.06	2200	0.1723	0.4151	279.58
416.52	2180	0.0480	0.2191	1900.81
467.92	2160	0.0427	0.2067	2263.30
254.38	2140	0.0786	0.2804	907.21
3658	2120	0.0055	0.0739	49470.98
3507.9	2100	0.0057	0.0755	46457.50
472.67	2080	0.0423	0.2057	2297.85
747.11	2060	0.0268	0.1636	4566.27
58.6	2040	0.3413	0.5842	100.31
802.85	2020	0.0249	0.1578	5086.71
820.78	2000	0.0244	0.1561	5258.06
16.92	1980	1.1820	1.0872	15.56
128.95	1960	0.1551	0.3938	327.43
824.72	1940	0.0243	0.1557	5295.96
935.24	1920	0.0214	0.1462	6395.43
1498.7	1900	0.0133	0.1155	12973.50
2069.77	1880	0.0097	0.0983	21055.62
2542.85	1860	0.0079	0.0887	28672.54
195.4	1850	0.0512	0.2262	863.75
<b>21540.25</b>			<b>suma</b>	<b>204175.01</b>
S=	$(21540.25/204175.01)^2$			
<b>S=</b>	<b>0.01113</b>			

Para el río que se encuentra en la cuenca de Umécuaro no fue necesario el calculo de la pendiente ya que en el lugar donde se toman las velocidades puntuales es de fácil acceso y es una sección bien definida en la que se pueden hacer las mediciones sin riesgo de ser arrastrado por la corriente por lo que se pueden hacer siempre las mediciones directamente en el lugar.

**Nota:** Ya que se utilizaron los tres métodos para el cálculo de la pendiente media del cauce principal. Se opto por la utilización del resultado del método de Taylor y Schwars, ya que en este se involucran las pendientes de los tramos a lo largo del cauce y en los otros métodos es un tanto más arbitrario el valor que se obtiene de la pendiente.

Los coeficientes de rugosidad de manning que se utilizaron son:

Para el río Queréndaro, se utilizo el coeficiente de las siguientes condiciones del cauce que es el más acertado a las condiciones reales del cauce

2. *Corrientes de montañas, sin vegetación en el cauce; taludes muy inclinados, árboles y arbustos a lo largo de las márgenes que quedan sumergidos en las avenidas.*

b) *fondo de boleo y grandes rocas*

<i>Mínimo</i>	<i>Normal</i>	<i>Máximo</i>
<i>0.040</i>	<b>0.050</b>	<i>0.070</i>

Tomando el del valor normal **0.050**

Para el río San Marcos, se utilizo el coeficiente de las siguientes condiciones del cauce que es el más acertado a las condiciones reales del cauce

2. *Corrientes de montañas, sin vegetación en el cauce; taludes muy inclinados, árboles y arbustos a lo largo de las márgenes que quedan sumergidos en las avenidas.*

a) *fondo de grava, boleo y algunos cantos rodados*

<i>Mínimo</i>	<i>Normal</i>	<i>Máximo</i>
<i>0.030</i>	<b>0.040</b>	<i>0.050</i>

Tomando el del valor normal **0.040**

Para la determinación del gasto que escurre en los ríos Queréndaro y San Marcos a partir de las características geométricas de las secciones transversales de los cauces, del calculo de la pendiente media del cauce principal y de los diferentes parámetros calculados a partir de estos datos; se ha establecido una relación entre el tirante de agua a cada 5cm y el gasto que corresponde para cada tirante de agua, dicha relación se representa en los (cuadros 13 y 14).

Para el caso del río Queréndaro:

**Cuadro 13** Relación tirante-gasto para el río Queréndaro, referencia para la obtención de los gastos que escurren en el río.

Tirante(m)	Área (m <sup>2</sup> )	P. mojado (m)	Rh.	Velocidad (m/s)	Gasto (m <sup>3</sup> /s)
0.05	0.005	0.30	0.0171	0.842	0.004
0.1	0.021	0.61	0.0344	1.344	0.028
0.15	0.047	0.95	0.0497	1.716	0.081
0.2	0.086	1.28	0.0672	2.099	0.180
0.25	0.148	1.65	0.0897	2.545	0.377
0.3	0.216	2.59	0.0833	2.423	0.523
0.35	0.327	2.90	0.1130	2.967	0.971
0.4	0.476	3.96	0.1203	3.094	1.474
0.45	0.653	4.35	0.1502	3.588	2.342
0.5	0.853	5.46	0.1560	3.680	3.138
0.55	1.115	6.53	0.1708	3.908	4.358
0.6	1.430	7.76	0.1843	4.113	5.882
0.65	1.836	9.96	0.1843	4.112	7.550
0.7	2.315	11.26	0.2056	4.424	10.242
0.75	2.848	12.46	0.2287	4.748	13.523
0.8	3.438	13.88	0.2478	5.009	17.222
0.85	4.113	15.44	0.2664	5.257	21.623
0.9	4.819	15.83	0.3044	5.746	27.688
0.95	5.556	16.87	0.3293	6.056	33.643
1	6.341	17.70	0.3583	6.406	40.617
1.05	7.143	18.01	0.3967	6.855	48.962
1.1	7.954	18.32	0.4342	7.281	57.909
1.15	8.773	18.63	0.4710	7.687	67.438
1.2	9.602	18.86	0.5091	8.095	77.731
1.25	10.433	18.98	0.5496	8.520	88.887
1.3	11.265	19.10	0.5897	8.930	100.593
1.35	12.099	19.22	0.6294	9.326	112.828
1.4	12.933	19.34	0.6687	9.709	125.575
1.45	13.769	19.46	0.7075	10.082	138.818
1.5	14.606	19.58	0.7459	10.444	152.541
1.55	15.445	19.70	0.7839	10.795	166.730
1.6	16.284	19.82	0.8215	11.138	181.373
1.65	17.125	19.94	0.8587	11.472	196.456
1.7	17.967	20.06	0.8956	11.798	211.969
1.75	18.810	20.18	0.9320	12.116	227.899
1.8	19.655	20.30	0.9681	12.426	244.238
1.85	20.501	20.42	1.0038	12.730	260.975
1.9	21.347	20.54	1.0392	13.027	278.103
1.95	22.196	20.66	1.0742	13.318	295.611
2	<b>23.045</b>	20.78	1.1089	13.603	313.492
2.05	23.920	20.89	1.1453	13.900	332.479
2.1	24.796	20.99	1.1814	14.190	351.859
2.15	25.671	21.09	1.2170	14.474	371.570
2.2	26.548	21.20	1.2525	14.754	391.680
2.25	27.424	21.30	1.2875	15.028	412.127
2.3	28.301	21.40	1.3223	15.297	432.930
2.35	29.178	21.51	1.3567	15.562	454.051
2.4	30.055	21.61	1.3908	15.821	475.508
2.45	30.933	21.71	1.4246	16.077	497.292
2.5	31.811	21.82	1.4581	16.328	519.388
2.55	32.689	21.92	1.4913	16.574	541.798
2.6	33.568	22.02	1.5242	16.817	564.512
2.65	34.446	22.13	1.5568	17.056	587.523
2.7	35.326	22.23	1.5891	17.291	610.827
2.75	36.205	22.33	1.6211	17.523	634.417
2.8	37.085	22.44	1.6529	17.751	658.291

Para el caso del río San Marcos:

**Cuadro 14** Relación tirante-gasto para el río San Marcos, referencia para la obtención de los gastos que escurren en el río.

Tirante (m)	Área (m2)	P. mojado (m)	Rh.	Velocidad (m/s)	Gasto (m3/s)
0.05	0.385	7.901	0.0487	0.352	0.135
0.1	0.773	8.121	0.0952	0.550	0.425
0.15	1.163	8.342	0.1394	0.709	0.825
0.2	1.556	8.563	0.1817	0.846	1.317
0.25	1.951	8.784	0.2221	0.967	1.887
0.3	2.349	9.004	0.2609	1.077	2.530
0.35	2.749	9.225	0.2980	1.177	3.235
0.4	3.152	9.446	0.3337	1.269	3.999
0.45	3.557	9.666	0.3680	1.354	4.818
0.5	3.965	9.887	0.4010	1.434	5.687
0.55	4.375	10.108	0.4328	1.509	6.602
0.6	4.788	10.329	0.4635	1.580	7.564
0.65	5.203	10.549	0.4932	1.646	8.566
0.7	5.621	10.77	0.5219	1.710	9.610
0.75	6.041	10.991	0.5496	1.770	10.691
0.8	6.464	11.211	0.5766	1.827	11.810
0.85	6.889	11.432	0.6026	1.882	12.963
0.9	7.317	11.653	0.6279	1.934	14.151
0.95	7.747	11.874	0.6524	1.984	15.370
1	8.18	12.094	0.6764	2.032	16.624
1.05	8.722	14.505	0.6013	1.879	16.388
1.1	9.267	14.776	0.6272	1.932	17.908
1.15	9.814	15.046	0.6523	1.984	19.468
1.2	10.364	15.317	0.6766	2.033	21.068
1.25	10.916	15.588	0.7003	2.080	22.704
1.3	11.471	15.858	0.7234	2.125	24.379
1.35	12.028	16.129	0.7457	2.169	26.088
1.4	12.588	16.4	0.7676	2.211	27.833
1.45	13.15	16.671	0.7888	2.252	29.609
1.5	13.715	16.941	0.8096	2.291	31.421
1.55	14.282	17.212	0.8298	2.329	33.262
1.6	14.852	17.483	0.8495	2.366	35.136
1.65	15.424	17.753	0.8688	2.401	37.040
1.7	15.999	18.024	0.8876	2.436	38.974
1.75	16.576	18.295	0.9060	2.470	40.935
1.8	17.156	18.566	0.9241	2.502	42.927
1.85	17.738	18.836	0.9417	2.534	44.947
1.9	18.323	19.107	0.9590	2.565	46.995
1.95	18.91	19.378	0.9758	2.595	49.068
2	19.5	19.648	0.9925	2.624	51.172

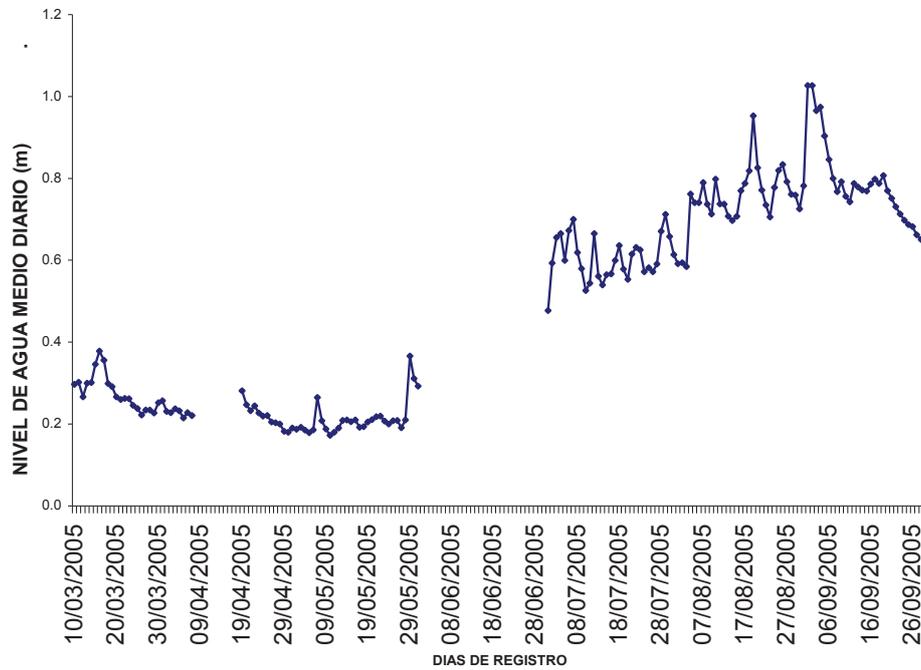
Para mostrar un ejemplo de los datos medios diarios que fueron registrados por las estaciones automatizadas de medición del nivel de agua y los escurrimientos aproximados correspondientes a los niveles de agua medidos.

**Para el río Queréndaro (cuadro 15) y (figura 26):**

**CUADRO 15** Base de datos de los registros medios diarios de la estación automatizada de medición del nivel de agua del río Queréndaro. .

Fecha	Nivel de agua (m)	Gasto (m3/s)	Fecha	Nivel de agua (m)	Gasto (m3/s)	Fecha	Nivel de agua (m)	Gasto (m3/s)	Fecha	Nivel de agua (m)	Gasto (m3/s)
10/03/2005	0.297	0.866	09/05/2005	0.188	0.218	08/07/2005	0.619	7.932	06/09/2005	0.846	23.647
11/03/2005	0.302	0.903	10/05/2005	0.172	0.2	09/07/2005	0.580	6.464	07/09/2005	0.800	19.462
12/03/2005	0.266	0.722	11/05/2005	0.180	0.209	10/07/2005	0.526	4.715	08/09/2005	0.768	17.054
13/03/2005	0.300	0.88	12/05/2005	0.190	0.221	11/07/2005	0.544	5.239	09/09/2005	0.792	18.86
14/03/2005	0.301	0.892	13/05/2005	0.209	0.307	12/07/2005	0.665	10.074	10/09/2005	0.756	16.152
15/03/2005	0.346	1.424	14/05/2005	0.210	0.315	13/07/2005	0.561	5.799	11/09/2005	0.743	15.203
16/03/2005	0.378	1.793	15/05/2005	0.206	0.282	14/07/2005	0.540	5.122	12/09/2005	0.788	18.559
17/03/2005	0.356	1.541	16/05/2005	0.210	0.315	15/07/2005	0.565	5.939	13/09/2005	0.779	17.882
18/03/2005	0.299	0.875	17/05/2005	0.192	0.223	16/07/2005	0.567	6.009	14/09/2005	0.771	17.28
19/03/2005	0.291	0.838	18/05/2005	0.194	0.225	17/07/2005	0.600	7.165	15/09/2005	0.769	17.13
20/03/2005	0.266	0.722	19/05/2005	0.205	0.274	18/07/2005	0.636	8.619	16/09/2005	0.786	18.408
21/03/2005	0.260	0.694	20/05/2005	0.211	0.324	19/07/2005	0.578	6.394	17/09/2005	0.798	19.311
22/03/2005	0.263	0.708	21/05/2005	0.218	0.382	20/07/2005	0.553	5.518	18/09/2005	0.788	18.559
23/03/2005	0.262	0.703	22/05/2005	0.219	0.39	21/07/2005	0.615	7.771	19/09/2005	0.807	20.099
24/03/2005	0.246	0.615	23/05/2005	0.207	0.29	22/07/2005	0.632	8.458	20/09/2005	0.770	17.205
25/03/2005	0.238	0.548	24/05/2005	0.200	0.232	23/07/2005	0.625	8.175	21/09/2005	0.751	15.776
26/03/2005	0.222	0.415	25/05/2005	0.208	0.299	24/07/2005	0.572	6.184	22/09/2005	0.731	14.351
27/03/2005	0.234	0.515	26/05/2005	0.209	0.307	25/07/2005	0.582	6.534	23/09/2005	0.713	13.073
28/03/2005	0.234	0.515	27/05/2005	0.191	0.222	26/07/2005	0.572	6.184	24/09/2005	0.698	12.031
29/03/2005	0.227	0.457	28/05/2005	0.210	0.315	27/07/2005	0.591	6.849	25/09/2005	0.687	11.379
30/03/2005	0.252	0.657	29/05/2005	0.366	1.656	28/07/2005	0.671	10.43	26/09/2005	0.682	11.082
31/03/2005	0.257	0.68	30/05/2005	0.311	1.01	29/07/2005	0.712	13.002	27/09/2005	0.662	9.896
01/04/2005	0.231	0.49	31/05/2005	0.293	0.847	30/07/2005	0.658	9.659	28/09/2005	0.651	9.244
02/04/2005	0.228	0.465	01/06/2005			31/07/2005	0.614	7.73	29/09/2005	0.651	9.244
03/04/2005	0.237	0.54	02/06/2005			01/08/2005	0.592	6.885			
04/04/2005	0.232	0.498	03/06/2005			02/08/2005	0.594	6.955			
05/04/2005	0.215	0.357	04/06/2005			03/08/2005	0.585	6.639			
06/04/2005	0.228	0.465	05/06/2005			04/08/2005	0.762	16.603			
07/04/2005	0.221	0.407	06/06/2005			05/08/2005	0.741	15.061			
08/04/2005			07/06/2005			06/08/2005	0.741	15.061			
09/04/2005			08/06/2005			07/08/2005	0.790	18.709			
10/04/2005			09/06/2005			08/08/2005	0.737	14.777			
11/04/2005			10/06/2005			09/08/2005	0.713	13.073			
12/04/2005			11/06/2005			10/08/2005	0.798	19.311			
13/04/2005			12/06/2005			11/08/2005	0.738	14.848			
14/04/2005			13/06/2005			12/08/2005	0.737	14.777			
15/04/2005			14/06/2005			13/08/2005	0.708	12.718			
16/04/2005			15/06/2005			14/08/2005	0.697	11.972			
17/04/2005			16/06/2005			15/08/2005	0.707	12.647			
18/04/2005			17/06/2005			16/08/2005	0.770	17.205			
19/04/2005	0.281	0.792	18/06/2005			17/08/2005	0.788	18.559			
20/04/2005	0.247	0.623	19/06/2005			18/08/2005	0.818	21.099			
21/04/2005	0.233	0.506	20/06/2005			19/08/2005	0.953	36.898			
22/04/2005	0.244	0.598	21/06/2005			20/08/2005	0.826	21.827			
23/04/2005	0.227	0.457	22/06/2005			21/08/2005	0.771	17.28			
24/04/2005	0.219	0.39	23/06/2005			22/08/2005	0.735	14.635			
25/04/2005	0.221	0.407	24/06/2005			23/08/2005	0.706	12.576			
26/04/2005	0.205	0.274	25/06/2005			24/08/2005	0.778	17.807			
27/04/2005	0.203	0.257	26/06/2005			25/08/2005	0.820	21.281			
28/04/2005	0.200	0.232	27/06/2005			26/08/2005	0.834	22.555			
29/04/2005	0.182	0.212	28/06/2005			27/08/2005	0.792	18.86			
30/04/2005	0.180	0.209	29/06/2005			28/08/2005	0.761	16.528			
01/05/2005	0.190	0.221	30/06/2005			29/08/2005	0.759	16.377			
02/05/2005	0.187	0.217	01/07/2005	0.477	3.556	30/08/2005	0.726	13.996			
03/05/2005	0.192	0.223	02/07/2005	0.593	6.92	31/08/2005	0.782	18.108			
04/05/2005	0.185	0.215	03/07/2005	0.656	9.541	01/09/2005	1.027	48.577			
05/05/2005	0.179	0.208	04/07/2005	0.665	10.074	02/09/2005	1.027	48.577			
06/05/2005	0.186	0.216	05/07/2005	0.600	7.165	03/09/2005	0.966	38.809			
07/05/2005	0.265	0.717	06/07/2005	0.673	10.549	04/09/2005	0.974	39.984			
08/05/2005	0.208	0.299	07/07/2005	0.700	12.15	05/09/2005	0.904	30.732			

### VARIACIÓN DEL NIVEL DE AGUA EN EL RÍO QUERÉNDARO



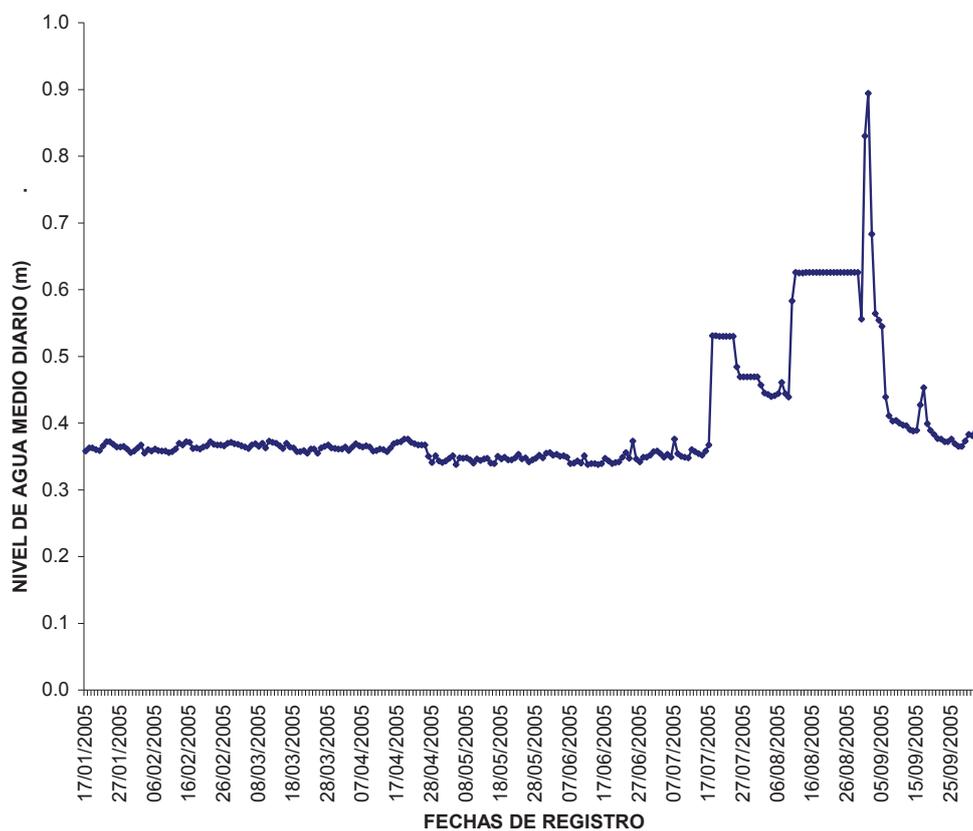
**Figura 26** Grafica de la variación del nivel de agua en el río Queréndaro, en el periodo de registro de datos de la estación ubicada en dicho río.

Para el río San Marcos (cuadro 16) y (figura 27):

**CUADRO 16** Base de datos de los registros medios diarios de la estación automatizada de medición del nivel de agua del río San Marcos.

Fecha de registro	Nivel medido (m)	Gasto (m3/s)	Fecha de registro	Nivel medido (m)	Gasto (m3/s)	Fecha de registro	Nivel medido (m)	Gasto (m3/s)	Fecha de registro	Nivel medido (m)	Gasto (m3/s)	Fecha de registro	Nivel medido (m)	Gasto (m3/s)	Fecha de registro	Nivel medido (m)	Gasto (m3/s)
17/01/2005	0.358	3.36	07/03/2005	0.369	3.525	26/04/2005	0.367	3.5	14/06/2005	0.339	3.08	02/08/2005	0.445	4.736	20/09/2005	0.383	3.74
19/01/2005	0.363	3.43	08/03/2005	0.365	3.464	27/04/2005	0.350	3.24	15/06/2005	0.338	3.065	03/08/2005	0.443	4.703	21/09/2005	0.377	3.65
19/01/2005	0.363	3.43	09/03/2005	0.370	3.541	28/04/2005	0.341	3.1	16/06/2005	0.339	3.08	04/08/2005	0.440	4.654	22/09/2005	0.376	3.63
20/01/2005	0.360	3.39	10/03/2005	0.363	3.434	29/04/2005	0.351	3.25	17/06/2005	0.347	3.192	05/08/2005	0.441	4.67	23/09/2005	0.372	3.57
21/01/2005	0.359	3.37	11/03/2005	0.373	3.586	30/04/2005	0.343	3.14	18/06/2005	0.343	3.136	06/08/2005	0.444	4.719	24/09/2005	0.372	3.57
22/01/2005	0.366	3.48	12/03/2005	0.371	3.556	01/05/2005	0.341	3.11	19/06/2005	0.339	3.08	07/08/2005	0.461	5.009	25/09/2005	0.376	3.63
23/01/2005	0.372	3.57	13/03/2005	0.370	3.541	02/05/2005	0.343	3.14	20/06/2005	0.341	3.108	08/08/2005	0.444	4.719	26/09/2005	0.369	3.53
24/01/2005	0.372	3.57	14/03/2005	0.366	3.479	03/05/2005	0.347	3.19	21/06/2005	0.342	3.122	09/08/2005	0.439	4.638	27/09/2005	0.365	3.46
25/01/2005	0.368	3.51	15/03/2005	0.362	3.418	04/05/2005	0.351	3.25	22/06/2005	0.349	3.221	10/08/2005	0.583	7.237	28/09/2005	0.365	3.46
26/01/2005	0.364	3.45	16/03/2005	0.370	3.541	05/05/2005	0.338	3.07	23/06/2005	0.356	3.326	11/08/2005	0.626	8.085	29/09/2005	0.373	3.59
27/01/2005	0.364	3.45	17/03/2005	0.364	3.449	06/05/2005	0.348	3.21	24/06/2005	0.347	3.192	12/08/2005	0.625	8.065	30/09/2005	0.383	3.74
28/01/2005	0.365	3.46	18/03/2005	0.363	3.434	07/05/2005	0.347	3.19	25/06/2005	0.373	3.586	13/08/2005	0.625	8.065	01/10/2005	0.381	3.71
29/01/2005	0.361	3.4	19/03/2005	0.357	3.342	08/05/2005	0.348	3.21	26/06/2005	0.346	3.178	14/08/2005	0.626	8.085	02/10/2005	0.387	3.8
30/01/2005	0.356	3.33	20/03/2005	0.357	3.342	09/05/2005	0.345	3.16	27/06/2005	0.342	3.122	15/08/2005	0.626	8.085	03/10/2005	0.391	3.86
31/01/2005	0.358	3.36	21/03/2005	0.359	3.372	10/05/2005	0.340	3.09	28/06/2005	0.349	3.221	16/08/2005	0.626	8.085	04/10/2005	0.387	3.8
01/02/2005	0.363	3.43	22/03/2005	0.355	3.311	11/05/2005	0.346	3.18	29/06/2005	0.349	3.221	17/08/2005	0.626	8.085			
02/02/2005	0.367	3.5	23/03/2005	0.361	3.403	12/05/2005	0.344	3.15	30/06/2005	0.352	3.265	18/08/2005	0.626	8.085			
03/02/2005	0.355	3.31	24/03/2005	0.361	3.403	13/05/2005	0.346	3.18	01/07/2005	0.357	3.342	19/08/2005	0.626	8.085			
04/02/2005	0.360	3.39	25/03/2005	0.355	3.311	14/05/2005	0.347	3.19	02/07/2005	0.358	3.357	20/08/2005	0.626	8.085			
05/02/2005	0.358	3.36	26/03/2005	0.363	3.434	15/05/2005	0.340	3.09	03/07/2005	0.354	3.296	21/08/2005	0.626	8.085			
06/02/2005	0.361	3.4	27/03/2004	0.365	3.464	16/05/2005	0.339	3.08	04/07/2005	0.349	3.221	22/08/2005	0.626	8.085			
07/02/2005	0.359	3.37	28/03/2005	0.367	3.495	17/05/2005	0.350	3.24	05/07/2005	0.353	3.281	23/08/2005	0.626	8.085			
08/02/2005	0.358	3.36	29/03/2005	0.363	3.434	18/05/2005	0.346	3.18	06/07/2005	0.349	3.221	24/08/2005	0.626	8.085			
09/02/2005	0.358	3.36	03/12/1901	0.362	3.418	19/05/2005	0.349	3.22	07/07/2005	0.376	3.632	25/08/2005	0.626	8.085			
10/02/2005	0.356	3.33	31/03/2005	0.361	3.403	20/05/2005	0.345	3.16	08/07/2005	0.354	3.296	26/08/2005	0.626	8.085			
11/02/2005	0.357	3.34	01/04/2005	0.361	3.403	21/05/2005	0.345	3.16	09/07/2005	0.350	3.235	27/08/2005	0.626	8.085			
12/02/2005	0.361	3.4	02/04/2005	0.364	3.449	22/05/2005	0.348	3.21	10/07/2005	0.349	3.221	28/08/2005	0.626	8.085			
13/02/2005	0.370	3.54	03/04/2005	0.359	3.372	23/05/2005	0.353	3.28	11/07/2005	0.348	3.206	29/08/2005	0.626	8.085			
14/02/2005	0.367	3.5	04/04/2005	0.364	3.449	24/05/2005	0.346	3.18	12/07/2005	0.360	3.388	30/08/2005	0.556	6.718			
15/02/2005	0.372	3.57	05/04/2005	0.369	3.525	25/05/2005	0.348	3.21	13/07/2005	0.357	3.342	31/08/2005	0.830	12.5			
16/02/2005	0.371	3.56	06/04/2005	0.366	3.479	26/05/2005	0.342	3.12	14/07/2005	0.354	3.296	01/09/2005	0.894	14.01			
17/02/2005	0.362	3.42	07/04/2005	0.364	3.449	27/05/2005	0.345	3.16	15/07/2005	0.352	3.265	02/09/2005	0.683	9.255			
18/02/2005	0.363	3.43	08/04/2005	0.366	3.479	28/05/2005	0.347	3.19	16/07/2005	0.358	3.357	03/09/2005	0.564	6.872			
19/02/2005	0.361	3.4	09/04/2005	0.364	3.449	29/05/2005	0.352	3.27	17/07/2005	0.367	3.495	04/09/2005	0.554	6.679			
20/02/2005	0.364	3.45	10/04/2005	0.358	3.357	30/05/2005	0.348	3.21	18/07/2005	0.531	6.255	05/09/2005	0.545	6.511			
21/02/2005	0.366	3.48	11/04/2005	0.359	3.372	31/05/2005	0.355	3.31	19/07/2005	0.531	6.255	06/09/2005	0.439	4.638			
22/02/2005	0.372	3.57	12/04/2005	0.361	3.403	01/06/2005	0.356	3.33	20/07/2005	0.530	6.236	07/09/2005	0.411	4.179			
23/02/2005	0.368	3.51	13/04/2005	0.360	3.388	02/06/2005	0.352	3.27	21/07/2005	0.530	6.236	08/09/2005	0.403	4.049			
24/02/2005	0.367	3.5	14/04/2005	0.357	3.342	03/06/2005	0.353	3.28	22/07/2005	0.530	6.236	09/09/2005	0.404	4.065			
25/05/2005	0.367	3.5	15/04/2005	0.363	3.434	04/06/2005	0.350	3.24	23/07/2005	0.530	6.236	10/09/2005	0.400	3.999			
26/02/2005	0.366	3.48	16/04/2005	0.369	3.525	05/06/2005	0.351	3.25	24/07/2005	0.530	6.236	11/09/2005	0.397	3.954			
27/02/2005	0.370	3.54	17/04/2005	0.371	3.556	06/06/2005	0.349	3.22	25/07/2005	0.484	5.409	12/09/2005	0.396	3.938			
28/02/2005	0.371	3.56	18/04/2005	0.372	3.571	07/06/2005	0.339	3.08	26/07/2005	0.469	5.148	13/09/2005	0.390	3.846			
01/03/2005	0.369	3.53	19/04/2005	0.376	3.632	08/06/2005	0.340	3.09	27/07/2005	0.469	5.148	14/09/2005	0.388	3.816			
02/03/2005	0.368	3.51	20/04/2005	0.376	3.632	09/06/2005	0.343	3.14	28/07/2005	0.469	5.148	15/09/2005	0.389	3.831			
03/03/2005	0.366	3.48	21/04/2005	0.371	3.556	10/06/2005	0.340	3.09	29/07/2005	0.469	5.148	16/09/2005	0.427	4.441			
04/03/2005	0.364	3.45	22/04/2005	0.369	3.525	11/06/2005	0.351	3.25	30/07/2005	0.469	5.148	17/09/2005	0.453	4.87			
05/03/2003	0.362	3.42	23/04/2005	0.367	3.495	12/06/2005	0.338	3.07	31/07/2005	0.469	5.148	18/09/2005	0.399	3.984			
06/03/2005	0.367	3.5	24/04/2005	0.367	3.495	13/06/2005	0.339	3.08	01/08/2005	0.457	4.939	19/09/2005	0.389	3.831			

### VARIACIÓN DEL NIVEL DE AGUA EN EL RIO SAN MARCOS

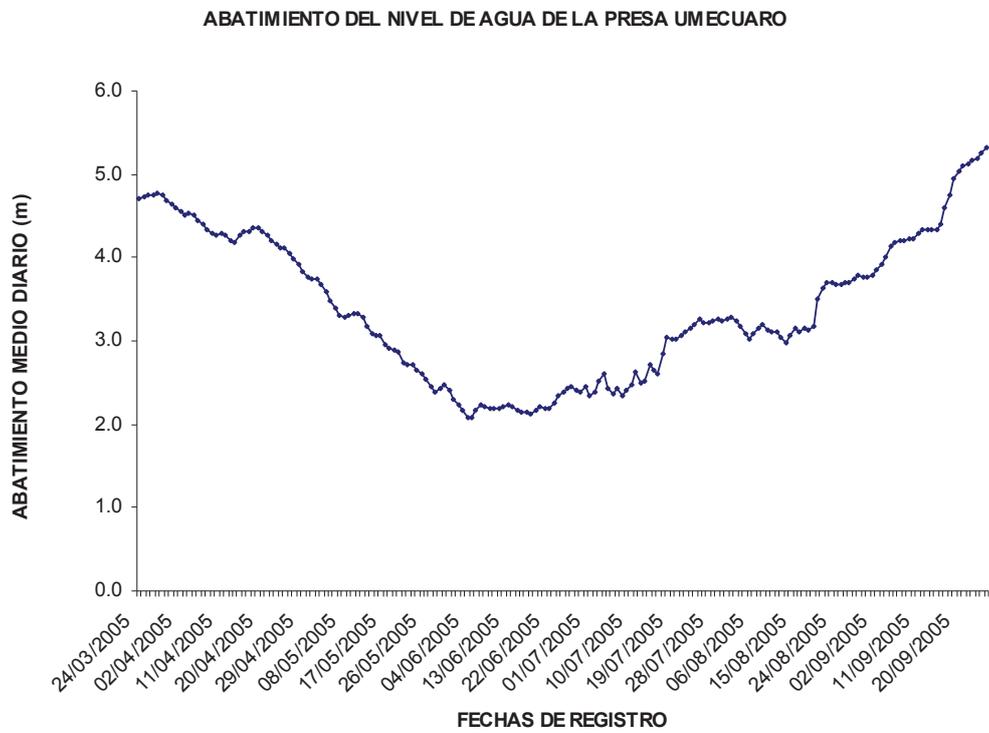


**Figura 27** Grafica de la variación del nivel de agua en el río San Marcos, en el periodo de registro de datos de la estación ubicada en dicho río.

Para Umécuaro (cuadro 17) y (figura 28):

**CUADRO 17** Base de datos de los registros medios diarios de la estación automatizada de medición del nivel de agua en la presa de Umécuaro.

Fecha	Abatimiento de agua (m)						
24/03/2005	4.718	12/05/2005	3.277	30/06/2005	2.457	18/08/2005	3.132
25/03/2005	4.731	13/05/2005	3.183	01/07/2005	2.339	19/08/2005	3.183
26/03/2005	4.744	14/05/2005	3.077	02/07/2005	2.379	20/08/2005	3.506
27/03/2004	4.757	15/05/2005	3.059	03/07/2005	2.525	21/08/2005	3.639
28/03/2005	4.770	16/05/2005	3.055	04/07/2005	2.612	22/08/2005	3.705
29/03/2005	4.744	17/05/2005	2.952	05/07/2005	2.425	23/08/2005	3.698
30/03/2005	4.695	18/05/2005	2.908	06/07/2005	2.375	24/08/2005	3.675
31/03/2005	4.637	19/05/2005	2.888	07/07/2005	2.424	25/08/2005	3.679
01/04/2005	4.600	20/05/2005	2.874	08/07/2005	2.342	26/08/2005	3.705
02/04/2005	4.551	21/05/2005	2.732	09/07/2005	2.399	27/08/2005	3.702
03/04/2005	4.514	22/05/2005	2.722	10/07/2005	2.475	28/08/2005	3.740
04/04/2005	4.531	23/05/2005	2.721	11/07/2005	2.634	29/08/2005	3.799
05/04/2005	4.502	24/05/2005	2.656	12/07/2005	2.503	30/08/2005	3.774
06/04/2005	4.449	25/05/2005	2.597	13/07/2005	2.513	31/08/2005	3.756
07/04/2005	4.395	26/05/2005	2.541	14/07/2005	2.714	01/09/2005	3.789
08/04/2005	4.340	27/05/2005	2.463	15/07/2005	2.645	02/09/2005	3.853
09/04/2005	4.285	28/05/2005	2.396	16/07/2005	2.613	03/09/2005	3.925
10/04/2005	4.270	29/05/2005	2.426	17/07/2005	2.849	04/09/2005	4.011
11/04/2005	4.285	30/05/2005	2.472	18/07/2005	3.039	05/09/2005	4.146
12/04/2005	4.272	31/05/2005	2.401	19/07/2005	3.020	06/09/2005	4.191
13/04/2005	4.213	01/06/2005	2.307	20/07/2005	3.029	07/09/2005	4.212
14/04/2005	4.179	02/06/2005	2.244	21/07/2005	3.061	08/09/2005	4.214
15/04/2005	4.268	03/06/2005	2.166	22/07/2005	3.114	09/09/2005	4.223
16/04/2005	4.313	04/06/2005	2.086	23/07/2005	3.146	10/09/2005	4.237
17/04/2005	4.308	05/06/2005	2.076	24/07/2005	3.196	11/09/2005	4.289
18/04/2005	4.368	06/06/2005	2.174	25/07/2005	3.261	12/09/2005	4.337
19/04/2005	4.359	07/06/2005	2.229	26/07/2005	3.221	13/09/2005	4.338
20/04/2005	4.323	08/06/2005	2.212	27/07/2005	3.219	14/09/2005	4.332
21/04/2005	4.270	09/06/2005	2.189	28/07/2005	3.232	15/09/2005	4.328
22/04/2005	4.215	10/06/2005	2.182	29/07/2005	3.263	16/09/2005	4.410
23/04/2005	4.157	11/06/2005	2.193	30/07/2005	3.238	17/09/2005	4.596
24/04/2005	4.113	12/06/2005	2.211	31/07/2005	3.261	18/09/2005	4.761
25/04/2005	4.106	13/06/2005	2.240	01/08/2005	3.292	19/09/2005	4.958
26/04/2005	4.052	14/06/2005	2.206	02/08/2005	3.251	20/09/2005	5.046
27/04/2005	3.983	15/06/2005	2.166	03/08/2005	3.176	21/09/2005	5.096
28/04/2005	3.912	16/06/2005	2.141	04/08/2005	3.087	22/09/2005	5.134
29/04/2005	3.840	17/06/2005	2.143	05/08/2005	3.027	23/09/2005	5.166
30/04/2005	3.766	18/06/2005	2.131	06/08/2005	3.083	24/09/2005	5.196
01/05/2005	3.749	19/06/2005	2.161	07/08/2005	3.160	25/09/2005	5.264
02/05/2005	3.746	20/06/2005	2.209	08/08/2005	3.205	26/09/2005	5.320
03/05/2005	3.672	21/06/2005	2.186	09/08/2005	3.132		
04/05/2005	3.583	22/06/2005	2.179	10/08/2005	3.102		
05/05/2005	3.491	23/06/2005	2.252	11/08/2005	3.103		
06/05/2005	3.401	24/06/2005	2.338	12/08/2005	3.043		
07/05/2005	3.310	25/06/2005	2.389	13/08/2005	2.978		
08/05/2005	3.294	26/06/2005	2.425	14/08/2005	3.062		
09/05/2005	3.311	27/06/2005	2.448	15/08/2005	3.144		
10/05/2005	3.327	28/06/2005	2.417	16/08/2005	3.108		
11/05/2005	3.320	29/06/2005	2.391	17/08/2005	3.154		



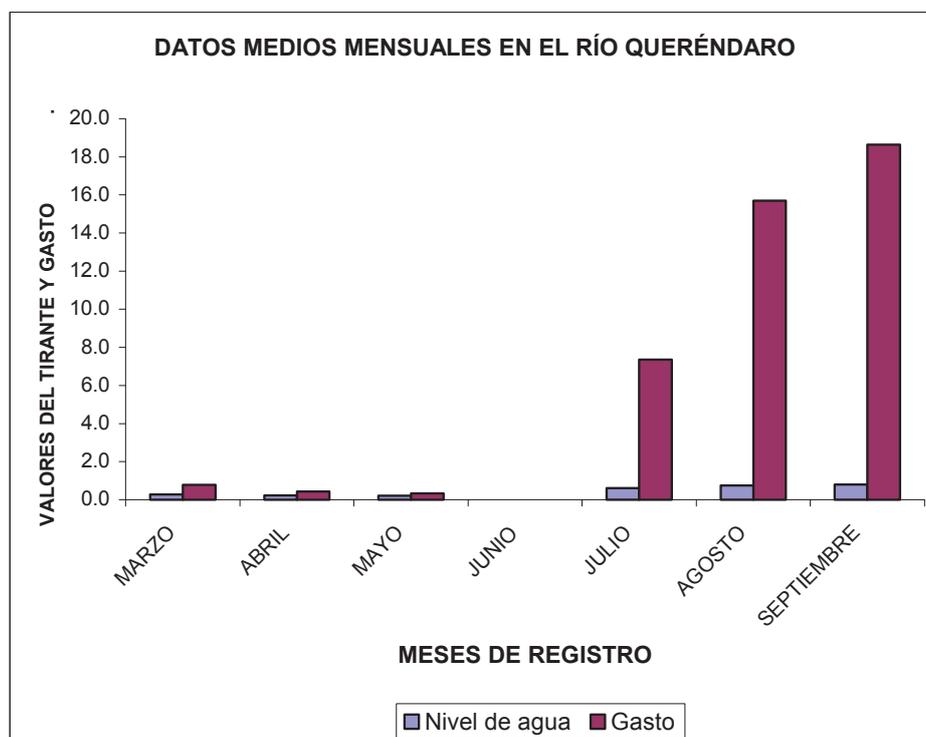
**Figura 28** Grafica de la variación del nivel de agua en la presa de Umécuaro, en el periodo de registro de datos de la estación ubicada en dicho lugar.

## DATOS MEDIOS MENSUALES

Para el río Queréndaro (cuadro 18) y (figura 29):

**Cuadro 18** Medias mensuales de los niveles de agua en el río con su correspondiente gasto.

Mes	Nivel de agua (m)	Gasto (m <sup>3</sup> /s)
MARZO	0.277	0.773
ABRIL	0.223	0.423
MAYO	0.213	0.340
JUNIO	0.000	0.000
JULIO	0.605	7.367
AGOSTO	0.750	15.700
SEPTIEMBRE	0.789	18.634

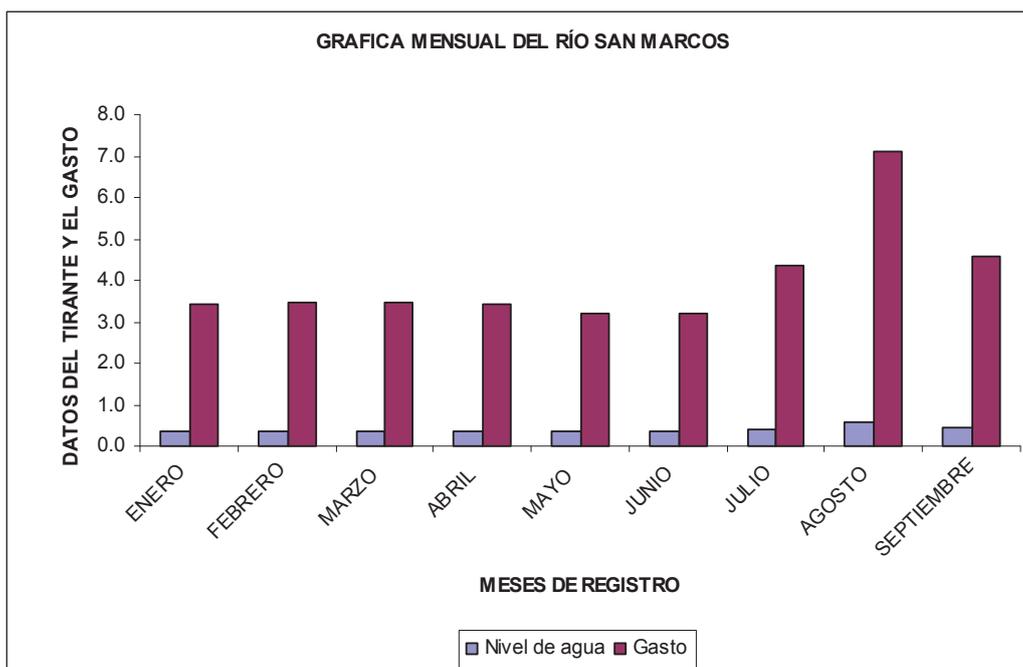


**Figura 29** Grafica mensual de comparación, de los niveles de agua-gasto.

Para el río san marcos (cuadro 19) y (figura 30):

**Cuadro 19** Medias mensuales de los niveles de agua en el río con su correspondiente gasto.

Mes	nivel medido (m)	Gasto (m <sup>3</sup> /s)
ENERO	0.363	3.434
FEBRERO	0.364	3.449
MARZO	0.364	3.449
ABRIL	0.363	3.434
MAYO	0.346	3.178
JUNIO	0.346	3.178
JULIO	0.421	4.343
AGOSTO	0.577	7.122
SEPTIEMBRE	0.435	4.572

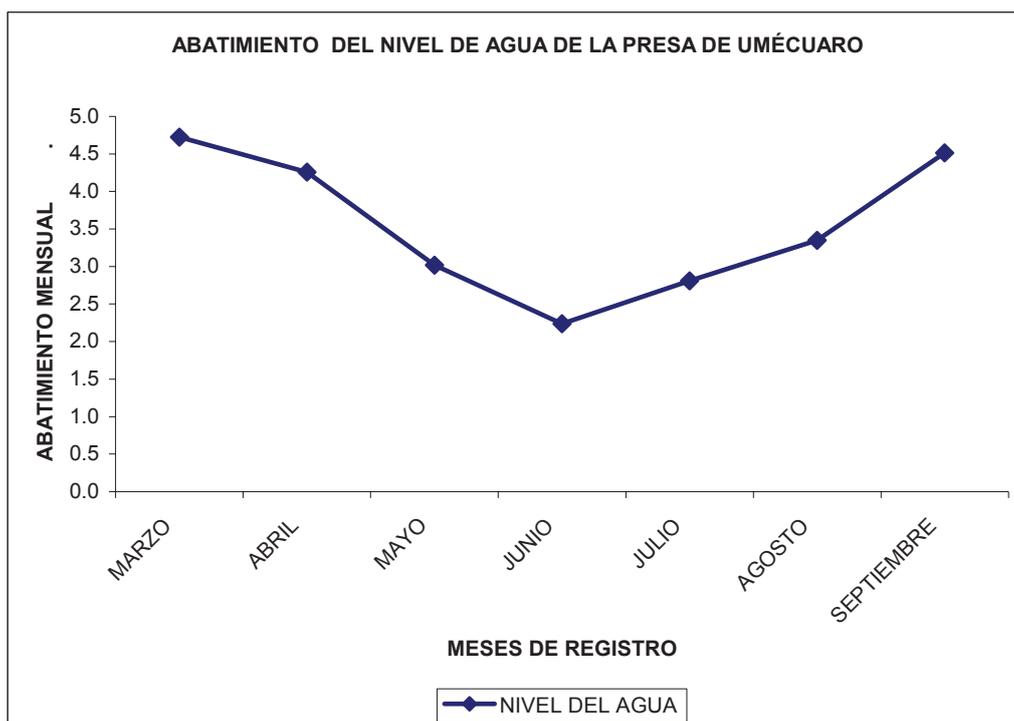


**Figura 30** Grafica mensual de comparación, de los niveles de agua-gasto.

Para la presa Umécuaro (cuadro 20) y (figura 31):

**Cuadro 20** Medias mensuales de los niveles de agua en la presa de Umécuaro.

Fecha	Abatimiento de agua (m)
MARZO	4.725
ABRIL	4.258
MAYO	3.019
JUNIO	2.238
JULIO	2.809
AGOSTO	3.348
SEPTIEMBRE	4.514



**Figura 31** Grafica mensual de comparación de los niveles de agua en la presa de Umécuaro.

### DATOS TOMADOS EN CAMPO

Para la obtención de estos datos (cuadro 21) fue necesario tomarlos directamente en campo (ver el apartado “4.5 Métodos de análisis”) mediante el método de la sección-velocidad.

**Cuadro 21** Datos generados de las mediciones hechas en campo.

<b>TOMA DE DATOS EN CAMPO</b>			
	GASTO EN LA SUBCUENCA (m <sup>3</sup> /seg)		
FECHA	QUERÉNDARO	UMECUARO	SAN MARCOS
26 de abril de 2005	0.01602	0.9026	0.131
31 de mayo de 2005	0.0252	0.7898	0.117
30 de junio de 2005	0.0828	0.7432	0.114
01 de agosto de 2005	0.2783	0.692	0.25
29 de septiembre de 2005	0.1205	0.680	0.309

Anexando además que en el río San Marcos parte del escurrimiento que en este se registra es debido a cinco manantiales que se tienen localizados en la población de Chiquimitio de los cuales se estima la siguiente aproximación de su gasto o caudal que aportan, (cuadro 22).

**Cuadro 22** Gasto aproximado que aportan los manantiales en distintas fechas de registro.

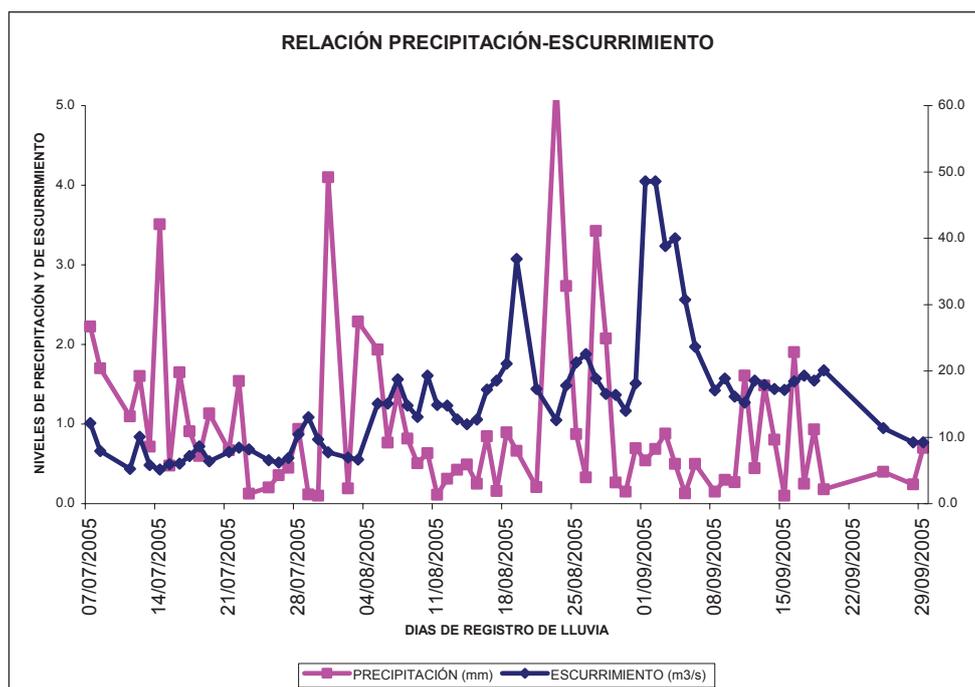
<b>DATOS DE CAMPO DE LOS MANANTIALES Y SU NOMBRE DESIGNADO</b>					
	GASTO EN (m <sup>3</sup> /seg)				
FECHA	EL CHÁCUARO	LA VIRGEN	EL TANQUESITO	EL FRESNO	LA CRUZ
15 de junio de 2005	0.03070	0.04383	0.03501	0.01520	0.02496
02 de agosto de 2005	0.05390	0.06830	0.04001	0.02760	0.02478
30 de septiembre de 2005	0.03444	0.29640	0.04680	0.02970	0.02888

## RELACIÓN DE PRESIPITACIÓN-ESCURRIMIENTO

Análisis del comportamiento con los niveles de precipitación y de escurrimiento ocurridos en la zona de estudio.

Como ilustración de esta relación se tienen las siguientes graficas:

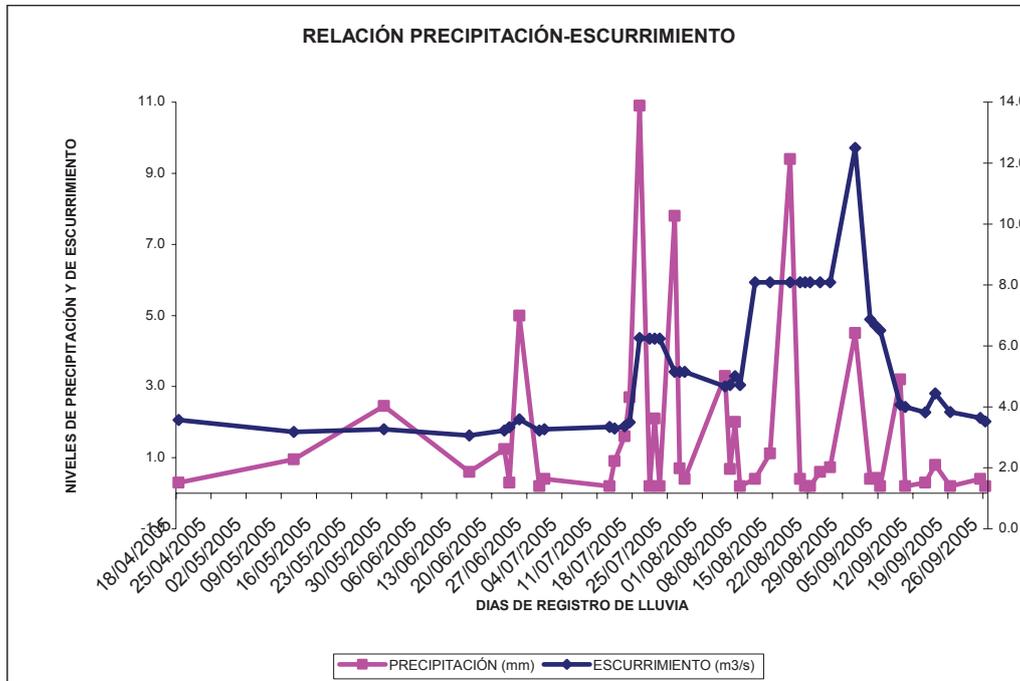
*En el caso del río Queréndaro (figura 32):*



**Figura 32** Grafica de la relación entre la precipitación media y el escurrimiento medio en el río.

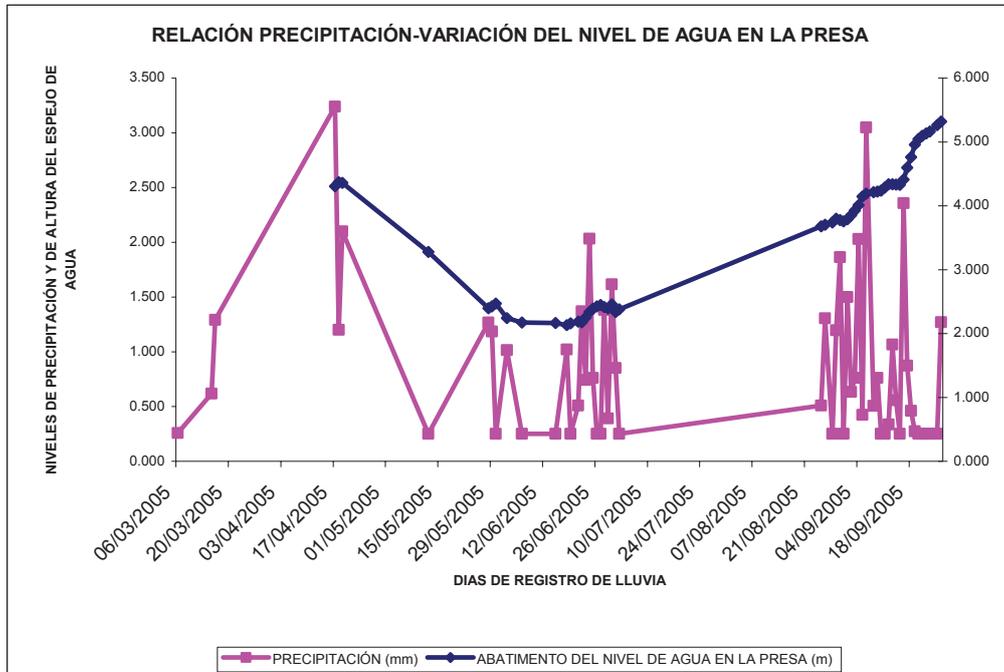
En este ejemplo se puede ver que en las primeras lluvias no se aprecia un escurrimiento proporcional a la lluvia esto indica que la lluvia tubo más infiltración y evaporación que escurrimiento. Además también se observa que los escurrimientos se presentan con un cierto periodo de retardo luego de la presencia de la lluvia.

En el caso del río San Marcos (figura33):



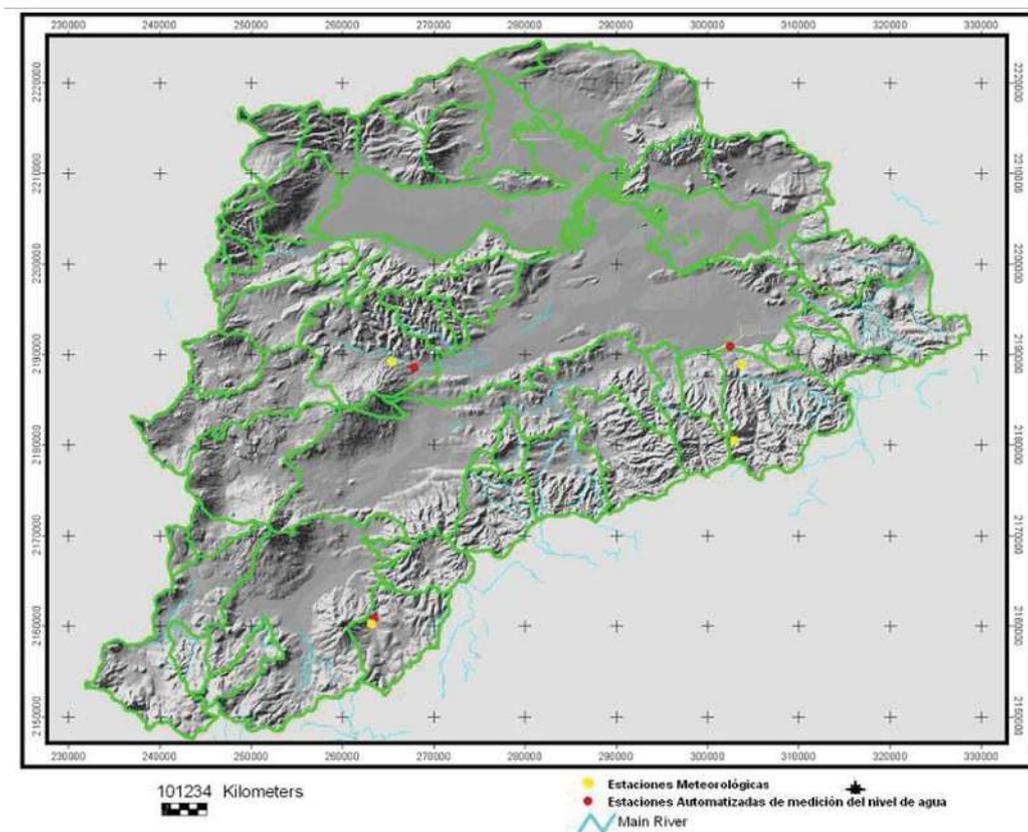
**Figura 33** Grafica de la relación entre la precipitación media y el escurrimiento medio en el río. También se puede observar que en las primeras lluvias no se tiene un escurrimiento proporcional igual porque el terreno retiene el agua por infiltración y otra parte se evapora; y consecutivamente se ve la presencia de los periodos de retardo del escurrimiento con respecto a la presencia de la lluvia.

En el caso de la presa Umécuaro (figura 34):



**Figura 34** Grafica de la relación entre la precipitación media y el escurrimiento medio en el río. Es un simple esquema que representa que cuando ocurre una lluvia existe un escurrimiento después de un tiempo determinado de empezada la lluvia.

**LOCALIZACIÓN DEFINITIVA DE LAS ESTACIONES  
HIDROMETEOROLÓGICAS DENTRO DE LA CUENCA EN ESTUDIO  
(figura 35)**



**Figura 35** Localización de las estaciones hidrometeorológicas dentro de la cuenca del Lago de Cuitzeo.

## CAPITULO 6

### 6.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Debido al poco tiempo que tienen operando las estaciones hidrometeorológicas (a partir de Febrero de 2005) solo se tienen pocos registros pero con estos ya se han podido generar datos importantes en cuanto al comportamiento hidrológico de la zona en estudio. Los datos que se han obtenido de las cuatro estaciones meteorológicas son las medias diarias y las medias mensuales de precipitación, temperatura, radiación solar, dirección predominante y velocidad del viento, humedad del suelo, humedad de hoja, entre otros; mientras que para las tres estaciones de medición del nivel de agua, también se han determinado ya las medias diarias y las medias mensuales de las variaciones del nivel de agua que escurre en los ríos al igual que su correspondiente gasto o caudal (aproximado) de dichos ríos. Como lo es en este caso y en muchos más que los resultados que se están generando en esta zona son aproximados ya que no se ha cubierto toda el área con estaciones hidrometeorológicas que puedan aportar más datos para que al generar los resultados estos sean mas precisos y se pueda hacer una mejor estimación del comportamiento hidrológico a través de modelos hidrológicos de la cuenca del lago de Cuitzeo. Es necesario mencionar que para poder hacer un estudio más detallado de la cuenca, una sola dependencia como lo es en este caso el Instituto de Geografía de la UNAM, no tiene el suficiente presupuesto para comprar las estaciones hidrometeorológicas que sean necesarias para poder desarrollar dicho estudio, entonces queda que otras entidades (como ejemplo: la Facultad de Ingeniería Civil y el instituto de Metalurgia de la U.M.S.N.H., la CNA, entre otras) que estén interesadas en la hidrología de la cuenca de Cuitzeo o en cualquier otra zona de interés, estén trabajando en conjunto para que puedan tenerla bien instrumentada y que los resultados que generen sean lo más precisos posible y con ellos dar solución a los problemas que tengan dichas zonas de interés.

## CAPITULO 7

### 7.- BIBLIOGRAFIAS

Acosta Villegas, M. A., 2002. "Cambio en los patrones de consumo de agua y cambio de uso del suelo, el caso de la cuenca del lago de Cuitzeo (1975-2000)", Morelia Mich.

Alfaro Moreno, J., Cárdenas Alva A. "Manejo de Cuencas" Hacia una nueva estrategia del desarrollo rural en el Perú, Fundación Friedrich Ebert.

Aparicio, M.F.J. "Fundamentos de hidrología de superficie", Edit. Limusa.

Arias Bautista, R., 1996. "El lago de Cuitzeo y su cuenca hidrológica estrategia Eco-Cuitzeo".

Ávila García, P., 1996. "Conflictos sociales por la contaminación del agua en la cuenca del lago de Cuitzeo", Colegio de Michoacán A.C.

Ayala G., J., 1996. "Desecación del lago de Cuitzeo y su repercusión en el acuífero en explotación", Laboratorio de Edafología, Facultad de Biología, UMSNH.

Ayala Gómez, J., Cabrera Gonzáles, A., y Farfán Heredia, A., 1996. "Análisis de la disponibilidad de agua en la subcuenca de Cuitzeo", Facultad de Biología. Laboratorio de Edafología.

Caballero Pérez, E., 2001. "Aplicación de un sistema de información geográfica (SIG) para el manejo de datos hidrológicos de la cuenca del lago de Cuitzeo", Morelia, Mich.

Calvin, V. D., E. Sorensen, K., "Handbook of applied hydraulics", Mc. Graw Hill book company, 3ª edición.

Campos Aranda, 1992. "Procesos del ciclo hidrológico 2ª Reimpresión", Universidad Autónoma de San Luis Potosí.

De la Lanza Espino, G., Cáceres Martínez, C., Adame Martínez, S., Hernández Pulido, S. "Diccionario de Hidrología y ciencias afines"

Hernández Villa, S., 2001. "Balance Hidrológico de la cuenca del lago de Cuitzeo", Morelia Mich., marzo de 2001.

Manual de "Instrumentos Meteorológicos de precisión", Devis Instruments.

Manual OTT "para codificador angular con recolector de datos Thalimides"

Manual para HYDRAS 3 "Software de aplicación para hidrometría, meteorología y tecnología del medio ambiente"

Martínez Toledo, A., 1996. "Diagnostico de la problemática del lago de Cuitzeo y alternativas de solución en base a su comportamiento hidráulico".

Mendoza Cantú, M., Bocco, G., López Granados, E., Bravo, M., 2002. "Implicaciones hidrológicas del cambio de cobertura vegetal y uso del suelo: una propuesta de análisis espacial a nivel regional en la cuenca del lago de Cuitzeo, Michoacán", Boletín del instituto de Geografía, UNAM.

Mendoza Cantú, M., 2001. "Implicaciones del cambio de cobertura vegetal y uso del suelo en el balance hídrico a nivel regional. El caso de la cuenca del lago de Cuitzeo".

Monsalva, S.G. "hidrología en la ingeniería 2ª edición" editado por la Escuela Colombiana de Ingeniería.

Renteria Venegas, J., 1996. "Rehabilitación y protección del lago de Cuitzeo".

Rodríguez Castro, J. A., Ojeda Torres, F., Urquiza Marín, E., 1996. "Caracterización de la red de drenaje del lago de Cuitzeo".

SAHR, 1985. Comisión del Plan Nacional Hidráulico, "Programa estatal del agua Michoacán".

Serrano Medrano, M., 2005. "Aplicación de un sistema de información geográfica para el calculo del escurrimiento con el método de los números de curva del USSCS, para la cuenca del lago de Cuitzeo", Morelia Mich.

Silva Aguilera Ríos, M., y Huacuz Lemus, J. A., 1996. "Estudio de la calidad del agua en el vaso este del lago de Cuitzeo", Facultad de Biología, UMSNH.

Sotelo Ávila, G., 1994. "hidráulica general", Limusa, México.

Sotelo Ávila, G., "hidráulica II apuntes de hidráulica de canales", Facultad de Ingeniería UNAM, México.

Suárez Castillo, M. L., 1996. "Ordenamiento ecológico de la cuenca del lago de Cuitzeo", Secretaria del Medio Ambiente Recursos Naturales Y Pesca (SEMARNAP).

Trujillo Pineda, R., 1996. "Panorama general del manejo y problemática del agua en la cuenca de Cuitzeo", Comisión Nacional del Agua, Gerencia Estatal de Michoacán.

Ven Te Chow, David R. Mainment, Larry W. Ways, " Hidrología Aplicada", Editorial Mc Graw Hill.

## **ANEXO 1**

### **HIDROLOGÍA GENERAL:**

Es una palabra de origen griego compuesta de dos partes “hidros” que significa agua y “logos” que se define como tratado o ciencia; “La hidrología se define como la ciencia que estudia la disponibilidad, distribución, cuantificación, agotamiento, recuperación, su influencia sobre el medio ambiente, incluyendo su relación con los seres vivos, las diferentes fases del ciclo hidrológico y la utilización de los recursos hídricos que están disponibles en el globo terrestre ( Campos Aranda 1992; Et. Al.).

### **HIDROLOGÍA SUPERFICIAL:**

Estudia la distribución de las corrientes de agua que riegan la superficie de la tierra y los almacenamientos en los depósitos naturales como lagos, lagunas o ciénegas.

### **HIDROLOGÍA BÁSICA:**

Estudia los conceptos físicos del ciclo hidrológico, los métodos de recolección de información hidrológica y los procedimientos clásicos de procesamiento de datos estadísticos.

### **HIDROLOGÍA APLICADA:**

Rama de la Hidrología que estudia la ingeniería hidráulica y otros aspectos de la hidrología que tratan de su aplicación a campos relacionados con el desarrollo y utilización de los recursos hídricos.

La Hidrología Aplicada utiliza la información básica y la procesa de acuerdo con las necesidades de los proyectos de aprovechamiento de los recursos hídricos, empleando las herramientas que ofrece la tecnología moderna. Uno de los temas que desarrolla la Hidrología Aplicada es: Hidrología en cuencas pequeñas con información escasa.

### **HIDROLOGÍA GENERAL:**

Rama de la Hidrología que describe los fenómenos hidrológicos en general y los procesos del ciclo del agua en la naturaleza, estudiando especialmente el sentido físico del fenómeno.

#### HIDROMETRIA:

Es la ciencia de la medición y análisis del agua, incluyendo los métodos, técnicas e instrumentos empleados en Hidrología.

#### CICLO HIDROLOGICO O CICLO DEL AGUA:

Explica el campo de aplicación de la Hidrología y su relación con otras disciplinas.

“El ciclo del agua es un termino descriptivo aplicable a la circulación general del agua en la tierra y se define como:

Sucesión de etapas que atraviesa el agua al pasar de la atmósfera a la tierra y volver a la atmósfera; evaporación desde el suelo, mar o aguas continentales, condensación de nubes, precipitación, acumulación en el suelo o cuerpos de agua y reevaporación”.

El movimiento permanente del ciclo hidrológico se debe fundamentalmente a dos causas: la primera es el sol que proporciona la energía para elevar el agua (evaporación), la segunda es la Gravedad terrestre que hace que el agua condensada descienda (precipitación y escurrimiento)

#### CUENCA:

Área de límites elevados que separa el drenaje dentro de diferentes sistemas de ríos; Cuenca de drenaje: Área de la superficie terrestre en donde (si fuera impermeable) las gotas de lluvia que caen sobre ella tienden a ser drenadas por el sistema de corrientes hacia un mismo punto de salida. Pueden ser exorreicas (con desagüe) y endorreicas (sin desagüe)

#### CUENCA HIDROLOGICA:

Es la totalidad del área drenada por una corriente o un sistema interconectado de cauces, tales que todo el escurrimiento originado en tal área es descargado a través de una única salida.

#### CUENCA HIDROGRAFICA:

Zona geográfica delimitada topográficamente por un parteaguas en donde los escurrimientos de agua confluyen hacia un cierto punto en un río o curso de agua.

#### PARTEAGUAS:

Línea imaginaria del contorno de una cuenca hidrográfica, que la separa de las adyacentes y distribuye el escurrimiento originado por la precipitación en el sistema de cauces que fluye hacia la salida de dicha cuenca.

#### MANEJO INTEGRADO DE CUENCAS:

Es el conjunto de acciones para proteger o restaurar los recursos naturales necesarios para un desarrollo sustentable. El manejo integrado de cuencas el agua tiene un papel muy importante ya que está relacionada, de una u otra manera, con otros recursos (suelo, flora, fauna), y es indispensable para la vida de la población, así como para el bienestar económico de una región.

#### ESTACIÓN CLIMATOLÓGICA:

Una estación climatológica se puede denominar como un lugar donde con la ayuda de múltiples aparatos, se obtienen datos del clima, como sería la precipitación, evaporación y temperatura, entre otros.

#### TEMPERATURA:

La temperatura es el nivel de calor que existe en un cuerpo, en este caso, el nivel de calor que existe en la atmósfera, la temperatura máxima y la temperatura mínima son el mayor y menor nivel de calor (respectivamente).

#### PRECIPITACIÓN:

Es la cantidad de agua líquida o sólida que cae de la atmósfera en un periodo de tiempo.

#### EVAPORACIÓN:

Es la transformación lenta de un líquido en vapor, como la evaporación es de gran importancia dentro del ciclo hidrológico, se han hecho grandes esfuerzos tendientes a establecer un método que permita medirla en forma directa.

## ANEXO 2

### Definiciones de los encabezados de las columnas del cuadro 3

- Columna 1.- Date:** Fecha de registro de datos.
- Columna 2.-Time:** Tiempo de registro de datos
- Columna 3.-Temp Out:** Temperatura exterior
- Columna 4.-Hi Temp:** Temperatura máxima
- Columna 5.-Low Temp:** Temperatura mínima
- Columna 6.-Out Hum:** Humedad exterior
- Columna 7.-Dew Pt:** Punto de rocío
- Columna 8.-Wind Speed:** Velocidad del viento
- Columna 9.-Wind dir:** Dirección del viento
- Columna 10.-Wind Run:** Corriente de viento
- Columna 11.-Hi Speed:** Velocidad máxima
- Columna 12.-Hi Dir:** Dirección con más intensidad
- Columna 13.-Wind Chill:** Factor de congelación
- Columna 14.-Heat Index:** Índice de calor
- Columna 15.-THW Index:** Índice que relaciona la temperatura humedad y viento
- Columna 16.-THSW Index:** Índice que relaciona la temperatura, humedad, radiación solar y el viento
- Columna 17.-Bar:** Presión atmosférica
- Columna 18.-Rain:** Lluvia
- Columna 19.-Rain Rate:** Intensidad de lluvia
- Columna 20.-Solar Rad:** Radiación solar
- Columna 21.-Solar Energy:** Energía solar
- Columna 22.-Hi solar Rad:** Radiación solar máxima
- Columna 23.-UV index:** Índice de rayos ultra violeta
- Columna 24.-UV Dose:** Cantidad de rayos ultra violeta
- Columna 25.-Hi UV:** Radiación ultravioleta máxima
- Columna 26.-Heat D-D:** Calor del día
- Columna 27.-Cool D-D:** Frescura del día

**Columna 28.**-In temp: Temperatura interior

**Columna 29.**-In Hum: Humedad interior

**Columna 30.**-Hum 3rd: Es el número de sensores de humedad que registra la estación

**Columna 31.**-ET: Evapotranspiración

**Columna 32.**-Soil 1 Moist: Humedad del suelo

**Columna 33.**-Wind samp: Muestra de viento

**Columna 34.**-Wind Tx: Un factor de transferencia de los datos de viento

**Columna 35.**-Iss Recept:- Un porcentaje de eficiencia de recepción de datos

**Columna 36.**-Arc Int: Intervalo de registro de datos

### ANEXO 3

**Definiciones de los encabezados de las columnas en las tablas del capítulo 5 de los resultados de los registros de las estaciones meteorológicas.**

**DAY:** Día de registro

**MEAN TEMP:** Temperatura media mensual

**HIGH:** Máxima temperatura registrada

**TIME:** Hora en que se registro la temperatura

**LOW:** Temperatura baja registrada

**TIME:** Hora en que se registro la temperatura

**HEAT DEG DAYS:** Días calidos con presencia de lluvia

**COOL DEG DAYS:** Días frescos con presencia de lluvia

**RAIN:** Lluvia media mensual

**AVG WIND SPEED:** Promedio mensual de viento registrado

**HIGH:** Velocidad mayor de viento registrada

**TIME:** Hora en que se registro el evento de viento

**DON DIR:** Dirección dominante del viento