



**UNIVERSIDAD  
MICHOCANA DE SAN  
NICOLAS DE HIDALGO**



**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**

**“DIAGNÒSTICO DE LA CANTIDAD Y CALIDAD DEL AGUA  
EN LA CUENCA DEL RIO CUPATITZIO”**

**TESIS**

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:**

**INGENIERO CIVIL**

**PRESENTA:**

**LAURA IDALIA BLANCO VALENCIA**

**ASESOR DE TESIS:**

**DRA. SONIA TATIANA SANCHEZ QUISPE**

**MORELIA, MICHOCAN SEPTIEMBRE 2017**

# Dedicatoria

---

## A DIOS

Por permitirme concluir esta etapa de mi vida y darme las fuerzas necesarias y la segura que necesito para realizar este gran paso en mi vida y que me siga dando sabiduría para realizar mi trabajo lo mejor posible.

## A MIS PADRES

La señora Idalia Valencia Álvarez y el señor Samuel Blanco López ya que sin su apoyo este trabajo no pudiera verse realizado es para ellos y por ellos que pude concluir con grandes sacrificios esta tesis gracias por siempre haberme dicho que si podía.

Esto es una primera parte de todo el sacrificio y esfuerzo que han hecho por mí son los mejores padres que pude tener.

## A MI ESPOSO

Un día te dije que ya no podía más y me abrazaste y dijiste como no donde está la ingeniera que tengo a mi lado tu puedes y hoy te demuestro que si pude que tenías razón que yo soy más de que llegue a pensar y que termine mi tesis, que concluido esto nos esperan muchas cosas mejores que me demostre y te demostrare todo lo que soy capaz de hacer y que todos esos sueños que tenemos juntos se van a ir cumpliendo poco a poco y llegaremos a nuestra meta.

## A MIS HERMANOS

Que a pesar de que peleamos siempre han estado para mí igual que yo estaré para ustedes por haberme dado ánimos para estar lejos de ustedes mientras estudiaba y siempre estarme esperando para vernos. A ti Cristian para que veas que a pesar de que uno tiene miedo tenemos que superarlo y seguir adelante que aunque me detuve hoy sigo de pie y demuestro que yo puedo que aquel que un día me dijo que no podía hoy le digo que si y eso es lo que tenemos

que hacer demostrar que si podemos y que no somos lo que dicen. A ti Osvaldo por brindarme tu apoyo y darme tu mano para levantarme y acompañarme y enseñarme hacer muchas cosas y decirme que soy tu chalana sé que un día todo lo que me has enseñado me va a servir. Gracias a los dos por todo su apoyo los amo mucho.

## A MI ABUELITO

A ti que desde el cielo me estás viendo y estas muy orgulloso de mí te dedico este triunfo y te pido que me sigas guiando por el buen camino que ilumines mis pasos y cuides de mí eres mi gran ángel, sé que teníamos muchos planes juntos de tantas cosas que realizaríamos y aunque hoy no estés en persona sé que nunca me has dejado sola y cada cosa que cumpla estarás ahí conmigo y brindaras desde el cielo.

## A MIS AMIGOS

A Sergio y Nadia un día dijimos que juntos nos titularíamos por cosas de la vida deje pasar el tiempo pero hoy les digo que he concluido esta etapa de mi vida que gracias a sus ánimos y ayuda hoy estoy aquí titulándome Nadia lamento haberte desesperado pero te digo que mi tesis esta terminada pueden ir ahora si a visitarme a Uruapan gracias a los mis hermanitos por su apoyo incondicional

# AGRADECIMIENTOS

---

## **A DIOS**

Primero que nada a el por haberme brindado la oportunidad de seguir en este mundo a pesar de los obstáculos y las enfermedades hoy me das la salud necesaria para seguir adelante con muchas fuerzas más y grandes ilusiones siguiendo mi camino y no me sueltes de tu mano.

## **A MIS PADRES**

A ti mami I dalia Valencia gracias por todo el apoyo que me brindas por haberme abrazado y decirme que nada malo pasara que todo es posible y que yo soy grande y puedo gracias por haber hecho de mí una mujer segura de sí misma y seguirme brindando tu apoyo.

A ti papi Samuel Blanco gracias por todo lo que me has dado por complacerme en todo lo que te pedía y que nunca dejaste que nada me faltara que solo tú sabías como le hacías pero me das todo lo que necesito, por enseñar me tantas cosas que muchos dirán que para que si soy mujer tú me sigues enseñando gracias. Gracias a los dos, son mis héroes y mi gran ejemplo los amo mucho.

## **A MI ESPOSO**

José Eduardo Pimentel Bailón gracias por la paciencia que me tuviste mientras realizaba mi tesis por decirme que si podía cuando más desesperada estaba por haberme hecho tocar fondo para tomar ese vuelo que me hacía falta y salir a brillar, gracias por todo tu apoyo estos años por no haberme dejado regresarme de Morelia y rendirme por tantas y tantas veces haberme dicho tu puedes y por estar en mi vida a mi lado cumpliendo uno de mis más grandes logros gracias por permitirme compartirlo contigo te amo mucho mi amor.

## **A MI ASESORA**

Gracias por la paciencia que me tuvo a pesar de haber alargado tanto esto siguió ahí conmigo escuchándome de todo lo que se pasaba y dándome los ánimos y el apoyo incondicional para de una vez concluir esta etapa gracias Dra. SONIA TATIANA SANCHEZ QUISPE.

## **A MIS AMIGOS**

Sergio Campuzano Chávez y Nadia Soledad Alonso gracias por nunca haberme dejado sola por toda la ayuda que recibí de ustedes, a ti Nadia por exigirme terminar ya ya y por ayudarme con muchas cosas y que a pesar de que te diste por vencida aquí esta tesis terminada. Sergio gracias por haber sido mi ángel desde el primer día que llegue a Morelia y seguir siendo parte de mi vida. A los dos mil gracias saben que son mis hermanos y que siempre estaremos juntos los quiero mucho gracias por todo su apoyo y animo que me han dado.

## INDICE

Dedicatoria.....	I
AGRADECIMIENTOS.....	III
RESUMEN .....	1
ABSTRACT.....	2
INTRODUCCION .....	3
ANTECEDENTES .....	5
METODOLOGÍA.....	7
<i>PARA LA DELIMITACIÓN DE LA CUENCA</i> .....	8
<i>CUANTIFICAR Y CATALOGAR LA INFORMACIÓN DE CANTIDAD</i> .....	9
<i>CUANTIFICAR Y CATALOGAR LA INFORMACIÓN DE CALIDAD</i> .....	10
DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO.....	12
<i>LOCALIZACION</i> .....	12
Macro Localización: Política e Hidrológica.....	12
Micro Localización.....	14
<i>HIDROGRAFÍA DE LA ZONA DE ESTUDIO</i> .....	15
EVALUACIÓN HISTÓRICA DE LA CANTIDAD DEL AGUA .....	16
<i>CARACTERISTICAS DE LA CUENCA</i> .....	16
<i>FORMA DE LA CUENCA</i> .....	17
<i>LONGITUD Y PENDIENTE DE LA CORRIENTE PRINCIPAL</i> .....	18
<i>PENDIENTE DE LA CUENCA</i> .....	18
<i>ELEVACIONES DE LA CUENCA</i> .....	19
<i>PRECIPITACION</i> .....	20
<i>ISOYETAS</i> .....	34
<i>EDAFOLOGÍA</i> .....	39
<i>COBERTURA Y USO DE SUELO</i> .....	40
<i>PARAMETRO K</i> .....	42
<i>COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO</i> .....	43
<i>VOLUMEN DE ESCURRIMIENTO</i> .....	43
<i>ESTACIÓN HIDROMÉTRICA</i> .....	44
EVALUACIÓN HISTÓRICA DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RIO CUPATITZIO .....	45

<i>Turbiedad</i> .....	46
<i>Parámetro color</i> .....	49
<i>Temperatura del agua</i> .....	50
<i>Coliformes fecales</i> .....	52
<i>PH Campo</i> .....	55
<i>Cloruro</i> .....	57
<i>Grasas y aceites</i> .....	59
<i>DBO5</i> .....	61
<i>Dureza del agua</i> .....	63
<i>Amoniaco</i> .....	65
<i>Nitratos</i> .....	68
<i>Nitritos en el agua</i> .....	70
<i>Nitrógeno total</i> .....	72
<i>Solidos disueltos totales</i> .....	74
<i>Sodio</i> .....	77
<i>Solidos suspendidos totales</i> .....	79
<i>Sulfato</i> .....	81
<i>Solidos sedimentables</i> .....	84
<i>Demanda Química de Oxígeno</i> .....	86
<i>Solidos Totales</i> .....	88
<i>Oxígeno Disuelto</i> .....	91
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	94
BIBLIOGRAFÍA.....	95

# RESUMEN

---

El presente estudio tiene como objetivos la determinación de la disponibilidad hídrica natural superficial y la calidad del agua en la cuenca del río Cupatitzio.

Para los estudios relacionados con la cantidad existen tres etapas bien definidas: la cuenca, las precipitaciones y el volumen de escurrimiento de la cuenca.

El estudio de la cuenca se focaliza en el entendimiento de las características geomorfológicas y su relación con su capacidad de almacenar y velocidad de respuesta de la cuenca. Dentro de las características esenciales para el uso como insumo posterior, es el área de la cuenca, pendiente de la corriente principal, Número de escurrimiento, Parámetro K, tiempo de concentración y volumen de escurrimiento.

Dentro de los modelos que permiten determinar la disponibilidad se hará uso de la Norma Mexicana para la obtención del coeficiente de escurrimiento y este a su vez permite el volumen de escurrimiento de la cuenca.

Para la evaluación de la calidad del agua se basará en información de las redes de medición de la CONAGUA durante un periodo de los últimos 10 años. Generando mapas de los puntos de monitoreo. Se evaluaron los parámetros de calidad del agua como son: Turbiedad, Color, Temperatura del agua, Coliformes fecales, Ph del campo, Cloruros del agua, Grasas y Aceites, Demanda Biológica de oxígeno, Dureza del agua, Amoníaco, Nitratos, Nitritos, Nitrógeno total, Sólidos disueltos totales, Sodio, Sólidos suspendidos totales, Sulfatos, Demanda química de oxígeno, Sólidos sedimentables, Sólidos totales, Oxígeno disuelto.

**PALABRAS CLAVES:** Disponibilidad hídrica, Calidad, Río Cupatitzio, Hidrología, Parámetros.

# ABSTRACT

---

The present study aims to determine the natural water availability and the water quality in the basin of the river Cupatitzio.

For quantity-related studies, there are three well-defined stages: basin, precipitation, and runoff volume of the basin.

The study of the basin focuses on the understanding of the geomorphological characteristics and their relationship with their storage capacity and response speed of the basin. Among the essential characteristics for the use as a posterior input, is the area of the basin, slope of the main stream, number of runoff, parameter K, time of concentration and volume of runoff.

Within the models that allow to determine the availability will be made use of the Mexican Standard to obtain the coefficient of runoff and this in turn allows the volume of runoff of the basin.

For the assessment of water quality, it will be based on information from CONAGUA's measurement networks over a period of the last 10 years. Generating maps of the monitoring points. Water quality parameters such as: Turbidity, Color, Water temperature, Faecal coliforms, Field pH, Water Chlorides, Fats and Oils, Biological oxygen demand, Water hardness, Ammonia, Nitrates, Nitrites, Nitrogen total, Total dissolved solids, Sodium, Total suspended solids, Sulphates, Chemical oxygen demand, Sedimented solids, Total solids, Dissolved oxygen.



# INTRODUCCION

---

El río Cupatitzio, nace en la población de Uruapan, Michoacán, de manera específica en una fosa de 3 m de profundidad en el Parque Nacional “Barranca del Cupatitzio”. En dicho parque se encuentra una serie de manantiales y afloramientos de agua, que hacen de este río, uno de los más caudalosos en tan poca longitud, llegando a presentar registros de entre 3 y 5 metros cúbicos por segundo a la salida del parque debido a su configuración topográfica, la zona del parque nacional representa un sitio de descarga de las infiltraciones ocurridas en la zona alta de la cuenca, por lo que resulta inminente analizar las actividades y los factores que pueden afectar en la calidad del agua a esta parte del ciclo hidrológico, en relación a escurrimiento natural, así como infiltración y recarga de los acuíferos de aportación al río.

El río Cupatitzio es uno de los pocos “ríos urbanos” en el mundo, cuyas aguas emergen propiamente dentro de un desarrollo urbano, y cuyas características geológicas, lo hacen uno de los ríos jóvenes en el Estado de Michoacán, dado que presenta secciones de escurrimiento con fuertes velocidades y pendientes considerables, dando a este cauce una gran capacidad de asimilación muy favorable para las características de calidad del agua, favoreciendo con su velocidad y cambios de dirección la aireación del agua.

En su trascurso urbano, el río Cupatitzio es objeto de la descarga de aguas residuales de diferente índole, desde aguas residuales domésticas, de servicios hasta industriales. Aunado a lo anterior, en décadas recientes se ha intensificado la producción de aguacate en la región, siendo esta una de las regiones propicias para el desarrollo de este fruto. Esta situación ha derivado en el cambio de uso de suelo por parte de agricultores, en el que superficies en las que inicialmente se tenía un uso de suelo eminentemente forestal ahora es agrícola, y en el que de manera intensa se desarrolla el cultivo de aguacate. Esta práctica ha llevado al uso de diversos agroquímicos para el beneficio de tener mejor producción del fruto, pero sin tener en cuenta que el

uso de esos agroquímicos pueden llegar a impactar de manera directa o indirecta en la calidad del agua del río Cupatitzio, así como en la calidad del suelo, situación que redonda nuevamente, ya que por medio de las infiltraciones deteriora también la calidad del agua y la cantidad debido a que las infiltraciones ya no son de la misma cantidad.

La región de Uruapan, representa para el Estado de Michoacán una de las regiones donde la climatología y uso de suelo tienen un cambio radical, siendo esta una zona con alto potencial para la producción agrícola, aunado a la abundancia de agua y al clima propicio, es que esta zona presenta una exuberante vegetación.

El río Cupatitzio fluye de norte a sur, atravesando la zona urbana de la población de Uruapan. Este río es parte de una de las aportaciones más considerables al río Balsas, en la presa del infiernillo y a la región de tierra caliente en el centro del Estado de Michoacán.

La porción norte de la cuenca está conformada por una zona de barrancas que en época de lluvia se convierten en ríos intermitentes que desembocan en la zona del manantial, tal es el caso del río "San Lorenzo" y la barranca de "San Juan", cuya confluencia se presenta en la conocida barranca de "La Guerra". Esta barranca presenta una cantidad importante de erosión en su lecho, situación que reporta los volúmenes considerables de escurrimiento en época de lluvia.

# ANTECEDENTES

---

El llamado Río que Canta por ahora sólo gime porque se debate entre la contaminación y la disminución de sus aguas. Según especialistas se ha disminuido su caudal en un 40 por ciento durante los últimos 30 años, esto derivado del cambio del uso del suelo en toda la cuenca que abarca doce municipios, que fue de forestal a aguacatero. Además de la contaminación del vital líquido que nace en el Manantial Rodilla del Diablo, sólo permanecen limpias en el trayecto que atraviesa el Parque Nacional Barranca del Cupatitzio y el Parque Lineal La Camelina, porque de ahí en adelante todos los drenajes se descargan en el mencionado río. Se estima que el 70 por ciento de su cauce se utiliza como colector de aguas negras.

Para el saneamiento de las aguas residuales existe una planta, la Santa Bárbara, que trata el 60 por ciento de las mismas. Su capacidad es de 300 litros por segundo, pero esta planta sólo trata las aguas sucias del Río Santa Bárbara. Otra planta que está en construcción desde 2009 es la de San Antonio, que se proyecta podrá sanear las aguas negras que afectan al Cupatitzio, igual que la de Santa Bárbara cuando esté totalmente terminada, aunque su primera etapa de edificación está en un 90 por ciento. Durante la sesión del Comité para el Saneamiento, Restauración y Protección de la Cuenca del Cupatitzio se analizaron temas como la contaminación del cauce del Cupatitzio, de los mantos acuíferos y la deforestación. Además el río abastece de agua potable por lo menos 200 mil uruapenses mediante diversos manantiales de la localidad, genera energía eléctrica y sus aguas sirven para irrigar unas 40 mil hectáreas de la Tierra Caliente, esto a pesar de que el 70 por ciento de su cauce se utiliza como drenaje.

Un descomunal foco de infección sigue siendo el Río Cupatitzio, donde confluyen todas las aguas negras de la ciudad y buena parte de sus desechos sólidos. La planta de tratamiento que solucionaría el problema se ha quedado en un “ya merito”, pero la prueba del alto

grado de contaminación que no ha logrado ser abatido se evidencia en la cascada La Tzaráracua. Ahí desemboca el Cupatitzio para retomar su camino y dirigirse hacia la Tierra Caliente de Michoacán, donde con las aguas pestilentes se irrigan los cultivos que consumimos en esta ciudad, devolviéndose así la suciedad que en ella se genera. El río atraviesa los barrios de San Pedro y El Vergel, y para esta parte de la ciudad las aguas ya lucen turbias.

La suciedad se percibe más en el Puente del Terror, una vez que ha transitado por la colonia Valle de las Delicias, pero al llegar al área de Jicalán, el líquido tiene el color verdoso del agua estancada. Sin embargo, a unos diez kilómetros de donde nace, el río, al formar la cascada La Tzaráracua, se convierte en una gigantesca cañería que emite olor a cloaca y cuyo color lechoso es prueba fehaciente de su alto grado de contaminación. Ahí viene la planta de tratamiento desde hace algunos años el argumento de los gobiernos municipales, ha sido que de un momento a otro, el río que la población contamina con sus aguas residuales y sus desechos sólidos será saneado. Ellos han visto que el cada vez más escaso turismo que acude se asombra no sólo por la belleza visual de la caída de agua, sino por lo contaminado de la misma. Hay empresas que vierten sustancias tóxicas al río y desechos muy hediondos. Aprovechan cuando no hay vigilancia para vaciar los tanques que tienen escondidos.

# METODOLOGÍA

---

El presente estudio tiene como objetivos el diagnóstico de la cantidad superficial y la calidad del agua en la cuenca del río Cupatitzio.

Para los estudios existen dos etapas bien definidas: la cuenca y las precipitaciones que permitan determinar la disponibilidad hídrica superficial.

El estudio de la cuenca se focaliza en el entendimiento de las características geomorfológicas de la cuenca. Dentro de las características esenciales para el uso como insumo posterior, es el área de la cuenca, pendiente de la corriente principal, coeficiente de escurrimiento, volumen de escurrimiento, así como la calidad del agua establecer las estaciones de monitoreo que se localizan en la cuenca y la descripción de los parámetros.

Para el cálculo del parámetro K multiplicamos el tipo de suelo y el uso de suelo, reclasificamos el resultado de la multiplicación utilizamos la tabla, realizamos la misma operación para todas las reclasificaciones y ya que lo tenemos sumamos todos los mapas para que nos dé el parámetro K.

En la tabla de atributos agregamos columnas para realizar las operaciones pertinentes.

Dentro de los modelos que permiten determinar la disponibilidad se hará uso de la Norma Oficial Mexicana NOM-011-CONAGUA-2015 para la obtención del coeficiente de escurrimiento y este a su vez permite el volumen de escurrimiento de la cuenca que es el resultado final que esperamos.

Y las normas de calidad del agua para los parámetros que utilizamos son las siguientes:

Ley-general- del-equilibrio-ecológico

Nmx-aa-004-scfi-2000

Nmx-aa-005-scfi-2000

Nmx-aa-007-scfi-2013

NMX-AA-008-SCFI11

NMX-AA-028-SCFI-2001

NMX-AA-030-SCFI-2001

NMX-AA-034-SCFI-2001

NMX-AA-038-SCFI-2001

NMX-AA-042-SCFI-1987

NMX-AA-quimicosgpo1

NOM-001-ECOL-1996

NOM-002

NORMA CALIDAD DEL AGUA

### *PARA LA DELIMITACIÓN DE LA CUENCA*

Se generó la cuenca al punto de estudio, esto. Se decidió descargar la cuenca de la página del INEGI ya que al realizar el trazo del parteaguas con apoyo de ARCGIS no coincidía con la forma de la cuenca delimitada por INEGI sin embargo los Modelos Digitales de Elevaciones (MDE) de la zona en estudio, son las cartas E13b29, E13b39, E13b49, E14b21, E14b31 y E14b41 a escala 1:250,000. Luego de trazada la cuenca se procedió a determinar las características geomorfológicas de la misma con las extensiones de ARCGIS.

Se localizó la cuenca políticamente en el estado de Michoacán municipio de Uruapan y partes de sus alrededores e hidrológicamente pertenece a la región hidrológica número 18 del bajo balsas.

Se generó el mapa de pendientes y elevaciones de la cuenca así como del uso de suelo y cobertura del suelo dentro de la zona en estudio.

## *CUANTIFICAR Y CATALOGAR LA INFORMACIÓN DE CANTIDAD*

Se descargaron las estaciones climatológicas circundantes y de mayor influencia en la zona de estudio para conocer la precipitación que existe en la cuenca ; se seleccionaron las estaciones con la mayor cantidad de datos , se realizó el llenado de datos faltantes por medio de un programa el cual nos arroja las estaciones con llenado de datos faltantes, también se seleccionaron las estaciones que tuvieran una correlación e correlación entre ellas.

Para tener lo anterior, representado espacialmente, se colocaron las estaciones en un mapa para visualizar su posición dentro de la zona de estudio (como se muestra en la imagen 1) y posteriormente realizar un análisis de isoyetas para conocer la precipitación media anual de la cuenca.

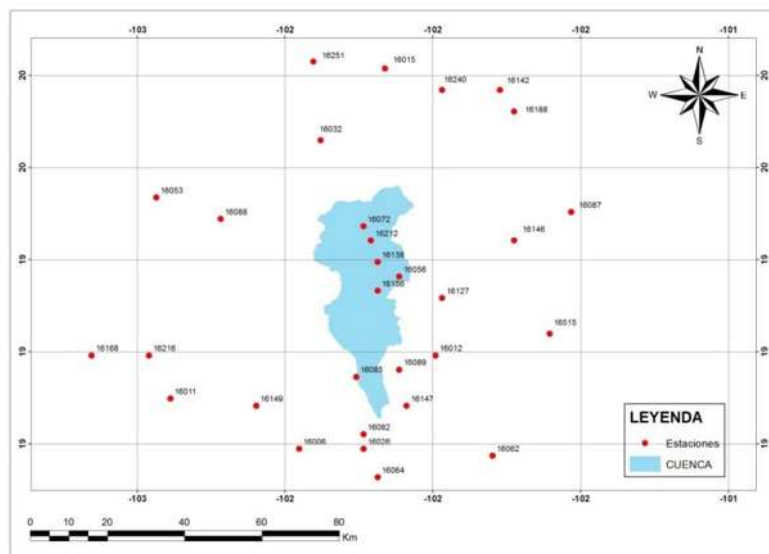


Imagen 1: Mapa de estaciones climatológicas

Con ayuda de la Norma Oficial Mexicana NOM-011-CONAGUA-2015 se calculó el coeficiente de escurrimiento y volumen de escurrimiento, teniendo ya todos los datos necesarios para su obtención.

## *CUANTIFICAR Y CATALOGAR LA INFORMACIÓN DE CALIDAD*

Para el análisis de la calidad del agua fue necesario la solicitud de los parámetros de la calidad del agua a la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) quienes nos proporcionaron tres estaciones de monitoreo que se encuentran dentro de la cuenca, con los cuales se pudo valorar la calidad del agua apoyándonos de las normas de calidad del agua como son: Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994 salud ambiental, agua para uso y consumo humano, Norma Oficial Mexicana NOM-001-ECOL-1996, que establece los límites máximos permisibles de contaminación en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales entre otras normas ya mencionadas. Para determinar si los parámetros no sobrepasaban los límites permisibles, se realizaron mapas para la visualización de los parámetros dentro de la zona de estudio así mismo como gráficas para ver, a lo largo del tiempo, cuanto ha aumentado o disminuido la contaminación en el río Cupatitzio.

Los parámetros analizados fueron:

Turbiedad

Color

Temperatura del agua

Coliformes fecales

Ph del campo

Cloruros del agua

Grasas y Aceites



Demanda Biológica de oxígeno

Dureza del agua

Amoniaco

Nitratos

Nitritos

Nitrógeno total

Solidos disueltos totales

Sodio

Solidos suspendidos totales

Sulfatos

Demanda química de oxígeno

Solidos sedimentables

Solidos totales

Oxígeno disuelto

# DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

## LOCALIZACION

### Macro Localización: Política e Hidrológica

La zona en estudio se localiza, políticamente, en el estado de Michoacán, en los municipios de Uruapan, Zamora, Múgica, Parácuaro y Nuevo Parangaricutiro. Los cuales tienen como municipios colindantes, al Norte Charapan, Paracho, Los Reyes y Nahuatzen; al Este Tingambato, Ziracuaretiro, Taretan y Nuevo Urecho; al Sur La Huacana; y al Oeste Apatzingán, Tancitaro y Peribán. (Imagen 2)

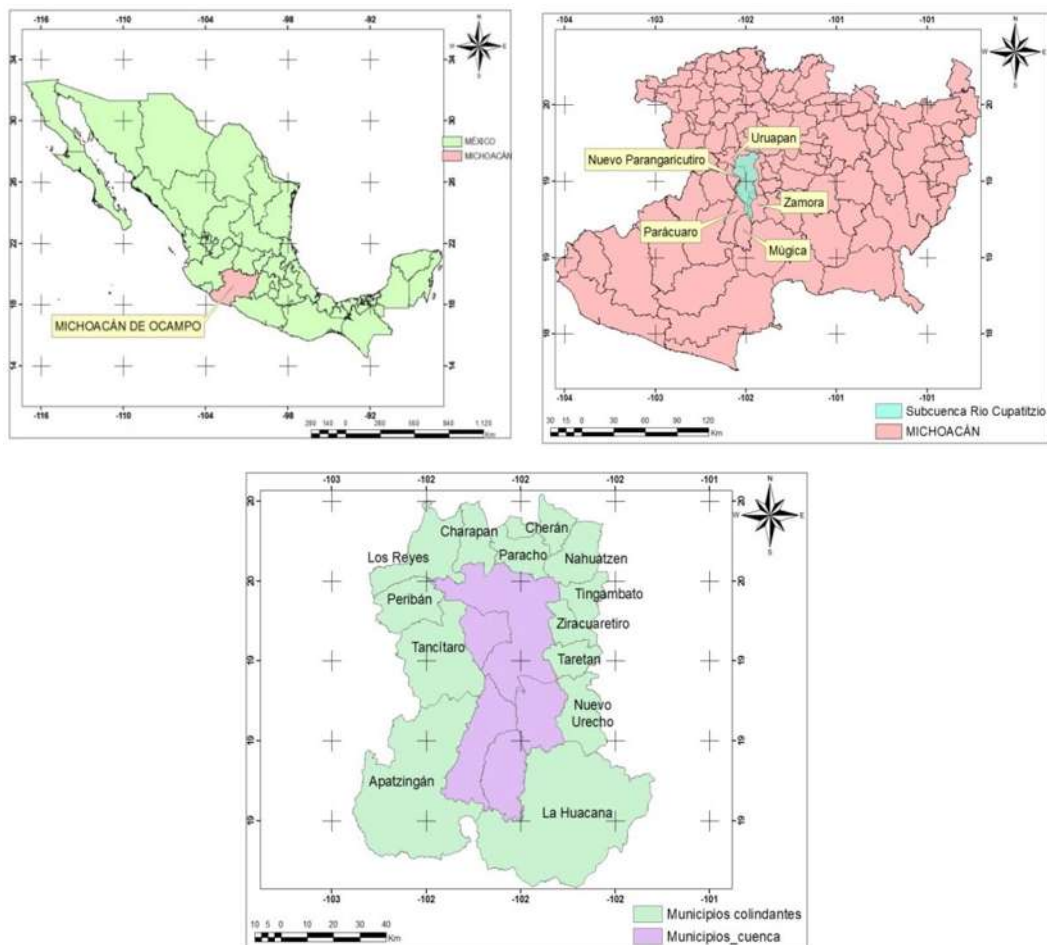


Imagen 2. Localización política

La zona en estudio, hidrológicamente, se localiza en la sub cuenca del Río Cupatitzio, la que pertenece a la cuenca Río Tepalcatepec-Infiernillo, cuenca de la sub región hidrológica del Bajo Balsas, y este a su vez a la Región Hidrológica No. 18 del Balsas. Se encuentra delimitada al norte con la cuenca Paracho-Nahuatzen; al este con la cuenca Río La Parota; al sur la cuenca Río El Márquez. El río Cupatitzio escurre en dirección de norte a sur, hasta entregar al río El Márquez. (Imagen 3)

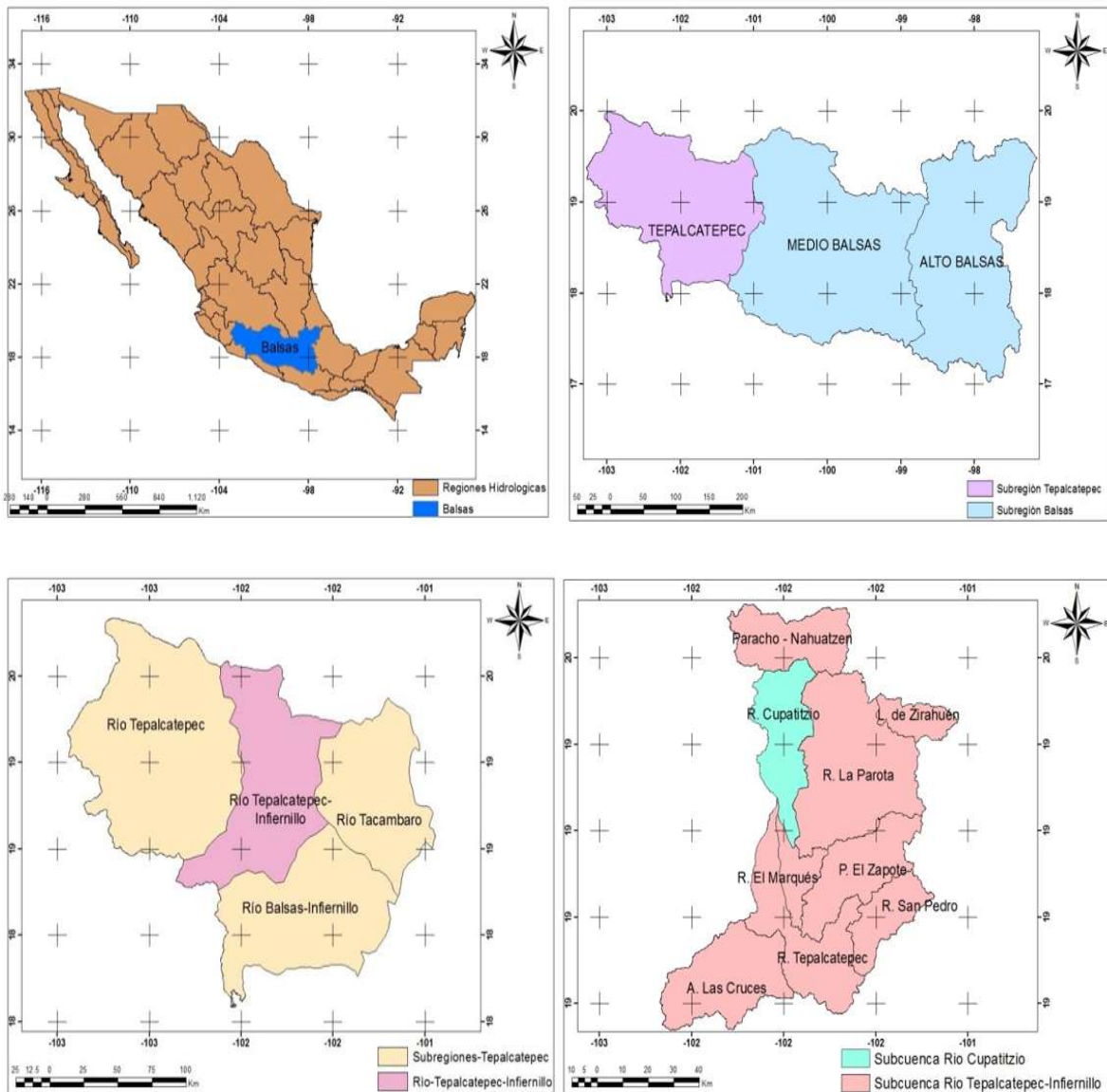


Imagen 3. Localización Hidrológica

## Micro Localización

El punto de salida de la cuenca en estudio, se ubica en las coordenadas geográficas  $19^{\circ} 03' 13.06''$  Latitud Norte y a los  $102^{\circ} 03' 47.84''$  de Longitud Oeste, a 2900 metros sobre el nivel del mar, al norte del municipio de Mújica, cerca del poblado Nueva Italia. (imagen 4).

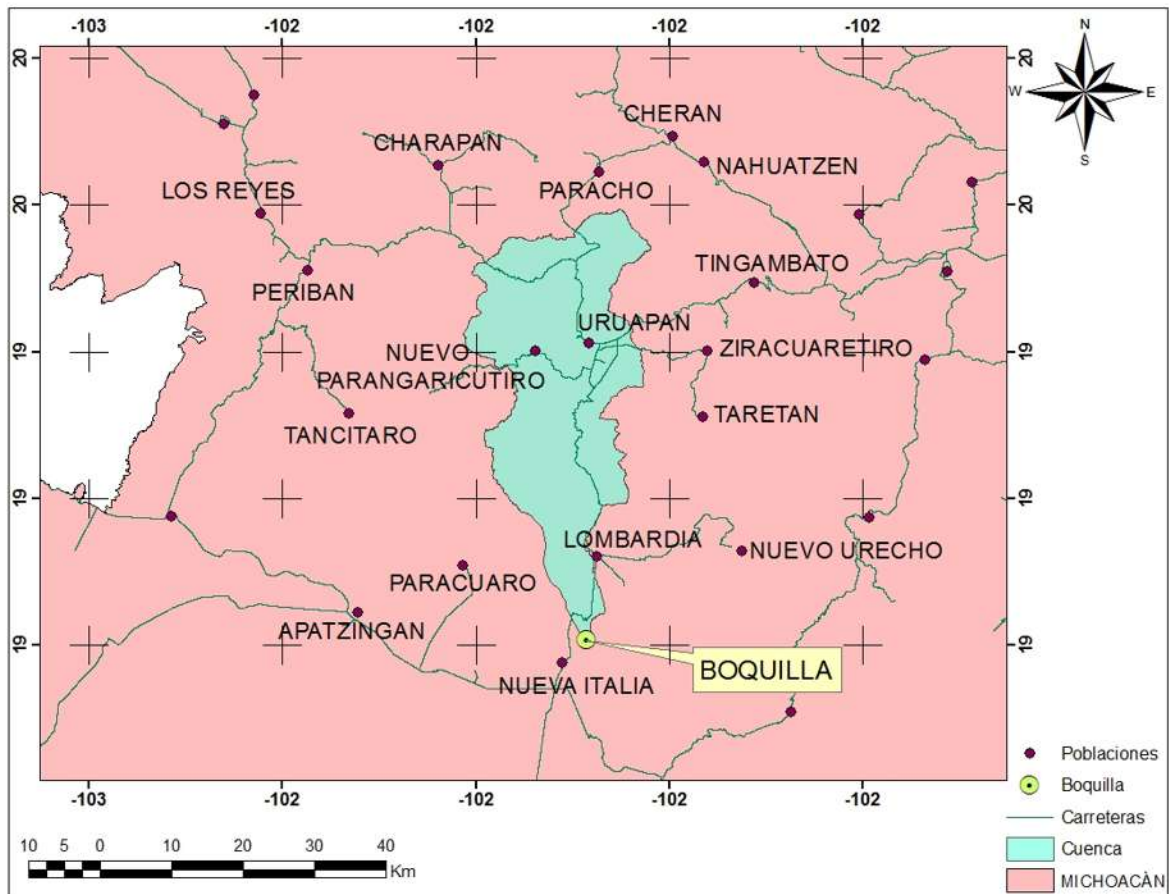


Imagen 4. Mapa de micro localización de la zona en estudio

## HIDROGRAFÍA DE LA ZONA DE ESTUDIO

La cuenca en estudio corresponde al río Cupatitzio y sus afluentes, los cuales son intermitentes; desemboca en el río El Marqués.

Los diversos estudios hidrológicos a efectuar corresponden a la cuenca del río Cupatitzio o desde su origen hasta la ubicación de la boquilla.

Los ríos cercanos son: al Este el río Caninzio, río La Guacamaya y río Cajones; al Sur río El Marqués; al Oeste río El Cortijo. (Imagen 5)

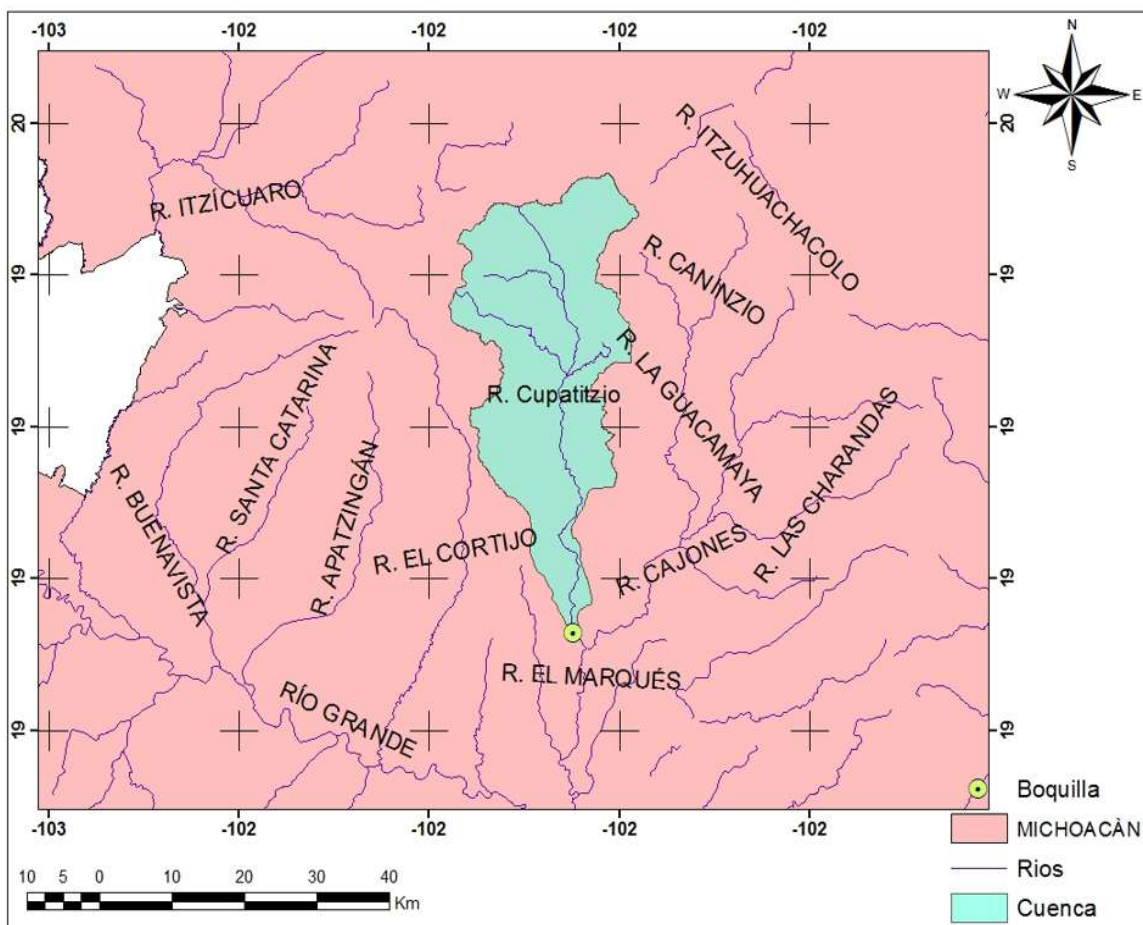


Imagen 5. Mapa de Hidrografía de la zona en estudio

# EVALUACIÓN HISTÓRICA DE LA CANTIDAD DEL AGUA

---

## *CARACTERÍSTICAS DE LA CUENCA*

Para la determinación de las características de la cuenca es necesario primero generar la cuenca al punto de estudio, esto es trazar el parteaguas al punto indicado. Se decidió descargar la cuenca de la página del INEGI ya que al realizar el trazo del parteaguas con apoyo de ARCGIS no coincidía con la forma de la cuenca delimitada por INEGI (imagen 6), sin embargo los Modelos Digitales de Elevación (MDE) de la zona en estudio, corresponden a las cartas E13b29, E13b39, E13b49, E14b21, E14b31 y E14b41 a escala 1:250,000.

Luego de trazada la cuenca, se procedió a determinar las características geomorfológicas de la misma con las extensiones de ARCGIS.

El **área** de la cuenca es de 781.55 km<sup>2</sup> de acuerdo a lo indicado en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, el tipo de cuenca es **Intermedia – Grande**. El **perímetro** de la cuenca está alrededor de los **180.52 km**, y su **longitud** está en **83.71 km**.

**Tabla 1. Clasificación de las cuencas respecto a su tamaño**

<b>Tamaño de la cuenca Km<sup>2</sup></b>	<b>Descripción</b>
< 25	Muy pequeña
25 a 250	Pequeña
250 a 500	Intermedia – Pequeña
500 a 2500	Intermedia – Grande

2500 5000	a	Grande
>5000		Muy Grande

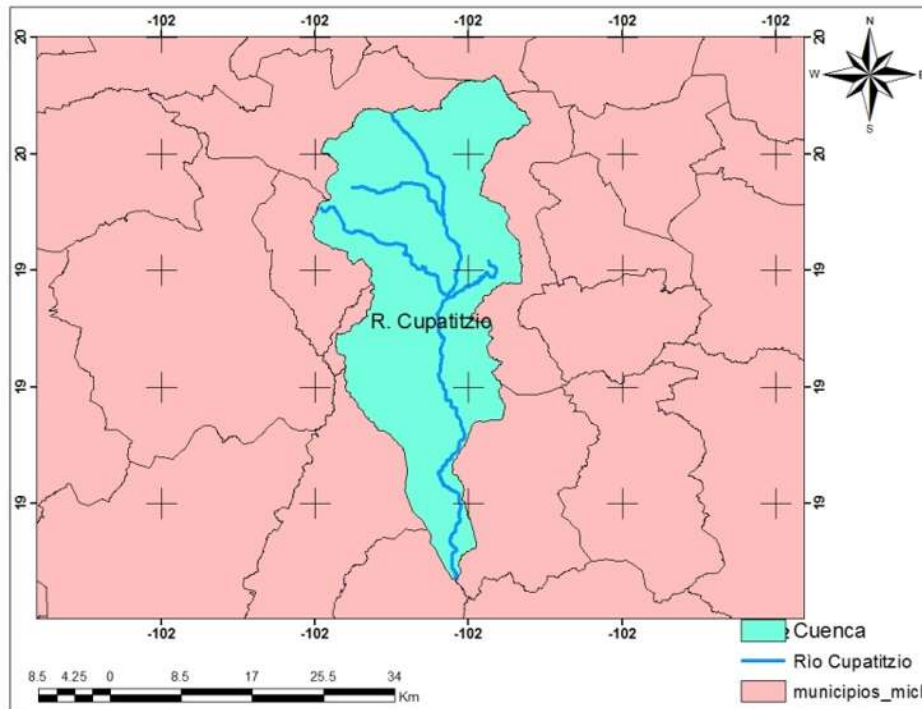


Imagen 6. Mapa de la cuenca del río Cupatitzio en estudio.

### *FORMA DE LA CUENCA*

La forma de la cuenca del río Cupatitzio se puede deducir con el apoyo de indicadores: **el índice de forma**, llamado también factor de forma es de **0.112**, cuando tiende a cero, como es el caso la cuenca, tiende a ser alargada; **el coeficiente de compacidad** también define la forma de la cuenca y para la cuenca se tiene el valor de **1.82605**, que nos indica una cuenca alargada; y la **relación de elongación** es otro índice que define la forma de la cuenca, el valor para la cuenca es de **0.4275**, mantiene un valor menor a la unidad e indicando también una cuenca alargada como se puede ver en la imagen 6. La forma alargada de la cuenca nos da la idea de un tiempo de concentración grande comparado con el tiempo de concentración de cuencas redondeadas, o con cuencas con índices de forma cercanos a 1. Esto

se traduce a confirmar que la respuesta en la cuenca es más lenta que la una cuenca redonda.

### *LONGITUD Y PENDIENTE DE LA CORRIENTE PRINCIPAL*

La longitud de la corriente principal es de 83.71km.

La pendiente de la corriente principal resulto de 3.085%. Datos obtenidos de INEGI.

### *PENDIENTE DE LA CUENCA*

La pendiente media de la cuenca es de 10.904% de acuerdo a lo calculado con la extensión de arcgis. Esta pendiente media se visualiza espacialmente en el mapa de la imagen 7, que nos permite validar visualmente una **pendiente media** de la cuenca del **10.904%**.

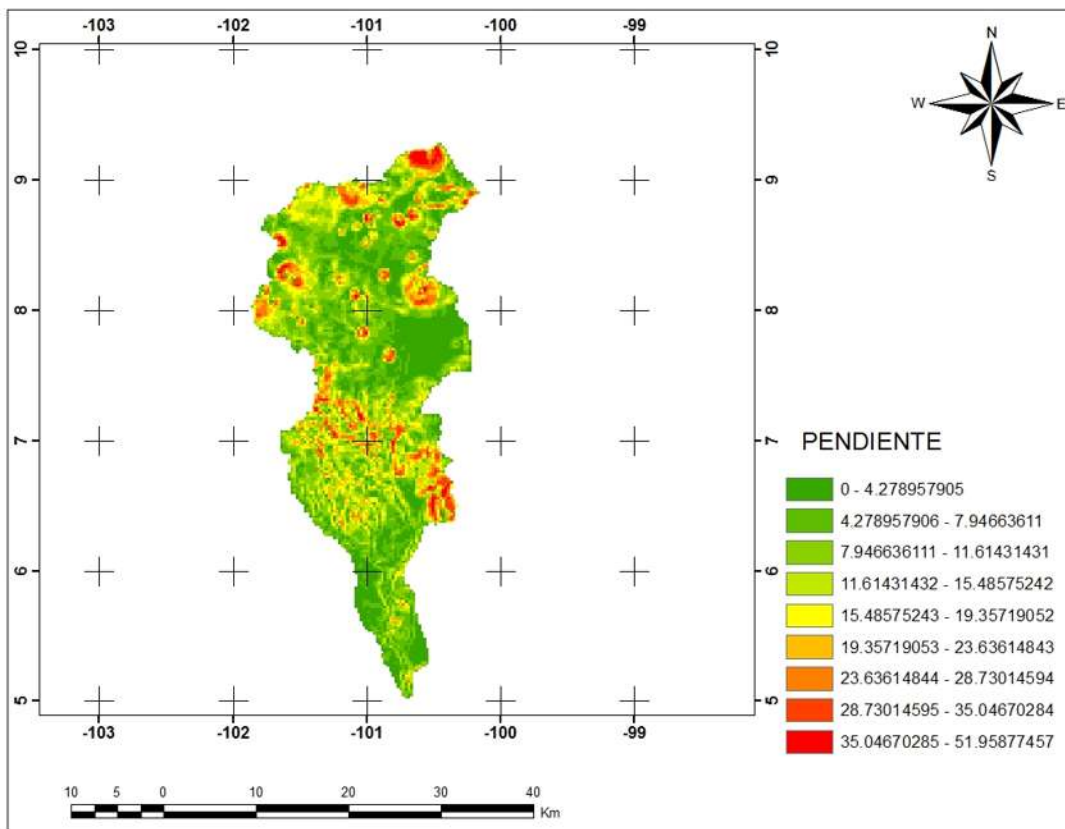


Imagen 7. Mapa de Pendientes de la Cuenca del Río Cupatitzio



## *ELEVACIONES DE LA CUENCA*

La **elevación media** de la cuenca es de **1859.62 msnm**. La elevación mínima es de 379.242 msnm y la elevación máxima es de 3340 msnm. Dichas elevaciones se pueden apreciar claramente en el mapa de la imagen 8

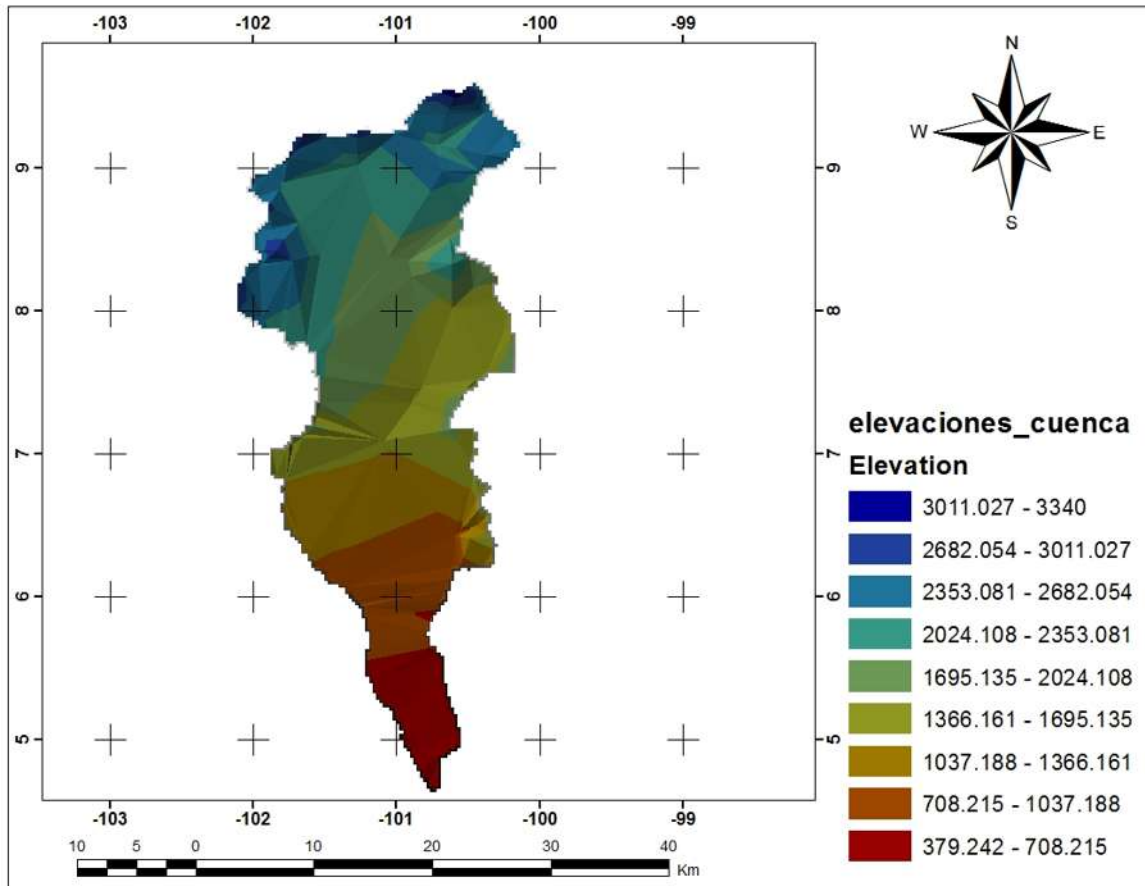


Imagen 8. Mapa de elevaciones de la cuenca del Río Cupatitzio

## PRECIPITACION

Para la precipitación se localizó las estaciones climatológicas más próximas a la cuenca teniendo los datos de precipitación de estas se pasó a realizar un llenado de datos faltantes de dichas estaciones por medio del programa GDCLIMEX el cual nos entrega las estaciones llenas y una tabla de correlación entre ellas para poder hacer la selección de las estaciones con más datos, con la mayor correlación y las más cercanas a la cuenca.

En la siguiente tabla se muestran todas las estaciones que fueron localizadas más próximas a la cuenca y de las cuales posteriormente se hizo la selección.

ESTACION	NOMBRE	LONGITUD	LATITUD	PREC. ANUAL MEDIA
16006	Antunez, Paracuaro	789554.832	2101208.032	694.095102
16015	Carapan, Chilchota	808949.461	2199468.206	960.51
16032	Charapan, Charapan	793536.419	2180703.016	1239.684545
16053	Ingenio San Sebastian	753573.7	2165358.68	1003
16056	Jicalan, Uruapan	813346.266	2145915.284	1421.695556
16062	La huacana, La huacana	205149.056	2099519.053	871.9715152
16064	La pastoria, Nueva Italia	808957.971	2094209.023	653.8440741
16072	Los chorros del varal	804403.168	2158725.919	896.555
16082	Nueva Italia, Zaragoza	805297.056	2105227.57	673.742449
16085	Paracuaro, Paracuaro	803263.63	2119929.14	928.3102381
16089	Planta H. el cobano, G.Z	813757.843	2121989.124	885.3441935
16088	Periban, Periban	769401.609	2160051.114	1349.388667
16127	Taretan, Taretan	193497.853	2140258.388	1127.538158
16138	Uruapan, Uruapan (DGE)	808026.338	2149591.209	1500.790417
16146	Zirahuen, Villa escalante	211292.99	2154811.541	1116.392
16147	Ziritzicuaro, La huacana	815706.99	2112715.205	1116.392
16149	Apatzingan, Apatzingan	778852.337	2112120.621	823.1976471
16142	Zacapu, Zacapu	208459.817	2193632.444	862.9868421
16156	Charapendo, G. Zamora	808152.536	2142169.867	1210.378824
16164	Uruapan, Uruapan (SMN)	808026.338	2149591.209	1608.488529
16165	Uruapan, Uruapan (CFE)	808026.338	2149591.209	1493.405526
16168	Año de rosales (SMN)	738364.069	2124508.634	988.704
16188	Tirindaro, Zacapu	21828.816	2188037.957	745.6806452
16212	Barranca de Cupatitzio	806250.928	2155100.926	1510.077368
16216	Buenavista, Buenavista	752354.651	2124696.128	769.7152632
16240	El pueblito, Zacapu	194413.117	2193869.517	911.6577778
16251	Palamban, Tangancicuaro	791419.519	2200942.559	907.8916
16515	La sandra, Patzcuaro	219640.624	2130642.127	1024.154074
16011	Buenavista, Buenavista	757769.962	2113696.429	571.5833333
16026	Cuatro caminos, Nueva Italia	805359.165	2101461.719	795.7189796
16012	Cajones, Gabriel Zamora	191566.456	2125555.067	816.3794595
16062	La huacana, La huacana	205149.056	2099519.053	878.1715152

Tabla 2. Estaciones climatológicas

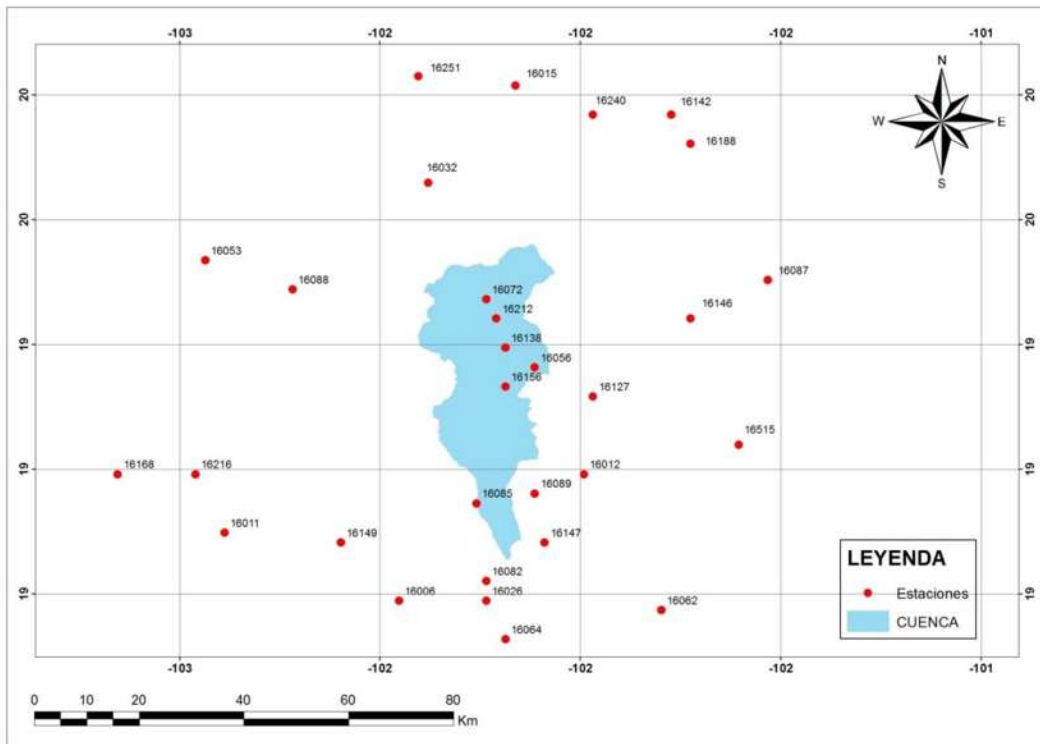


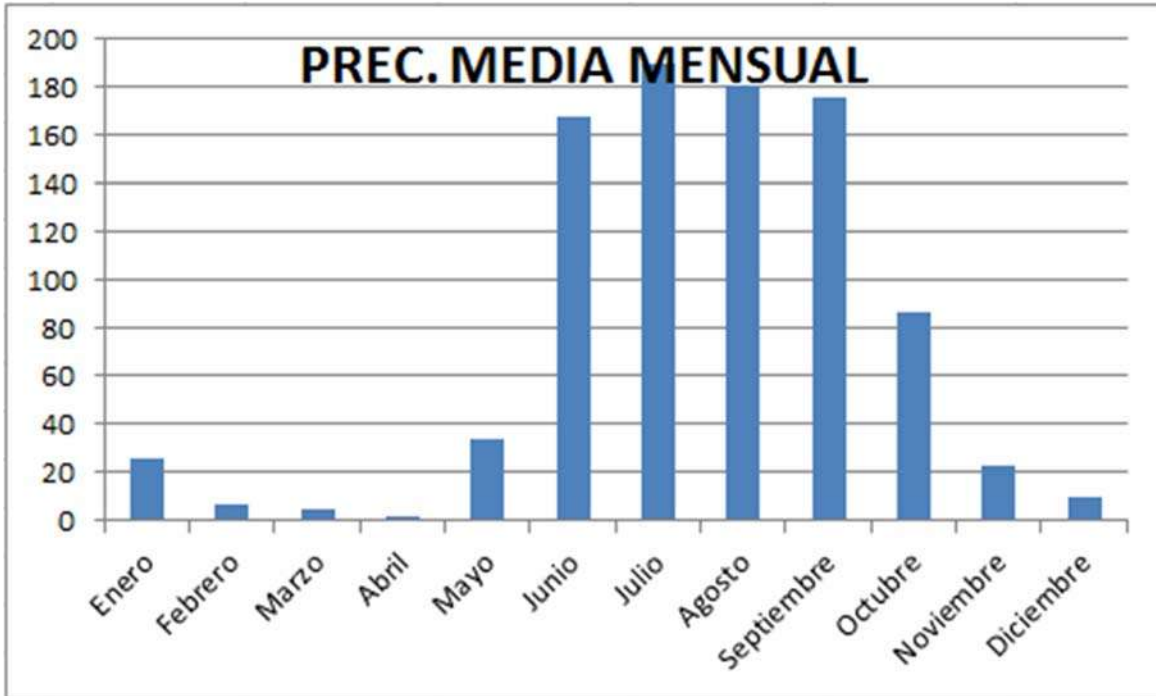
Imagen 9. Estaciones climatológicas

Espacialmente las estaciones se encuentran alrededor de la cuenca en estudio como se muestra en el siguiente mapa y se puede observar que existen estaciones dentro de la cuenca que es muy útil para la obtención de la precipitación media anual de todas estas solo se seleccionaron algunas estaciones que son las que nos sirven, tales estaciones son las más cercanas a la cuenca.

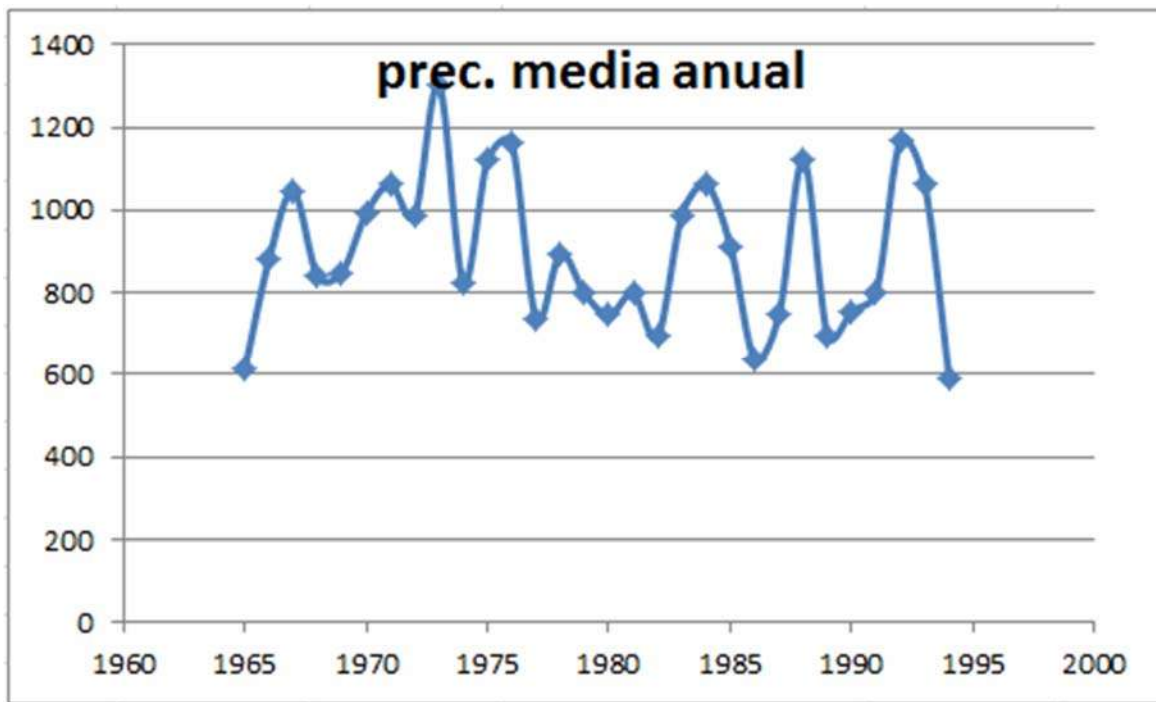
Las siguientes estaciones son las que se consideraron las mejores para el cálculo de la precipitación media anual y para poder realizar los polígonos de Thiesen así como las isoyetas.

Se presentarán las gráficas de la precipitación media anual y precipitación media mensual de cada estación seleccionada.

Estación 16072 Los chorros del varal

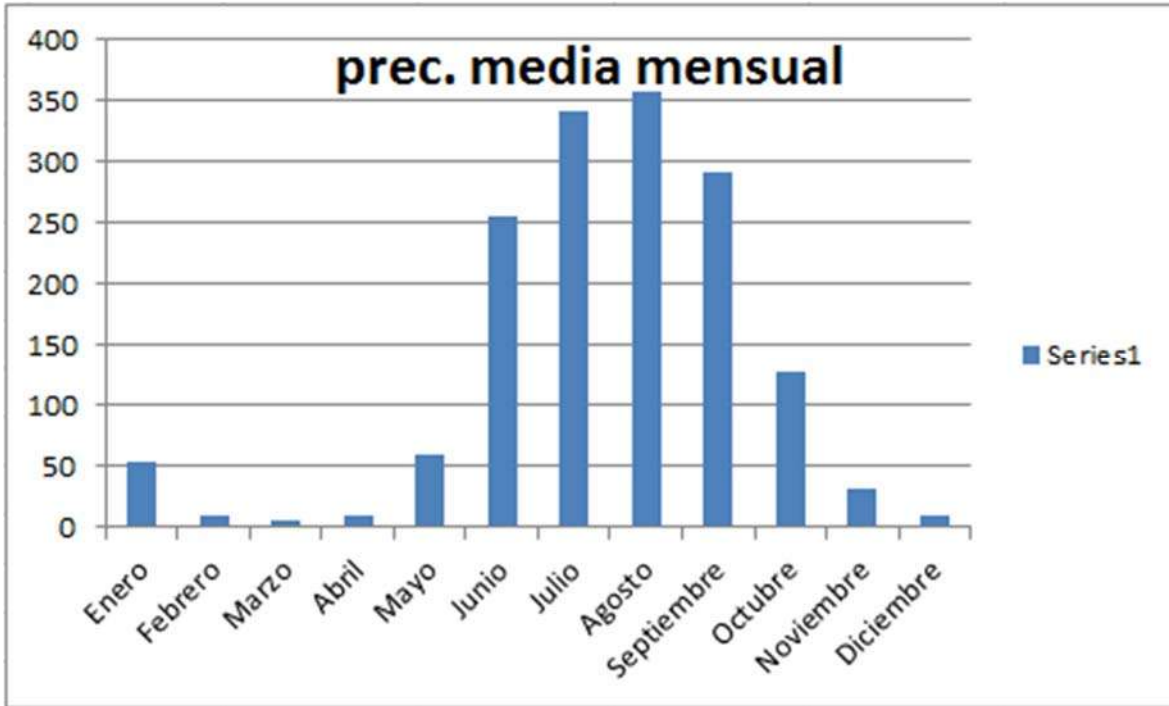


Grafica 1. Precipitación Media mensual estación 16072

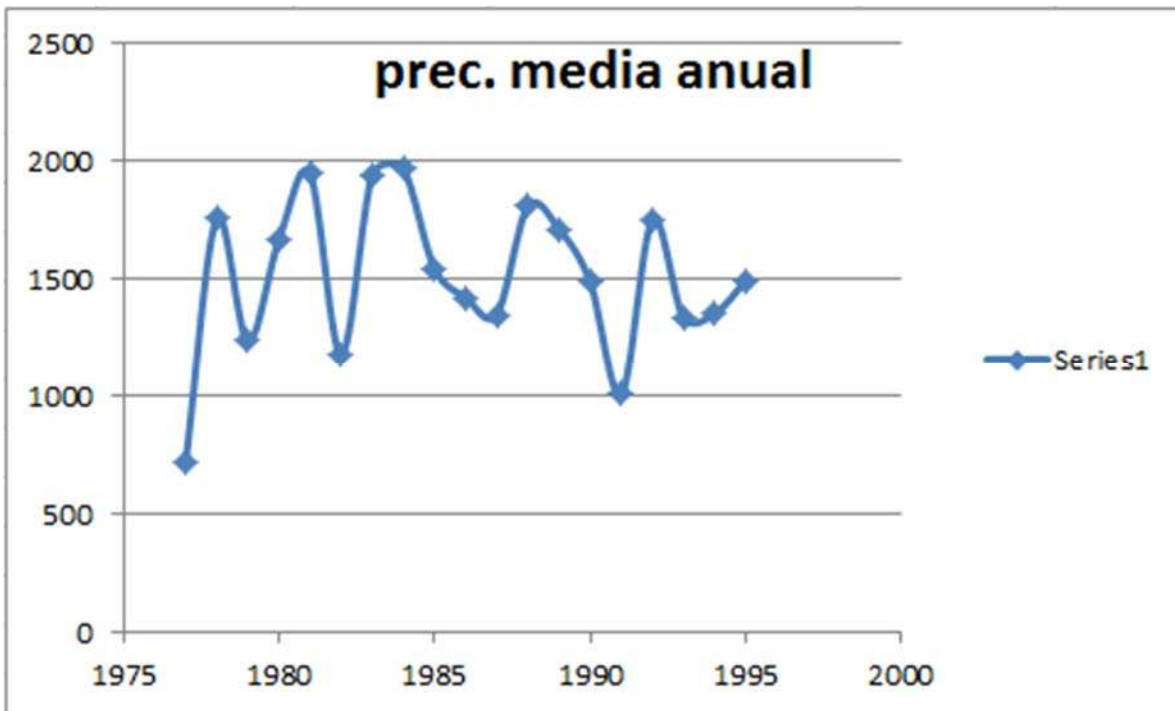


Grafica 2. Precipitación media anual estación 16072

### Estación 16212 "Barranca del Cupatitzio"

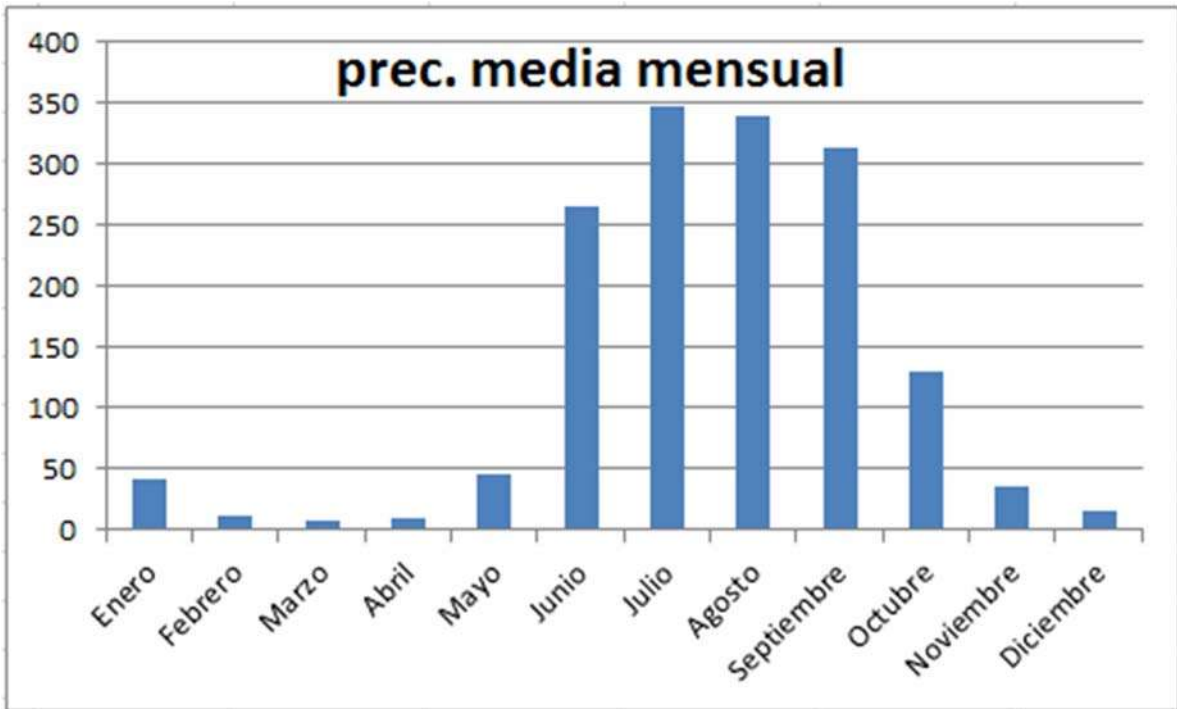


Grafica 3. Precipitación media mensual estación 16212

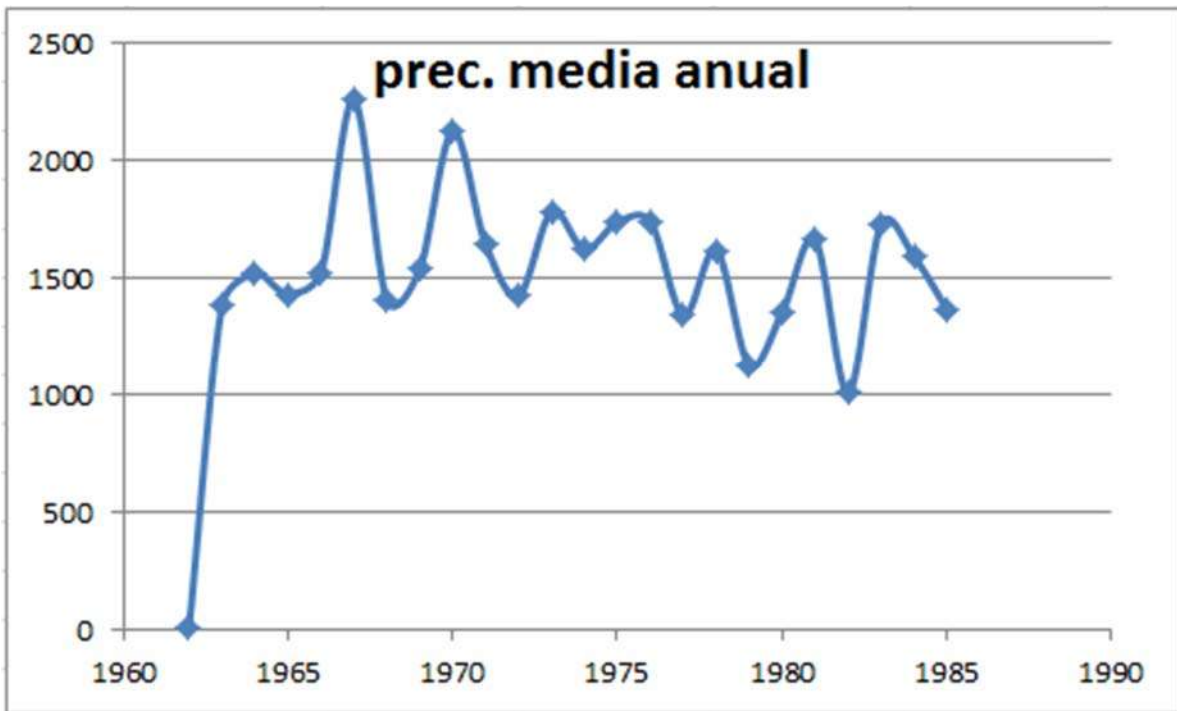


Grafica 4. Precipitación media anual estación 16212

Estación 16138 "Uruapan, Uruapan (DGE)"

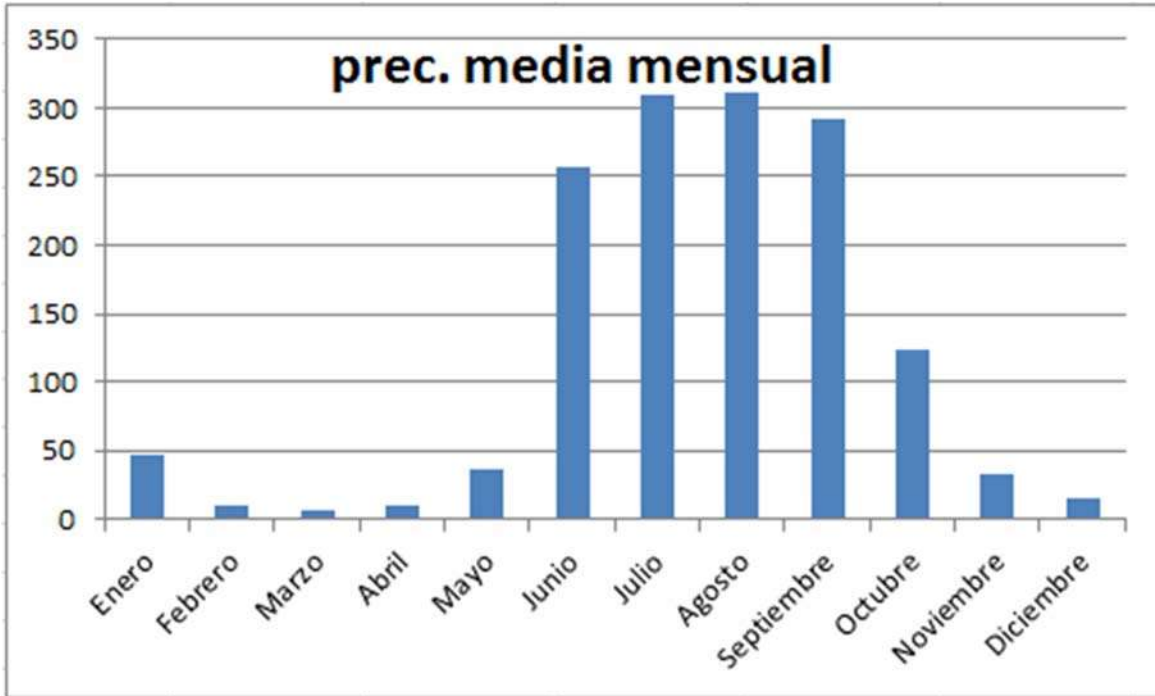


Grafica 5. Precipitación media mensual estación 16138

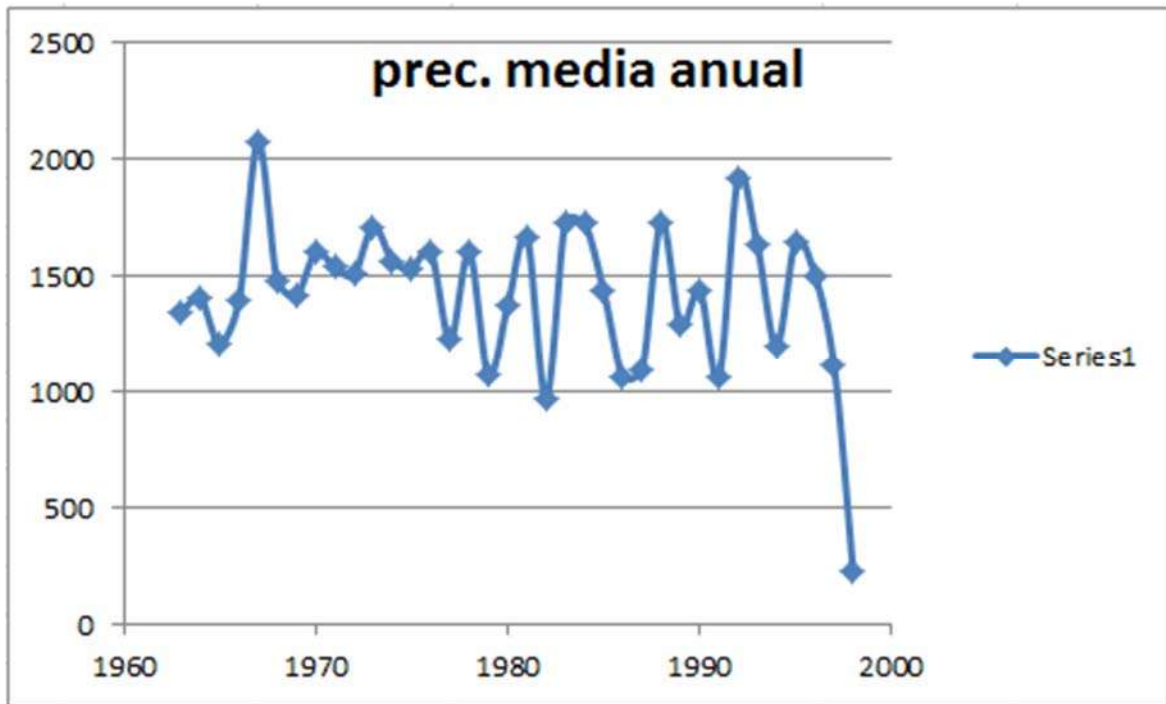


Grafica 6. Precipitación media anual estación 16138

Estación 16056 "Jicalan, Uruapan"

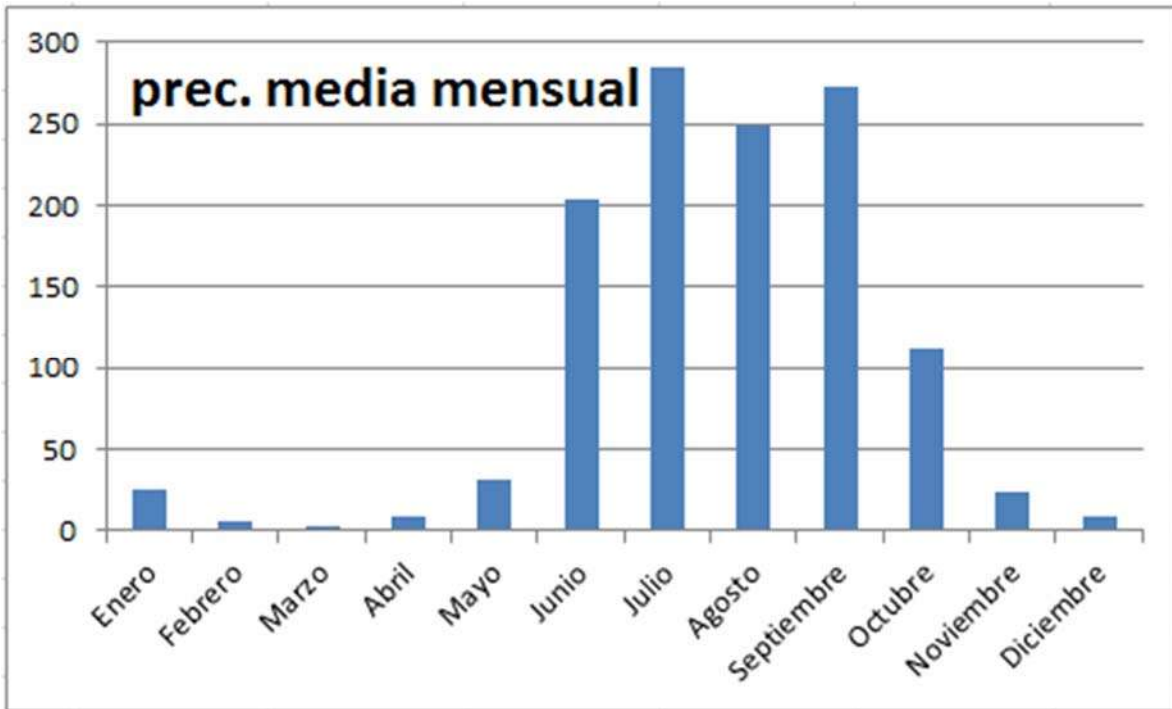


Grafica 7. Precipitación media mensual estación 16056

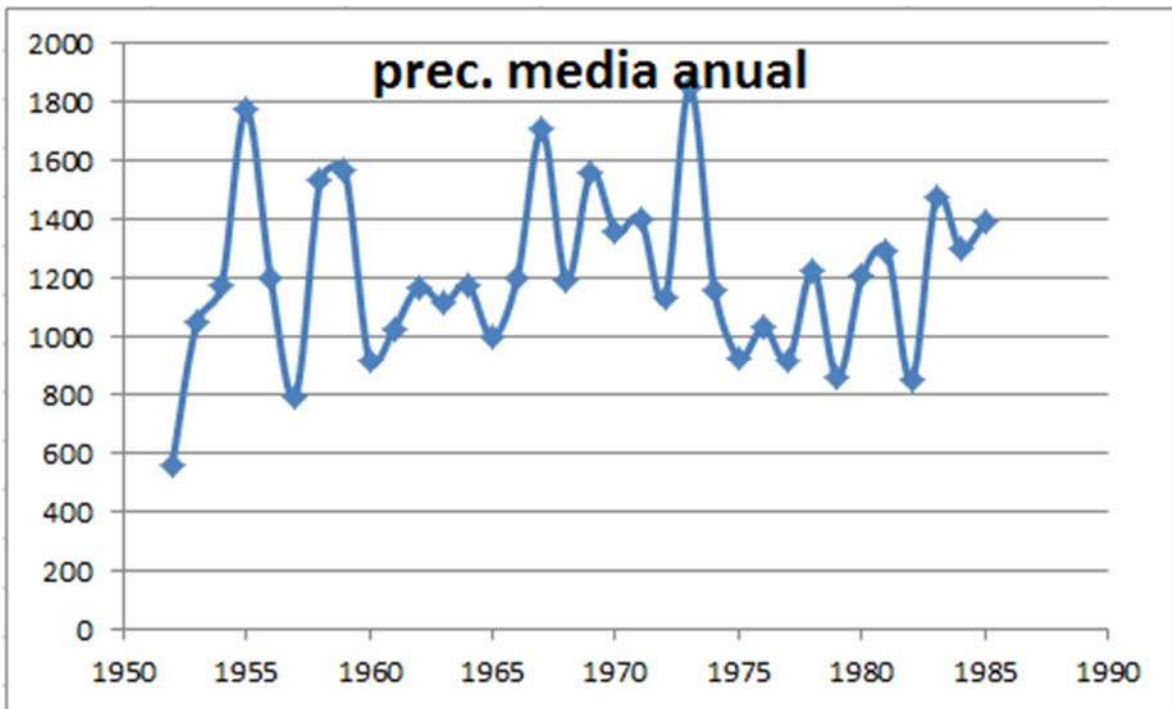


Grafica 8. Precipitación media anual estación 16056

Estación 160156 "Charapendo G. Zamora"



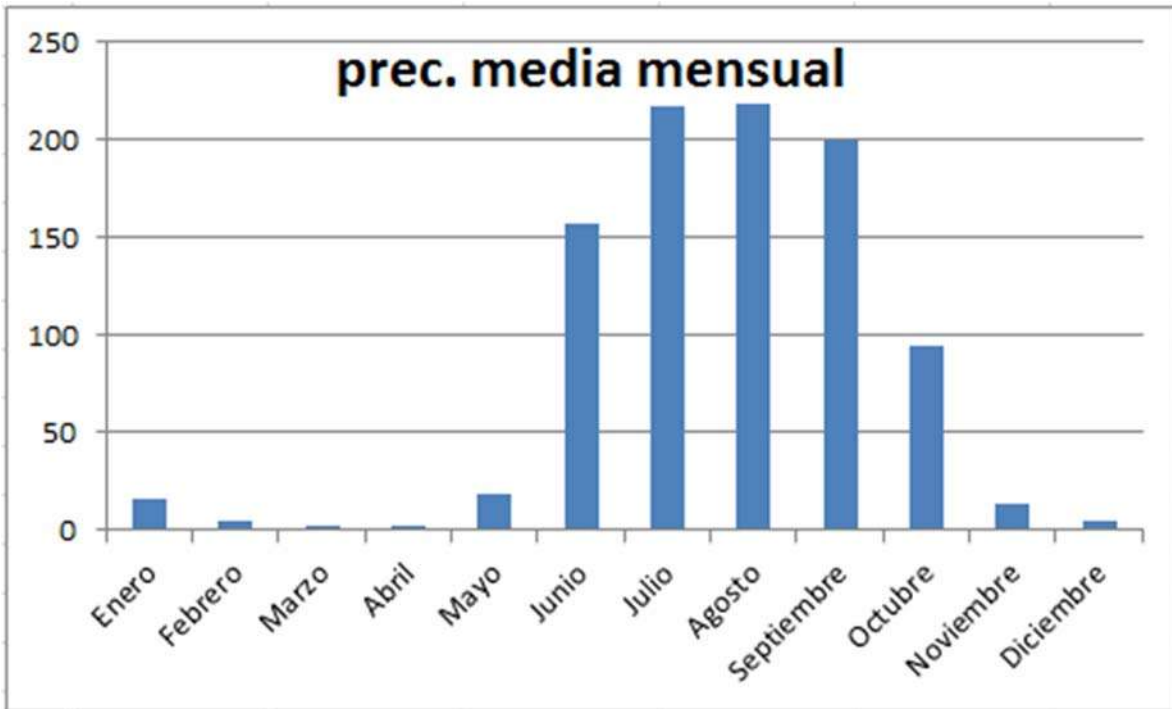
Grafica 9. Precipitación media mensual estación 160156



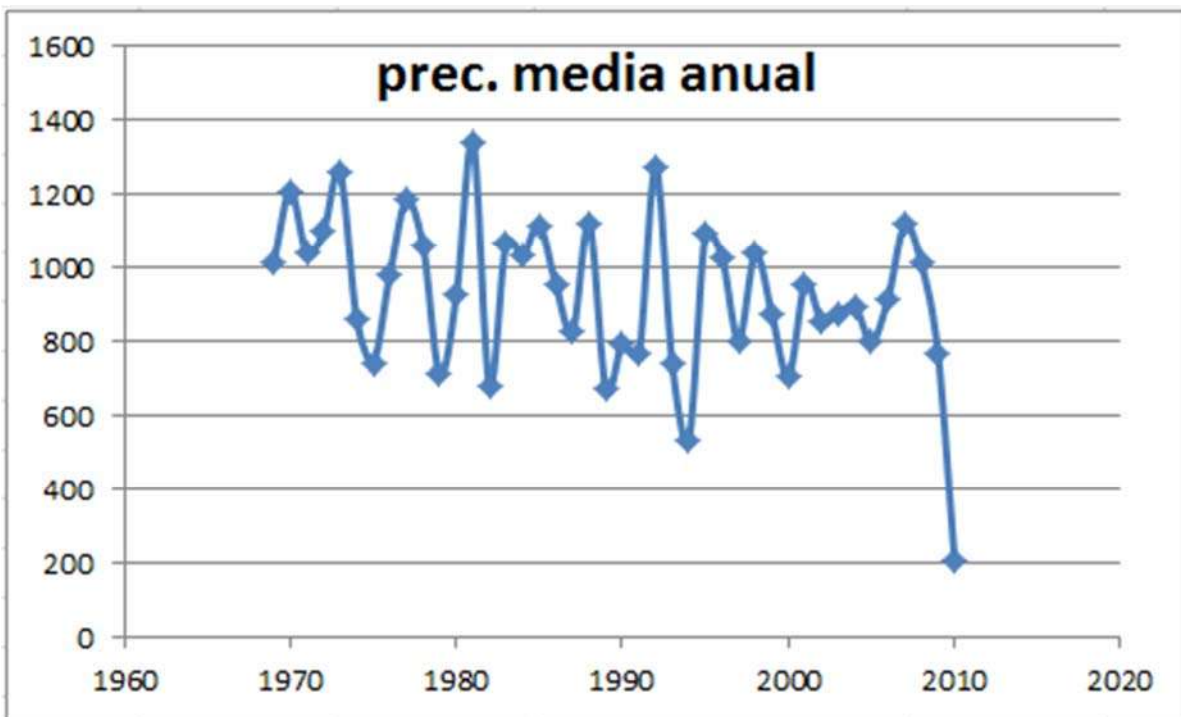
Grafica 10. Precipitación media anual 160156



### Estación 16085 "Paracuaro, Paracuaro"

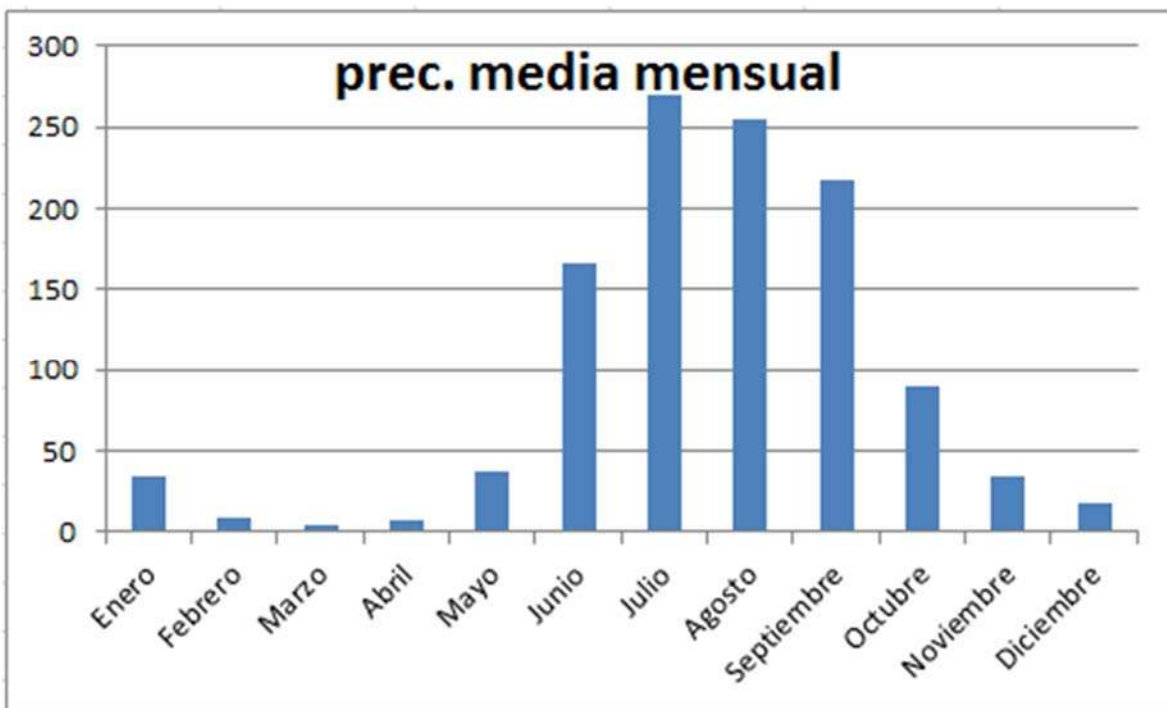


Grafica 11. Precipitación media mensual estación 16085

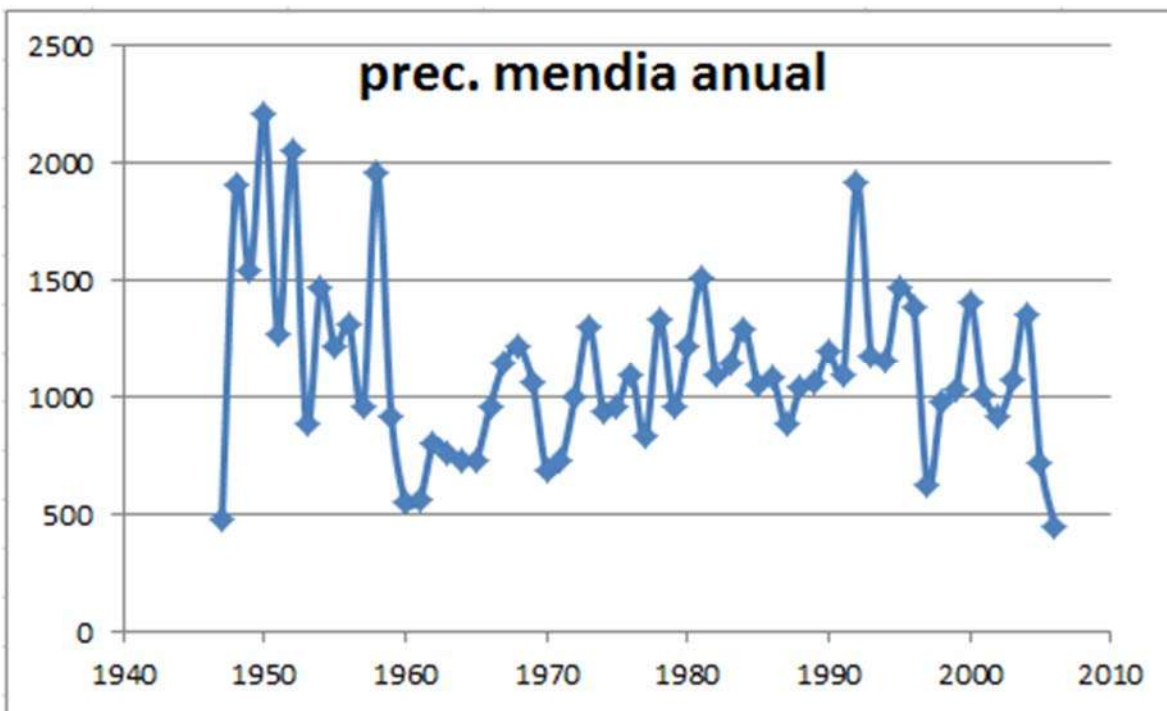


Grafica 12. Precipitación media anual estación 16085

Estación 16147 "Ziritzicuaró, La huacana"

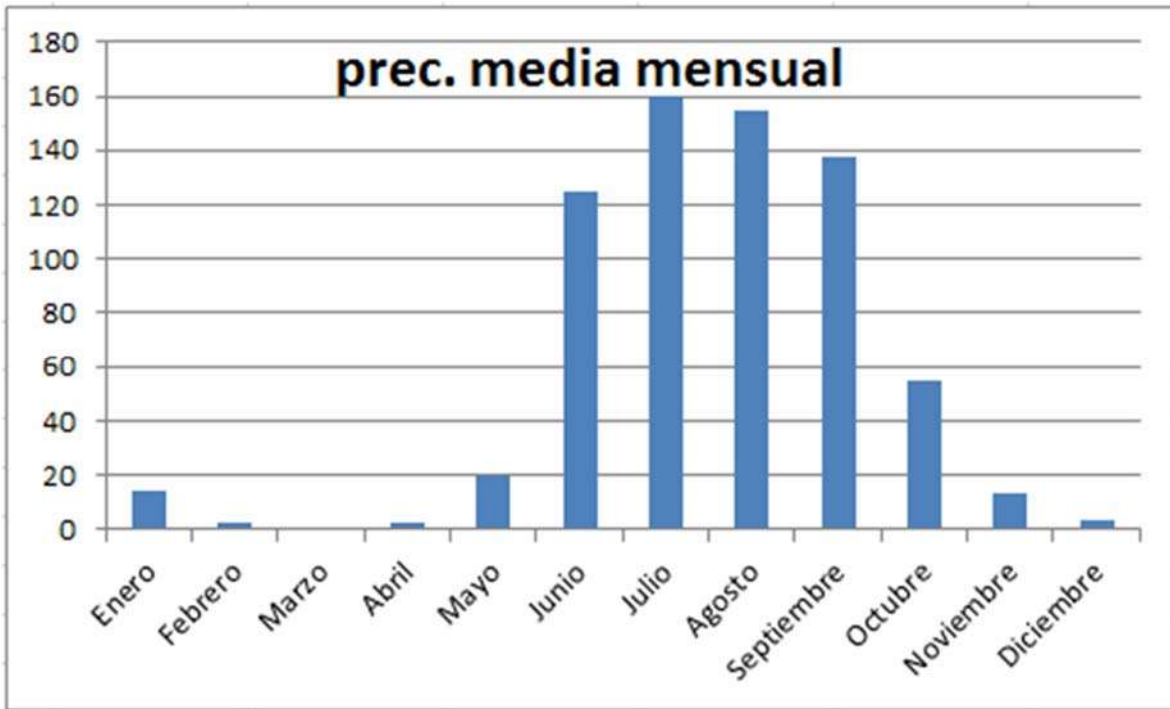


Graficas 13. Precipitación media mensual estación 16147

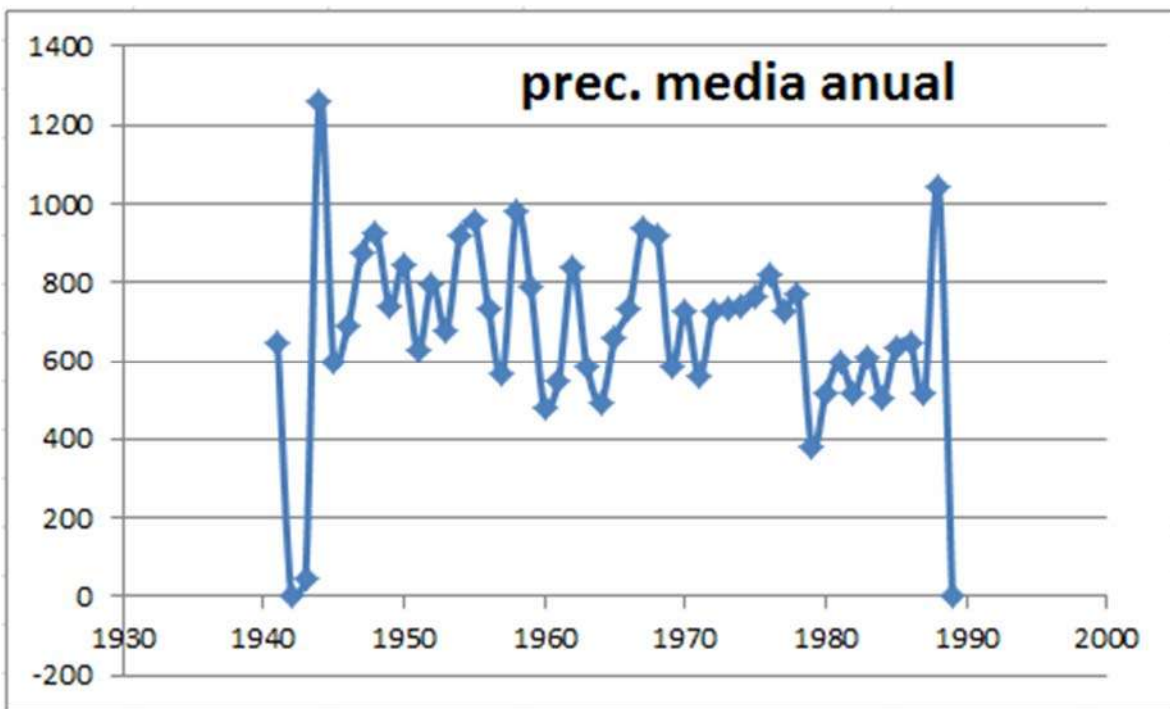


Grafica 14. Precipitación media anual estación 16147

## Estación 16082 "Nueva Italia, Zaragoza"

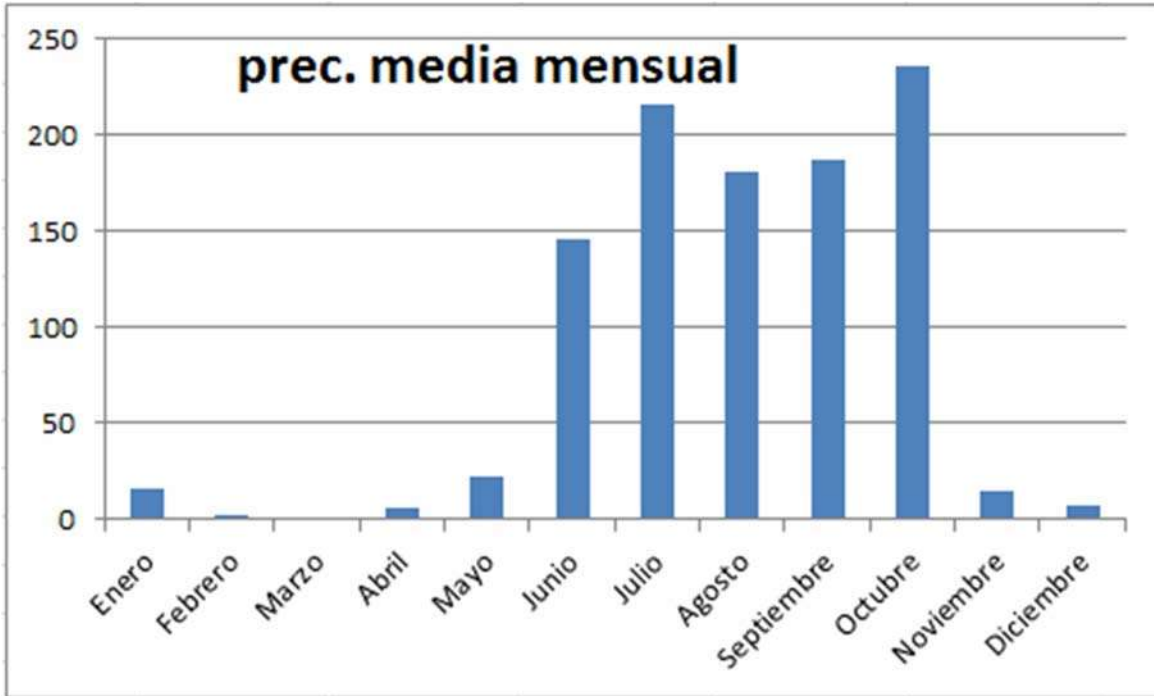


Grafica 15. Precipitación media mensual estación 16082

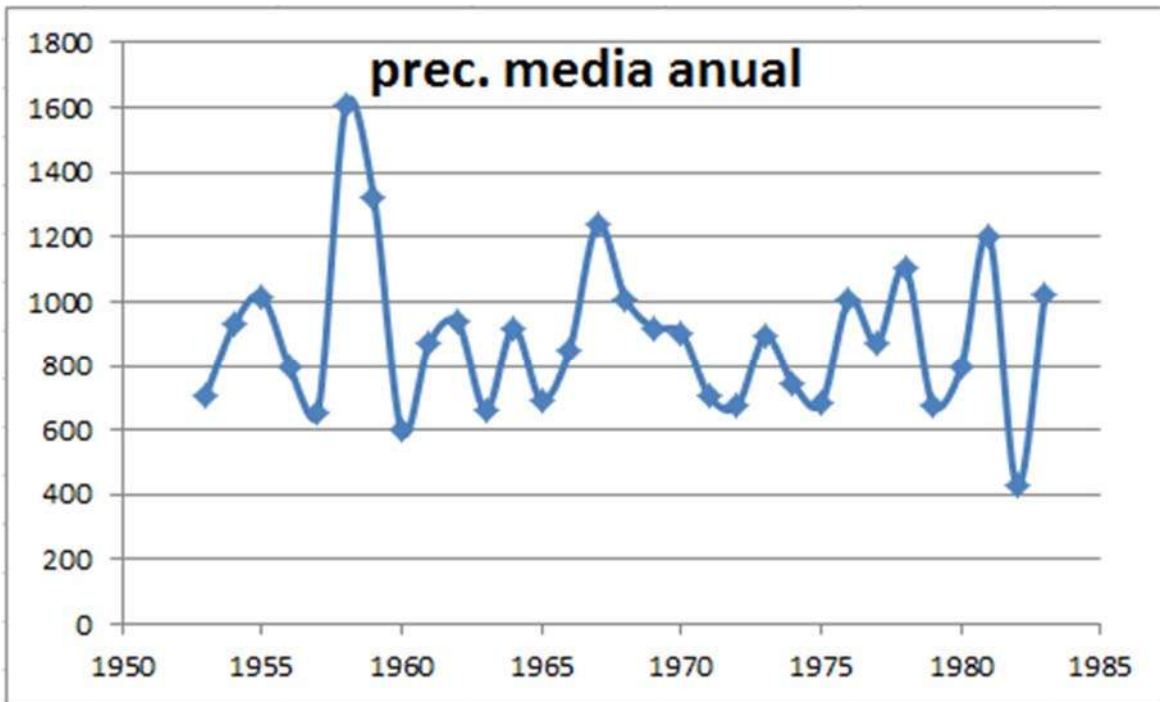


Grafica 16. Precipitación media anual 16082

Estación 16089 "Planta H. El cobano G.Z."

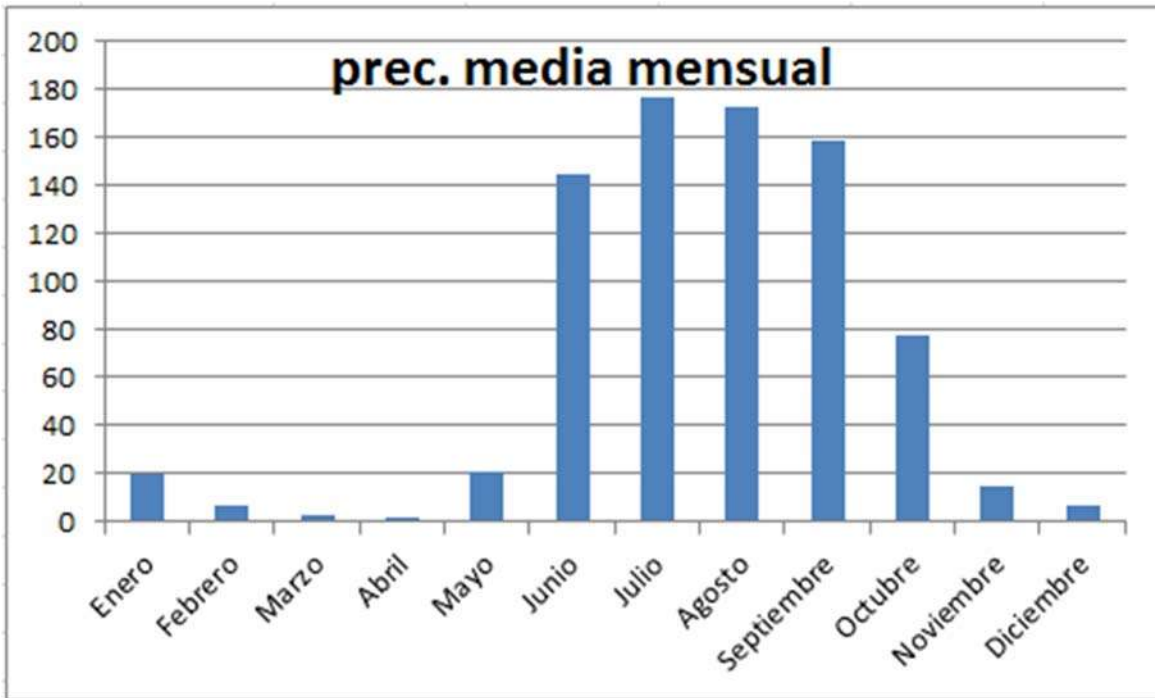


Grafica 17. Precipitación media mensual estación 16089

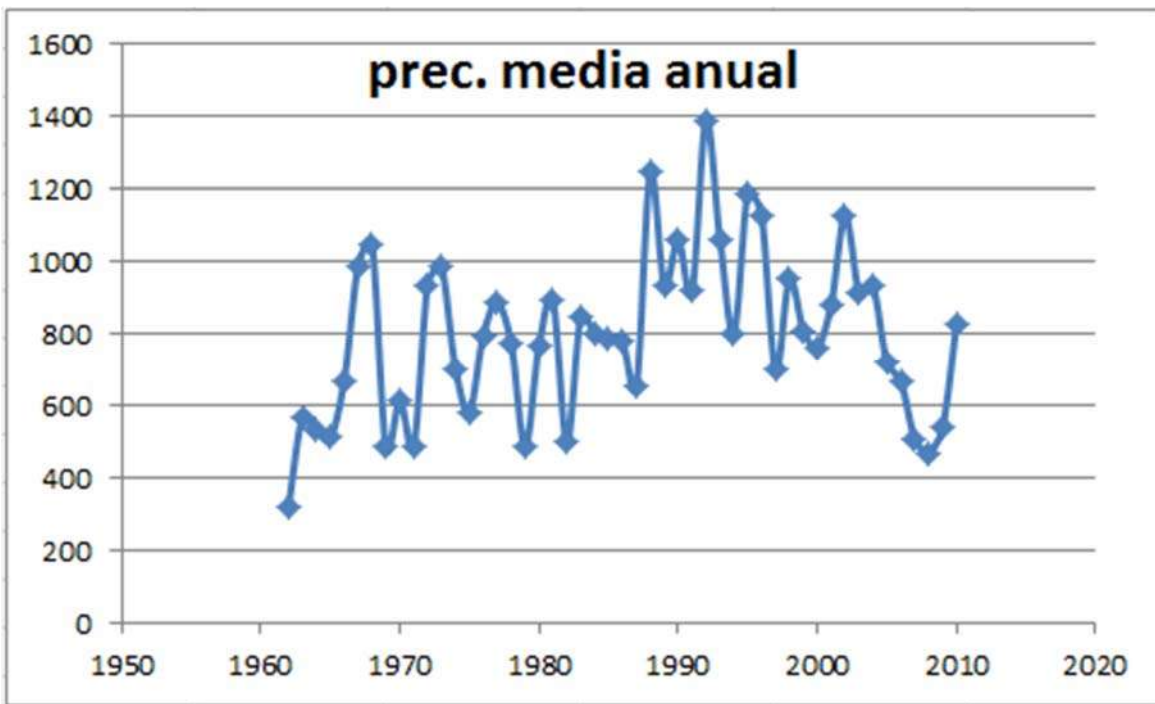


Grafica 18. Precipitación media anual estación 16089

Estación 16026 "Cuatro Caminos, Nueva Italia"

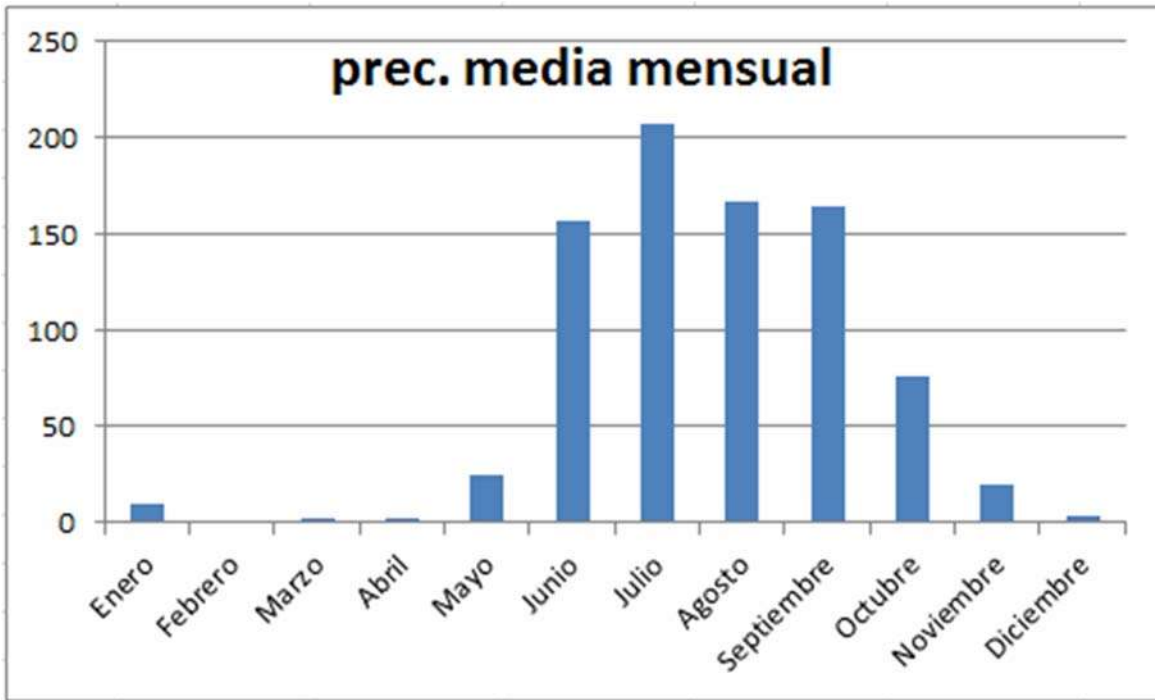


Grafica 19. Precipitación media mensual estación 16026

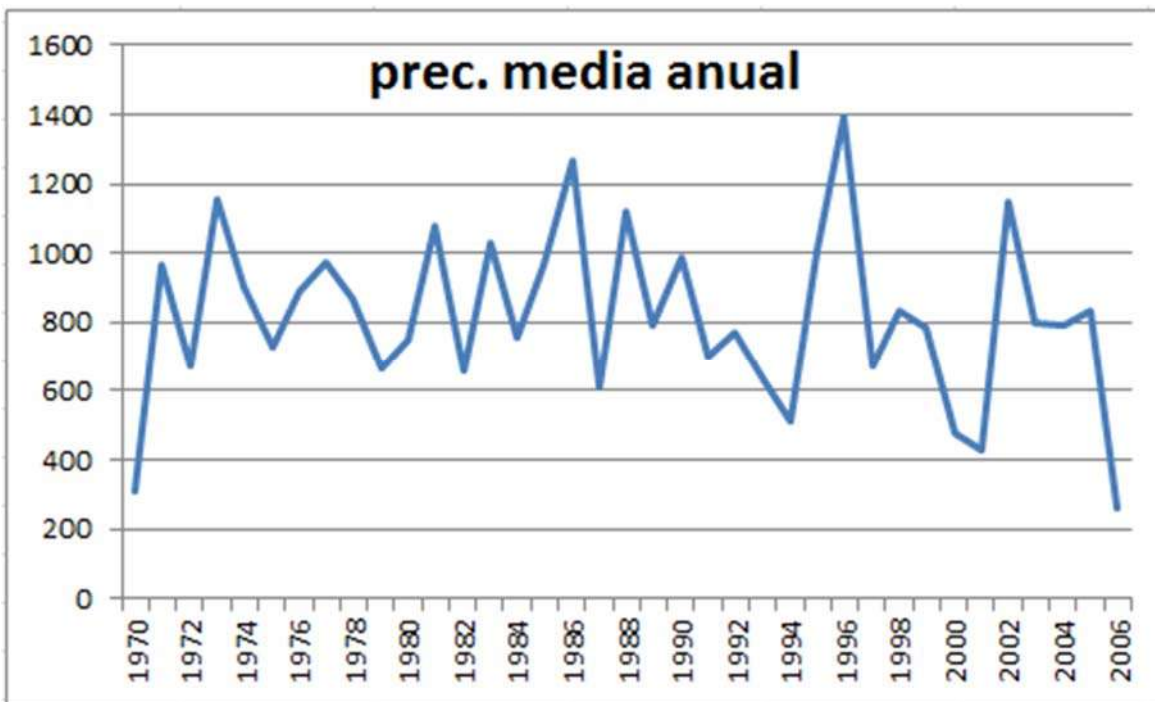


Grafica 20. Precipitación media anual estación 16026

Estación 16012 "Cajones, Gabriel Zamora"

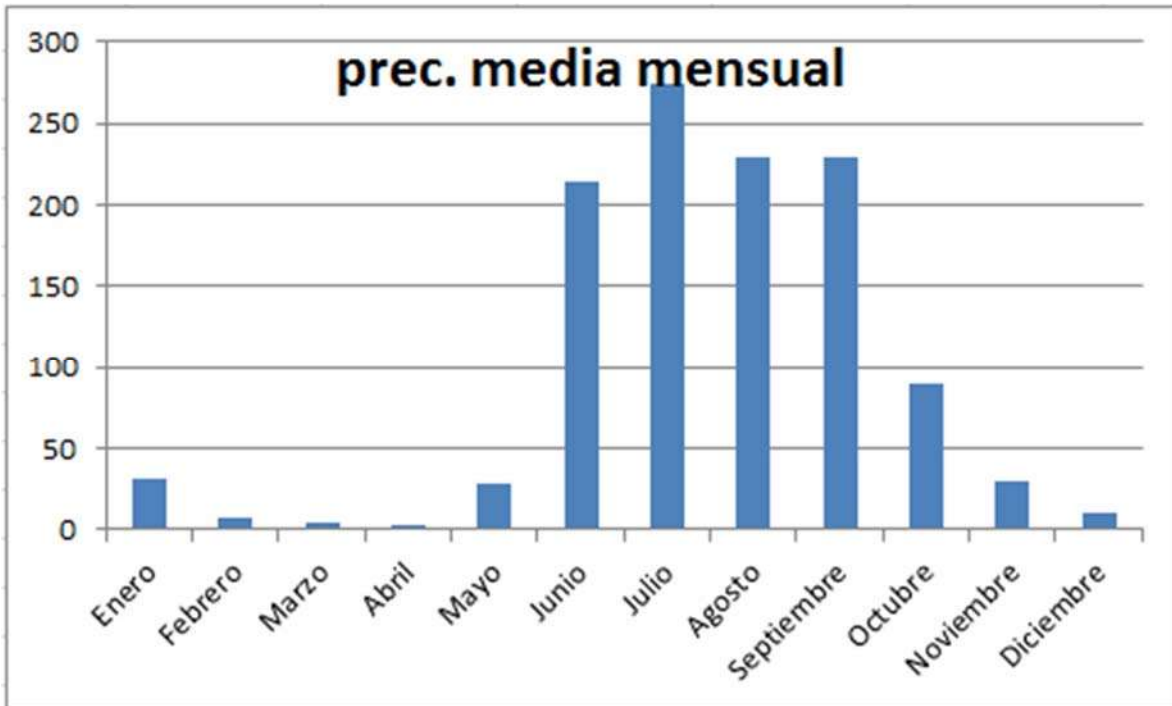


Grafica 21. Precipitación media mensual estación 16012

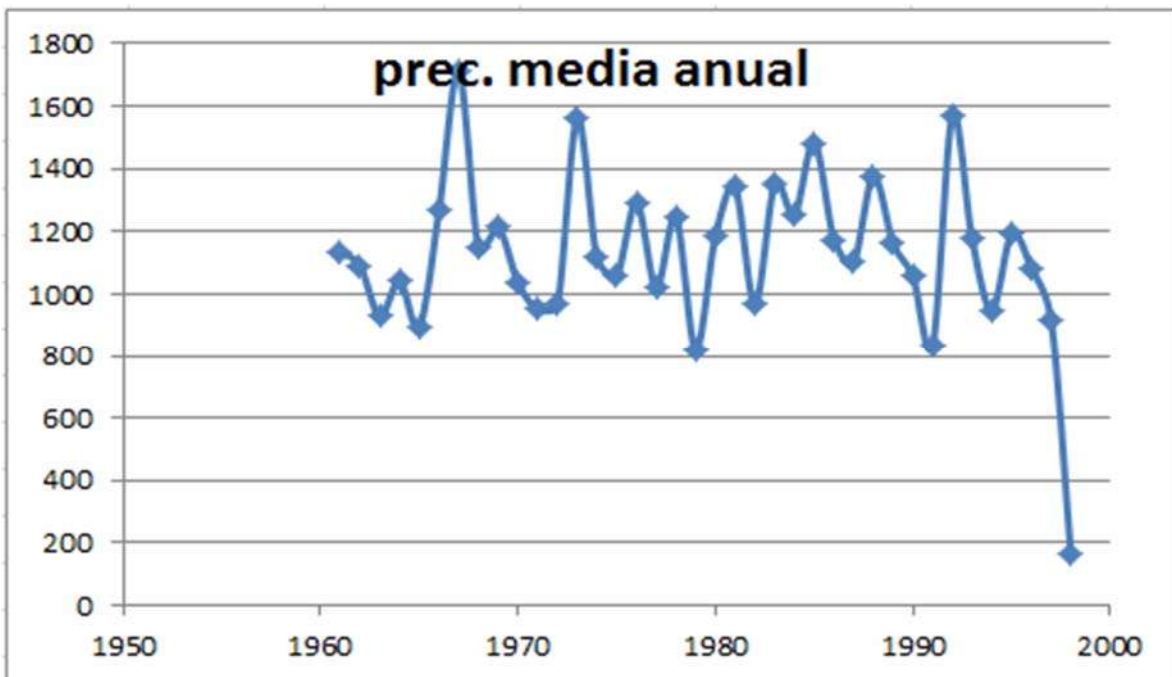


Grafica 22. Precipitación media anual estación 16012

Estación 16127 "Taretan, Taretan"



Grafica 23. Precipitación media mensual estación 16127



Grafica 24. Precipitación media anual estación 16127

## ISOYETAS

Para la obtención de la precipitación media anual se utilizó el método de las isoyetas que es como curvas de nivel lo cual hace que se tenga una mejor aproximación a la precipitación media de la cuenca.

El método uno por medio de curvas las estaciones que tengan la misma altura de precipitación.

Después dependiendo del parte aguas de la cuenca se cortan estas curvas y para el cálculo se necesita el área contenida entre la línea media de cada curva y el parte aguas.

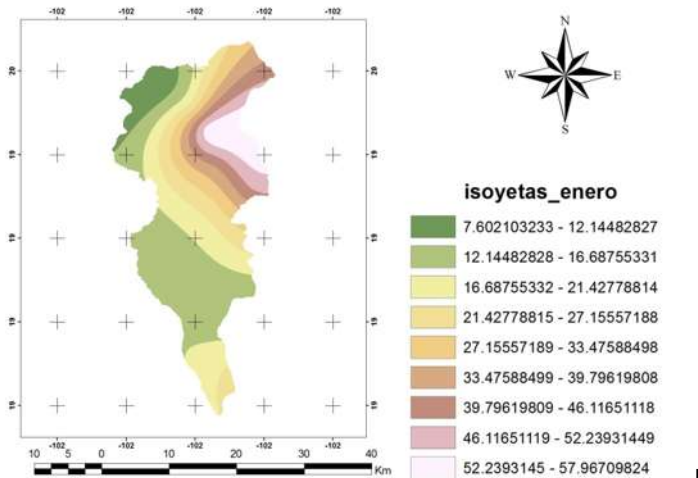


Imagen 10. Isoyetas mes de enero

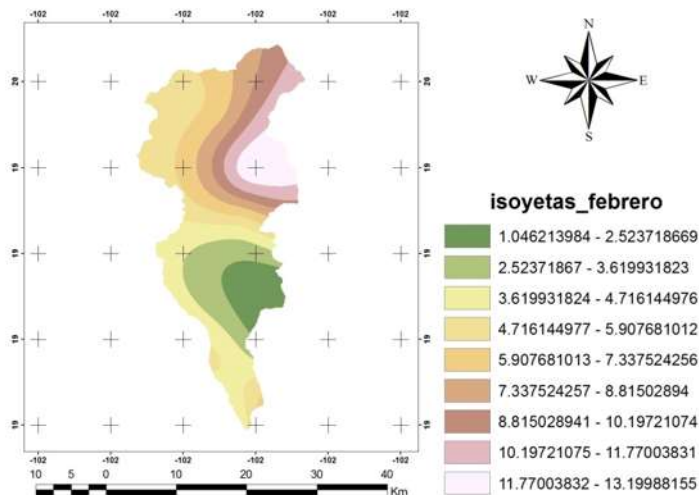


Imagen 11. Isoyetas mes de febrero



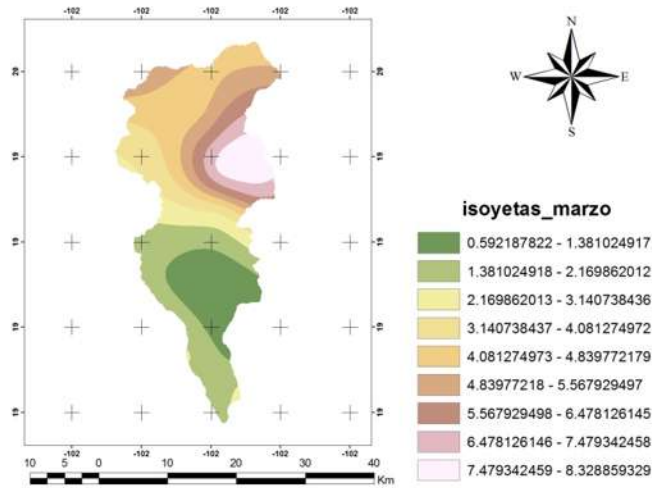


Imagen 12. Isoyetas mes de marzo

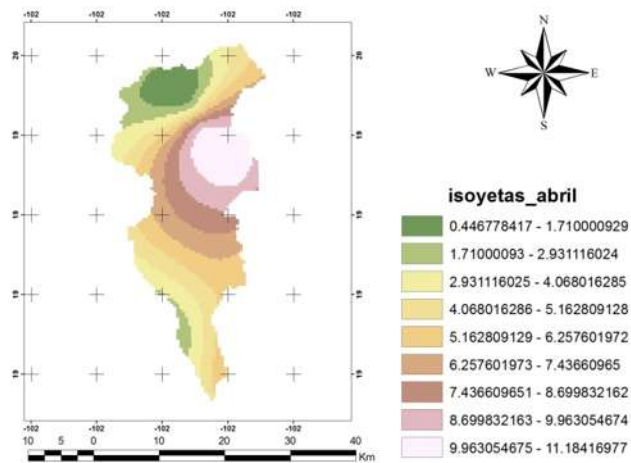
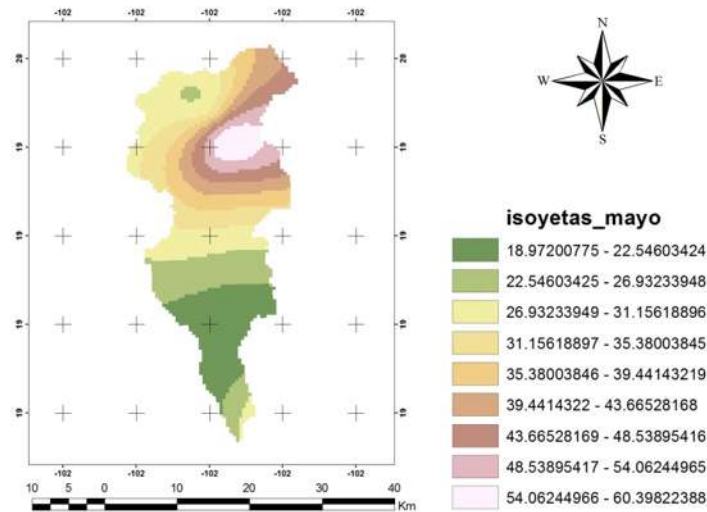


Imagen 13. Isoyetas mes de abril



mayo

Imagen 14. Isoyetas mes de

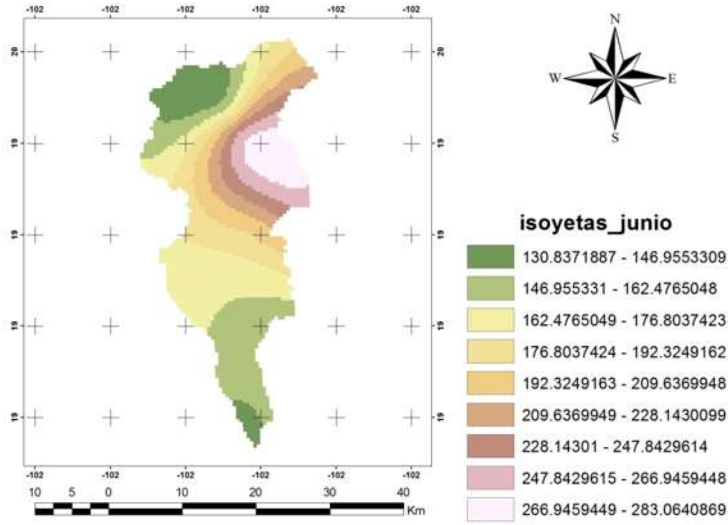


Imagen 15. Isoyetas mes de junio

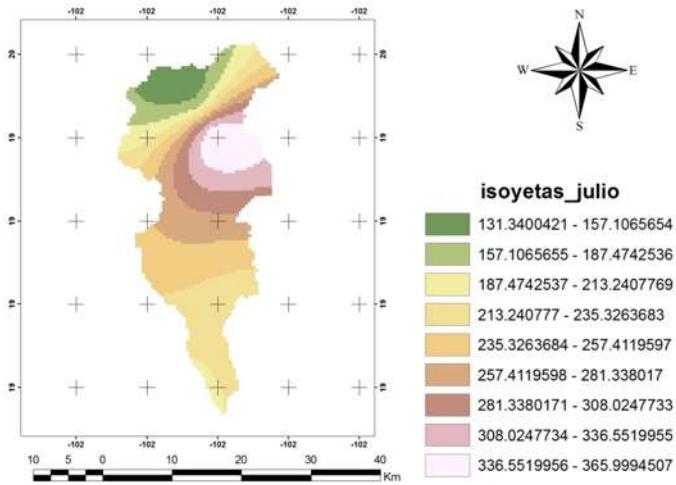


Imagen 16. Isoyetas mes de julio

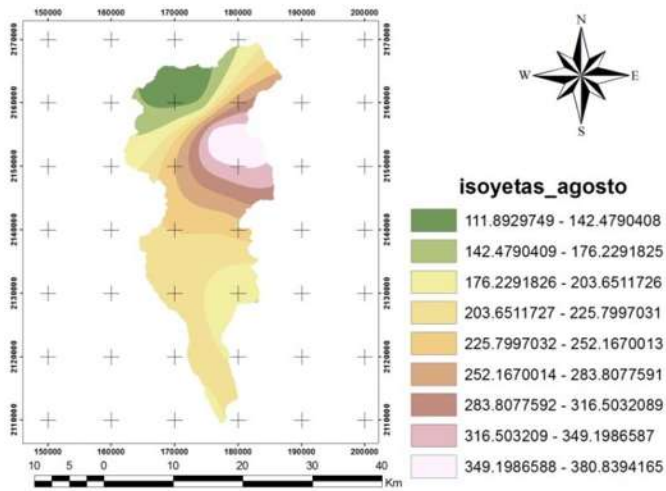


Imagen 17. Isoyetas mes de agosto

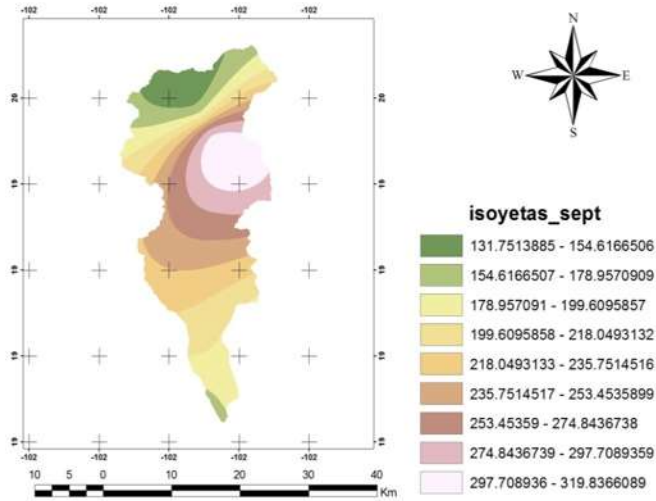


Imagen 18. Isoyetas mes de

septiembre

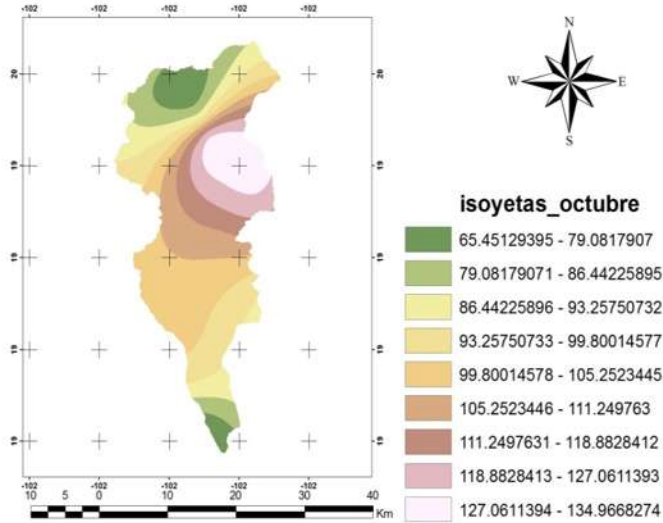


Imagen 19. Isoyetas mes de

octubre

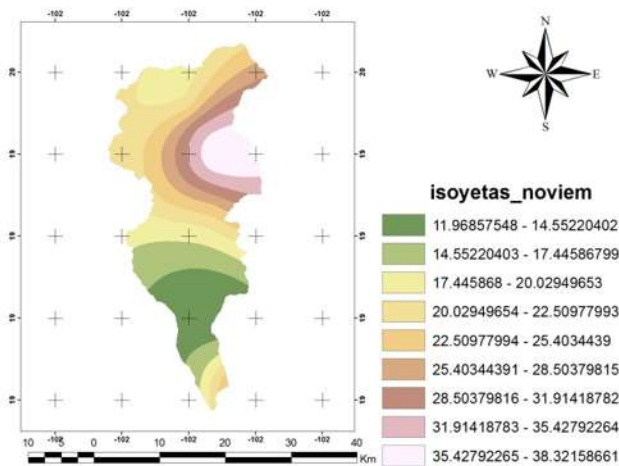


Imagen 20. Isoyetas mes de

noviembre

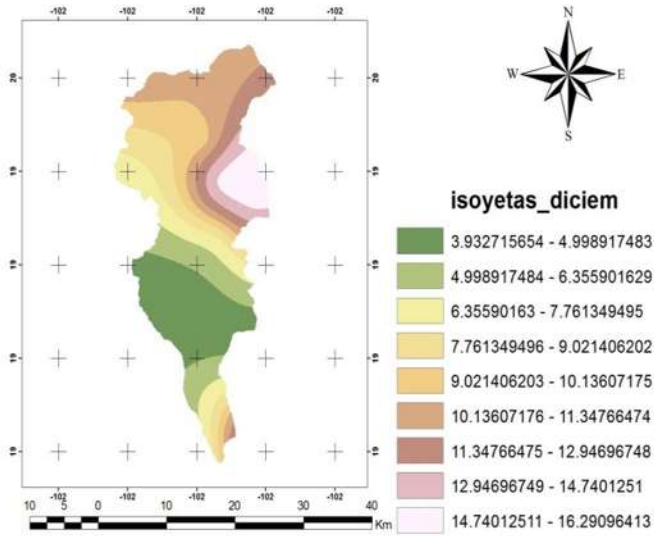


Imagen 21. Isoyetas mes de

diciembre

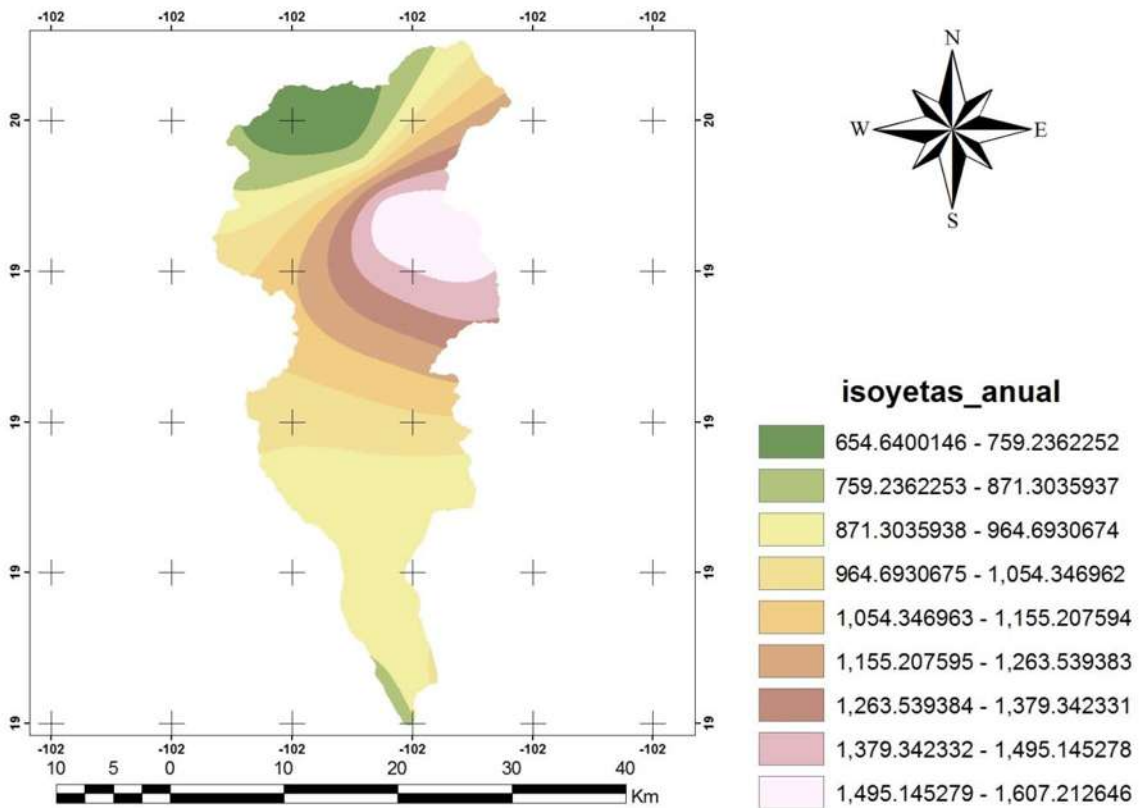


Imagen 22. Isoyetas anual

La precipitación media anual en la cuenca del Rio Cupatitzio es de 1070.153759 mm.

FID	Shape Area	area km	INICIA	FIN	MEDIA	MEDIA * AREA
0	57964730.28	36.45753011	720	720	720	26249.42168
1	95376439.99	32.27123248	720	800	760	24526.13669
2	646492569.9	31.63567408	800	880	840	26573.96623
3	1593281172	35.87275758	880	960	920	33002.93697
4	2514858166	120.3725118	960	1040	1000	120372.5118
5	1231521214	80.41458942	1040	1120	1080	86847.75658
6	295990592.6	67.26533335	1120	1200	1160	78027.78668
7	231950157.7	42.83540705	1200	1280	1240	53115.90475
8	166131481.3	34.20669388	1280	1360	1320	45152.83593
9	106394519.1	35.70010821	1360	1440	1400	49980.1515
10	74413365.31	35.82955936	1440	1520	1480	53027.74785
11	49966608.67	43.08196662	1520	1600	1560	67207.86792
12	3208394.335	3.208394335	1600	1600	1600	5133.430937
13	1589129759	173.3721781	960	880	920	159502.4038
14	166332612.4	2.122484071	960	1040	1000	2122.484071
15	854232198.1	8.049248033	800	880	840	6761.368347
		<b>782.6956685</b>				<b>837604.7118</b>
		TOTAL AREA				
			PRECIPITACION MEDIA ANUAL			<b>1070.153759</b> MM

Tabla 3. Precipitación media anual

## EDAFOLOGÍA

En el mapa temático edafológico E1401 y E1303 de I NEGI a escala 1:250,000, (imagen 23). Resultando el mapa edafológico de la cuenca del río Cupatitzio, observándose que se encuentran suelos Andosol, Acrisol, Vertisol, Regosol, Cambisol y Feozem; de acuerdo a la clasificación INEGI. Estos suelos se reclasificaron de acuerdo a la clasificación USSCS, resultando un nuevo mapa (Imagen 24), que indica que un **84.095%** de la cuenca es **suelo tipo b**, y **15.90%** **suelo tipo C**.

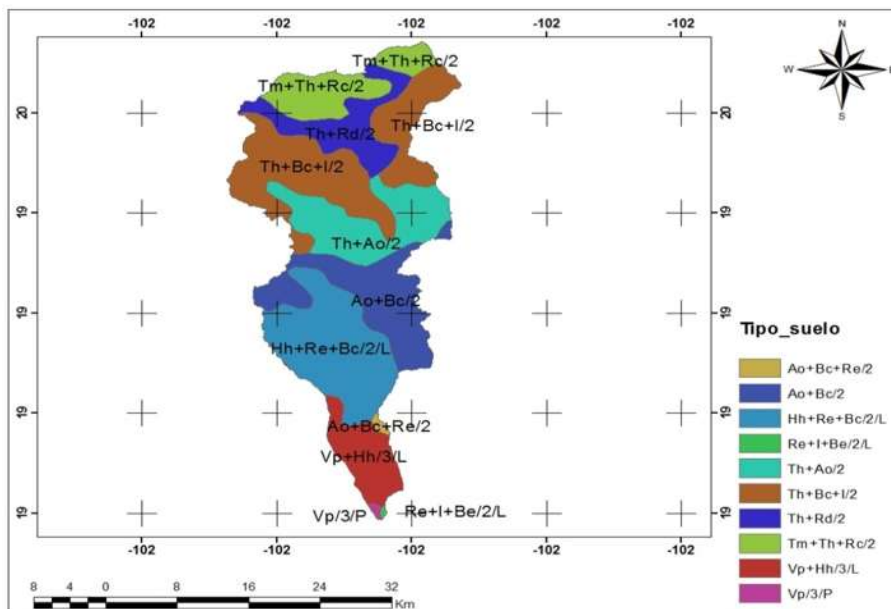


Imagen 23. Mapa Edafológico de la Cuenca de acuerdo a INEGI

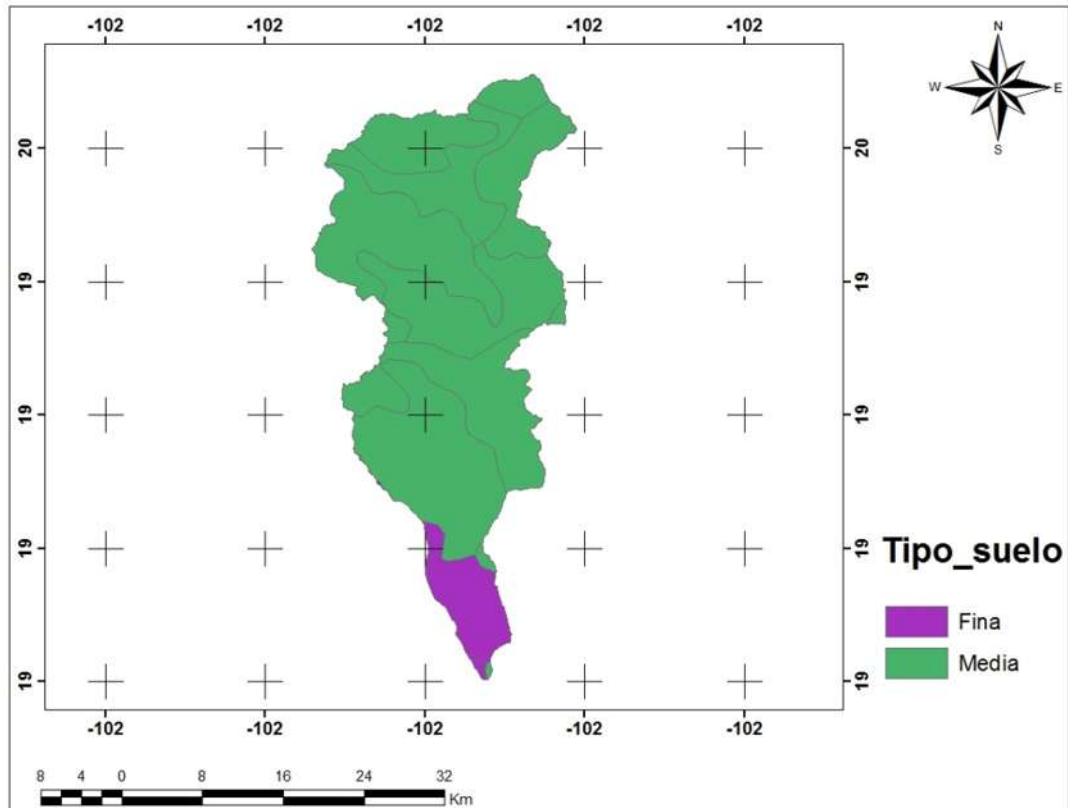


Imagen 24. Mapa Edafológico de la Cuenca de acuerdo a USSCS

## *COBERTURA Y USO DE SUELO*

En el mapa temático de cobertura y uso de Suelo E1401 y E1303 del INEGI a escala 1:250,000, Resultando el mapa de cobertura y uso de suelo de la cuenca del río Cupatitzio, observándose que se encuentran usos de suelo (202), (203), (205), 101, 104, 202, 203, 204, 405, H20i, ZU, de acuerdo a la clasificación INEGI (Imagen 25). Estos suelos se reclasificaron de acuerdo a la clasificación USSC (Imagen 26), resultando un 1.013% de la cuenca con área urbana, 22.58% con Bosque pino-encino, 58.84% con área agrícola, 7.96% con Bosque de

Pino, 2.43% Bosque Encino-Pino, 0.70% con Bosque Encino,0.005%  
Cuerpo de Agua y 6.47% con uso pastizal.

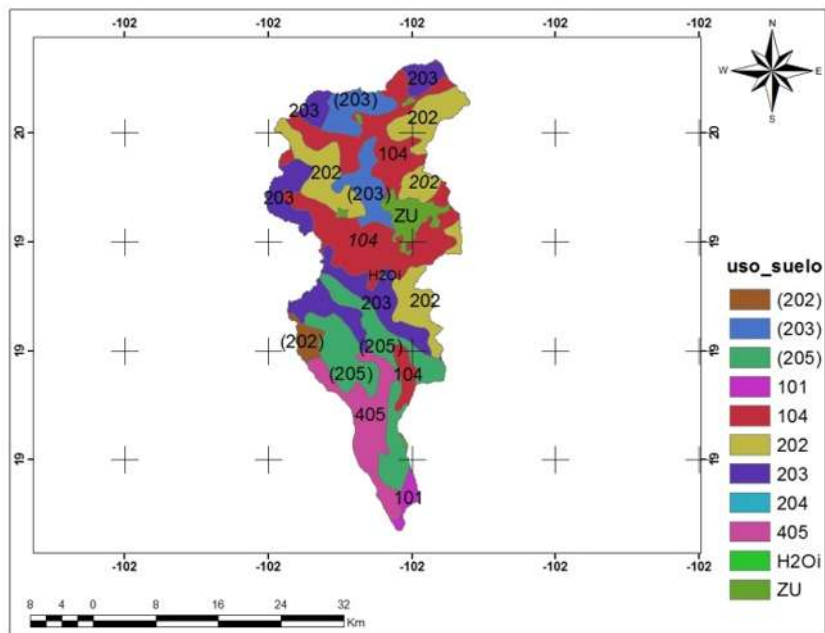


Imagen 25. Mapa Cobertura y Uso de suelo de la cuenca de acuerdo a INEGI

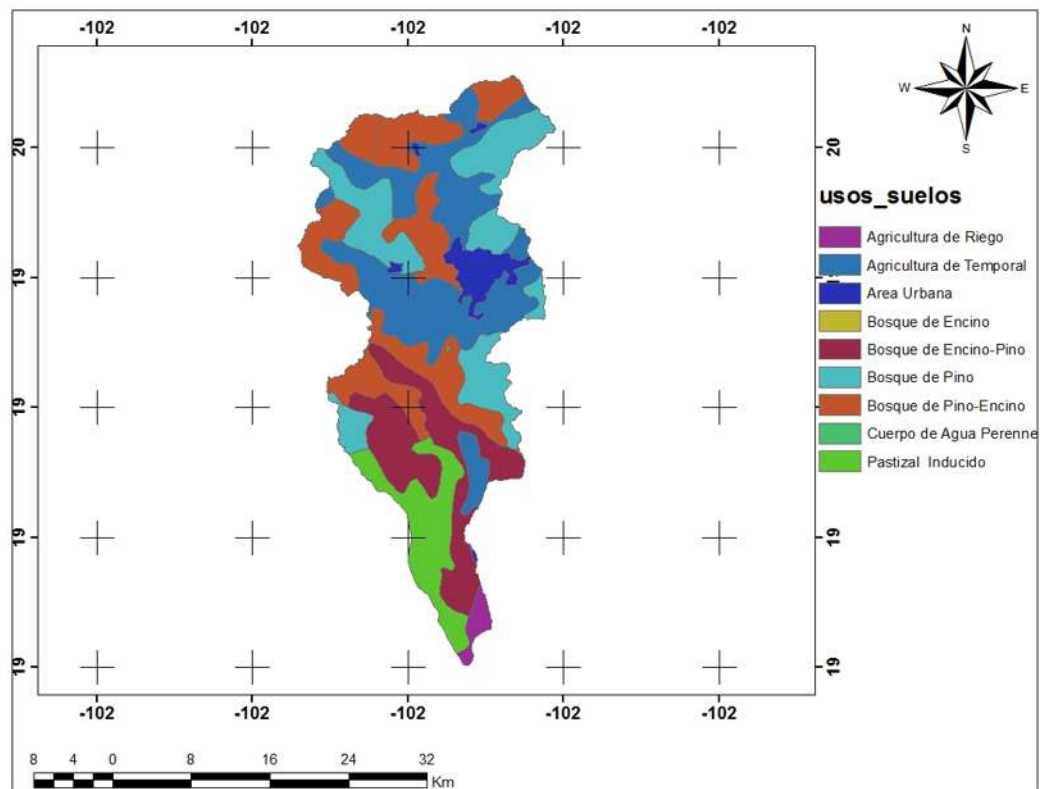


Imagen 26. Mapa Cobertura y Uso de suelo de la cuenca de acuerdo USSC

## PARAMETRO K

Para el cálculo del parámetro K multiplicamos el tipo de suelo y el uso de suelo, reclasificamos el resultado de la multiplicación utilizamos la tabla, realizamos la misma operación para todas las reclasificaciones y ya que lo tenemos sumamos todos los mapas para que nos dé el parámetro K.

En la tabla de atributos agregamos columnas para realizar las operaciones pertinentes.

El valor del parámetro k es de 0.21

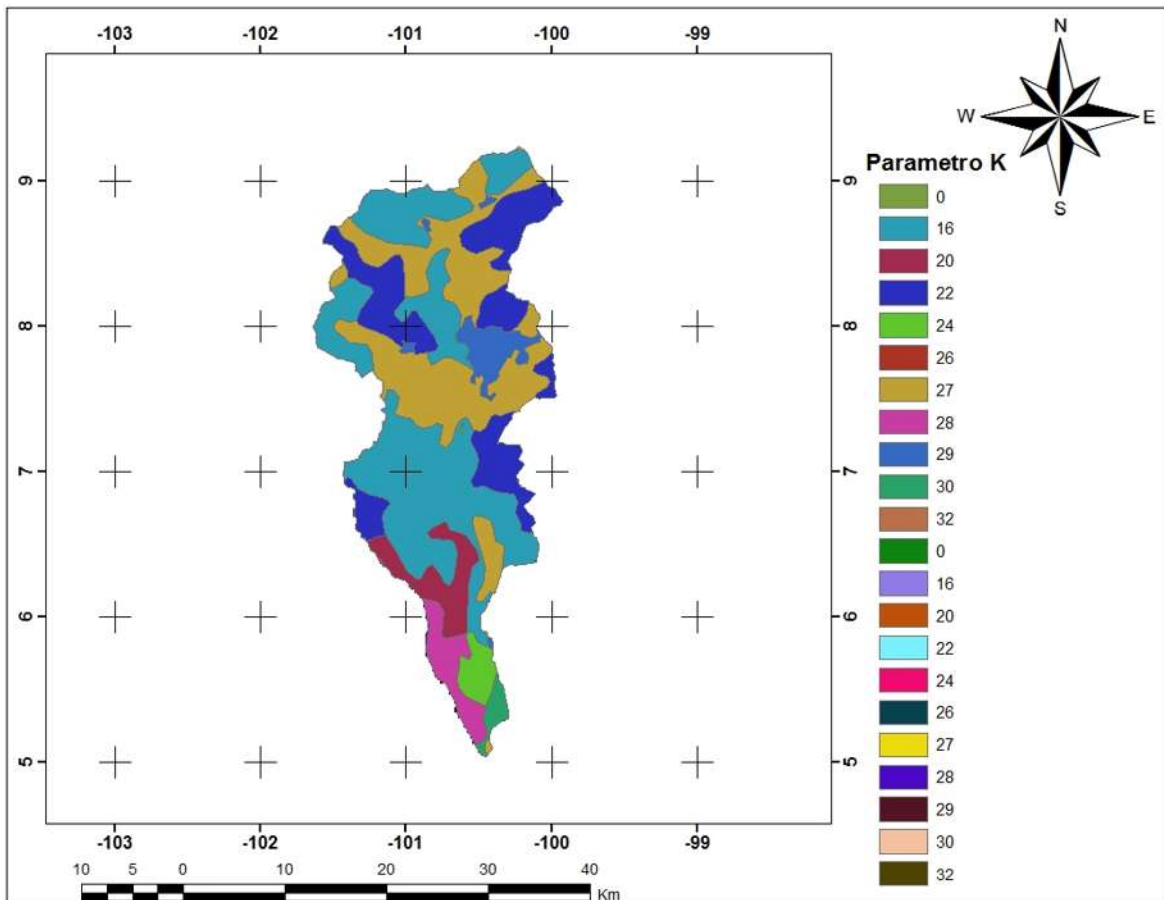


Imagen 27. Mapa coeficiente K



## *COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO*

Para la determinación del Coeficiente de Escurrimiento es necesario identificar el tipo de suelo de la cuenca del río Cupatitzio, así como el uso de suelo de la misma, estos mapas temáticos son comercializados por el INEGI.

Para la obtención del coeficiente de escurrimiento necesitamos el valor de  $K=0.21$  y la precipitación que para esta utilizamos el método de las isoyetas dándonos un valor de  $P_e=1070.1537$  mm

Utilizando la fórmula que nos marca la Norma Oficial Mexicana NOM-011-SSA3-2014 que describe:

Si  $k$  es menor o igual a 0.15 entonces;

$$C_e = k (p-250)/2000$$

O si  $K$  es mayor a 0.15 entonces;

$$C_e = k (p-250)/2000 + (k-0.15)/1.5$$

Para nuestro caso utilizamos la segunda fórmula ya que  $k$  es mayor de 0.15

Sustituyendo valores nos da que coeficiente de escurrimiento es igual a 0.126.

## *VOLUMEN DE ESCURRIMIENTO*

Para obtener el volumen de escurrimiento es necesario multiplicar los valores de la precipitación media, área de la cuenca y el coeficiente de escurrimiento.

$$V_e = P * C_e * A$$

Donde:

$$P=1.0701537 \text{ metros}$$

Ce=0.126

A=782695600m<sup>2</sup>

Sustituyendo los valores

Ve=(1.0701537)\*(0.126)\*(782695600)

Ve=105538179 m<sup>3</sup>

Ve=105.538179 Hm<sup>3</sup>

### *ESTACIÓN HIDROMÉTRICA*

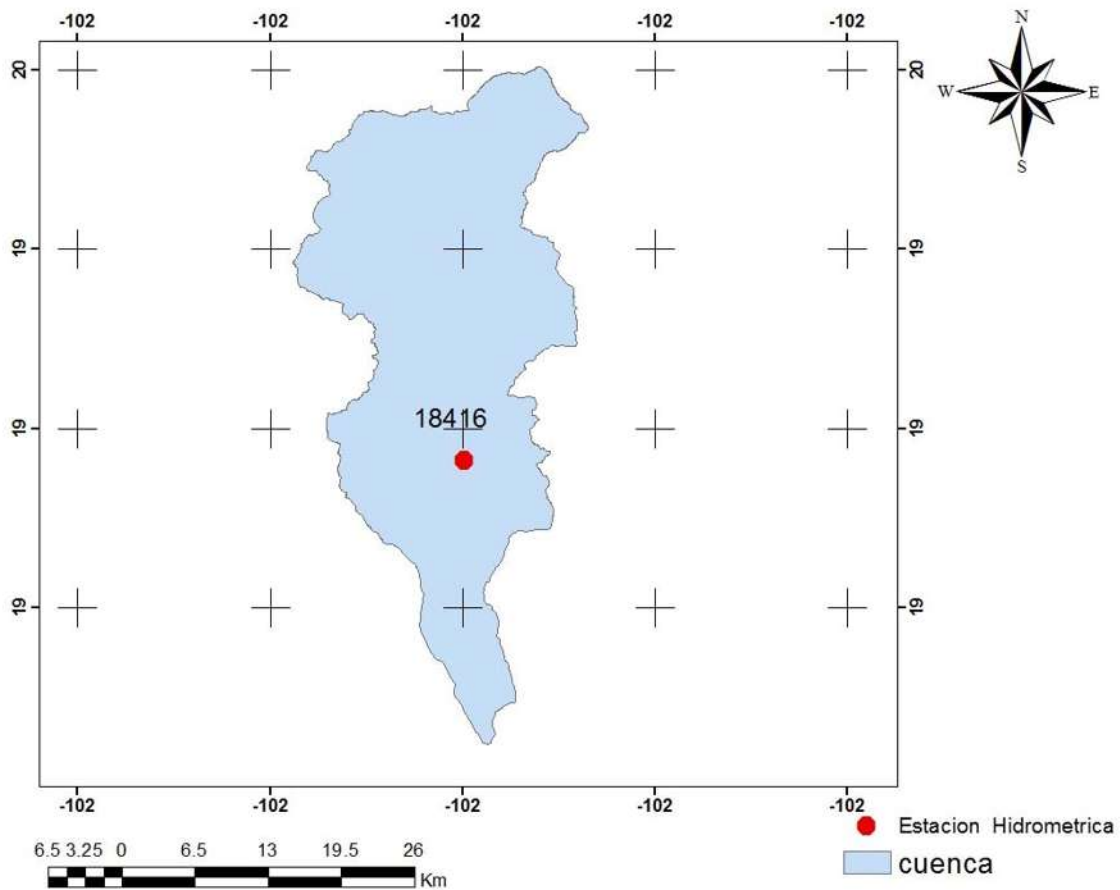


Imagen 28. Mapa estación hidrométrica

Volumen de escurrimiento de la estación hidrométrica es de 16.3282 Hm<sup>3</sup>.

# EVALUACIÓN HISTÓRICA DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RIO CUPATITZIO

---

La importancia del análisis de estos contaminantes radica en que son los responsables de la eutrofización de los cuerpos de agua, lo cual no es deseable ya que ocasiona el desarrollo de vegetación acuática nociva que afecta al ecosistema acuático y en específico al cauce del río Cupatitzio. Este análisis es importante, además de que el uso de agroquímicos representa un costo para los agricultores, por lo que deberá cuidarse la aplicación correcta de estos. De igual manera y con el afán de no contribuir a la contaminación difusa, es necesario considerar el uso de fertilizantes orgánicos que no afecten tanto a los ecosistemas.

En el ejercicio de análisis de la mejora al cauce es la implementación de buenas prácticas de manejo y cultivo, en las que se refleje una serie de acciones que repercutan en la disminución de agroquímicos que van a ser transportados al cauce del río Cupatitzio.

Uno de los escenarios revisados es el caso de que la población de Uruapan trate sus descargas de agua residual, ante tal escenario se puede percibir una mejora en términos de salud para la población ya que la presencia de microorganismos coliformes fecales se reduce significativamente, situación que redundará en un ambiente saludable para la población y el atractivo turístico del cauce del Cupatitzio.

Como resultado de la modelación se concluye que la producción y aporte de agua de la cuenca del río Cupatitzio es considerablemente alta, quedando demostrada su alta capacidad de aporte de agua tanto de forma superficial como subterránea.

La producción de Nitrógeno y Fósforo es elevada dado que se tiene un uso de suelo muy intenso en la producción de aguacate.

Como se observa en los gráficos de resultados, el saneamiento de las descargas no resolverá de manera completa el problema de presencia de nutrientes en forma de Nitrógeno y Fósforo, situación que es derivada de las actividades de cultivo del aguacate.

Es sumamente recomendable se establezcan planes de manejo del suelo, en el que se busque el uso de fertilizantes orgánicos y pesticidas, de fácil degradación y menor persistencia en el suelo y agua.

Es inminente tomar acciones en toda la cuenca y más en específico en las zonas de recarga, dado que su conformación edafológica es de andosoles con alta permeabilidad, situación que indica que en su mayoría el área de estudio es una zona de recarga.

### *Turbiedad*

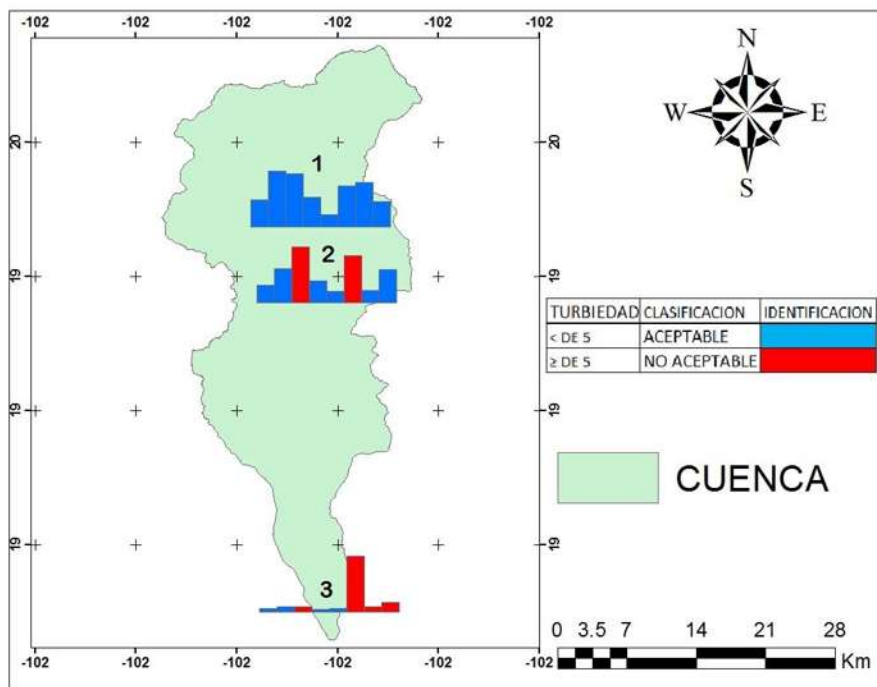


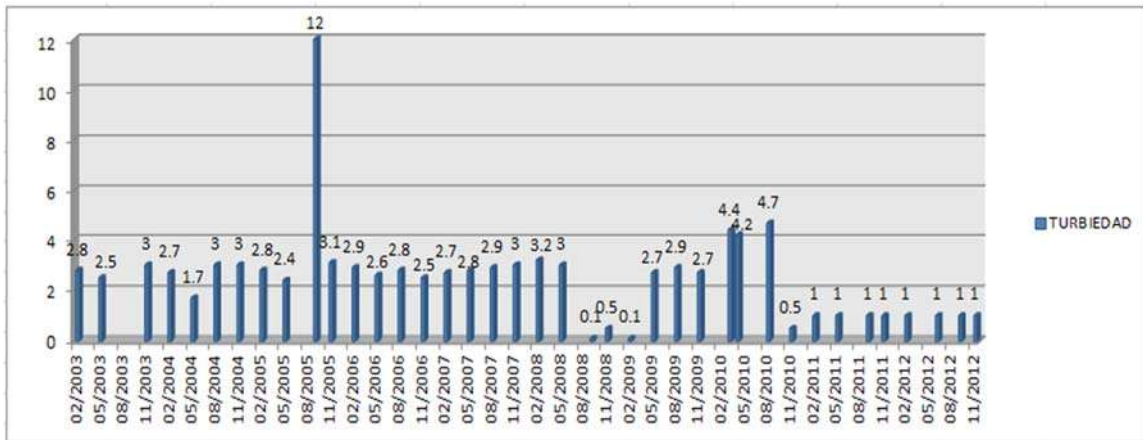
Imagen 29. Mapa turbiedad del agua

En el mapa se muestran las tres estaciones de monitoreo, en la primera estación ubicada en la Rodil la del Diablo, la calidad del agua es aceptable ya que la turbiedad es más baja de 5 NTU, en la estación

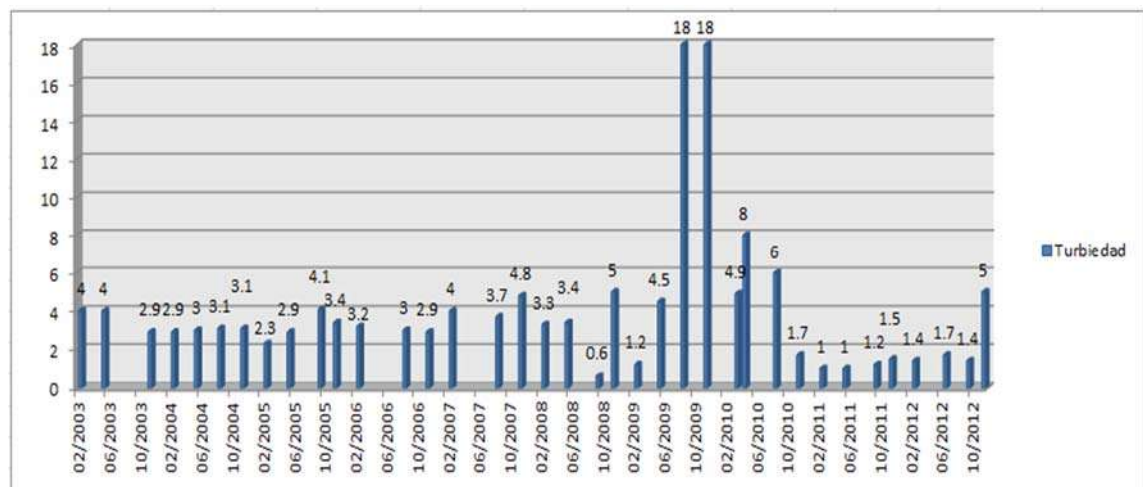
2 “Hidrométrica de CFE” en los meses de abril y agosto no es aceptable ya que sobrepasa el límite permisible, así como en la estación que se localiza muy cerca del final de la cuenca, en el Puente el Marques, se muestra que los límites no son aceptables en la mayoría de los meses lo cual indica que habrá muchas partículas suspendidas en ella. Estas partículas sólidas bloquearán la luz solar y evitarán que las plantas acuáticas obtengan la luz que necesitan para la fotosíntesis. Las plantas producirán menos oxígeno y con ello bajarán los niveles de Oxígeno Disuelto por lo tanto, plantas morirán fácilmente y serán descompuestas por las bacterias en el agua, lo que reducirá los niveles de Oxígeno Disuelto aún más. Las partículas suspendidas en el agua también absorberán calor adicional de la luz solar lo cual ocasionará que el agua sea más caliente. El agua caliente no es capaz de guardar tanto oxígeno como el agua fría, así que los niveles de Oxígeno Disuelto bajarán, especialmente cerca de la superficie. Las partículas suspendidas también son destructivas para muchos organismos acuáticos tales como los macro invertebrados que se encuentran en el agua. Pueden obstruir las branquias de los peces e interferir con su habilidad para encontrar alimento. También pueden enterrar las criaturas que viven en el fondo y los huevos. Las partículas suspendidas pueden transportar contaminantes en el agua.

CODIGO	X	Y	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	NOVIEMBRE
1	807164.624	2150983.07	2.13333333	4.4	4.2	2.3375	1	3.26	3.525	2.03
2	807855.206	2143337.43	2.58888889	4.9	8	3.13333333	1.7	6.76	1.825	4.83
3	808649.706	2112164.77	3.11666667	4.9	5.3	2.9	3.7	49.675	5	9.02857143

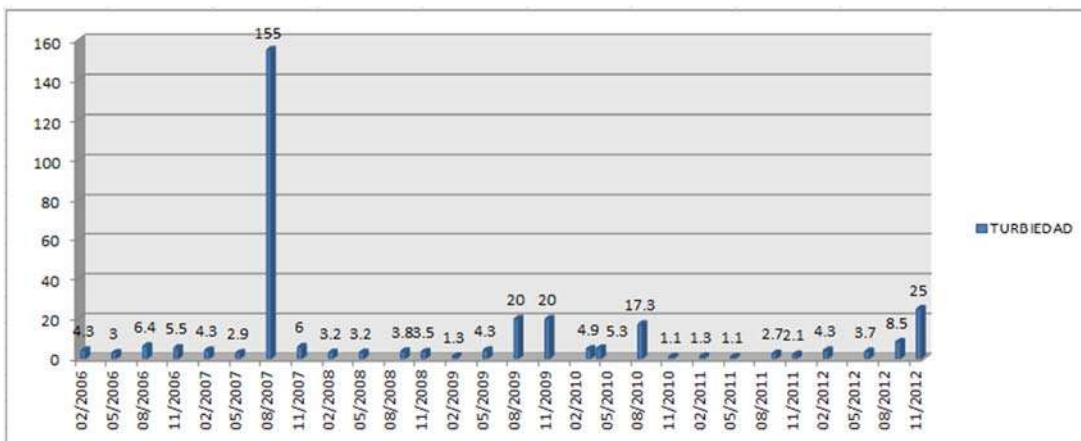
Tabla 4. Valores de la turbiedad.



Grafica 25. Estación rodilla del diablo



Grafica 26. Estación CFE



Grafica 27. Estación puente el marques

## Parámetro color

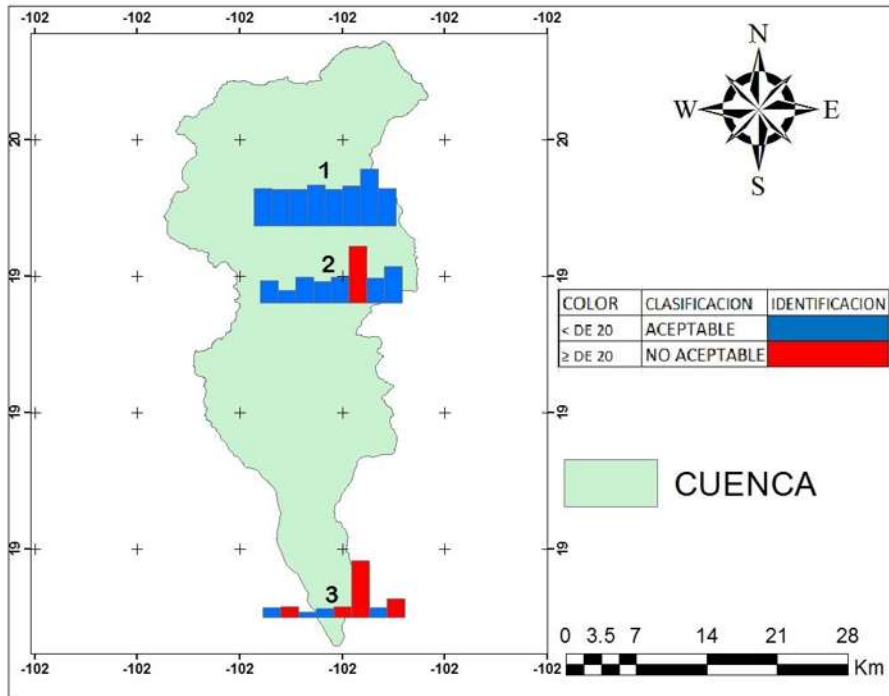


Imagen 30. Mapa color

Se muestra que en la estación 1 el color del agua es menor de 20 unidades, por lo tanto es aceptable en su totalidad de los meses analizados; en la segunda estación el mes de agosto no fue aceptable, mientras tanto en la estación 3 presentó muchos más meses que no cumplen y nos indica que existe la presencia de materiales de origen vegetal tales como ácidos húmicos, turba, plancton, y de ciertos metales como hierro, manganeso, cobre y cromo, disueltos o en suspensión los cuales constituye un aspecto importante en términos de consideraciones estéticas.

Los efectos del color en la vida acuática se centran principalmente en aquellos derivados de la disminución de la transparencia, es decir que, además de entorpecer la visión de los peces, provoca un efecto barrera a la luz solar, traducido en la reducción de los procesos fotosintéticos en el fitoplancton así como una restricción de la zona de crecimiento de las plantas acuáticas.

CODIGO	X	Y	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	NOVIEMBRE
1	807164.624	2150983.07	5.11111111	5	5	5.625	5	5.4	7.75	5.15
2	807855.206	2143337.43	8.55555556	5	10	8.33333333	10	22	9.75	14.2
3	808649.706	2112164.77	17.6666667	20	10	16	20	102.5	17.6666667	34.2857143

Tabla 5. Valores del color

## Temperatura del agua

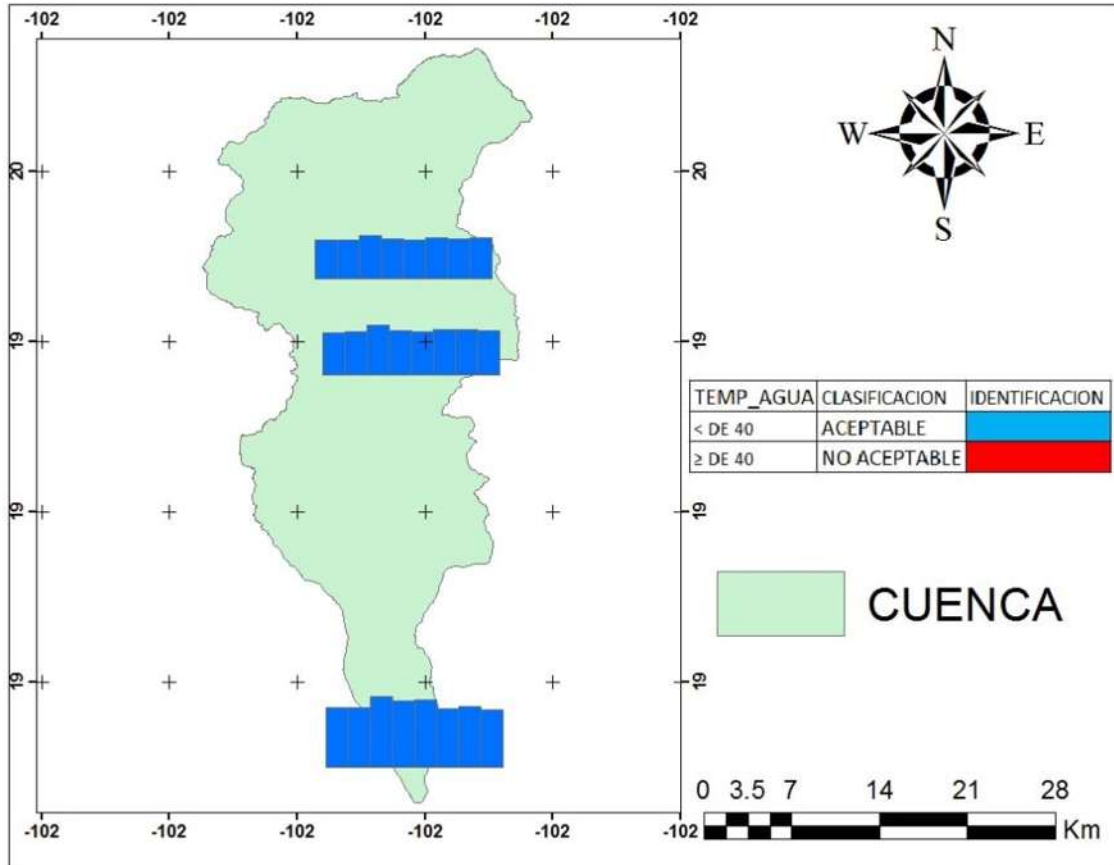


Imagen 31. Mapa temperatura del agua

La temperatura del agua tiene una gran importancia en el desarrollo de los diversos procesos que en ella se realizan, de forma que un aumento de la temperatura modifica la solubilidad de las sustancias, aumentando la de los sólidos disueltos y disminuyendo la de los gases. Una temperatura elevada implica la aceleración de la putrefacción, y por tanto, un aumento de la demanda de oxígeno; paralelamente, disminuye la solubilidad de éste. Las aguas residuales presentan mayor temperatura que las naturales.

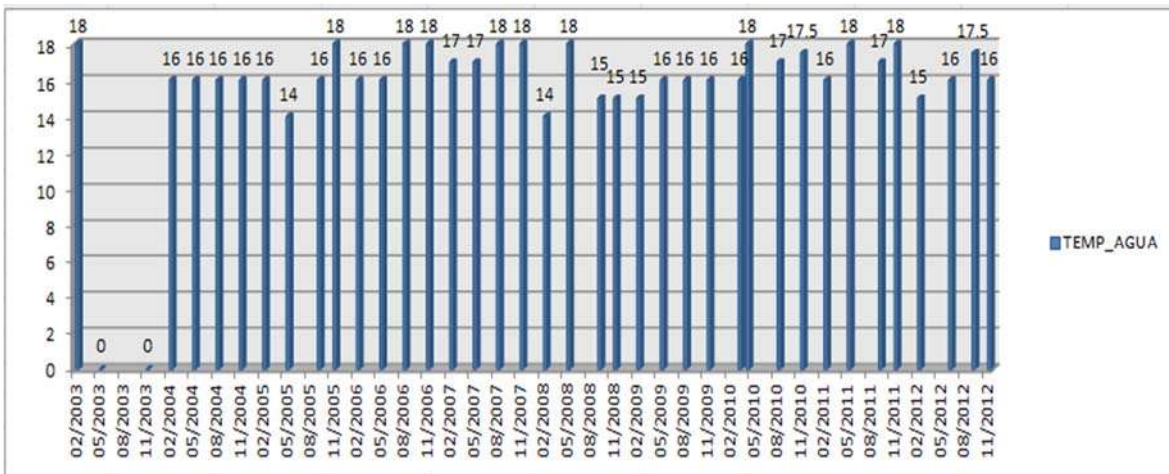


Múltiples factores, principalmente ambientales, pueden hacer que la temperatura del agua varíe continuamente. Un aumento anormal (por causas no climáticas) de la temperatura del agua, suele tener su origen en el vertido de aguas utilizadas en procesos industriales de intercambio de calor.

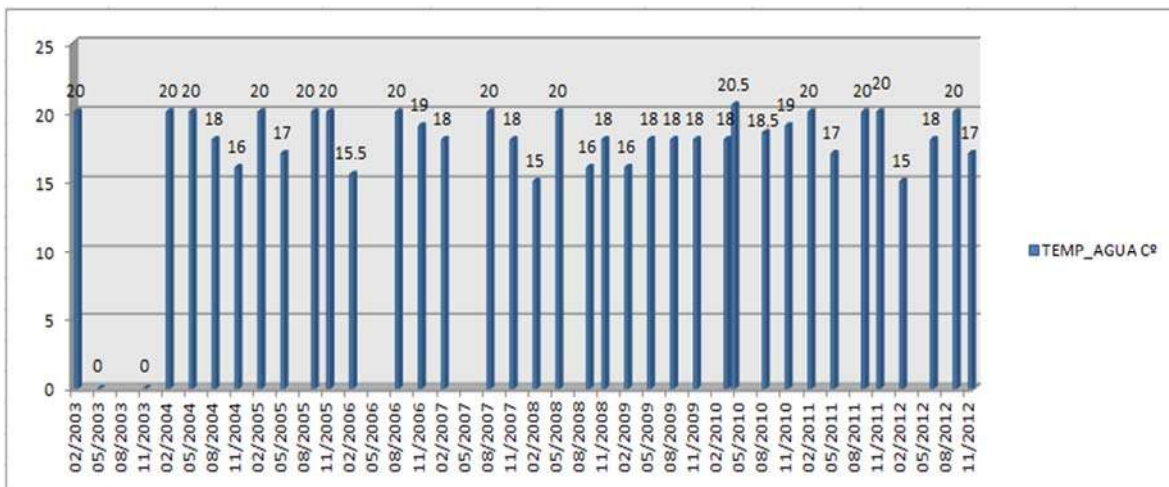
El mapa nos muestra que no hay una temperatura inaceptable, en todo el recorrido del río Cupatitzio la temperatura oscila de los 15 a 29 centígrados no rebasando el límite y siendo aceptada.

CODIGO	X	Y	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	NOVIEMBRE	
1	807164.624	2150983.07	15.8888889		16	18	16.4285714	16	17	16.375	16.9444444
2	807855.206	2143337.43	17.7222222		18	20.5	18.4	18	18.9	19	18.3333333
3	808649.706	2112164.77	24.6666667		25	29.3	27.7	28	24.25	25.4666667	24.0714286

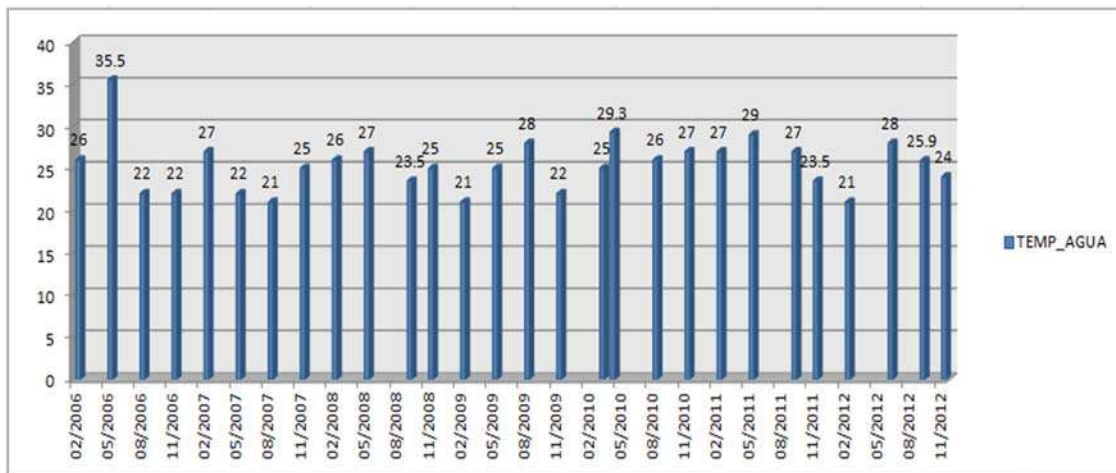
Tabla 6. Valores temperatura del agua



Grafica 28. Estación rodilla del diablo



Grafica 29. Estación cfe



Grafica 30. Estación puente el Márquez

### Coliformes fecales

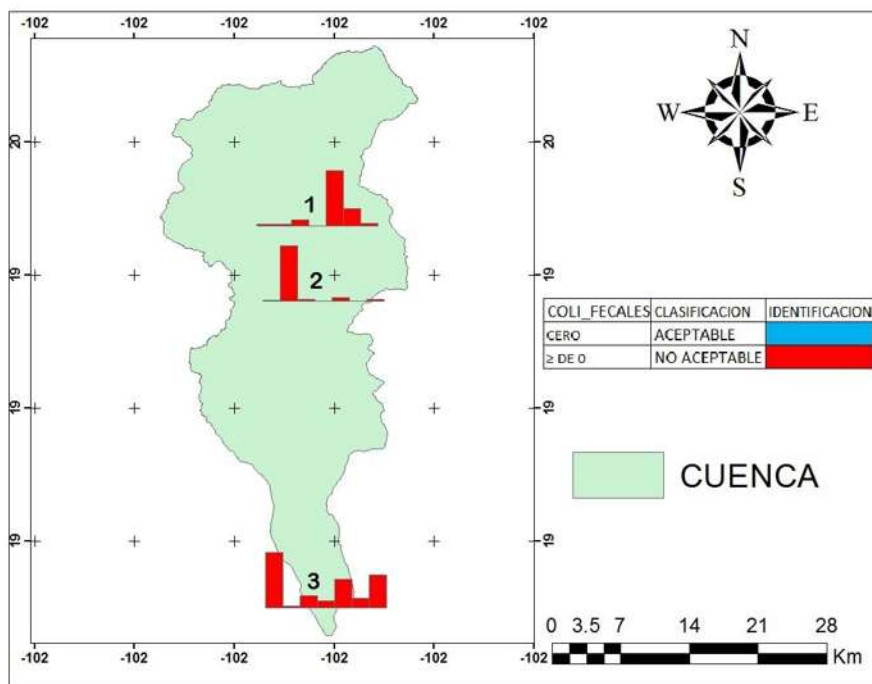


Imagen 32. Mapa coliformes fecales

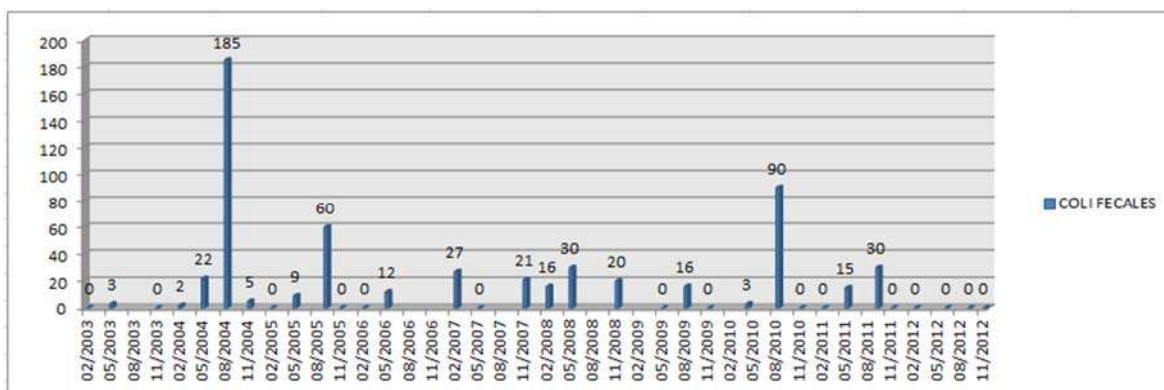
En el mapa se puede observar que en los tres puntos de muestreo existe presencia de coliformes fecales sobrepasando los límites permisibles, lo cual se utiliza como indicador de contaminación biológica.

Existe un alto nivel de bacterias coliformes fecales, por lo general indica la presencia en el agua de una gran cantidad de heces y otros materiales orgánicos sin tratar, que pueden tener un serio impacto en el ambiente. La materia orgánica que acoge a la bacteria se descompone aeróbicamente, lo que puede disminuir seriamente los niveles de oxígeno y causar la muerte de peces y otros ejemplares de la vida silvestre que dependen del oxígeno. La presencia de contaminantes fecales en el agua también contribuye al crecimiento de algas y malezas acuáticas, que también son capaces de reducir los niveles de oxígeno y de bloquear el flujo continuo de agua.

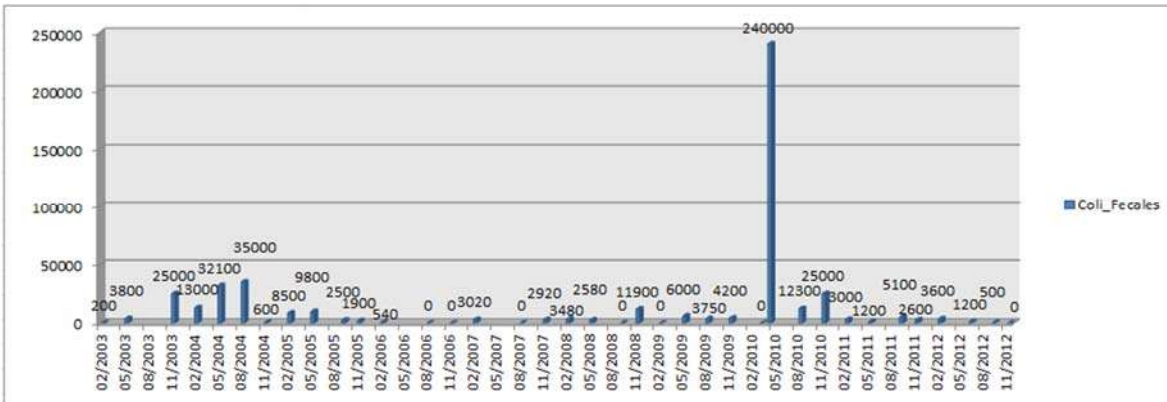
Los volúmenes de agua con altos niveles de esta bacteria pueden contener una amplia gama de parásitos, bacterias y virus causantes de enfermedades, las cuales pueden variar desde condiciones leves como las infecciones agudas del oído, hasta otras más graves que amenazan la vida tales como la fiebre tifoidea y la hepatitis. Los gusanos parásitos y los patógenos bacterianos tales como Salmonella, también se encuentran comúnmente en el agua que da positivo en la prueba que busca altos niveles de bacterias coliformes fecales.

CODIGO	X	Y	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	NOVIEMBRE
1	807164.624	2150983.07	2.57142857	S/D		3	11.375	0	97	30
2	807855.206	2143337.43	4417.5	S/D	240000	9246.66667	1200	17016.6667	2700	8235.55556
3	808649.706	2112164.77	584	S/D	23	133	80	300	105	351.666667

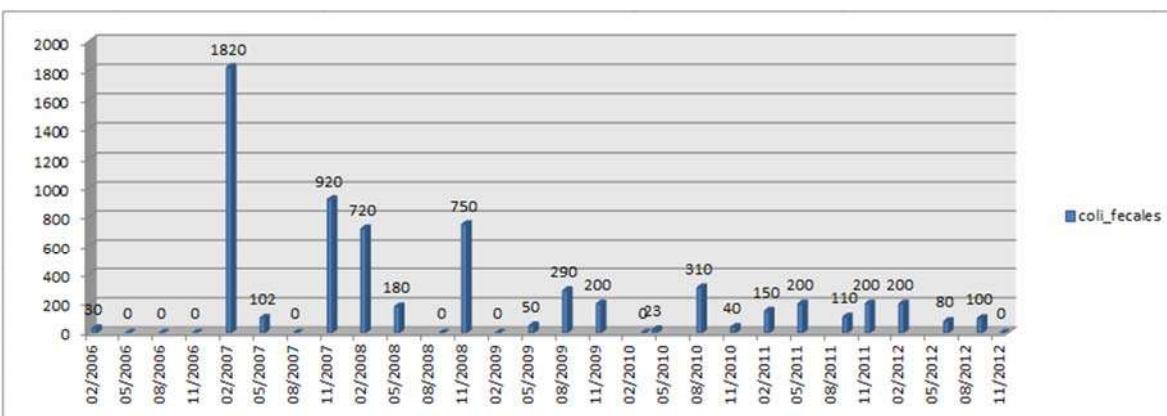
Tabla 7. Valores coliformes fecales



Grafica 31. Estación rodilla del diablo



Gráfica 32. Estación cfe



Gráfica 33. Estación puente el marques

## PH Campo

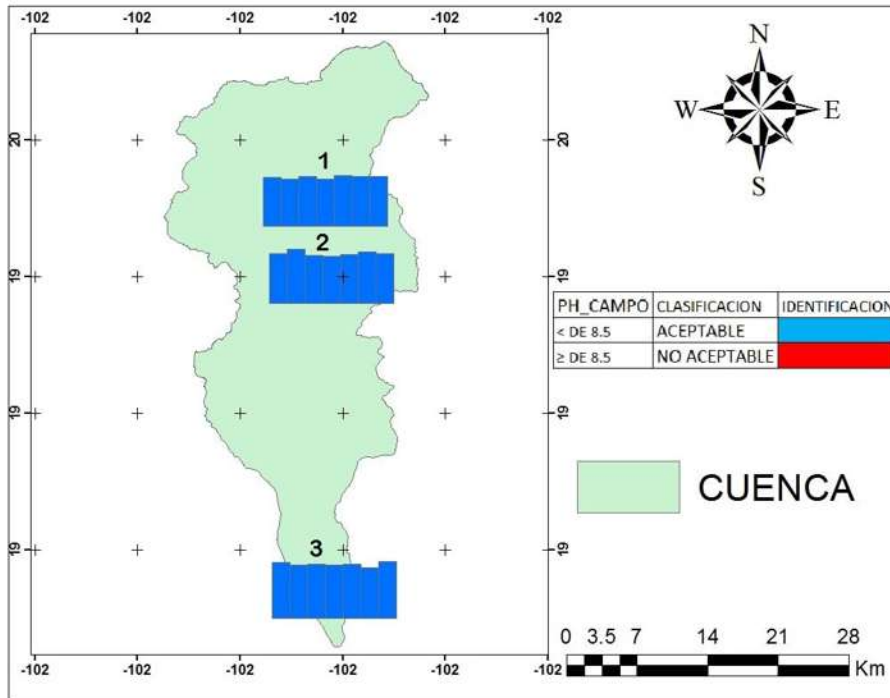
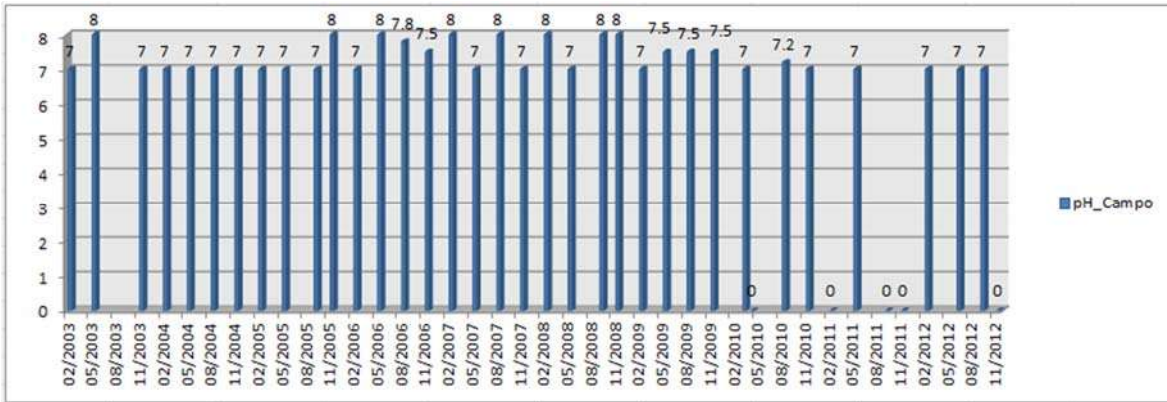


Imagen 33. Mapa pH del agua

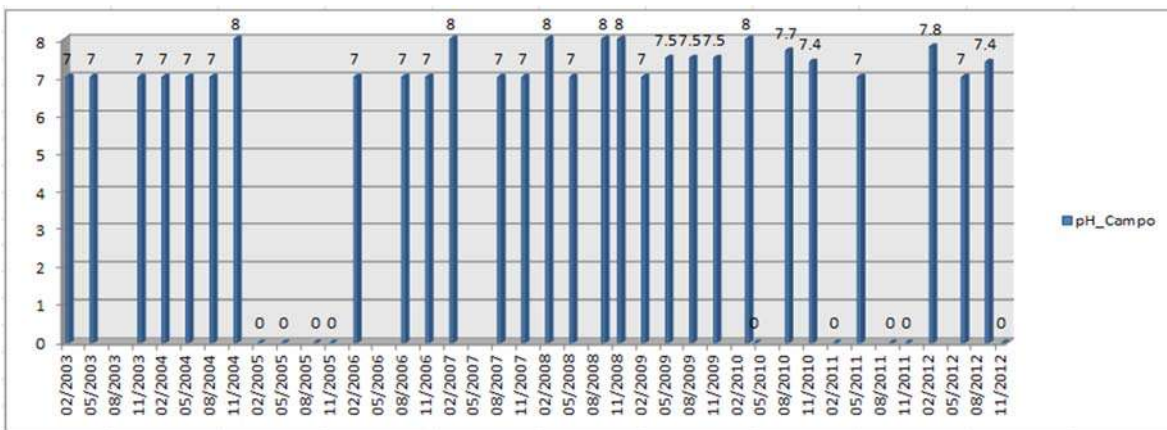
La medida del pH tiene amplia aplicación en el campo de las aguas naturales y residuales. Es una propiedad básica e importante que afecta a muchas reacciones químicas y biológicas. Valores extremos de pH pueden originar la muerte de peces, drásticas alteraciones en la flora y fauna, reacciones secundarias dañinas (por ejemplo, cambios en la solubilidad de los nutrientes, formación de precipitados, etc.). El pH es un factor muy importante en los sistemas químicos y biológicos de las aguas naturales. En nuestro estudio las estaciones muestran que el PH es aceptable en todos los meses y en todos los puntos de muestreo ya que no sobrepasa el límite indicando que no hay ninguna afectación en el agua.

CODIGO	X	Y	FEBRERO	MARZO	MAYO	JUNIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	NOVIEMBRE
1	807164.624	2150983.071	7.25	7	7.3125	7	7.5	7.33333333	7.375
2	807855.206	2143337.431	7.4	8	7.1	7	7.24	7.7	7.41428571
3	808649.706	2112164.768	8.3	8	8.1	8	8.025	7.5	8.42

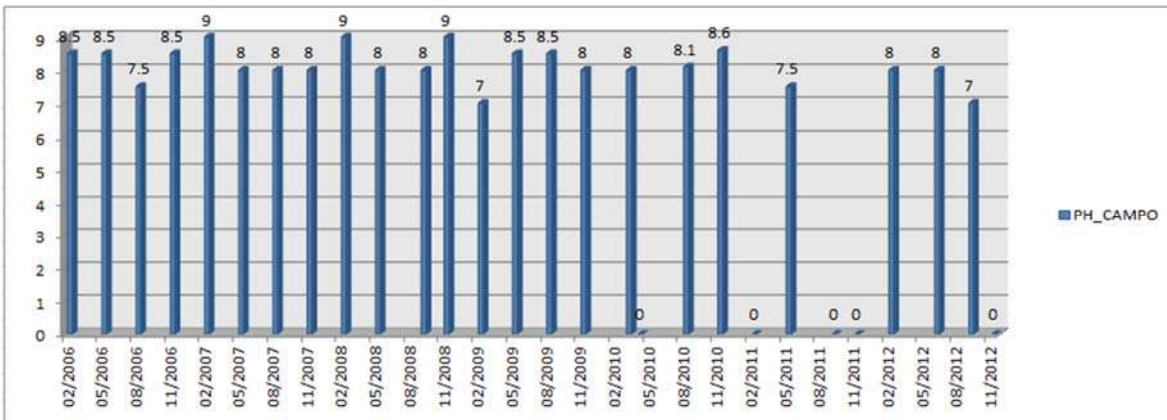
Tabla 8. Valores PH del agua.



Grafica 34. Estación rodilla del diablo



Grafica 35. Estación cfe



Grafica 36. Estación puente el marques

## Cloruro

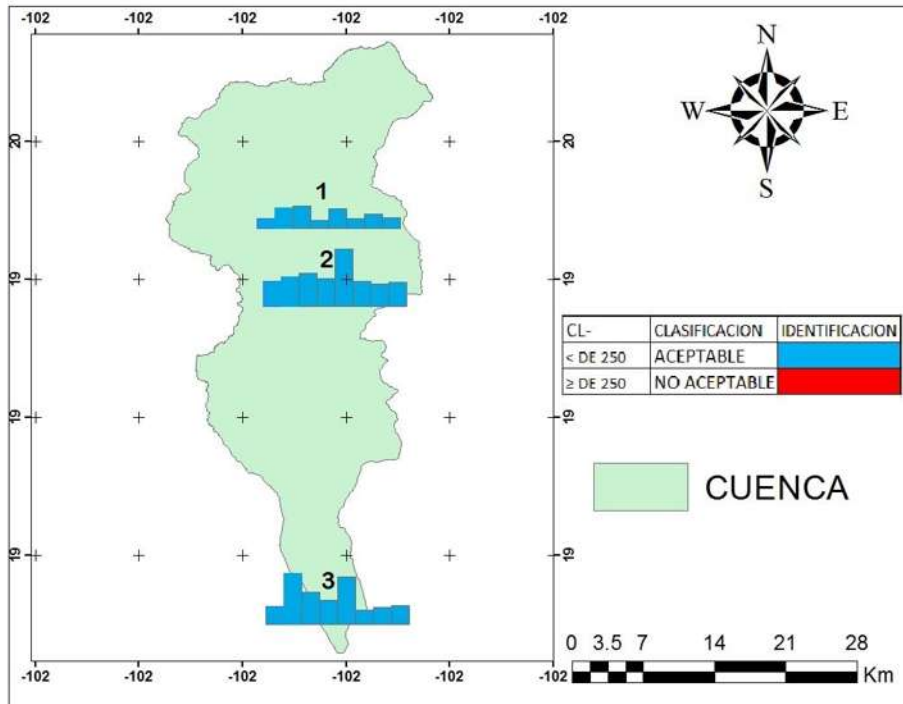


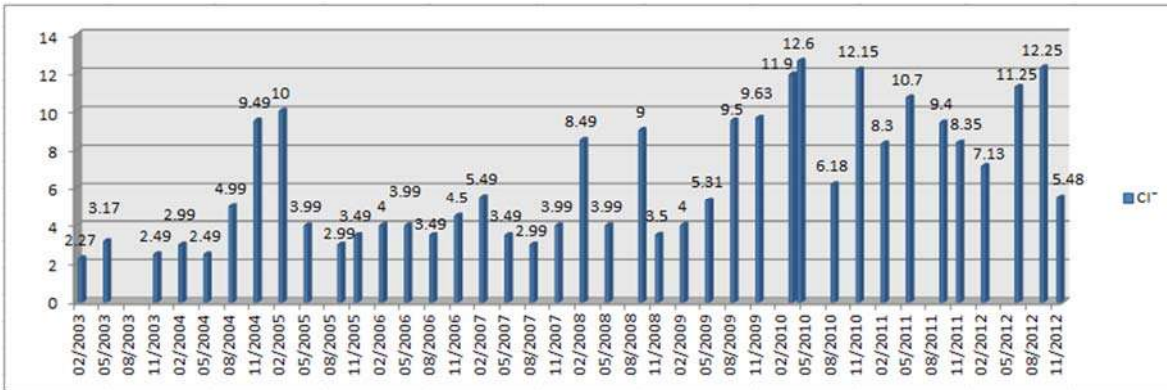
Imagen 34. Mapa cloruros del agua

El cloruro es uno de los principales aniones de las aguas, incluidas las aguas negras. En concentraciones altas, el cloruro puede impartir al agua un sabor salino desagradable. Son también susceptibles de ocasionar una corrosión en las canalizaciones y en los depósitos, en particular para los elementos de acero inoxidable.

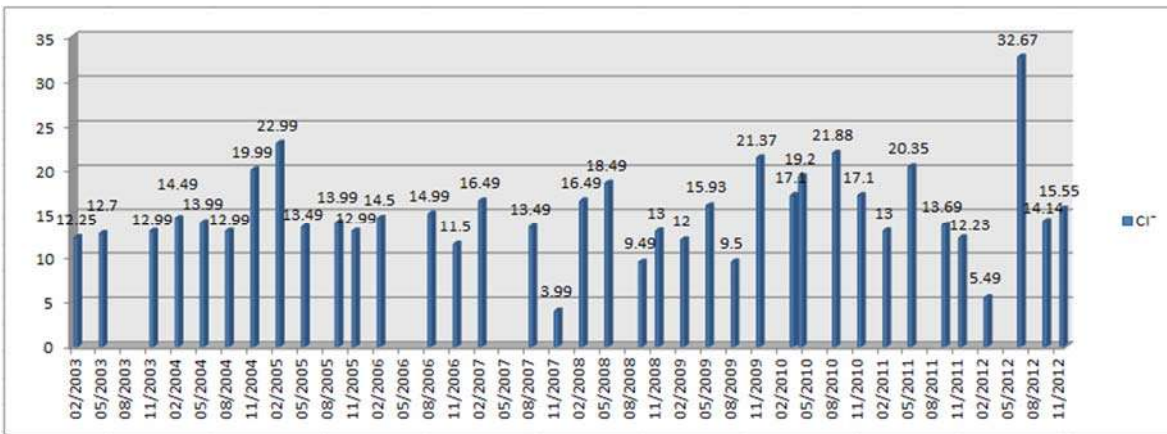
En el mapa se muestra que no existen altas cantidades de cloruros en toda la longitud del río Cupatitzio por lo cual no hay afectación con un sabor desagradable en el agua.

CODIGO	X	Y	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	NOVIEMBRE
1	807164.624	2150983.071	5.852222222	11.9	12.6	4.64125	11.25	5.43	8.41	6.307
2	807855.206	2143337.431	14.18888889	17.1	19.2	15.825	32.67	14.57	12.8275	14.071
3	808649.706	2112164.768	10.385	29.4	18.5	13.97	27.25	8.3475	9.653333333	10.8028571

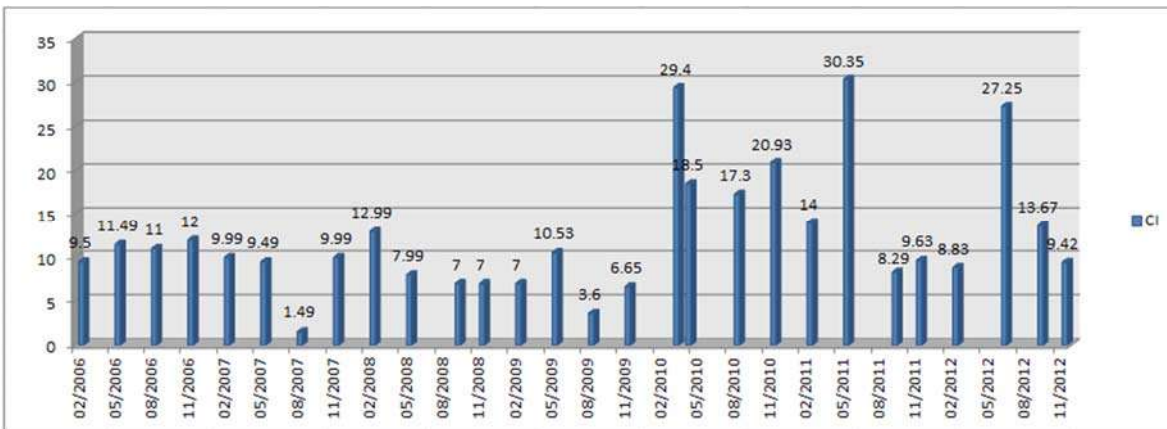
Tabla 9. Cloruros



Gráfica 37. Estación rodilla del diablo



Gráfica 38. Estación cfe



Gráfica 39. Estación puente el marques



## Grasas y aceites

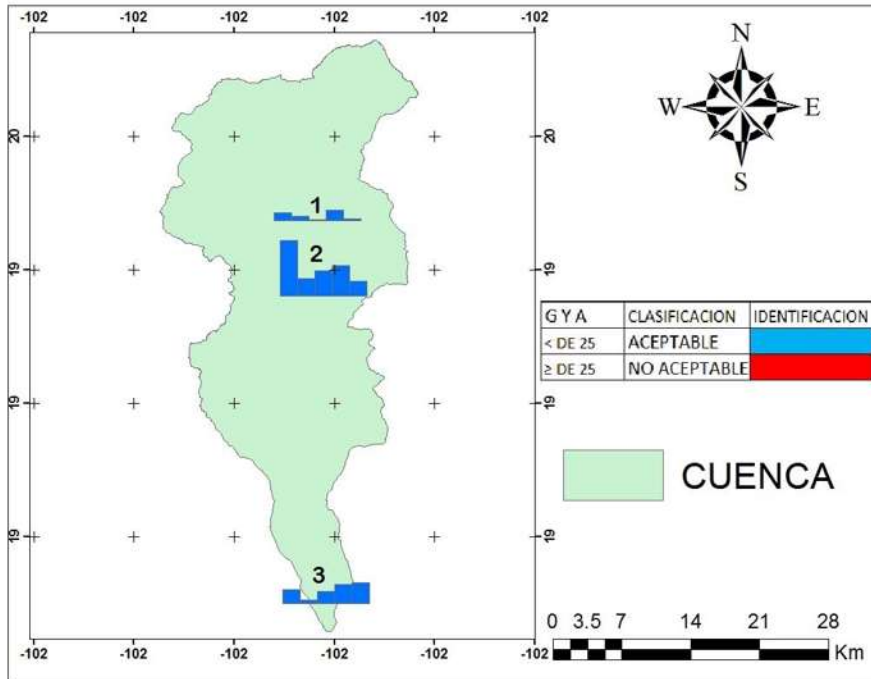


Imagen 35. Mapa grasas y aceites

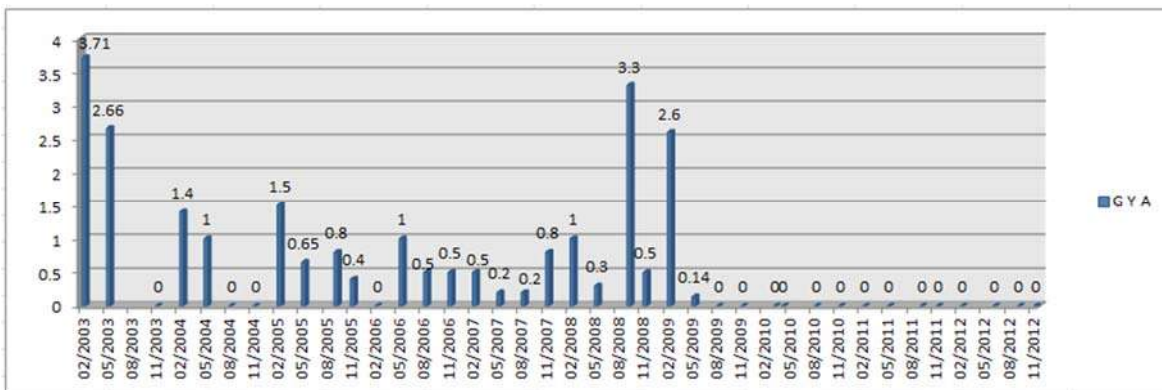
Las grasas y aceites son compuestos orgánicos constituidos principalmente por ácidos grasos de origen animal y vegetal, así como los hidrocarburos del petróleo. Algunas de sus características más representativas son baja densidad, poca solubilidad en agua, baja o nula biodegradabilidad. Por ello, si no son controladas se acumulan en el agua formando natas en la superficie del líquido, no permiten el libre paso del oxígeno hacia el agua, ni la salida del CO<sub>2</sub> del agua hacia la atmósfera; en casos extremos pueden llegar a producir la acidificación del agua junto con bajos niveles de oxígeno disuelto, además de interferir con la penetración de la luz solar.

En el mapa se aprecia que en la estación 1 los niveles de grasas y aceites son muy bajos y que al transcurrir el flujo del agua estos comienzan a tener un aumento sin sobrepasar los límites permisibles, una de las principales fuentes aportadoras de grasas y aceites son los usos domésticos, talleres automotrices y de motores de lanchas y barcos, industria del petróleo, restaurantes, procesadoras de carnes y embutidos e industria cosmética. Esto nos indica que en el trayecto

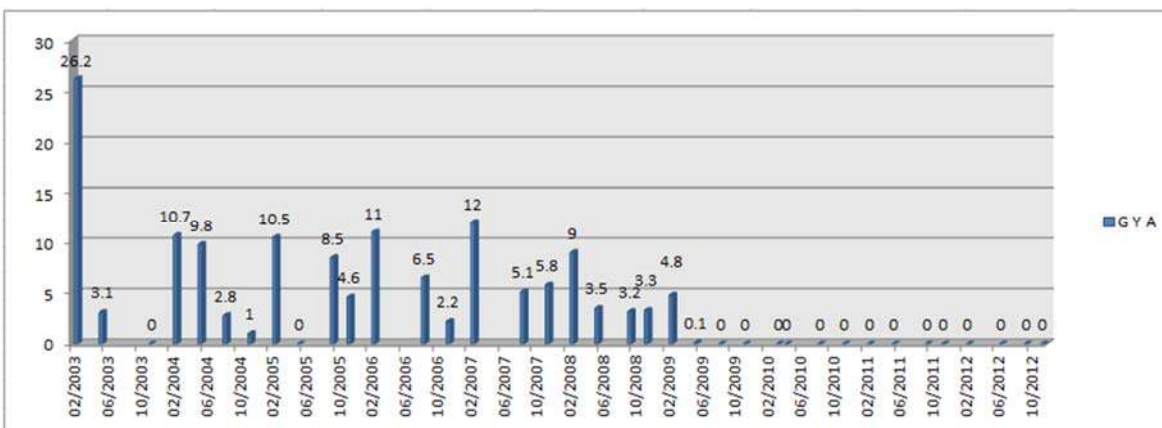
puede existir alguna de estas fuentes que está vertiendo las grasas y aceites en el río.

CODIGO	X	Y	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	NOVIEMBRE
1	807164.624	2150983.071	1.53	S/D	S/D	0.85	S/D	0.23333333	2.05	0.36666667
2	807855.206	2143337.431	10.525	S/D	S/D	3.3	S/D	4.8	5.85	2.81666667
3	808649.706	2112164.768	2.625	S/D	S/D	0.7625	S/D	2.35	3.6	3.96666667

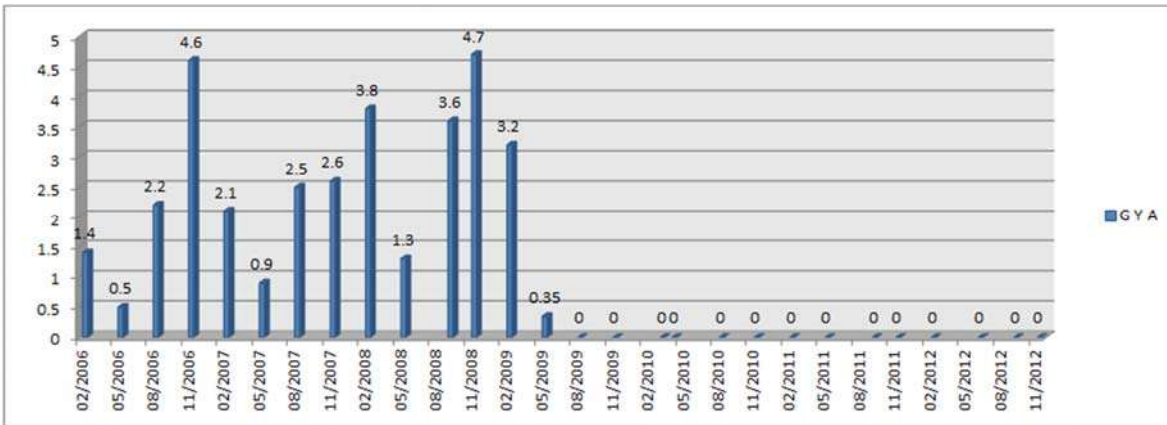
Tabla 10. Valores grasas y aceites



Grafica 40. Estación rodilla del diablo



Grafica 41. Estación cfe



Grafica 42.Estación puente el marques

## DBO5

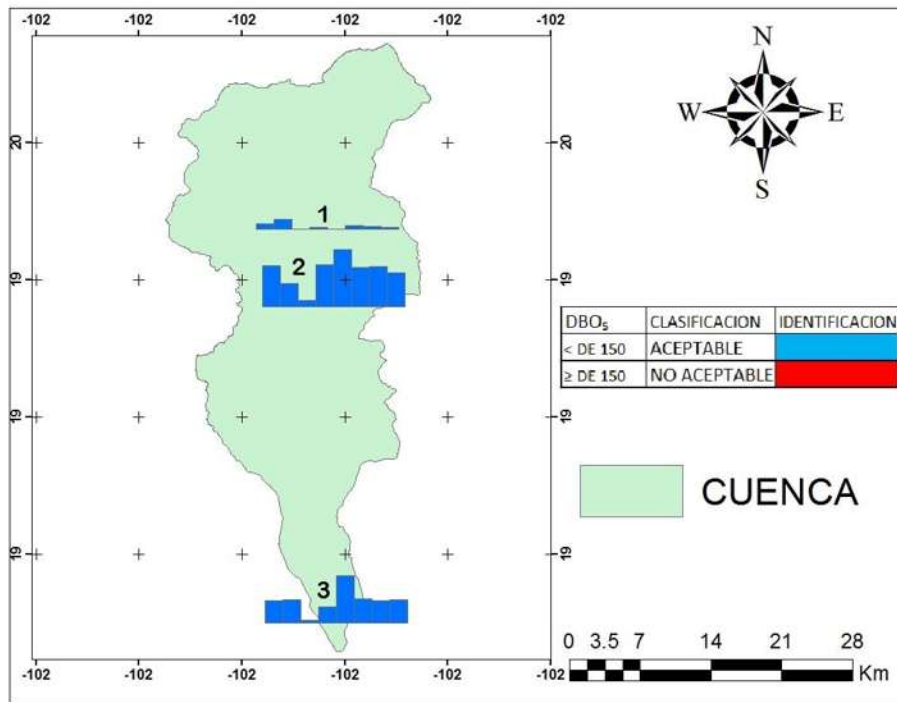


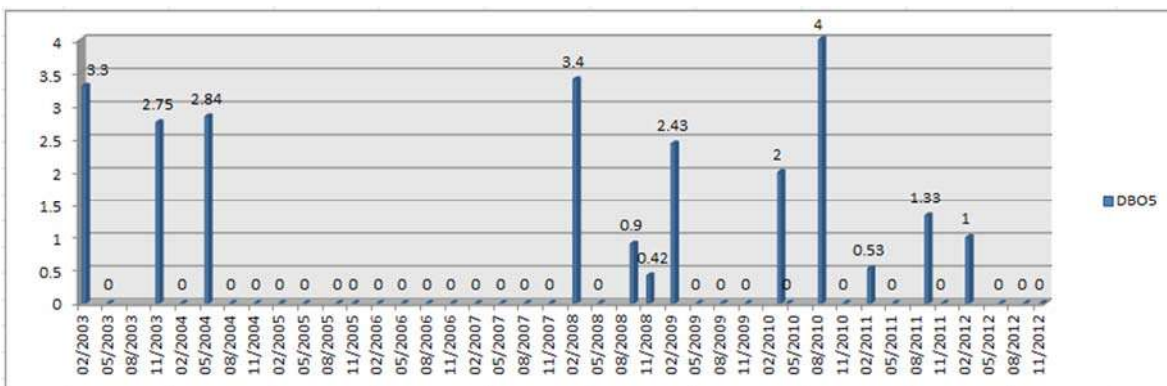
Imagen 36.Mapa DBO5 del agua

El DBO<sub>5</sub> determina la cantidad aproximada de oxígeno que se requerirá para estabilizar biológicamente la materia orgánica. Se usa para determinar el poder contaminante por parte de la materia orgánica, procedente de vertidos urbanos, actividades ganaderas, agrícolas o industriales con manipulación de compuestos orgánicos, en términos de la cantidad de oxígeno que requieren si son descargados a las corrientes naturales de agua.

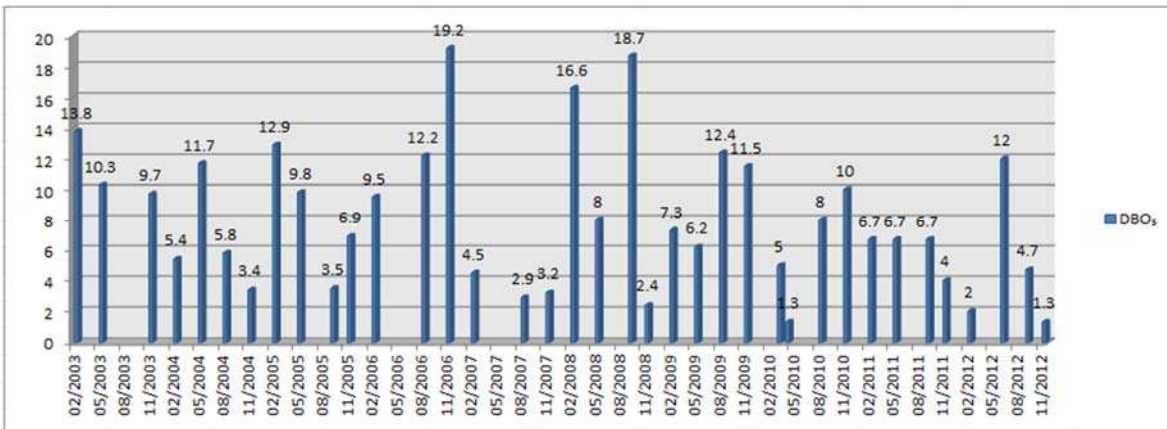
La contaminación de un cauce, lago o mar con alta concentración de materia orgánica procede de los procesos de descomposición de esta materia orgánica... Estos son básicamente reacciones químicas que requieren el oxígeno disuelto en el agua para su desarrollo. Como este oxígeno, procedente de la atmósfera por intercambio de gases, es el que en condiciones normales es requerido por la flora y fauna del medio para subsistir en la cuenca se muestra que en la estación 1 no hay tanta presencia de materia orgánica por lo tanto el nivel de DBO<sub>5</sub> es muy mínimo, en la estación 2 hay un aumento considerado de DBO<sub>5</sub> reflejando que cuanto mayor cantidad de materia orgánica contiene la muestra, más oxígeno necesitan sus microorganismos para oxidarla (degradarla), esto ocasiona que el equilibrio del medio se altere, afectando de modo significativo a la vida acuática. En la estación 3 a comparación de la 2 los niveles de DBO<sub>5</sub> comenzaron a bajar.

CODIGO	X	Y	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	NOVIEMBRE	
1	807164.624	2150983.07	1.18444444		2	0	0.355	0	0.8	0.5575	0.317
2	807855.206	2143337.43	8.74444444		5	1.3	8.78333333	12	8.26	8.4	7.16
3	808649.706	2112164.77		4.8	5	0.6	3.36	10	5.075	4.68666667	4.97142857

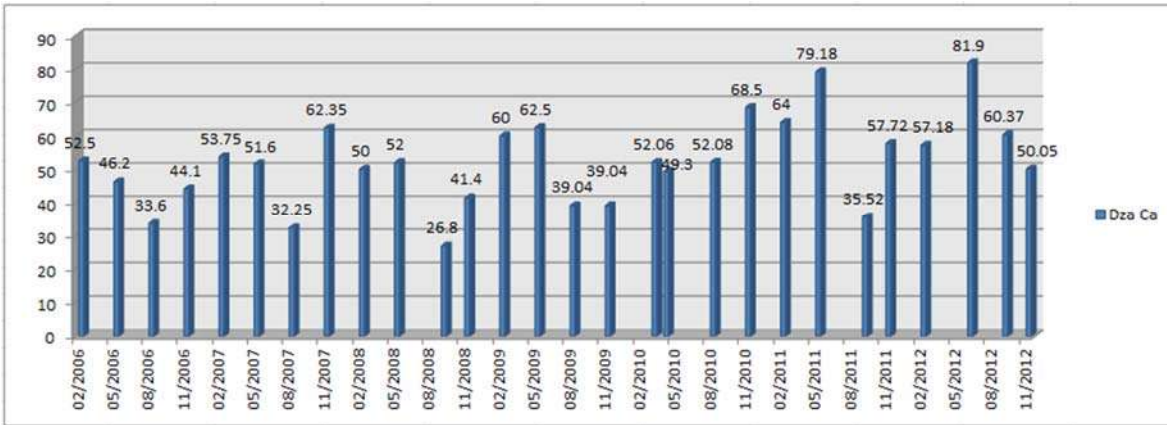
Tabla 11. Valores del DBO<sub>5</sub>



Grafica 43. Estación rodilla del diablo



Grafica 44.Estación cfe



Grafica 45.Estación puente el marques

### Dureza del agua

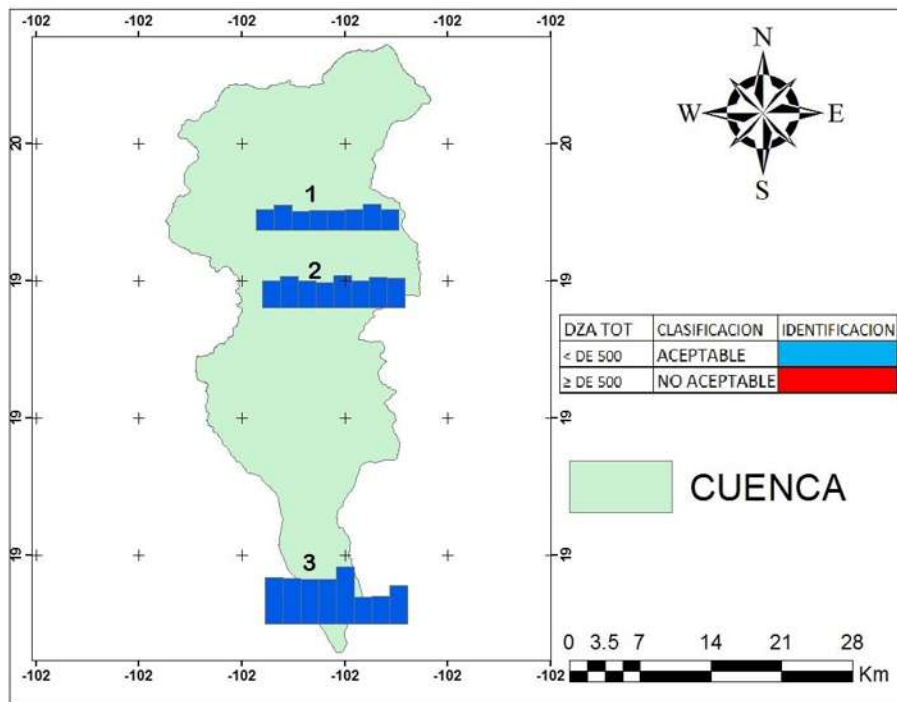


Imagen 37.Mapa dureza de agua

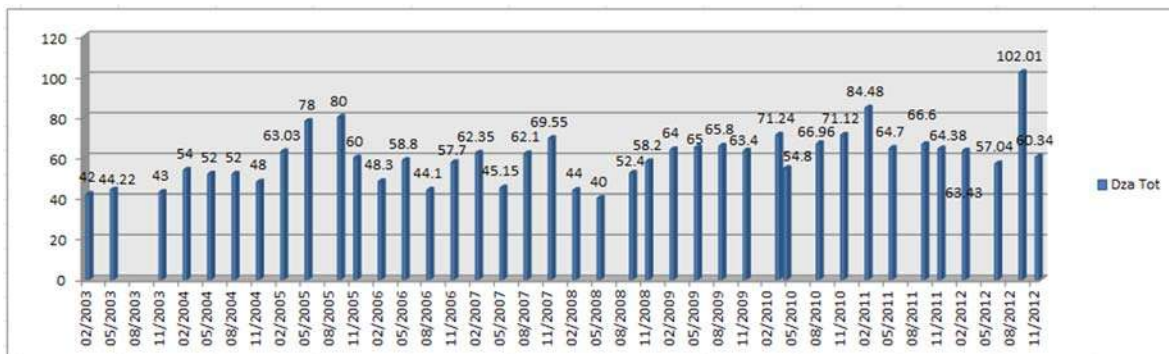
La dureza del agua se debe al contenido de calcio y, en menor medida, de magnesio disueltos. Suele expresarse como cantidad equivalente de carbonato cálcico. La presencia de sales de magnesio y calcio en el agua depende fundamentalmente de las formaciones geológicas atravesadas por el agua de forma previa a su captación.

Una dureza del agua por encima de 200 mg/l aproximadamente puede provocar la formación de incrustaciones, sobre todo en las calefacciones. En el mapa se observa que las cantidades de calcio y magnesio son bajas en todas las estaciones de monitoreo por lo cual consideramos que el agua del río Cupatzió es blanda, teniendo como único problema que las aguas blandas con una dureza menor que 100 mg/l aproximadamente tienen una capacidad de amortiguación baja y pueden ser más corrosivas para las tuberías.

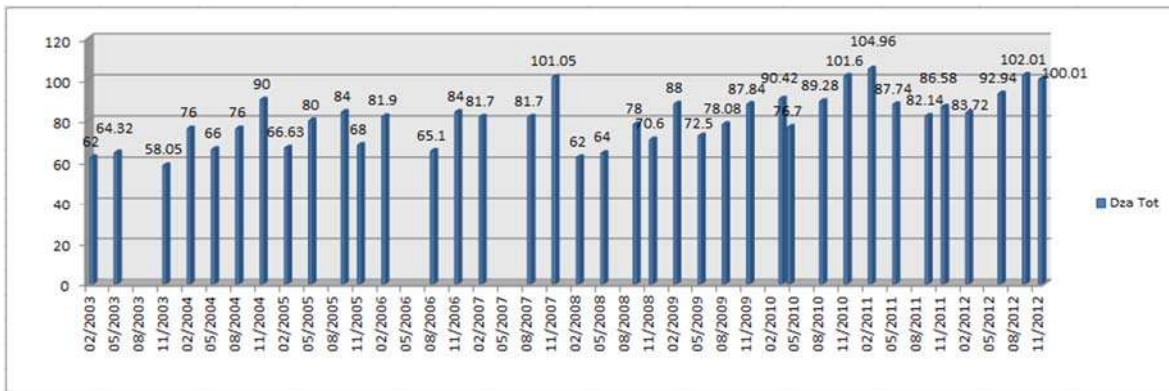
No se propone ningún valor de referencia basado en efectos sobre la salud para la dureza. No obstante, el grado de dureza del agua puede afectar a su aceptabilidad por parte del consumidor en lo que se refiere al sabor y a la formación de incrustaciones.

CODIGO	X	Y	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	NOVIEMBRE
1	807164.624	2150983.071	58.3988889	71.24	54.8	55.98375	57.04	58.192	75.2525	59.569
2	807855.206	2143337.431	78.5455556	90.42	76.7	72.4266667	92.94	78.032	86.5375	84.773
3	808649.706	2112164.768	135.021667	131.52	128.7	129.166	163.8	78.2275	81.17	111.2457143

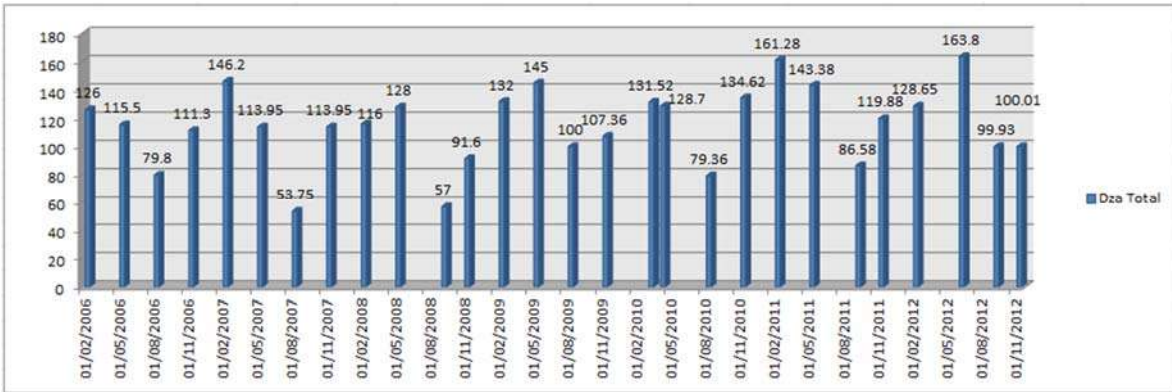
Tabla 12. Valores dureza total



Grafica 46. Estación rodilla del diablo



Grafica 47. Estación cfe



Grafica 48.Estación puente el marques

## Amoniaco

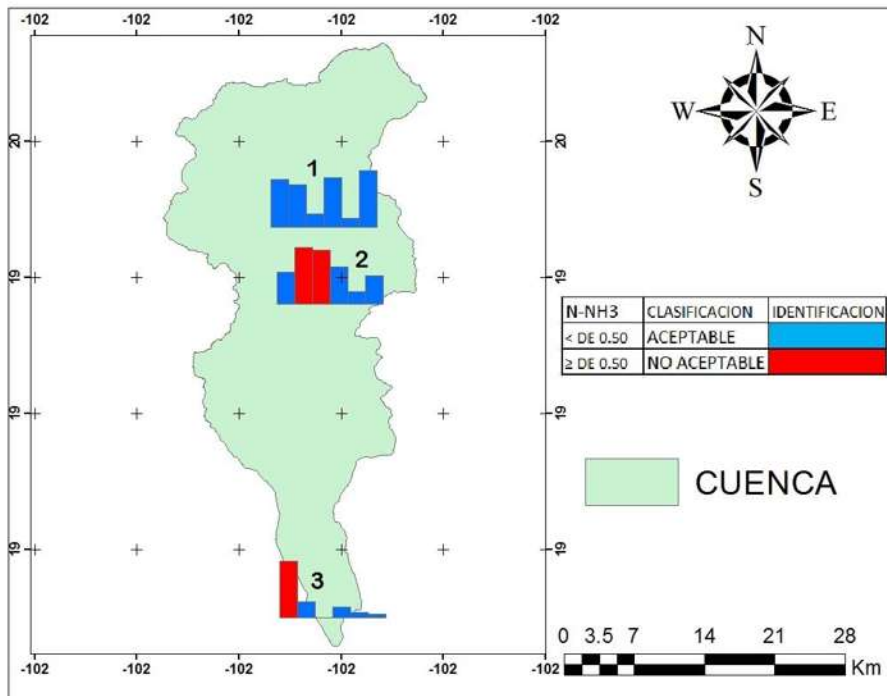


Imagen 38.Mapa amoniaco

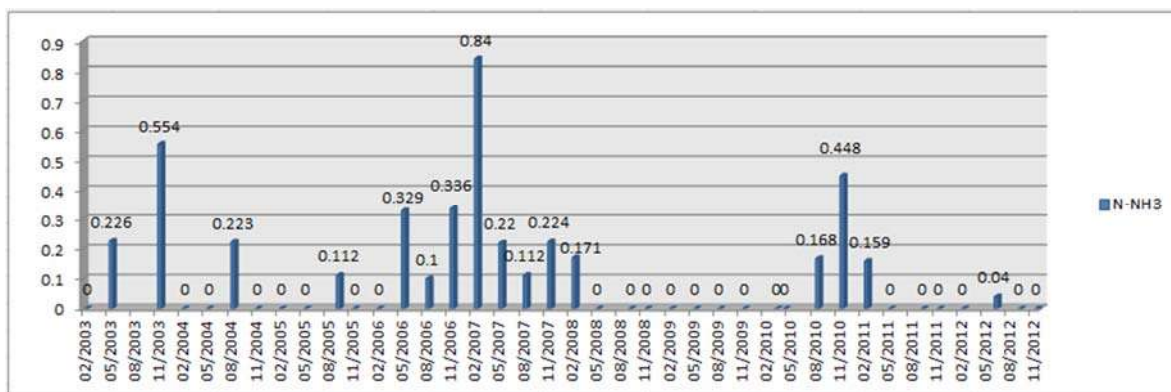
En el mapa se muestra que en la primera estación no hay problema con el límite de amoniaco encontrado en el agua ya que este no sobrepasa el límite permisible si es así, ya que el amoníaco es una sustancia química producida tanto por los seres humanos como por la naturaleza lo cual indica estos valores que cuando se encuentra amoníaco en niveles que pueden causar preocupación, éstos probablemente se deben a su producción directa o indirecta por seres humanos.

Los límites de la estación dos en los meses de mayo y junio no son aceptados. Así mismo en la estación 3 el mes de febrero rebasa el límite permisible lo cual nos refleja que la presencia de amoníaco puede indicar una degradación incompleta de la materia orgánica. El amoníaco presente en el medio ambiente procede de procesos metabólicos, agropecuarios e industriales, así como de la desinfección con cloramina.

También pueden producir contaminación con amoníaco los revestimientos de tuberías con mortero de cemento. El amoníaco es un indicador de posible contaminación del agua con bacterias, aguas residuales o residuos de animales. El amoníaco es uno de los principales productos del metabolismo de los mamíferos.

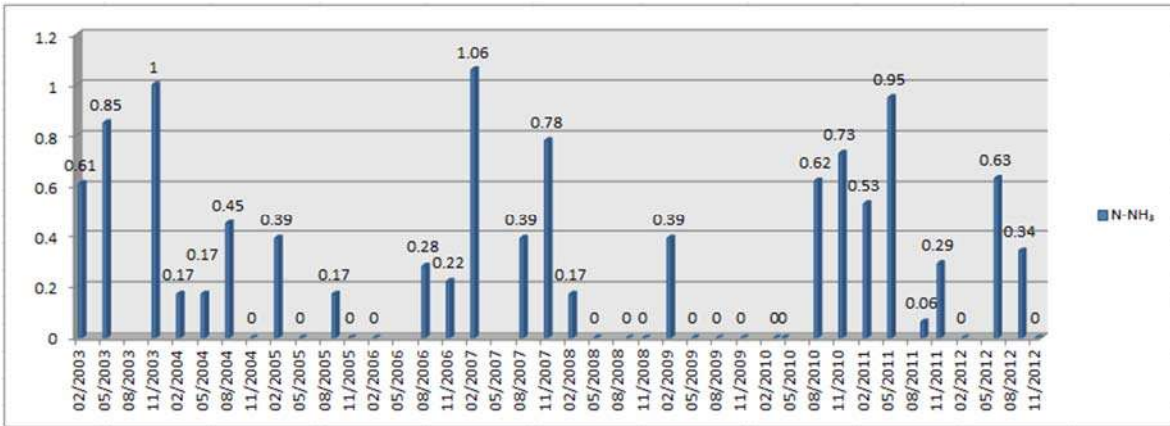
CODIGO	X	Y	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	NOVIEMBRE
1	807164.624	2150983.07	0.14625	S/D	S/D	0.12916667	0.04	0.15075	0.028	0.17355556
2	807855.206	2143337.43	0.36888889	S/D	S/D	0.65666667	0.63	0.435	0.1425	0.33555556
3	808649.706	2112164.77	1.158	S/D	S/D	0.33366667	0	0.22166667	0.112	0.08366667

Tabla 13. Valores del amoníaco

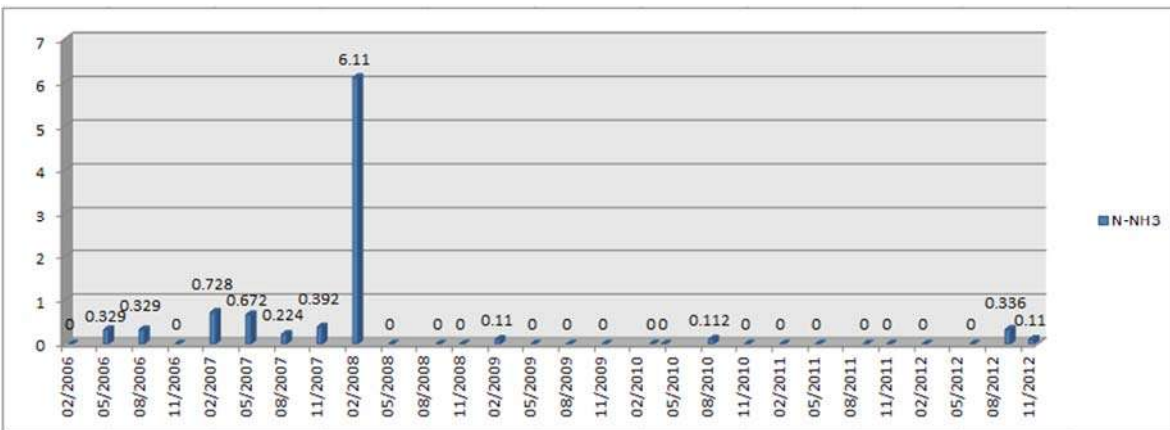


Grafica 49. Estación rodilla del diablo





Grafica 50.Estación cfe



Grafica 51.Estación puente el marques

## Nitratos

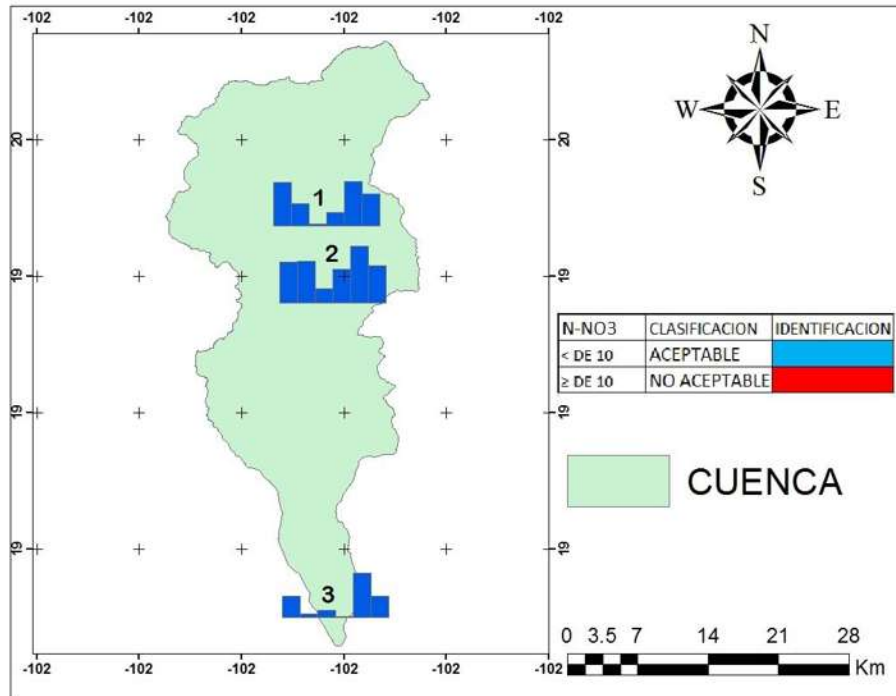


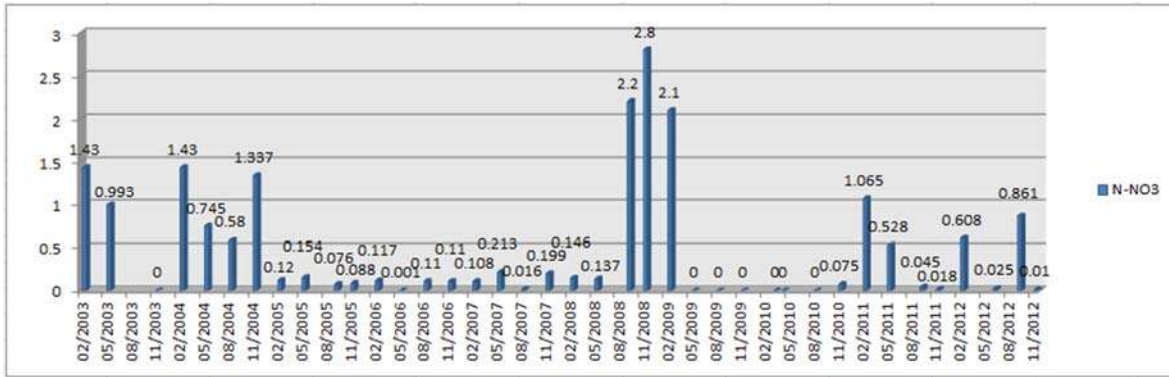
Imagen 39. Mapa nitratos

El nitrato es la forma principal del nitrógeno que se encuentra en las aguas naturales. Los nitratos, por reducción bacteriana o química se transforman en nitritos, que son potencialmente tóxicos. Los nitratos se utilizan en fertilizantes inorgánicos. En las aguas pueden encontrarse bien procedentes de las rocas que los contengan o que ocurre raramente o bien por oxidación bacteriana de las materias orgánicas, principalmente de las eliminadas por los animales. La concentración de nitratos tiende a aumentar como consecuencia del incremento del uso de fertilizantes y del aumento de la población.

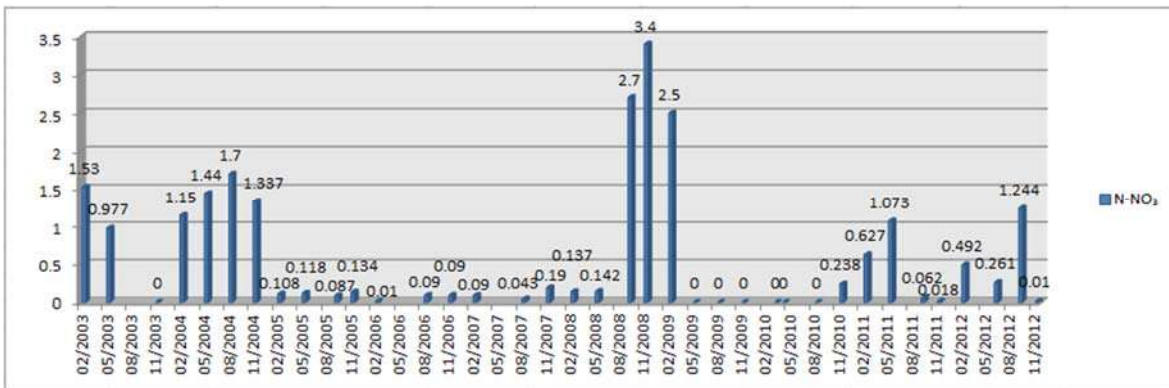
Se observa que la presencia de los nitratos en el río Cupatitzio es en pequeñas cantidades así mismo indica que hay meses en los cuales la cantidad es de cero. No existe mayor problema con los nitratos ya que no representan un riesgo para la salud en las cantidades que se encuentran.

CODIGO	X	Y	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	NOVIEMBRE
1	807164.624	2150983.071	0.79155556	S/D	0.39585714	0.39585714	0.025	0.23533333	0.7955	0.579625
2	807855.206	2143337.431	0.73822222	S/D	S/D	0.75	0.261	0.611	1.02325	0.677125
3	808649.706	2112164.768	0.38833333	S/D	S/D	0.072	0.134	0.02	0.808	0.38916667

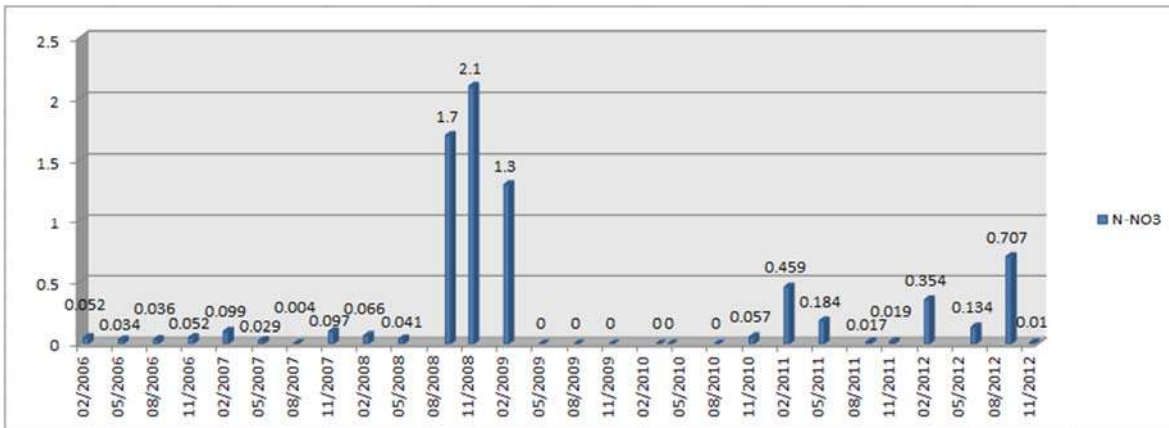
Tabla 14. Valores de los nitratos



Grafica 52. Estación rodilla del diablo



Grafica 53. Estación cfe



Grafica 54. Estación puente el marques

## Nitritos en el agua

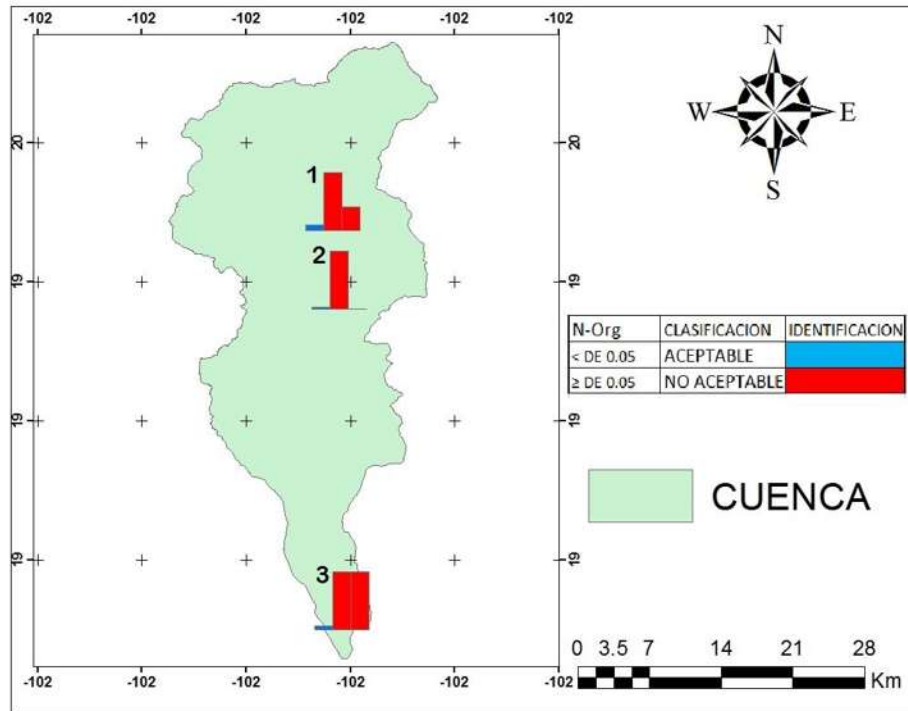


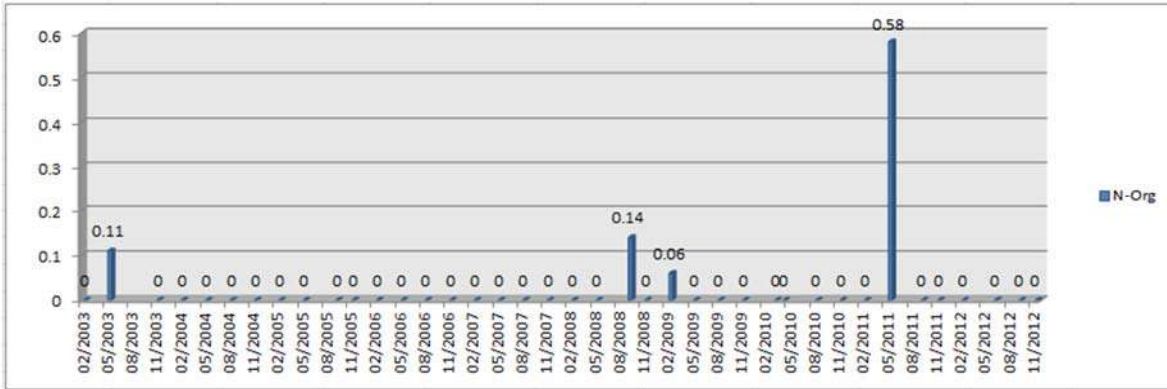
Imagen 40. Mapa nitritos en el agua

La presencia de nitritos en el agua es indicativa de contaminación de carácter fecal reciente. En aguas superficiales, bien oxigenadas, el nivel de nitrito no suele superar 0.1 mg/l. asimismo, cabe resaltar que el nitrito se halla en un estado de oxidación intermedio entre el amoníaco y el nitrato. Los nitritos en concentraciones elevadas reaccionan dentro del organismo con aminas y amidas secundarias y terciarias formando nitrosaminas de alto poder cancerígeno y tóxico.

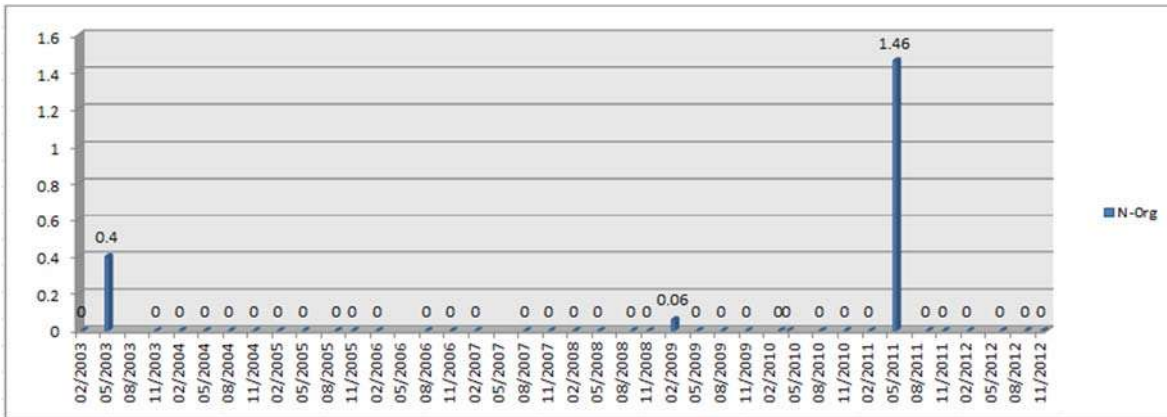
En general, la concentración de nitritos en el agua superficial es muy baja, pero puede aparecer ocasionalmente en concentraciones inesperadamente altas como se muestra en el mapa en los meses de mayo y septiembre que sobre pasan los límites permisibles en las tres estaciones de muestreo, esto puede ser debido a la contaminación industrial y de aguas residuales domésticas que son vertidas a lo largo del río indicando que hay fuentes de contaminación.

CODIGO	X	Y	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	NOVIEMBRE
1	807164.624	2150983.07	0.03 S/D	S/D	S/D	0.345 S/D	S/D	S/D	0.14 S/D	S/D
2	807855.206	2143337.43	0.03 S/D	S/D	S/D	0.93 S/D	S/D	S/D	0 S/D	S/D
3	808649.706	2112164.77	0.03 S/D	S/D	S/D	0.42 S/D	S/D	S/D	0.42 S/D	S/D

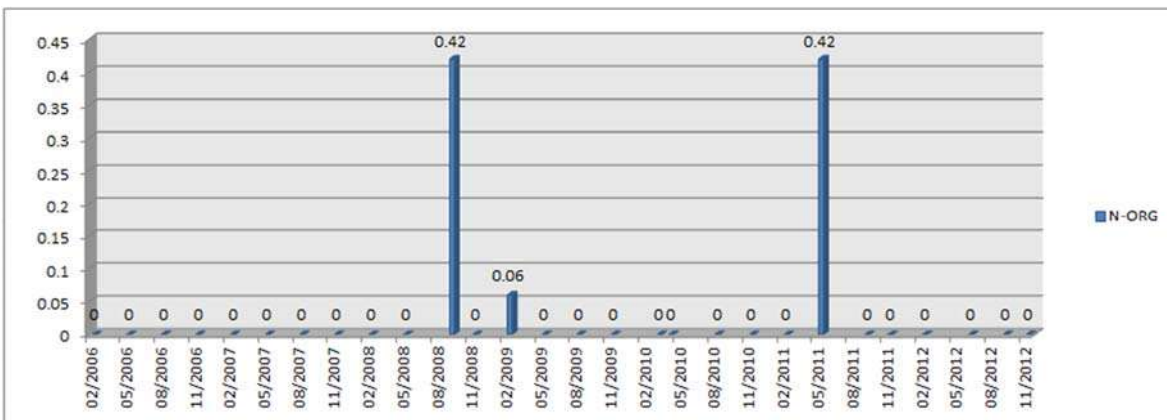
Tabla 15.Nitritos



Grafica 55.Estación rodilla del diablo



Grafica 56.Estación cfe



Grafica 57.Estación puente el marques

## Nitrógeno total

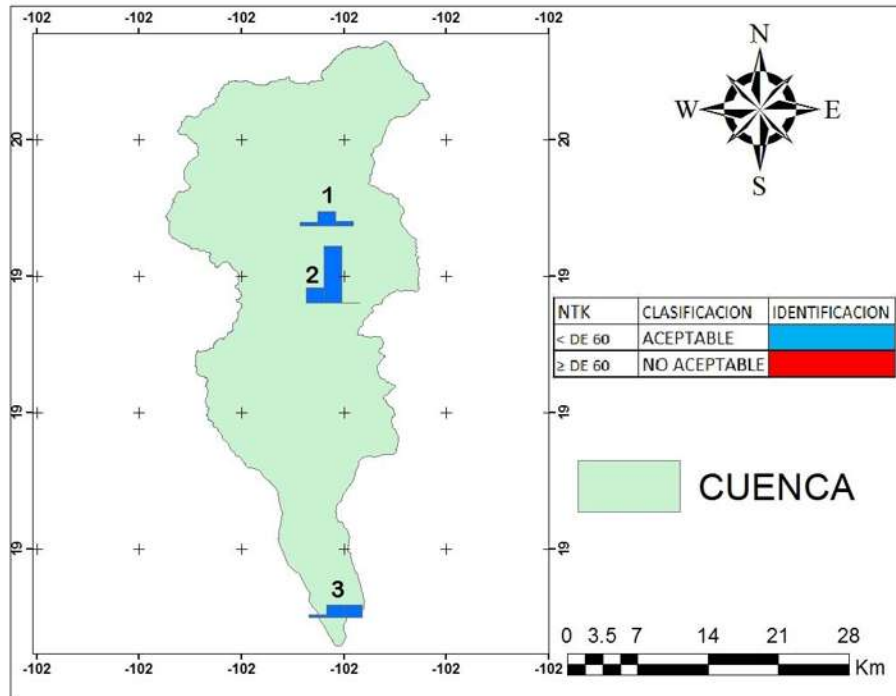


Imagen 41. Mapa de nitrógeno total

El nitrógeno es esencial para todos los organismos; es parte fundamental de moléculas como proteínas y ácidos nucleicos y es un nutriente indispensable en el crecimiento de organismos fotosintéticos.

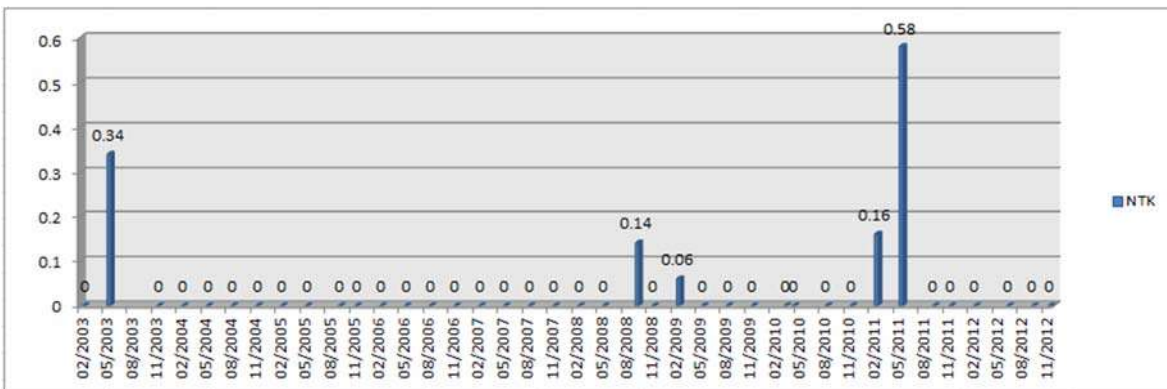
En la química del agua, los compuestos del nitrógeno,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$  y nitrógeno orgánico, representan un papel muy importante puesto que son ellos los verdaderamente responsables del crecimiento de los organismos animales y vegetales en el medio acuático. En el tratamiento de aguas residuales urbanas se emplea el concepto de nitrógeno Kjeldahl, suma del orgánico y amoniacal. Debe oscilar entre 40-60 mg/l,

En la imagen se muestra que los valores encontrados de NTK son bajos lo que indica que en condiciones normales, los compuestos nitrogenados del agua provienen fundamentalmente de la degradación de la materia orgánica muerta, que a su vez ha sido absorbida de la atmósfera para su metabolismo. Si los valores fueran altos indicarían que se encuentran en condiciones del medio alteradas, por lo cual los aportes adicionales de nitrógeno proceden mayoritariamente de los

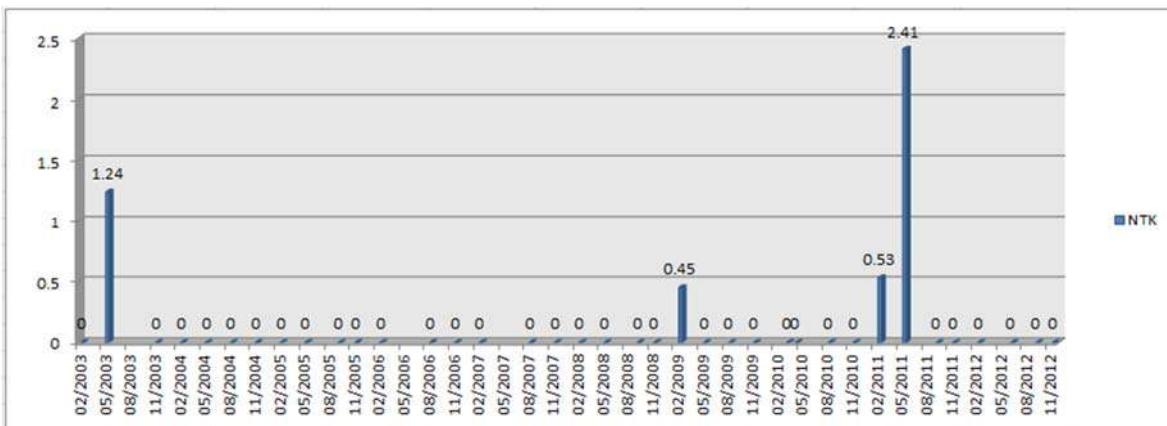
vertidos urbanos y de ciertas instalaciones industriales, así como del uso creciente de fertilizantes y pesticidas en la agricultura.

CODIGO	X	Y	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	NOVIEMBRE
1	807164.624	2150983.07	0.11	S/D	S/D	0.46	S/D	S/D	0.14	S/D
2	807855.206	2143337.43	0.49	S/D	S/D	1.825	S/D	S/D	0	S/D
3	808649.706	2112164.77	0.085	S/D	S/D	0.42	S/D	S/D	0.42	S/D

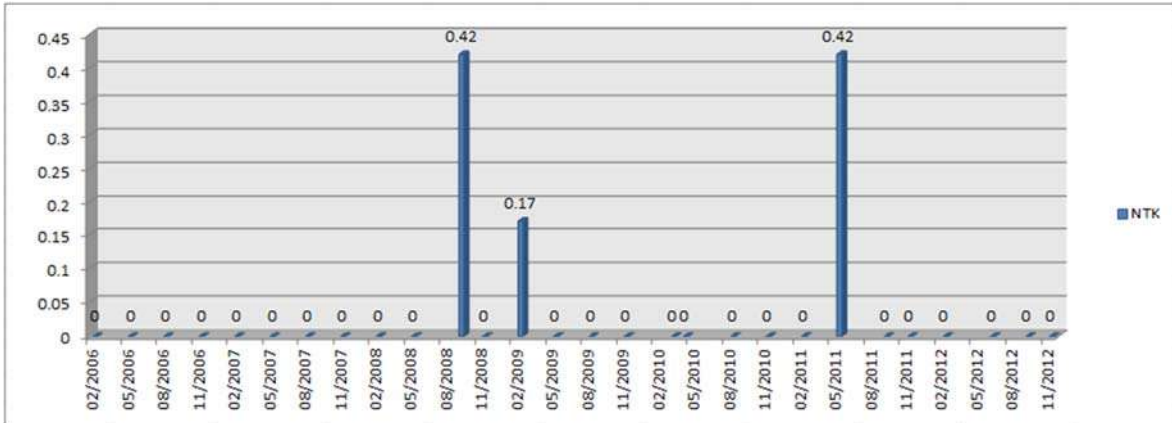
Tabla 16. Valores de NTK



Grafica 58. Estación rodilla del diablo



Grafica 59. Estación cfe



Grafica 60.Estación puente el marques

### Solidos disueltos totales

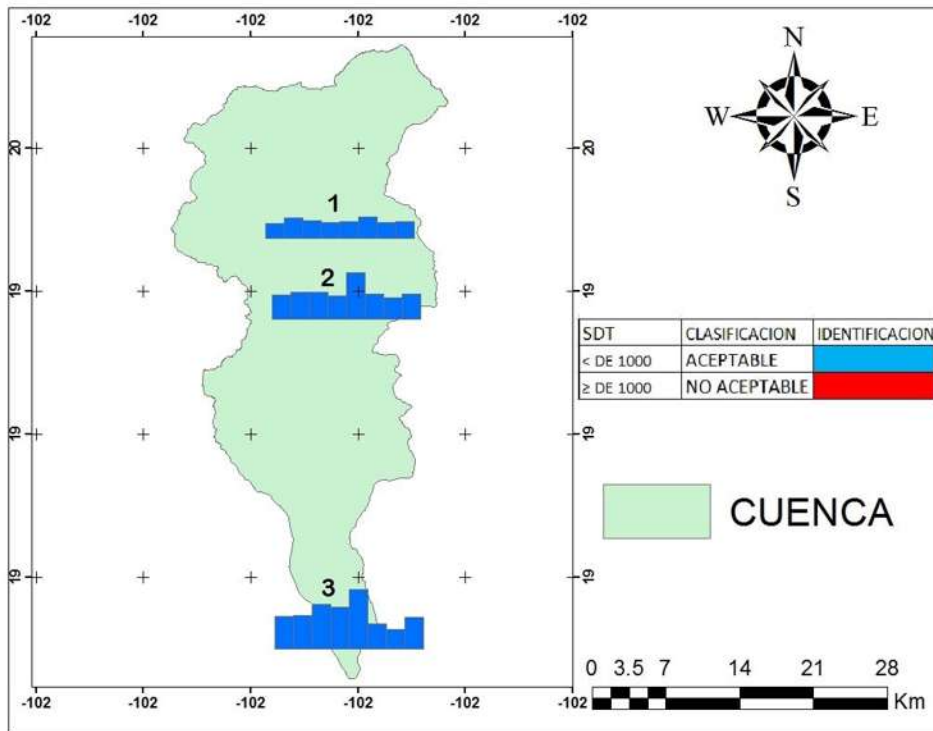


Imagen 42.Mapa de solidos disueltos totales

Los sólidos disueltos pueden afectar adversamente la calidad de un cuerpo de agua o un efluente de varias formas. Los sólidos disueltos afectan la penetración de luz en la columna de agua y la absorción selectiva de los diferentes largos de onda que integran el espectro visible. Los análisis de sólidos disueltos son también importantes como



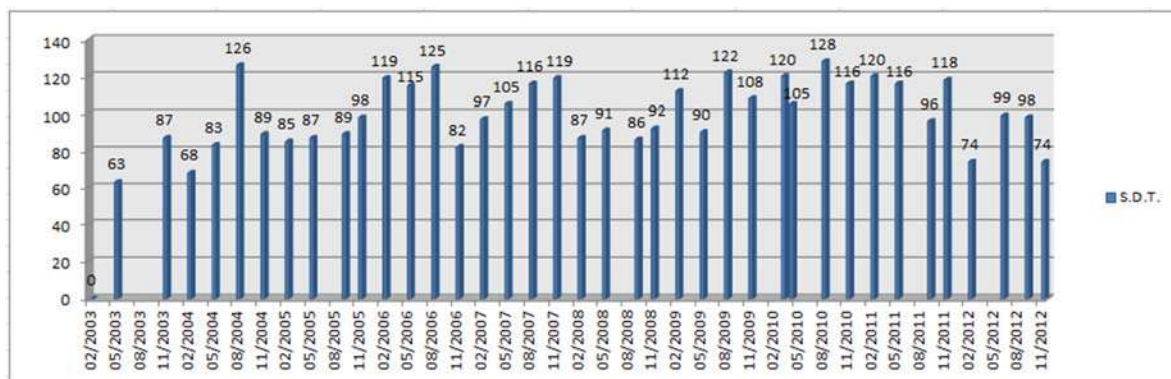
indicadores de la efectividad de procesos de tratamiento biológico y físico de aguas usadas.

En el mapa se tiene que la cantidad de sólidos disueltos totales no sobrepasan los límites permisibles de los SDT. Las aguas para el consumo humano, con un alto contenido de sólidos disueltos, son por lo general de mal agrado para el paladar y pueden inducir una reacción fisiológica adversa en el consumidor.

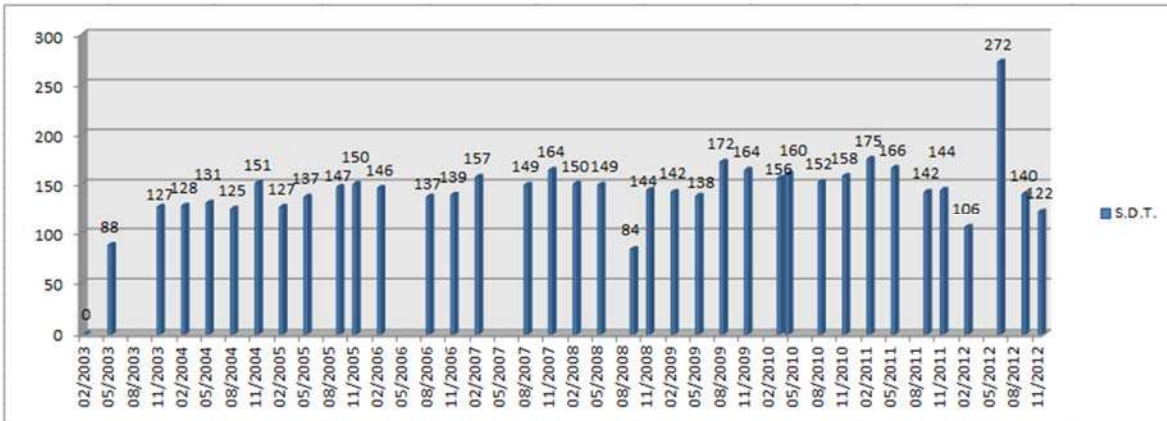
Los sólidos disueltos totales son definidos analíticamente como residuo filtrable total (en mg/L) Los principales aniones inorgánicos disueltos en el agua son carbonatos, bicarbonatos, cloruros, sulfatos, fosfatos y nitratos. Los principales cationes son calcio, magnesio, sodio, potasio, amonio, etc.

CODIGO	X	Y	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	NOVIEMBRE
1	807164.624	2150983.071	84.6666667	120	105	93.75	99	123.4	92.25	98.3
2	807855.206	2143337.431	141.375	156	160	134.833333	272	147	128.25	146.3
3	808649.706	2112164.768	188.666667	198	260	243	346	147.25	117	184.5

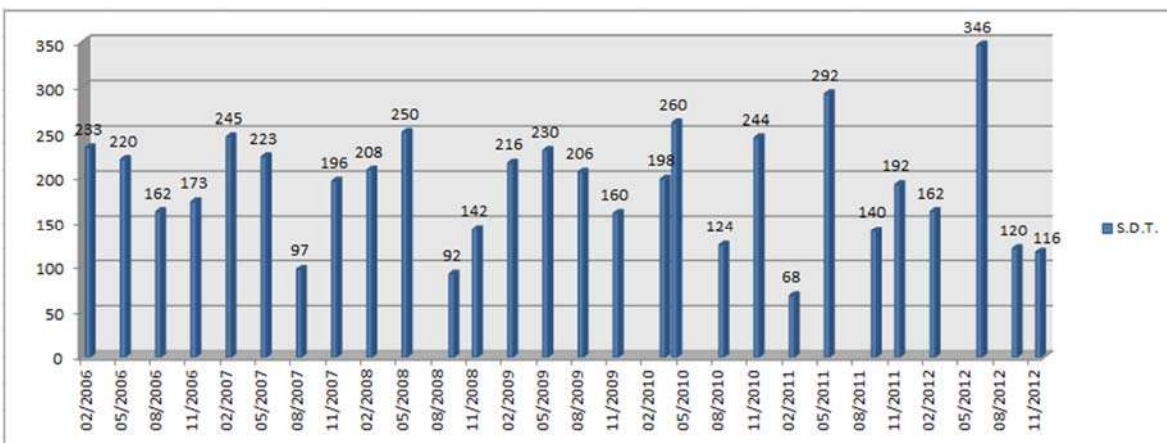
Tabla 17. Valores de SDT



Grafica 61. Estación rodilla del diablo



Grafica 62.Estación cfe



Grafica 63.Estación puente el marques

## Sodio

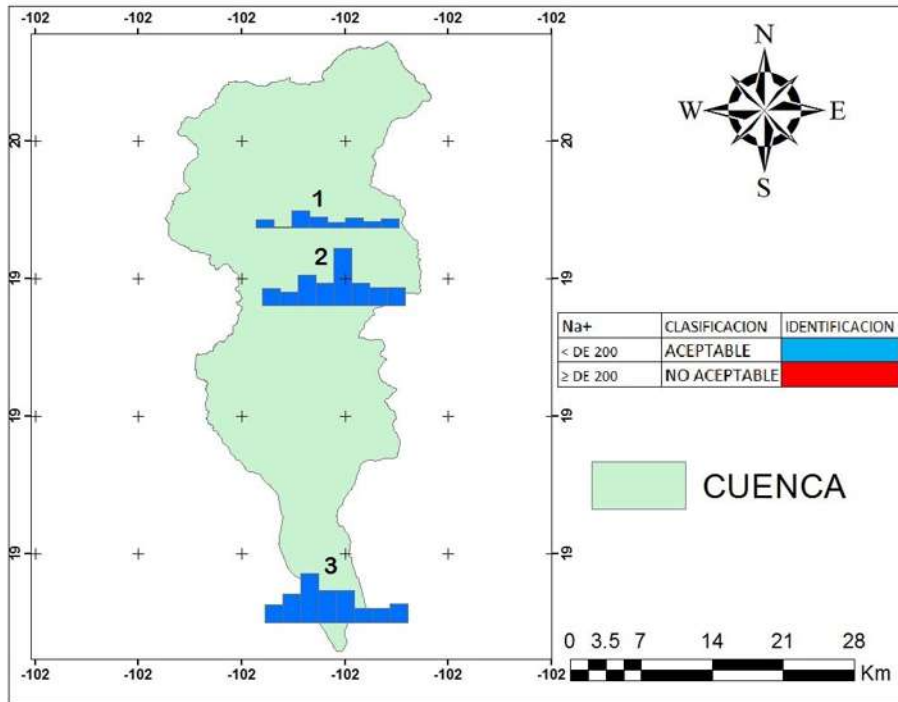


Imagen 43. Mapa de sodio

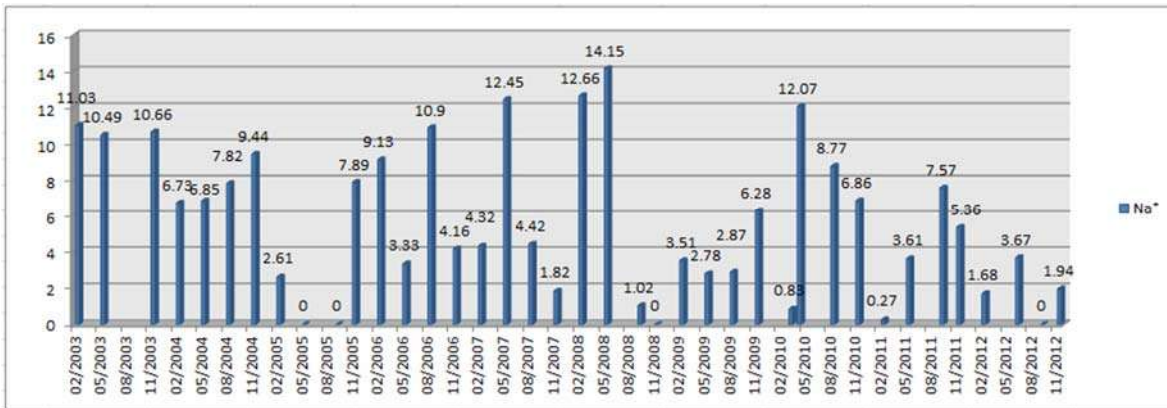
Los compuestos de sodio finalizan de forma natural en el agua procede de rocas y de suelos su valor depende de las condiciones geológicas y de la contaminación por aguas residuales. Los compuestos del sodio se utilizan en muchos procesos industriales, y en muchas ocasiones van a parar a aguas residuales de procedencia industrial. Se aplican en la metalurgia y como agente refrigerante para reactores nucleares. El nitrato de sodio se aplica frecuentemente como un fertilizante sintético. Alrededor del 60% de sodio se utiliza en industrias químicas, donde se convierte en cloro gas, hidróxido de sodio o carbonato de sodio, y alrededor del 20% del sodio se utiliza en la industria alimentaria.

El hidróxido de sodio se utiliza para prevenir obturaciones en tuberías, y el carbonato de sodio se aplica en la purificación del agua para neutralizar ácidos. El bicarbonato de sodio es un constituyente de la levadura, y se aplica en la industria textil, industrias del cuero y en industrias de jabones.

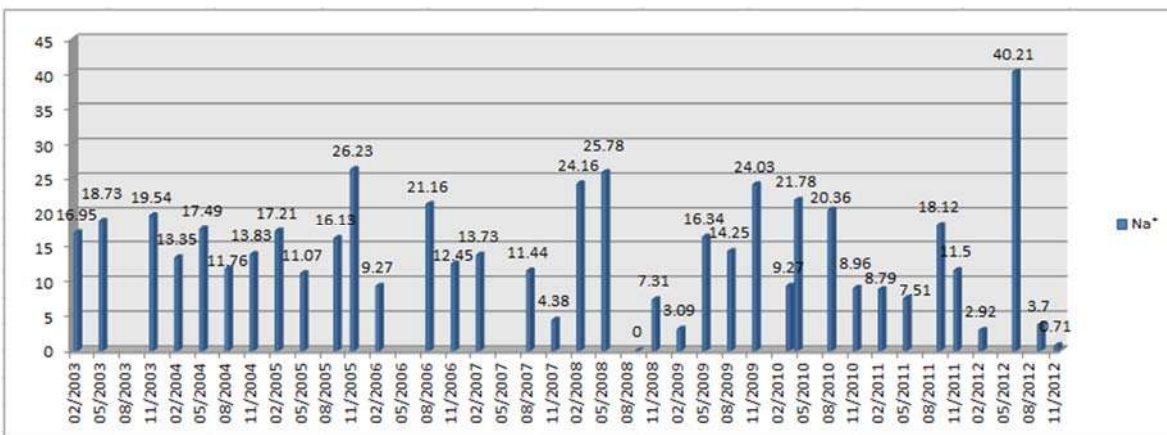
En el mapa la cantidad de sodio existente no sobre pasa los limites los cual nos indica que no hay mayor problema se observa que en la estación 2 y 3 cada vez l os valores van aumentando esto se debe a que en el transcurso del río va habiendo más sodio esto puede ser por las rocas y el tipo de suelo o ya sea por la cantidad de aguas residuales descargadas sobre la corriente y por eso se present a una elevación en la cantidad.

CODIGO	X	Y	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	NOVIEMBRE
1	807164.624	2150983.071	5.771111111	0.83	12.07	7.66571429	3.67	6.956	4.295	6.04555556
2	807855.206	2143337.431	12.16333333	9.27	21.78	16.15333333	40.21	15.794	12.65	12.894
3	808649.706	2112164.768	12.655	20.51	34.92	22.5892	22.91	10.1025	10.5	13.39

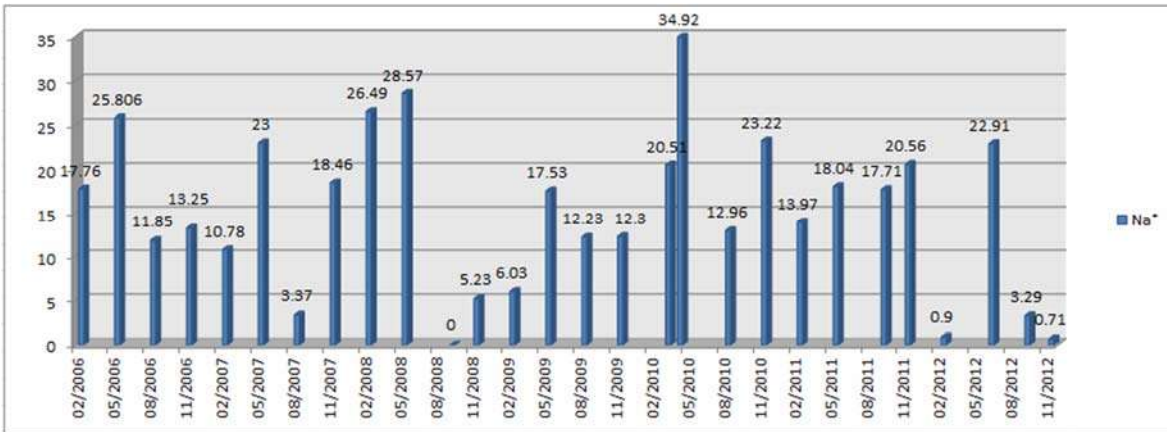
Tabla 18.Valores del sodio



Grafica 64.Estación rodilla del diablo



Grafica 65.Estación cfe



Grafica 66. Estación puente el marques

### Sólidos suspendidos totales

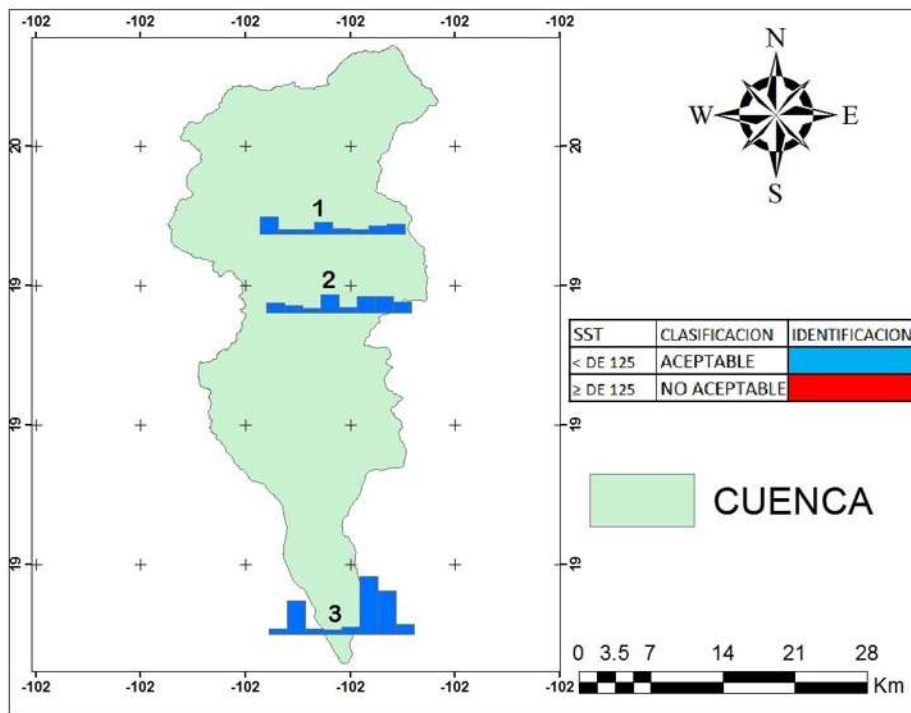


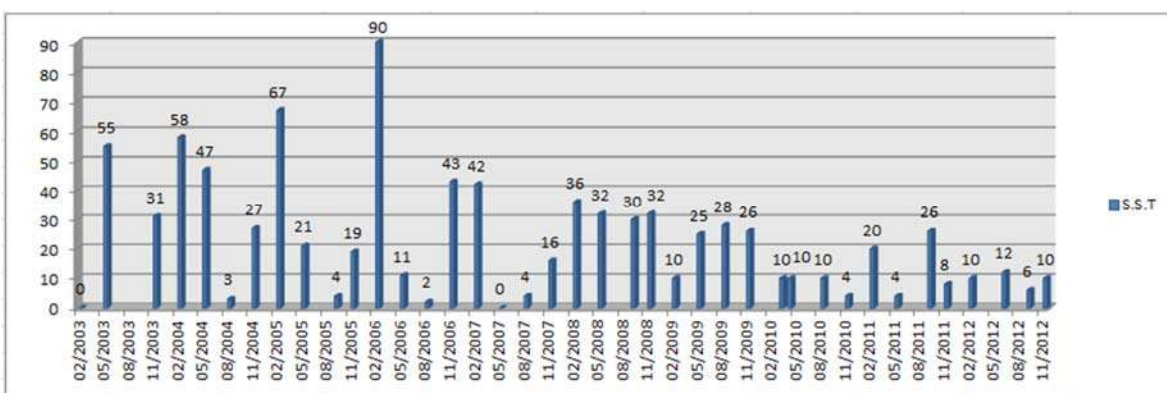
Imagen 44. Mapa de sólidos suspendidos totales

Los sólidos suspendidos son transportados gracias a la acción de arrastre y soporte del movimiento del agua; los más pequeños (menos de 0.01 mm) no sedimentan rápidamente y se consideran sólidos no sedimentables, y los más grandes (mayores de 0.01 mm) son generalmente sedimentables cuando están presentes, los sólidos suspendidos contienen una cantidad significativa de los contaminantes presentes en el agua; por otro lado, pueden ser suprimidos del agua

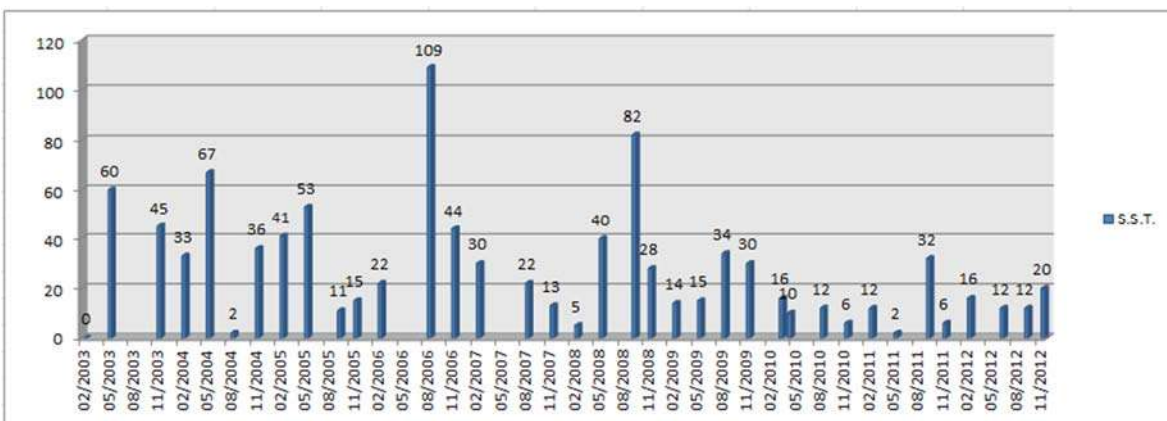
por medio de procedimientos relativamente sencillos de sedimentación y filtración. En el mapa se muestra que hay muy poca existencia de sólidos suspendidos totales aunque en la estación 3 se muestra un incremento esto se debe a que los sólidos son arrastrados y se presenta una acumulación en el transcurso del río.

CODIGO	X	Y	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	NOVIEMBRE
1	807164.624	2150983.071	37	10	10	24.375	12	9.4	16.5	21.6
2	807855.206	2143337.431	21.625	16	10	39.5	12	35.8	34.25	24.3
3	808649.706	2112164.768	11.8333333	72	12	10	16	123	92	21.7142857

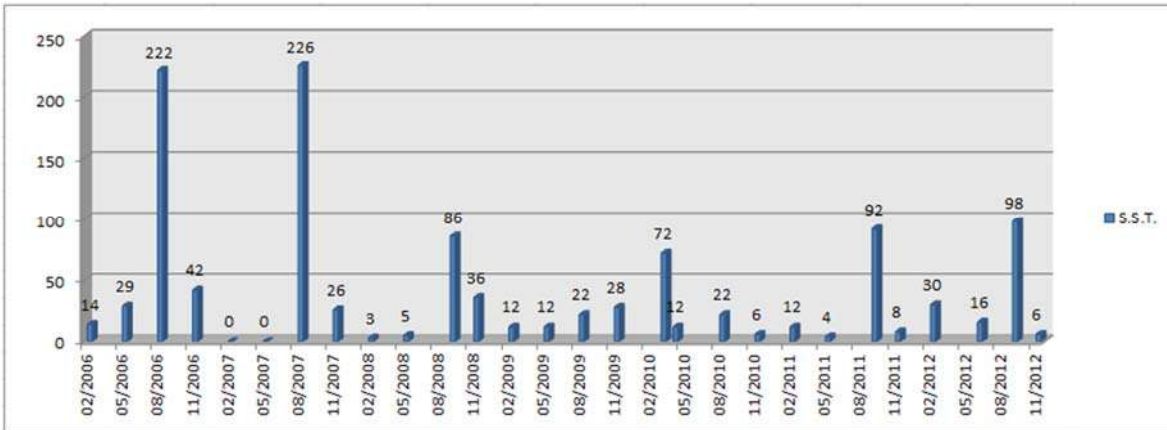
Tabla 19. Valores de sst



Grafica 67. Estación rodilla del diablo



Grafica 68. Estación cfe



Grafica 69.Estación puente el marques

## Sulfato

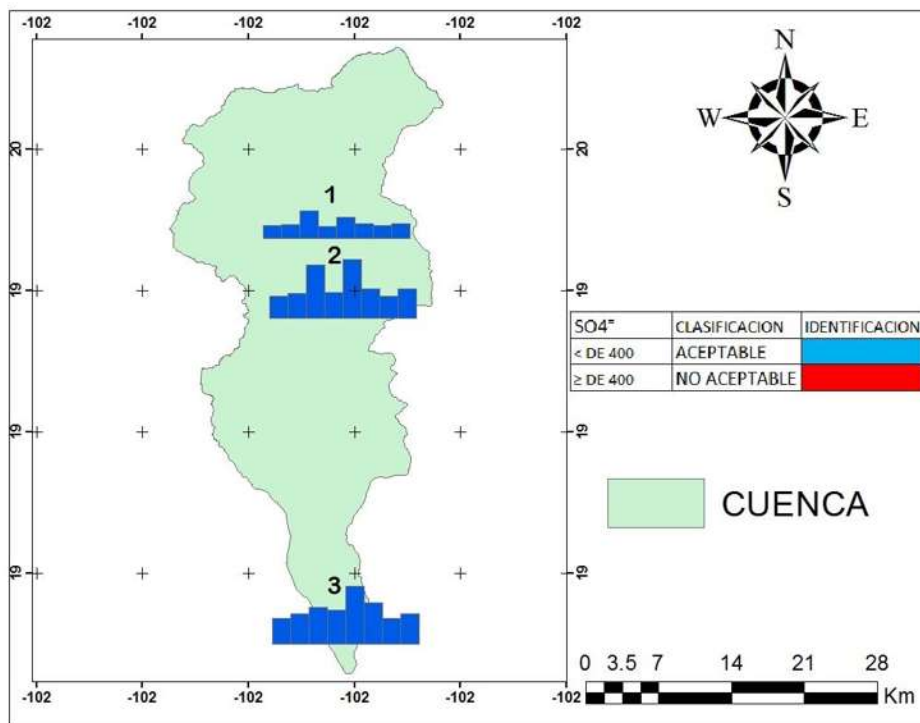


Imagen 45.Mapa de sulfato

Los sulfatos suelen ser sales solubles en agua, por lo que se distribuyen ampliamente en la naturaleza y pueden presentarse en las aguas naturales en un amplio intervalo de concentraciones. El origen de los sulfatos se debe fundamentalmente a los procesos de disolución de las tizas, existentes en el terreno, en el agua subterránea.

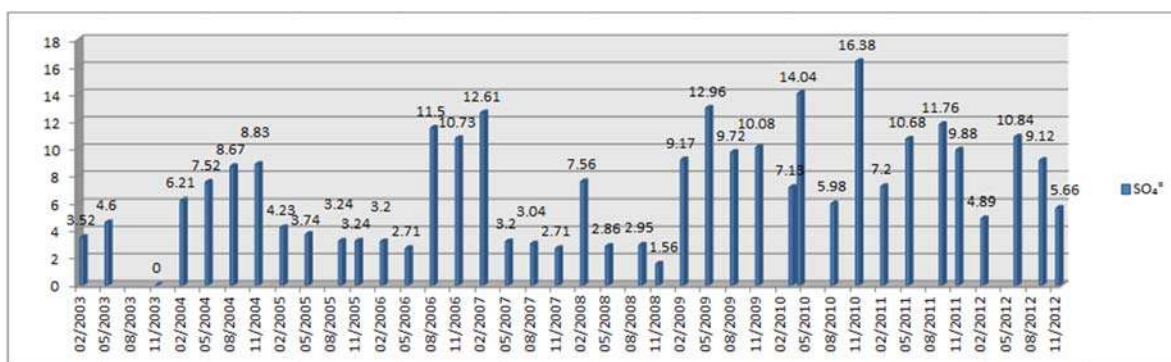
Así mismo pueden tener su origen en que las aguas atraviesen terrenos ricos en yesos o a la contaminación con aguas residuales industriales.

El contenido de sulfatos no suele presentar problema de potabilidad a las aguas de consumo pero, en ocasiones, contenidos superiores a 400 mg/l pueden ocasionar trastornos gastrointestinales tanto en los niños como en los adultos. Se sabe que los sulfatos de sodio y magnesio pueden tener acción laxante, por lo que no es deseable un exceso de los mismos en las aguas de bebida.

En el mapa se observa que la cantidad de sulfatos existentes en las aguas del río Cupatitzio no sobrepasan los límites no existe riesgo alguno en los meses de abril y junio se presenta los valores más altos en los tres puntos de monitoreo así mismo como mayor concentración en la última estación esto se debe al arrastre y a las descargas de aguas residuales industriales dentro del río.

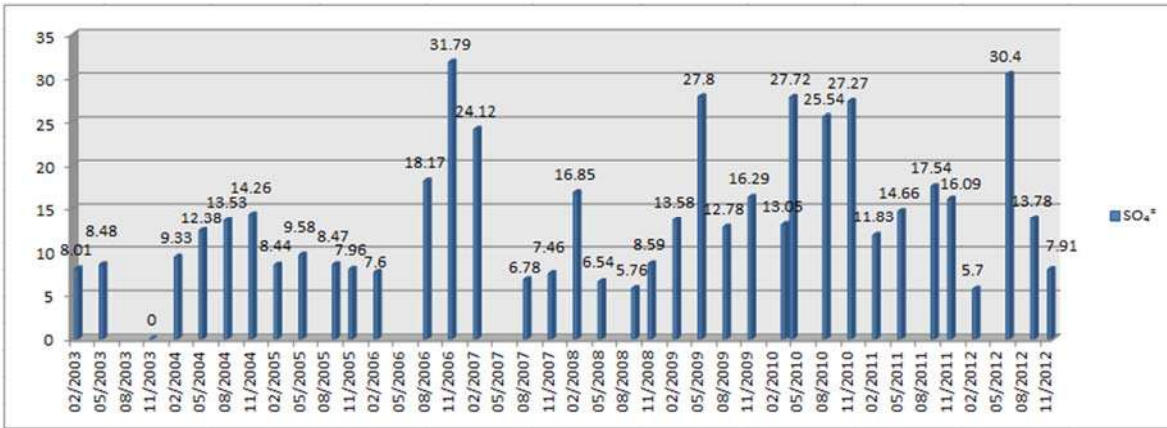
CODIGO	X	Y	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	NOVIEMBRE
1	807164.624	2150983.07	6.51	7.13	14.04	6.03375	10.84	7.782	6.7675	7.67444444
2	807855.206	2143337.43	11.7177778	13.05	27.72	13.24	30.4	15.36	11.3875	15.2911111
3	808649.706	2112164.77	13.5733333	16.07	19.34	17.532	29.85	21.47	13.6666667	15.5971429

Tabla 20. Valores de sulfatos

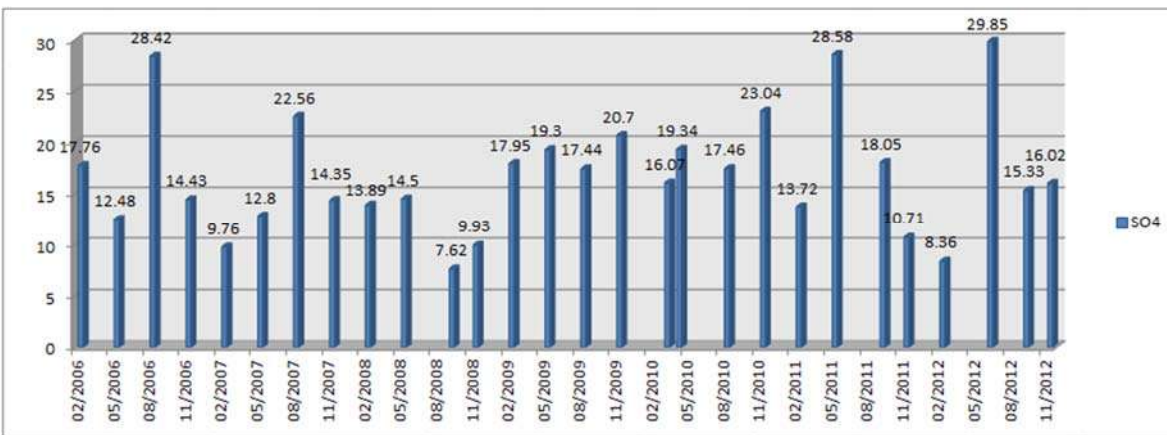


Grafica 70. Estación rodilla del diablo





Grafica 71.Estación cfe



Grafica 72.Estación puente el marques

## Solidos sedimentables

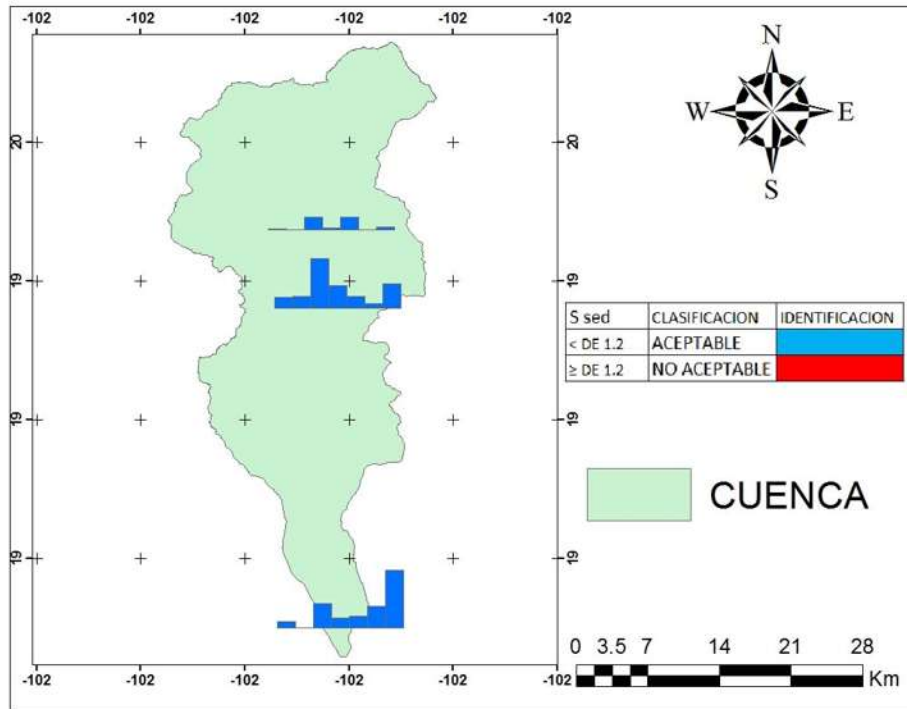


Imagen 46. Mapa de sólidos sedimentables

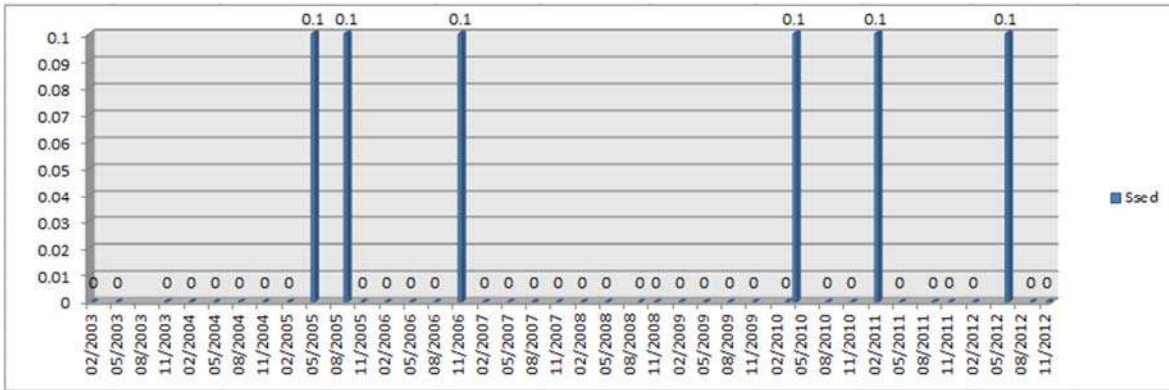
La materia sedimentable se define como la cantidad de sólidos que en un tiempo determinado se depositan en el fondo de un recipiente en condiciones estáticas, se toma una muestra en un recipiente y se espera un determinado tiempo para ver la cantidad.

La parte de sólidos en suspensión que por tamaño y peso pueden sedimentar al lapso de una hora en el recipiente se denominan sedimentables, siendo en promedio un 75% orgánicos y un 25% inorgánicos. A la diferencia entre sólidos sedimentables y sólidos suspendidos totales se les denomina coloidales.

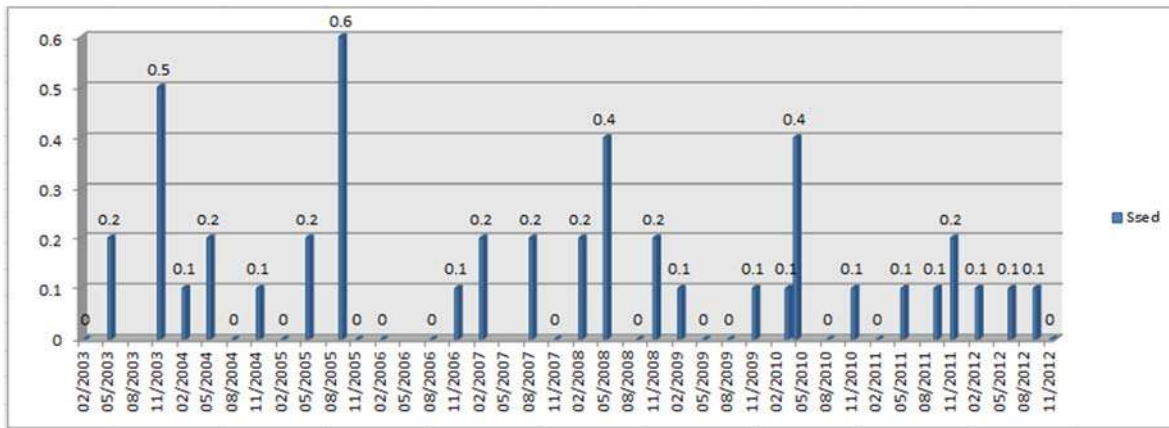
En las tres estaciones se observa que el parámetro no sobrepasa el límite permisible por lo tanto no hay ningún problema.

CODIGO	X	Y	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	NOVIEMBRE
1	807164.624	2150983.07	0.011111111	0	0.1	0.0125	0.1	0	0.025	0.01
2	807855.206	2143337.43	0.0875	0.1	0.4	0.18333333	0.1	0.04	0.2	0.13
3	808649.706	2112164.77	0.05	0	0.2	0.08	0.1	0.175	0.46666667	0.07142857

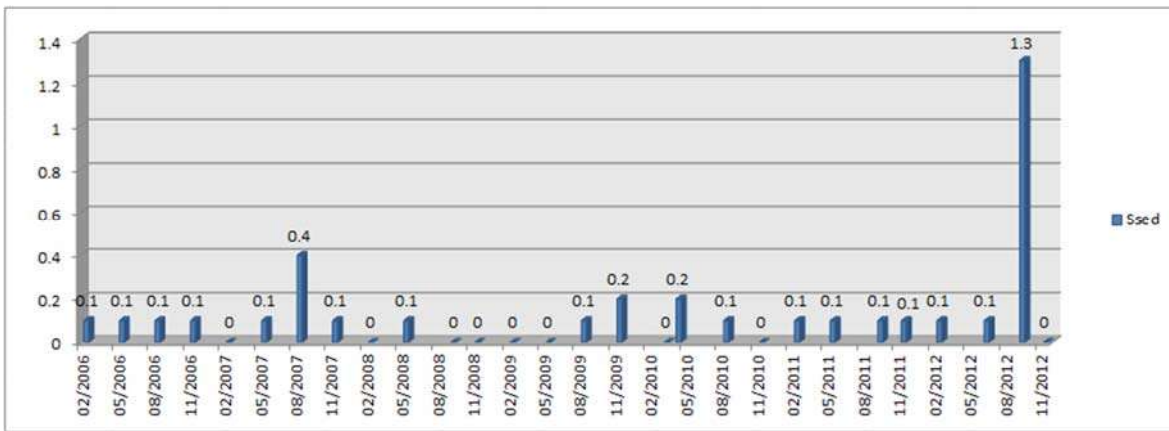
Tabla 21. Valores de Sólidos Sedimentables



Grafica 73.Estación rodilla del diablo



Grafica 74.Estación cfe



Grafica 75.Estación puente el marques

## *Demanda Química de Oxígeno*

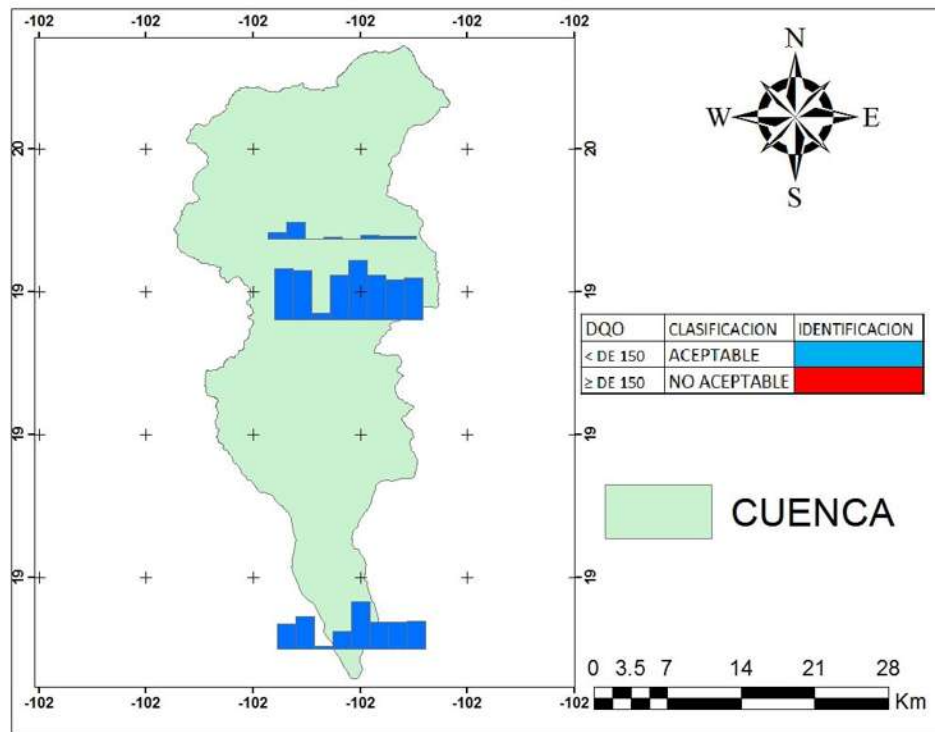


Imagen 47. Mapa de Demanda Química de Oxígeno

La demanda química de oxígeno (DQO) determina la cantidad de oxígeno requerido para oxidar la materia orgánica en una muestra de agua residual, bajo condiciones específicas de agente oxidante, temperatura y tiempo.

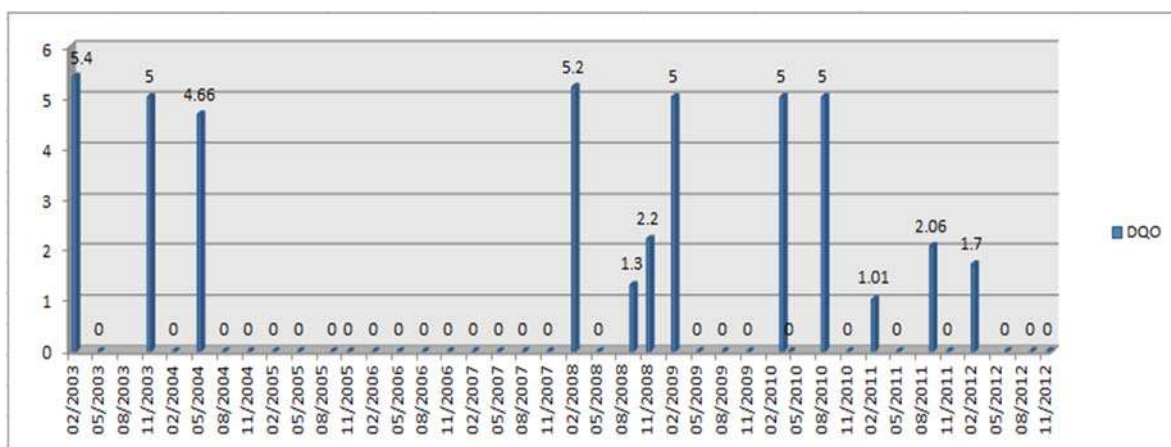
Las sustancias orgánicas e inorgánicas oxidables presentes en la muestra, se oxidan mediante refl ujo en solución fuertemente ácida ( $H_2SO_4$ ) con un exceso conocido de dicromato de potasio ( $K_2Cr_2O_7$ ) en presencia de sulfato de plata ( $Ag_2SO_4$ ) que actúa como agente catalizador, y de sulfato mercurí ico ( $HgSO_4$ ) adicionado para remover la interferencia de los cloruros. Después de la digestión, el remanente de  $K_2Cr_2O_7$  sin reducir se titula con sulfato ferroso de amonio; se usa como indicador de punto final el complejo ferroso de ortofenantrolina (ferroína). La materia orgánica oxidable se calcula en términos de oxígeno equivalente.

Para muestras de un origen específico, la DQO se puede relacionar empíricamente con la DBO, el carbono orgánico o la materia orgánica;

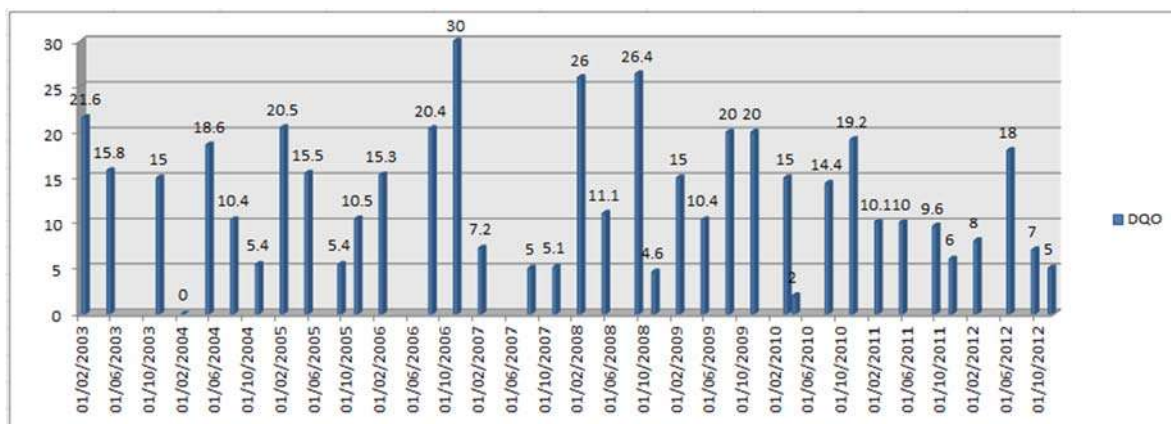
la prueba se usa para controlar y monitorear después que se ha establecido la correlación. La demanda química de oxígeno que existe en el Ri o Cupatitzio es adecuado para oxidar la materia orgánica existente en las aguas del rio.

CODIGO	X	Y	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	NOVIEMBRE
1	807164.624	2150983.071	2.03444444	5	0	0.5825	0	1	0.84	0.72
2	807855.206	2143337.431	15.4625	15	2	13.5666667	18	13.4333333	12.1	12.8222222
3	808649.706	2112164.768	7.70166667	10	1	5.548	14.4	8.15	8.13333333	8.4

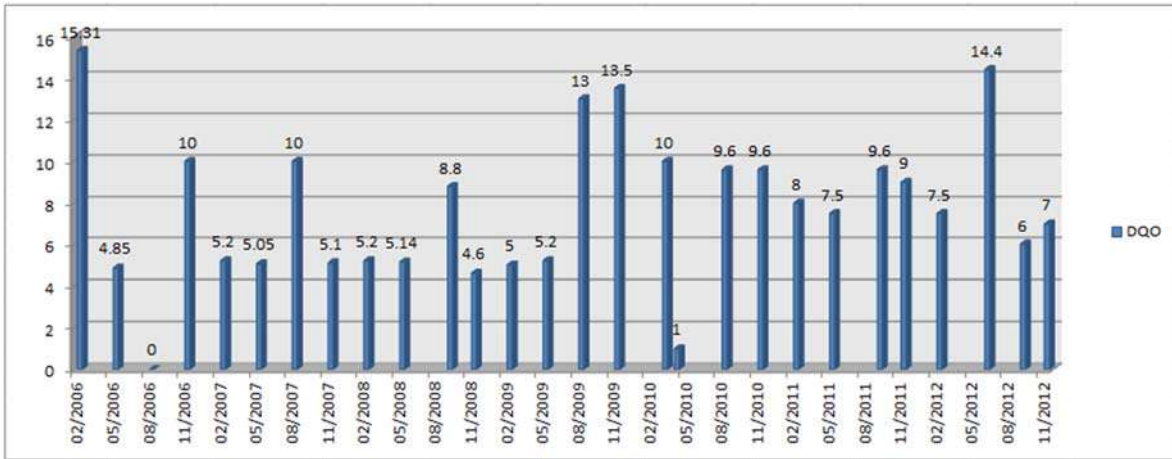
Tabla 22. Valores de Demanda Química de Oxígeno



Grafica 76. Estación rodilla del diablo



Grafica 77. Estación cfe



Grafica 78.Estación puente el marques

## Solidos Totales

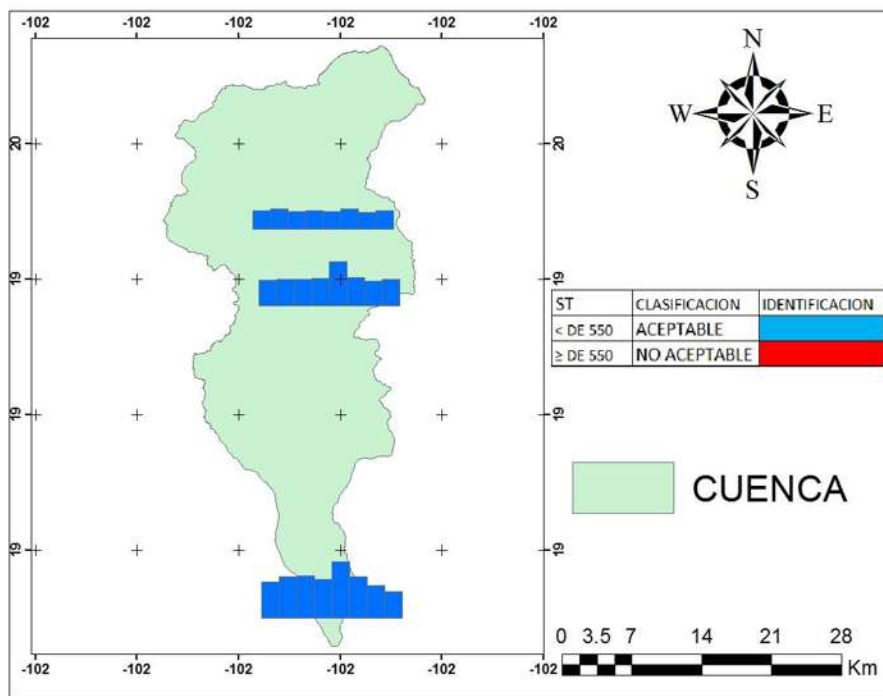


Imagen 48.Mapa de Solidos Totales

Los sólidos son materiales suspendidos y disueltos en el agua. Pueden afectar negativamente a la calidad del agua o al suministro de varias maneras. Las aguas altamente mineralizadas no son adecuadas para muchas aplicaciones industriales o incluso resultan estéticamente insatisfactorias para bañarse. Los análisis de sólidos son importantes en el control de procesos de tratamientos biológicos y

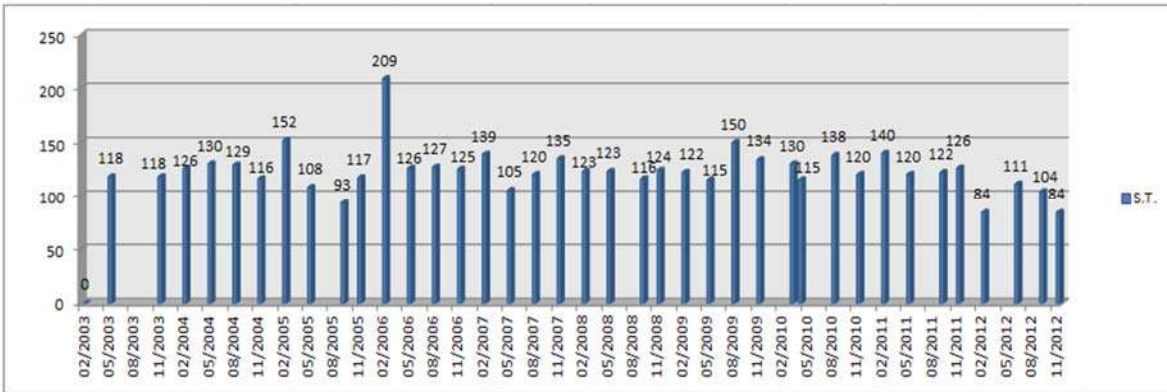
físico de aguas residuales y para evaluar el cumplimiento de las limitaciones que regulan su vertimiento. El contenido de materia en suspensión es muy variable según los cursos de agua. Para cada uno de ellos está en función de la naturaleza de los terrenos atravesados, de la estación, la pluviometría, los trabajos, los vertimientos etc. Los “sólidos totales” se definen como la materia que permanece como residuo después de la evaporación y secado a 103 - 105 °C.

El valor de los sólidos totales incluye materias disueltas (sólidos disueltos totales: porción que pasa a través del filtro) y no disuelto (sólidos suspendidos totales: porción de sólidos totales retenidos por un filtro). Los sólidos secados entre 103 - 105 °C pueden retener aguas de cristalización y también algo de agua ocluida. Como resultado de la conversión del bicarbonato en carbonato, habrá una pérdida de CO<sub>2</sub>. La pérdida de material orgánico por volatilización será por lo general muy ligera. Los resultados para residuos ricos en aceites y grasas pueden ser cuestionables debido a la dificultad que supone el secado a peso constante en un tiempo razonable.

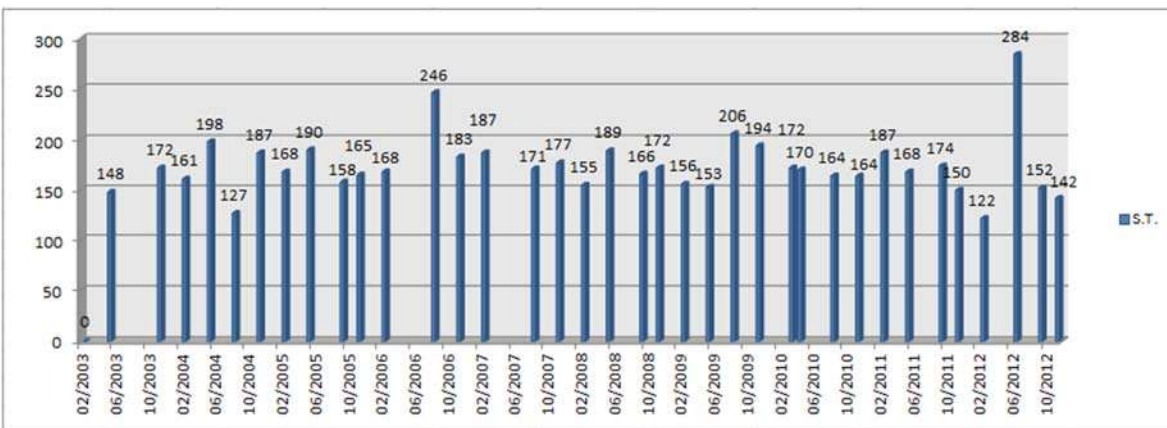
Los análisis de sólidos son importantes en el control de procesos de tratamiento biológico y físico de aguas residuales y para evaluar el cumplimiento de las limitaciones que regulan su vertimiento. El análisis de sólidos totales se aplica en aguas potables (Dec 475/98) con un parámetro máximo de 500 mg/l. Es una variable utilizada en el cálculo del Índice de calidad, ICA del IDEAM para conocer la posible aptitud de uso del recurso hídrico superficial. En el laboratorio del IDEAM este método se aplica para el análisis de sólidos totales en todo tipo de muestras de aguas.

CODIGO	X	Y	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	NOVIEMBRE
1	807164.624	2150983.071	121.666667	130	115	118.125	111	132.8	108.75	119.9
2	807855.206	2143337.431	163	172	170	174.333333	284	182.8	162.5	170.6
3	808649.706	2112164.768	233.833333	270	272	253	362	270.25	209.333333	170.6

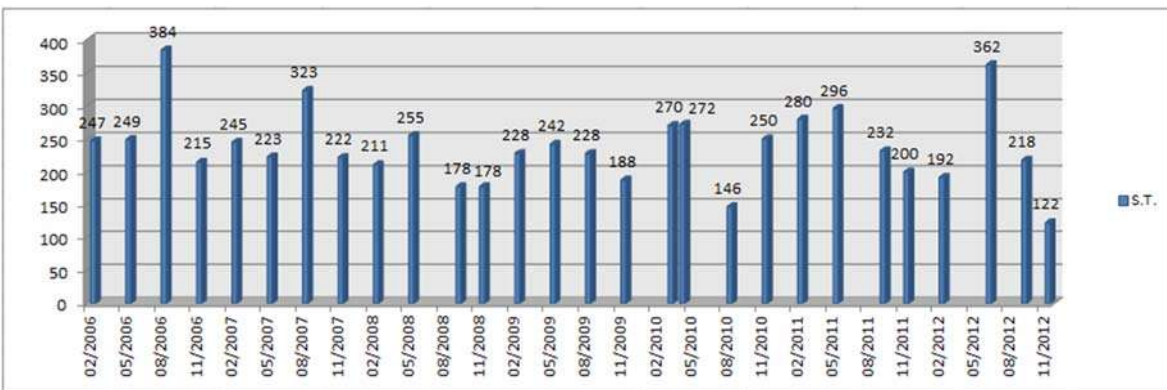
Tabla 23. Valores de Sólidos Totales



Grafica 79.Estación rodilla del diablo



Grafica 80.Estación cfe



Grafica 81.Estación puente el marques



## Oxígeno Disuelto

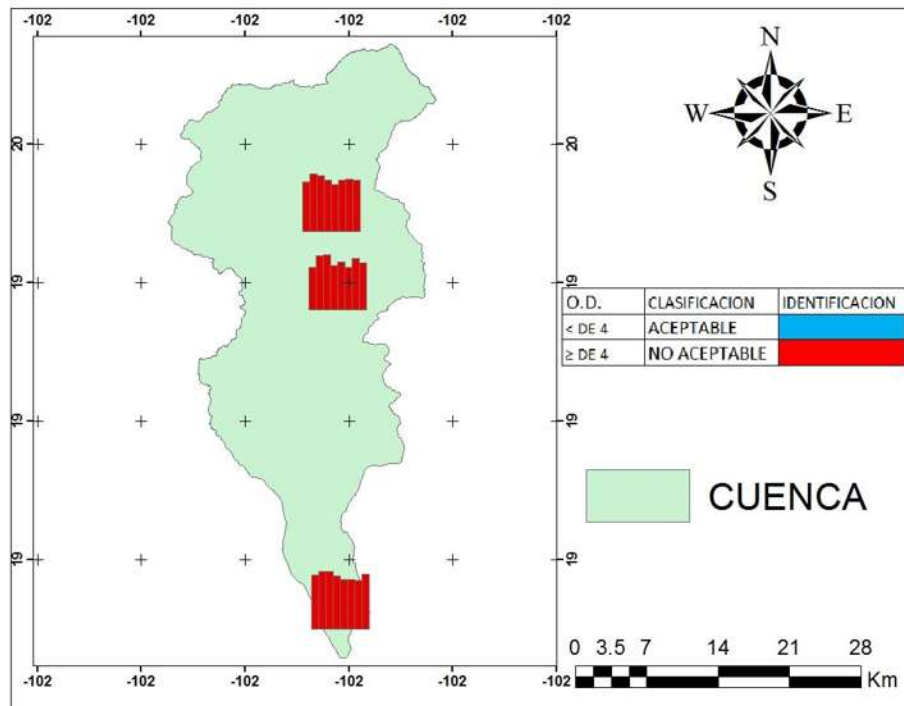


Imagen 49. Mapa de Oxígeno Disuelto

El oxígeno que está disuelto en el agua. Esto se logra por difusión del aire del entorno, la aireación del agua que ha caído sobre saltos o rápidos; y como un producto de desecho de la fotosíntesis. Los peces y los animales acuáticos no pueden diferenciar el oxígeno del agua (H<sub>2</sub>O) o de otros compuestos que contengan oxígeno. Solo las plantas verdes y algunas bacterias pueden hacerlo a través de la fotosíntesis y procesos similares. Virtualmente el oxígeno que nosotros respiramos es producido por las plantas verdes. Un total de las tres cuartas partes del oxígeno de la tierra es producido por el fitoplancton en los océanos.

Numerosos estudios científicos sugieren que 4-5 partes por millón (ppm) de oxígeno disuelto es la mínima cantidad que soportaría una gran y diversa población de peces. El nivel de oxígeno disuelto en las buenas aguas de pesca generalmente tiene una media de 9.0 partes por millón (ppm)

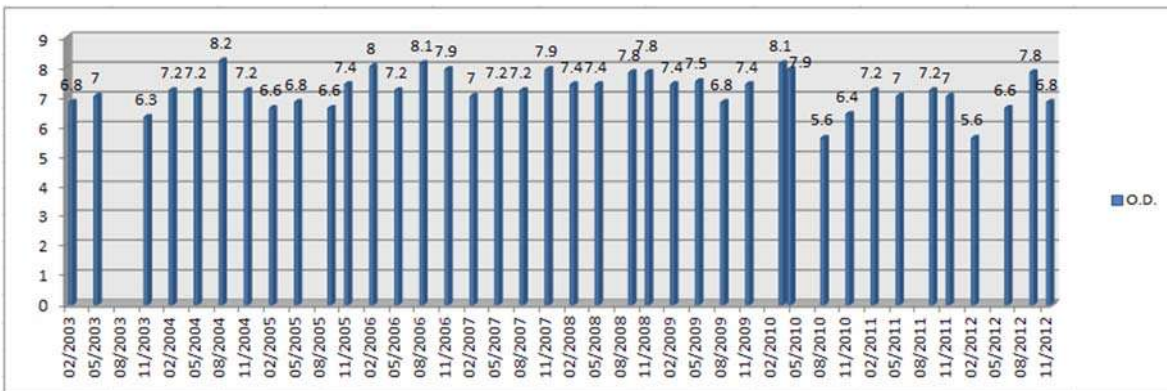
Biológicamente hablando, sin embargo, el nivel del oxígeno es mucho más importante medida de calidad del agua que las coliformes fecales. El oxígeno disuelto es absolutamente esencial para la supervivencia

de todos los organismos acuáticos (no sólo peces también invertebrados como cangrejos, almejas, zooplacton, etc). Además el oxígeno afecta a un vasto número de indicadores, no solo bioquímicos, también estéticos como el olor, claridad del agua, y sabor. Consecuentemente, el oxígeno es quizás el más estabilizado de los indicadores de calidad de agua.

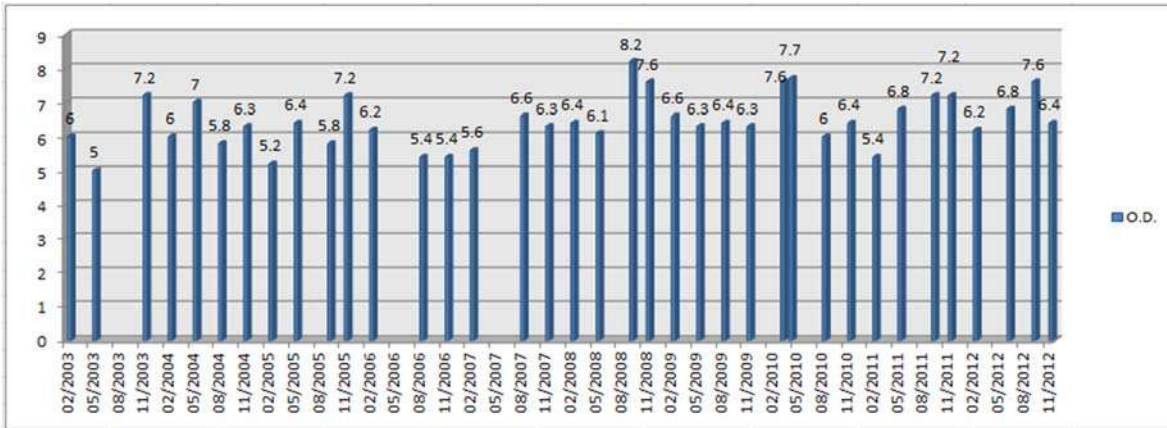
Un alto nivel de oxígeno disuelto en una comunidad de suministro de agua es bueno porque esto hace que el gusto del agua sea mejor. Sin embargo, los niveles altos de oxígeno disuelto aumentan la velocidad de corrosión en las tuberías de agua. Por esta razón, las industrias usan agua con la mínima cantidad posible de oxígeno disuelto. Agua usada en calderas de muy baja presión no tienen más de 2.0 ppm de oxígeno disuelto, pero muchas plantas de calderas intentan mantener los niveles de oxígeno en 0.007 ppm o menos.

CODIGO	X	Y	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	NOVIEMBRE
1	807164.624	2150983.071	7.02222222	8.1	7.9	7.1625	6.6	7.18	7.35	7.21
2	807855.206	2143337.431	5.95555556	7.6	7.7	6.26666667	6.8	6.04	7.2	6.63
3	808649.706	2112164.768	7.65	8.1	8.1	7.46	7	7	6.86666667	7.7

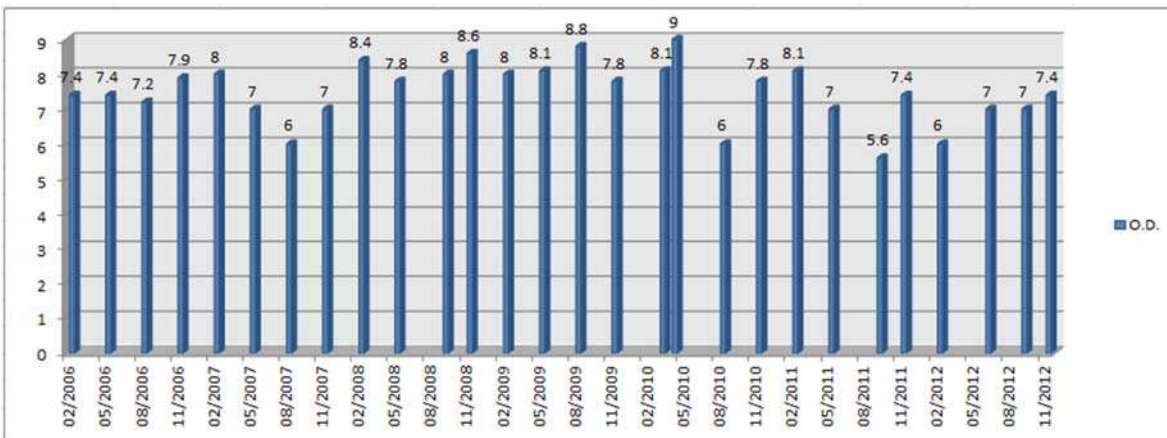
Tabla 24. Valores de Oxígeno Disuelto



Grafica 82. Estación rodilla del diablo



Grafica 83.Estación cfe



Grafica 84.Estación puente el marques

# CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

---

En la cantidad del agua obtuvimos un valor del parámetro K igual a 0.21 el cual está dentro de los rangos permisibles y un Coeficiente de escurrimiento de 0.126 el resultado obtenido en % es el 12% y el coeficiente de escurrimiento no debe ser mayor al 20% lo cual nos indica que está dentro de lo establecido.

Obtuvimos un Volumen de escurrimiento de 105.5381 Hm<sup>3</sup> el cual nos indica la cantidad de agua con la que contamos en la cuenca del Rio Cupatitzio.

En cuanto a la calidad del agua; algunos parámetros no resultaron estar fuera de los rangos permisibles respecto a las normas mismas así como otros salieron un poco alterados estos sin causar un grado de contaminación alto.

Se recomienda que la sociedad tome conciencia para detener la tala de árboles, construcción de zonas habitacionales en zonas protegidas ya que esto ocasiona que el coeficiente de escurrimiento vaya aumentando y cada vez el agua en lugar de alcanzar a ser infiltrada para la recarga del acuífero se escurra ocasionando derrumbes y inundaciones como se ha visto en la última temporada de lluvias en la ciudad de Uruapan teniendo un fuerte arrastre de lodos.

También se recomienda detener la plantación de aguacate ya que estas al ser fumigadas o abonadas las huertas están ocasionando que grandes cantidades de contaminantes se infiltren a las aguas del rio Cupatitzio lo cual nos altera los parámetros y está llevando a que el agua sobrepase los valores permisibles de las normas de calidad del agua.

# BIBLIOGRAFÍA

---

Programa de conservación y manejo Parque Nacional Barranca del Cupatitzio. MEXICO, Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, primera edición diciembre del 2006.

DELFA VALENCIA JOSE LUIS ESTUDIO ESTADISTICO DE LAS AGUAS EN LA CUENCA HIDROGRAFICA DEL RIO EBRO, TESIS DOCTORADO MADRID, 2007.

APHA-AWWA- AWWA CF (1992). Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales. Díaz de Santos, Madrid.

Rodier, J. (1989) Análisis de las aguas: aguas naturales, aguas residuales, agua de mar. Omega, Barcelona.

Severiche Sierra Carlos Alberto, Castillo Bertel Marlon Enrique y Acevedo Barrios Rosa Leonor. Manual de métodos analíticos para la determinación de parámetros fisicoquímicos básicos en aguas. Editado por la fundación universitaria andaluza inca Garcilaso para eumed. Net

Universidad del Estado de Pennsylvania: Escuela de Recursos Forestales. Bacterias coliformes 2007 Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos: Bacterias fecales Departamento de ecología de Washington: Guía del ciudadano para el cuidado y el monitoreo de lagos y arroyos: Las bacterias coliformes fecales en aguas corrientes.

Estudio de la calidad de fuentes utilizada para consumo humano y plan de mitigación por contaminación por uso doméstico y agroquímicos en Apurímac y cusco, elaborado por Ecofluidos ingenieros S.A., LIMA, ENERO 2012.

Ammonia in drinking-water. Documento de referencia para la elaboración de las Guías de la OMS para la calidad del agua potable. Ginebra (Suiza), Organización Mundial de la Salud (WHO/SDE/WSH/03.04/1). OMS, 2003:

<http://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/6978/04ComponentesAguas05.pdf?sequence=8>

[http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Noticias/Parametros\\_en\\_campo.pdf](http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Noticias/Parametros_en_campo.pdf)

<http://www.ciclidomexico.com/InformativoCM/index.php/articulos/articulos-de-divulgacion/28-articulos-varios/191-los-parametros-y-la-calidad-del-agua>

<http://www.mailxmail.com/curso-agua-calidad-contaminacion-1-2/parametros-fisicos-calidad-aguas-conductividad-resistividad-temperatura>

<http://turbiedaddelagua.blogspot.mx/p/contexto.html>

[http://www.ambientum.com/revista/2001\\_47/2001\\_47\\_HOME/MATORG1.htm](http://www.ambientum.com/revista/2001_47/2001_47_HOME/MATORG1.htm)