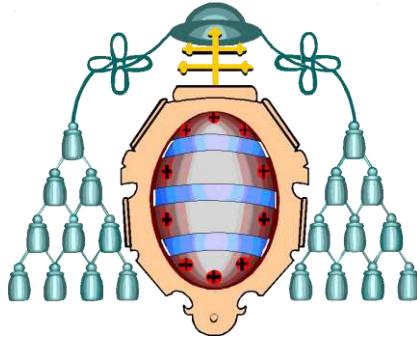


UNIVERSIDAD DE OVIEDO

FACULTAD DE GEOLOGÍA

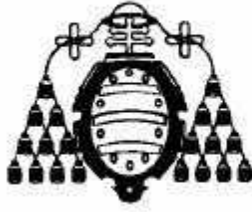


*ESTUDIO DEL RECURSO HÍDRICO Y
SANEAMIENTO AMBIENTAL EN EL MUNICIPIO DE
TAULABÉ, DEPARTAMENTO DE COMAYAGUA,
HONDURAS*

*TRABAJO FIN DE MÁSTER
MÁSTER EN RECURSOS GEOLÓGICOS Y GEOTECNIA*

NURIA FERNÁNDEZ GONZÁLEZ

JULIO, 2012



UNIVERSIDAD DE OVIEDO

Departamento de Geología

C/Jesus Arias de Velasco s/n. 33005 Oviedo.

Tfno.: 98 510 31 04/02/18. Fax 98 510 31 03

e-mail: geodir@asturias.geol.uniovi.es

D^a. Beatriz González Fernández, Profesora del Departamento de Explotación y Prospección de Minas.

AUTORIZA

A D^a. Nuria Fernández González, para que presente el Trabajo fin de Máster titulado:

“ESTUDIO DEL RECURSO HÍDRICO Y SANEAMIENTO AMBIENTAL EN EL MUNICIPIO DE TAULABÉ, DEPARTAMENTO DE COMAYAGUA, HONDURAS”, para optar al título de Máster “Recursos Geológicos y Geotecnia”.

Lo que manifiesta en calidad de Directora del mismo, en cumplimiento de las normas vigentes en ésta Universidad.

Oviedo 11 de Julio de 2012

Fdo. Beatriz González Fernández.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar me gustaría agradecerle a Geólogos del mundo y en especial a D. Luis Manuel Rodríguez González que confiara en mí para este trabajo y me permitiera vivir una experiencia única que nunca olvidaré. No me quiero olvidar de D. Mario murillo Álvarez, técnico de Geólogos del mundo en Honduras, gracias por tu orientación y tu apoyo, no sólo en el trabajo, también los malos momentos, y como no, gracias a ti Verónica Álvarez Cachafeiro por todo, por tu amistad, tu ayuda y con el Gis, claro está y como no a Olegario Alonso Pandavenes por sus consejos.

También me gustaría agradecerle a mi tutora, D. Beatriz González Fernández su ayuda en la realización de este trabajo fin de máster, gracias por todo.

Además no puedo olvidarme de la Asociación de Investigación para el Desarrollo Ecológico y Socioeconómico (ASIDE), así como de la Escuela De Ciencias Forestales (ESNACIFOR) y la Asociación de Municipios del Lago de Yojoa y su Área de Influencia (AMUPROLAGO) gracias a todas las instituciones Hondureñas por su ayuda en la ejecución de este proyecto.

Finalmente darle las gracias a mi familia por su ayuda y su apoyo, sin vosotros no hubiera llegado hasta aquí.

ÍNDICE

RESUMEN

ABSTRACT

1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVOS	2
3. SITUACIÓN GEOGRÁFICA	3
4. CONTEXTO ECONÓMICO Y SOCIAL	6
4.1. POBLACIÓN	6
4.2. ÍNDICE DE DESARROLLO HUMANO	6
4.3. ACTIVIDADES AGROPECUARIAS	9
4.4. ACTIVIDADES COMERCIALES	10
5. METODOLOGÍA	11
6. GEOLOGÍA	12
6.1. <i>MARCO GEOLÓGICO REGIONAL</i>	12
6.2. <i>MARCO GEOLÓGICO LOCAL</i>	18
6.2.1. <i>Estratigrafía</i>	18
6.2.2. <i>Tectónica</i>	20
7. SUELOS	21
8. CLIMATOLOGÍA	23
9. HIDROLOGÍA	27
9.1. <i>HIDROLOGÍA SUPERFICIAL</i>	27
9.1.1. <i>Estudio de la microcuencas del municipio de Taulabé</i>	34
9.1.1.1. <i>Parámetros analizados.</i>	34
9.1.1.2. <i>Estudio de microcuencas mediante GIS</i>	36
9.2. <i>HIDROGEOLOGÍA</i>	48
9.3. <i>CALIDAD QUÍMICA Y BACTERIOLÓGICA DE LAS AGUAS</i>	50
10. DISEÑO DEL NUEVO ACUEDUCTO	62
11. CONCLUSIONES	65
12. BIBLIOGRAFÍA	66
13. ANEXOS	68

RESUMEN

Este trabajo surge dentro del proyecto de la ONGD, Geólogos del mundo, “Gestión integral del recurso hídrico, saneamiento ambiental y fortalecimiento de la organización local en el municipio de Taulabé, departamento de Comayagua, Honduras”. La mayoría de los datos expuestos pertenecen a la ONGD, y han sido tomados y analizados por el técnico de la ONGD Mario murillo Álvarez, por la cooperante voluntaria, Verónica Álvarez Cachafeiro y por mí misma.

En primer lugar, se han evaluado las necesidades existentes en la red de abastecimiento, en los tanques y los puntos de captación de agua en las dos fuentes que surten al municipio de Taulabé. Detectadas todas las necesidades, se diseñó la futura red de abastecimiento que cubrirá todo el casco urbano de Taulabé.

El siguiente paso fue realizar un estudio de microcuencas de todo el municipio mediante ArcGIS 9.2, se detectaron tres cuencas, pertenecientes a los ríos Varsovia, Tamalito y Jaitique y sus microcuencas respectivas, a partir de las microcuencas se ha obtenido el perímetro y la extensión de cada cuenca y los índices de Horton y Gravelius.

Tras el análisis de las microcuencas, nos hemos trasladado al campo para recoger muestras de agua para su posterior análisis, se ha efectuado un análisis bacteriológico y un análisis físico químico, in situ mediante la sonda multiparamétrica y en el laboratorio. Se recogieron muestras en las fuentes que abastecen a Taulabé, en los tanques donde se almacena el agua de estas fuentes, así como en el cauce del río Varsovia, tras su paso por varias comunidades.

Con todos los datos analizados se ha recomendado a la municipalidad, la creación de dos circuitos separados que se abastecerán de fuentes diferentes, también se ha planteado la demolición de los tanques que almacenan el agua de La Caliche ya que su estado es muy deficiente, por último habrá que hacer un dragado en los puntos de captación e instalar mecanismos de potabilización, principalmente de hipoclorito para garantizar la calidad del agua en ambos tanques.

ABSTRACT

This project arises from the NGDO, World Geologists' project "Gestion integral del recurso hidrico, saneamiento ambiental y fortalecimiento de la organizacion local en el municipio de Taulabé, departamento de Comayagua, Honduras" (Holistic management of water resources, environmental cleaning and strengthening of the local organization within the municipality of Taulabé, district of Comayagua, Honduras). Most of the data shown belongs to the NGDO and has been noted and analyzed by the NGDO's technician, Mario Murillo Alvarez and two volunteer aid workers, Veronica Alvarez Cachafeiro and myself.

Initially, we analyzed the existing needs in the supply network, the tanks, and the points where water is collected within the two sources that provide water for the Taulabé municipality. Once all the needs were identified, the future supply network was designed to cover Taulabé's entire urban center.

The next step was to carry out a study of the micro-basins of the entire municipality, using ArcGIS 9.2. Three basins were identified, along with their respective micro-basins, belonging to the Varsovia, Tamalito and Jaitique rivers. The perimeters and extension of each basin were obtained from the micro-basins, as were the Horton and Gravelius indices.

After analyzing the micro-basins, we travelled to the camp in order to collect water samples for its subsequent analysis. A bacteriological and chemical analysis was carried out in situ using a multi-parameter probe, and was later reanalyzed in the laboratory. Samples were collected from the sources that supply water to Taulabé, both from the tanks that store the water and from the Varsovia River's bed, after its flow through various communities.

With all the data analyzed, it was recommended that the municipality create two separate circuits that will be supplied with water from different sources. It was also suggested that the tanks which store water for La Caliche be demolished, as they are in very poor condition. Lastly, they would have to dredge the collection points and install purification mechanisms, mainly for hypochlorite, in order to guarantee the water quality in both tanks.

1 INTRODUCCIÓN

El trabajo se ha desarrollado en Taulabé, departamento de Comayagua, en la zona central de Honduras. En esta localidad, el abastecimiento de agua no es el más adecuado, ya que el suministro no es constante y tampoco está asegurada ni la potabilidad del agua ni el caudal óptimo en cada vivienda. A estos problemas hay que añadir las numerosas conexiones ilegales, perjudicando a los usuarios que están legalmente conectados a la red de abastecimiento.

Actualmente la red de abastecimiento no cubre todo el casco urbano de Taulabé, siendo necesaria no sólo la restauración del sistema de abastecimiento sino también la ampliación de esta red.

Por otra parte los sistemas de almacenamiento no están funcionando correctamente, en el tanque principal que recoge el agua de la fuente de Cerro Azul Meámbar no funciona el Hipoclorador, tan necesario para potabilizar el agua y los tanques secundarios que recogen el agua de la fuente de La Caliche están muy deteriorados, estos presentan grietas y en las inmediaciones hay árboles cuyas raíces están dañando la estructura.

Los tanques que recogen el agua de la fuente de Cerro Azul Meámbar, estructuralmente están en perfectas condiciones, ya que estos tanques fueron construidos por Japón.

En cuanto a la calidad del agua que llega a los domicilios, hay que resaltar la alta turbiedad de esta, y la mala calidad, esto es debido, en parte, a la ausencia de una normativa que regule las actividades agroganaderas en las microcuencas a las que pertenecen las fuentes que abastecen el municipio de Taulabé; actualmente estas microcuencas no están protegidas por lo que existe un tránsito de ganado en la zona y también cultivos de café que contaminan las fuentes con fertilizantes.

Gracias a la labor que está desarrollando Geólogos del Mundo en el Municipio de Taulabé estas deficiencias se verán subsanadas en un breve espacio de tiempo.

2 OBJETIVOS

Los objetivos de este trabajo son:

1. Identificar todas las deficiencias de la red de abastecimiento, es decir de todo el conjunto de tuberías que conducen el agua desde el punto de captación hasta cada una de las casa, ya que es insuficiente y se encuentra en mal estado; también se deben revisar los tanques de almacenamiento, ya que los de La Caliche o Montefresco se encuentran fracturados, finalmente se deben controlar los puntos de captación de agua, ya que se encuentran casi en su totalidad colmatados de sedimentos por los que los desarenadores no filtran el agua correctamente.
2. Calcular mediante mediante ArcGis 9.2 la extensión, el perímetro y los índices de Horton y Gravelius de las microcuencas que pertenecen a Taulabé, especialmente las dos microcuencas que abastecen a la población, las quebradas donde se encuentran las fuentes de La Caliche y la fuente de Cerro Azul Meámbar.
3. Establecer un perímetro de protección de las dos microcuencas de las que se abastece Taulabé, con esto se consigue aislar las fuentes del tránsito del ganado y del cultivo del café.
4. Realizar análisis de agua de las dos fuentes que abastecen a la población, determinando parámetros físico-químicos y bacteriológicos, para determinar la calidad del agua y establecer, en caso necesario, el tratamiento más adecuado para el consumo humano.

3 SITUACIÓN GEOGRÁFICA

La zona donde se ha desarrollado nuestro trabajo es en el municipio de Taulabé, situado al noroeste del departamento de Comayagua, en la subcuenca del lago Yojoa (fig. 1 y fig. 2), en Honduras.

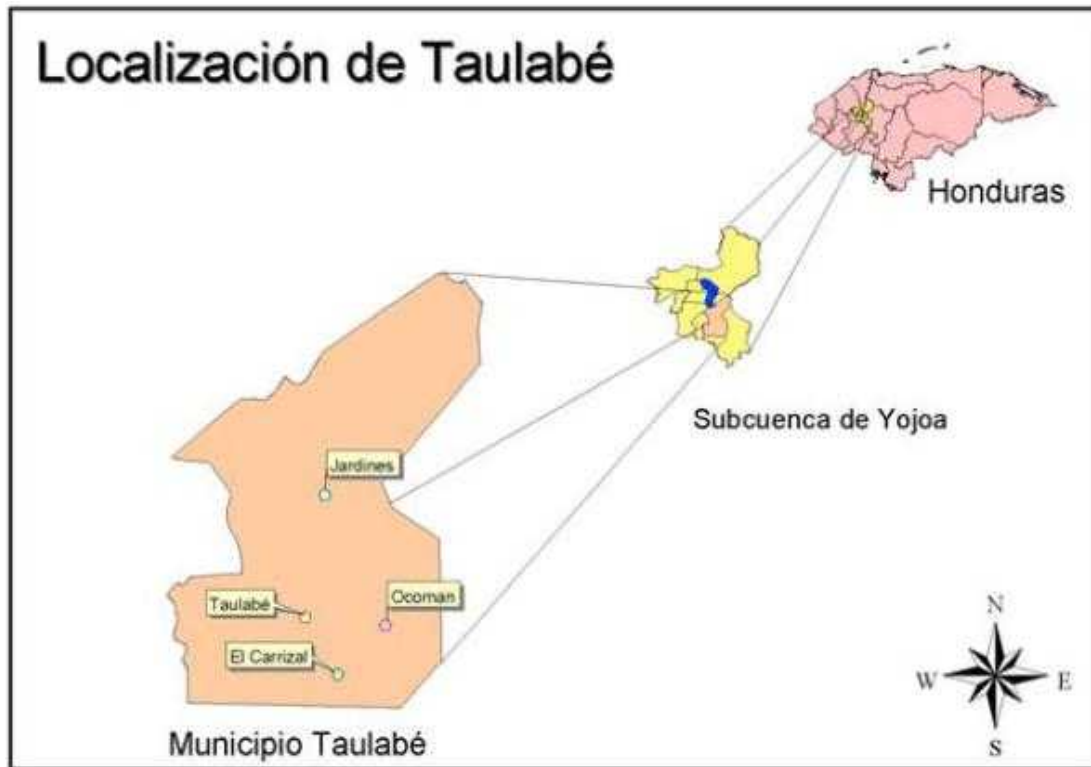


Figura 1: Localización de Taulabé, fuente COPECO.



Figura2: Localización del departamento de Comayagua, Honduras, fuente, Honduras Educativa.

La República de Honduras, se sitúa en la Región Centroamericana, en la parte central del istmo de América Central, (Fig. 3).



Figura 3: Mapa de Centroamérica.

Limita al Norte con el Océano Atlántico (fig. 4), al Este por el mismo océano y por la República de Nicaragua, al Sur por Nicaragua, el golfo de Fonseca y la República de El Salvador y al Oeste por Guatemala. La extensión superficial de Honduras, comprendiendo todas sus islas, es de 112.492 km².

Taulabé, significa "Encuentro de caminos" o "Camino del jaguar" y fue fundada en 1987, al desvincularse de Siguatepeque y cuenta con una población aproximada de 19.450 habitantes.

El municipio de Taulabé, se localiza a 144 km sobre la carretera panamericana que conduce a la ciudad de San Pedro Sula, en el lado noreste de Cerro Azul Meambar. Linda con los municipios de Siguatepeque, San José de Comayagua y Meámbur, todos en el departamento de Comayagua (fig. 2) y también linda con el departamento de Cortés.

Taulabé cuenta con una extensión de 223 Km² de los cuales se estima que 2.6 Km² corresponden al casco urbano, dicha área incluye una parte de la cabecera municipal, la diferencia 220 Km² corresponden al área rural. Hay que remarcar que en el municipio es necesario un ordenamiento territorial para determinar de forma exacta la cantidad de Km² que corresponde al casco urbano y al área rural.



Figura 4: Mapa de Honduras con sus límites, fuente Honduras Biz.

4 CONTEXTO ECONÓMICO Y SOCIAL

4.1 POBLACIÓN

El Municipio de Taulabé cuenta con una población de 19.461 personas (tabla 1), el proyecto de abastecimiento abarcaría la zona urbana, por lo que la población beneficiada va a ascender a 4409 habitantes.

Comunidad	Población
Taulabé Zona Urbana	4409
El Carrizal	1283
Ocoman	466
Jardines	1433
Municipio de Taulabé	19461

Tabla 1: Población en las aldeas de Taulabé, fuente INE.

4.2 INDICE DE DESARROLLO HUMANO (IDH)

Según los indicadores básicos, Taulabé se encuentra en un nivel de desarrollo medio (tabla 2). En la figura__ se ha comparado el índice de desarrollo humano de Honduras y de España, Honduras presenta un desarrollo medio y España muy alto, Como se observa en esta figura existe una tendencia de crecimiento del índice de desarrollo humano (fig. 5) prácticamente constante a lo largo de los años.

IDH	IDH	<i>0,604</i>	
	Esperanza vida	<i>67,8</i>	
	Tasa analfabetismo	<i>0,734</i>	
	logro educativo	<i>0,655</i>	
IPG (índice de potenciación de género)	Profesionales técnicos	Hombres	<i>48,9</i>
		Mujeres	<i>51,1</i>
	Directores, gerentes....	Hombres	<i>69</i>
		Mujeres	<i>31</i>
	Ingreso laboral	Hombres	<i>2135</i>
		Mujeres	<i>1419</i>
	Representación Alcaldías	Hombres	<i>90</i>
		Mujeres	<i>10</i>
IPH (índice de pobreza humana)	Tasa de probabilidad de no superar los 40 años	<i>15,5</i>	
	% población sin acceso a agua de calidad	<i>21,2</i>	
	Tasa de analfabetismo en mayores de 15 años	<i>23,6</i>	
	% de niños menores de 5 años con desnutrición	<i>57,3</i>	
	% de nivel de vida digno	<i>39,2</i>	
	Índice de Pobreza Humana	<i>29,5</i>	

Tabla 2: Índice de Desarrollo Humano, fuente Informe de Desarrollo Humano 2006 de las Naciones Unidas.

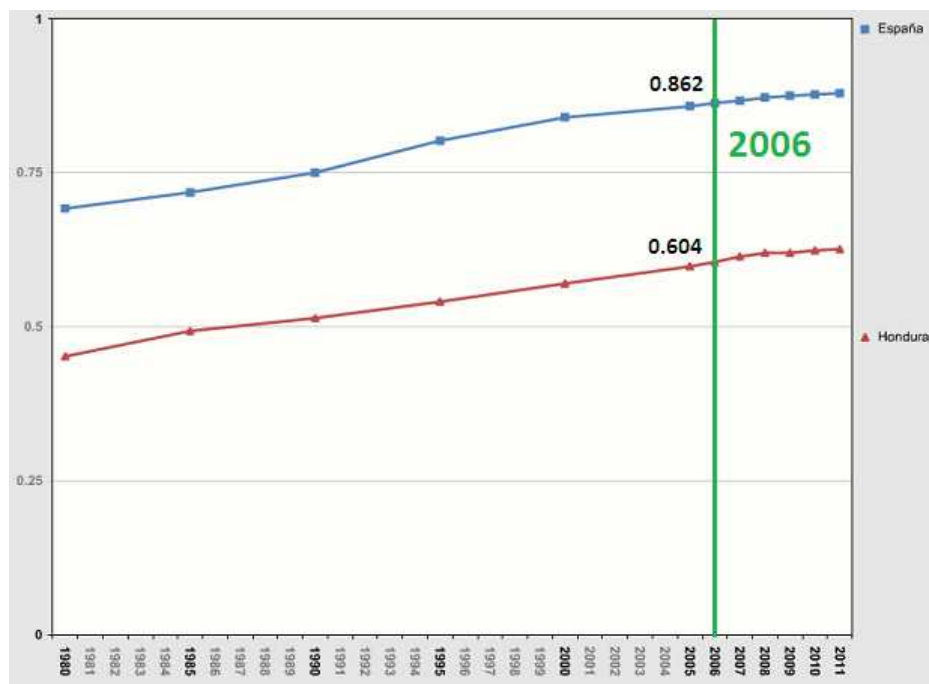


Figura 5: Índice de desarrollo humano en España y Honduras en el Año 2006, fuente informe sobre desarrollo humano 2006.

Existen un total de 3756 viviendas en el Municipio de Taulabé, la mayor parte de las viviendas del municipio no cuentan con servicios básicos de alcantarillado sanitario, actualmente el número de viviendas en el casco urbano de Taulabé asciende a 1000 viviendas, las cuales formarán parte del proyecto de abastecimiento de agua potable, como se puede apreciar en la tabla 3 las necesidades básicas no están cubiertas en su mayoría, bien por la falta de agua potable, por la red de saneamiento o por el afinamiento de las viviendas, todo ello hace que las condiciones de salubridad sean escasas provocando problemas de salud entre la población.

Municipio Y Aldeas	No. De Viviendas	Viviendas con 1 NBI	Viviendas con 2 o mas NBI	Hogares con Mujeres a cargo
Taulabé	892	336	104	219
El Carrizal	431	146	61	58
Ocoman	89	61	36	14
Jardines	280	145	60	74

Municipio y aldeas	Población viviendas sin agua potable	Población viviendas sin saneamiento básico	Población viviendas sin electricidad	Población Viviendas con Hacinamiento	Población Hogares con mujeres a cargo
Taulabé	3197	5569	9788	3431	766
El Carrizal	32	22	36	16	28
Ocoman	137	256	423	91	14
Jardines	188	319	643	294	74

Tablas 3: Estudio de las viviendas del Municipio de Taulabé, fuente Línea Base Intramunicipal.

NBI: necesidades básicas insatisfechas.

4.3 ACTIVIDADES AGROPECUARIAS

Por las características de la zona, las actividades que predominan son la agricultura y ganadería, además algunos habitantes se dedican a actividades comerciales como producción de bloques, ladrillos, tejas o el sector servicios.

Estas actividades producen una contaminación de las aguas, tanto el cultivo de café, debido a los fertilizantes, como la ganadería producen una contaminación por fecales presente en toda la zona de trabajo, por lo que es necesario una protección de las microcuencas de donde se abastece el pueblo.

- Actividades Ganaderas: Se da la ganadería bovina con producción de leche y carne, la producción de leche de la zona abastece a la empresa láctea Sula.
- Actividades Agrícolas: Los principales cultivos en el municipio de Taulabé son el *café*, estas áreas se ubican en la parte alta, cercanas al Parque Nacional Cerro Azul Meámbar (fig. 6) y por la parte norte en la comunidad de Jardines (fig. 1), también se produce café en la parte sur cercana a la comunidad de El Carrizal y cercana a la comunidad de Camalotales. Otro componente de importancia es el cultivo de la *caña de azúcar*, sobre el cual gira la economía de una gran cantidad de familias y con áreas muy representativas dispersas en casi todas las partes bajas del municipio, su producción incluye el procesamiento hasta la conversión a dulce de panela. Un 15.18% del área de producción agropecuaria del municipio está dedicada al cultivo de los granos básicos como pueden ser el maíz, el frijol o el arroz. También se da el cultivo de algunas hortalizas en muy baja escala como chile, sandía, repollo, tomate, pepino y ayote, todos para el consumo y abastecimiento local.



Figura 6: Localización geográfica del Parque Nacional Cerro Azul Meámbar.

4.4 ACTIVIDADES COMERCIALES

Existen varios restaurantes en la ribera del Lago de Yojoa pertenecientes a hosteleros del municipio de Taulabé, estos restaurantes son un foco de contaminación del lago (fig. 7) debido a que no cuentan con ningún mecanismo de retención de sólidos y de grasas, por ello, también se desarrollará paralelamente al abastecimiento de agua potable la construcción de cajas de retención de sólidos en cada restaurante para evitar al máximo la contaminación del lago (fig. 8).



Figura 7: Estado actual del filtrado de los desechos de los restaurantes antes de llegar al lago Yojoa.



Figura 8: Construcción de las cajas de retención de sólidos que evitarán parte de la contaminación del lago.

5 METODOLOGÍA

El proceso seguido en este trabajo ha consistido en:

1. Trabajo bibliográfico para obtener una mayor información geológica, económica y social de Honduras y en especial de nuestra zona de trabajo.
2. Seguidamente se han revisado todas las estructuras del sistema de abastecimiento de Taulabé: los puntos de captación de las fuentes que surten al municipio, los tanques de almacenamiento del agua y de la red de distribución hasta los usuarios.
3. Posteriormente, se he realizado un estudio de las cuencas y microcuencas de Taulabé mediante ArcGis 9.2 obteniendo la extensión, perímetro y los índices de Horton y Gravelius para las microcuencas y las cuencas de los tres ríos del municipio, río Tamalito, Varsovia y Jaitique y también se han obtenido los diferentes mapas de todas las cuencas hidrográficas.
4. A continuación, se ha propuesto un nuevo diseño de la red de abastecimiento que cubrirá las necesidades de todo el casco urbano de Taulabé, y se ha recomendado proteger legalmente las microcuencas donde se localizan las fuentes que abastecen al municipio para protegerlas del tránsito de ganado y del cultivo del café que contamina el agua con los fertilizantes.
5. Finalmente se ha analizado el agua de la que se abastece Taulabé en varios puntos de interés: en los puntos de captación de agua y en los tanques de almacenamiento del agua. Se han determinado tanto parámetros físico-químicos como bacteriológicos. En los casos en los que estos parámetros están fuera del rango óptimo para garantizar la salud de la población, se han

propuesto las medidas correctoras a seguir para garantizar la potabilidad del agua.

6 GEOLOGÍA

6.1 MARCO GEOLÓGICO REGIONAL

La geología de Centro América es muy compleja, debido al choque entre tres placas tectónicas: la placa Norte Americana, la placa del Caribe y la placa de Cocos (Fig. 9).

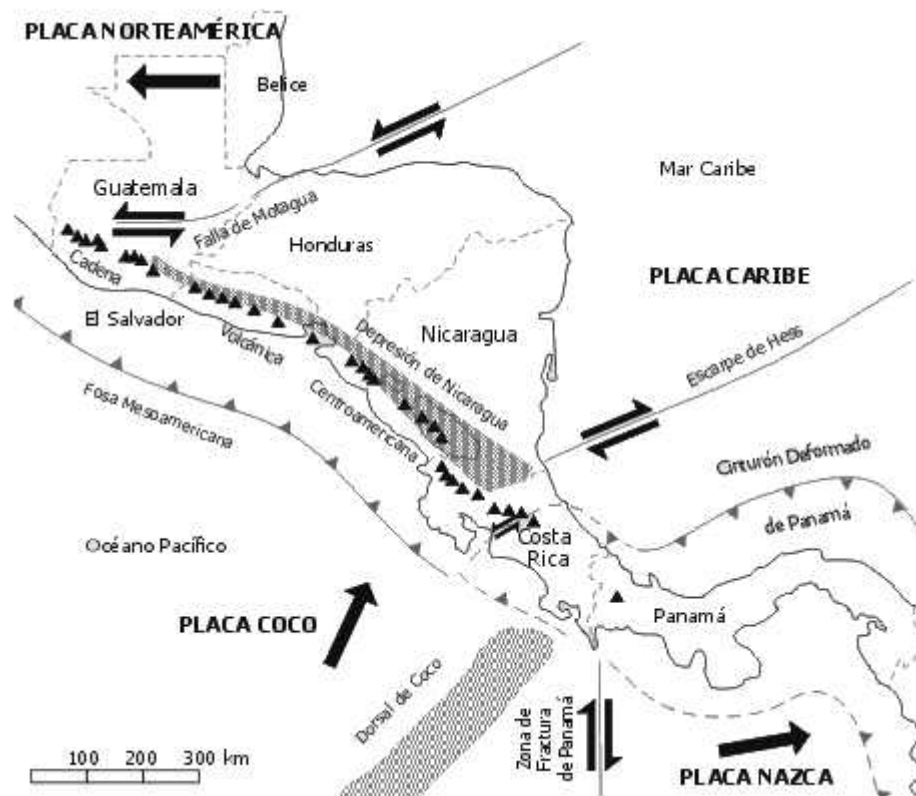


Figura 9: Tectónica de Centroamérica, fuente: Centro para la Prevención de los Desastres Naturales en América Central (CEPREDENAC).

Honduras se encuentra ubicada en una porción de la placa del Caribe denominada bloque de Chortís (fig. 10).

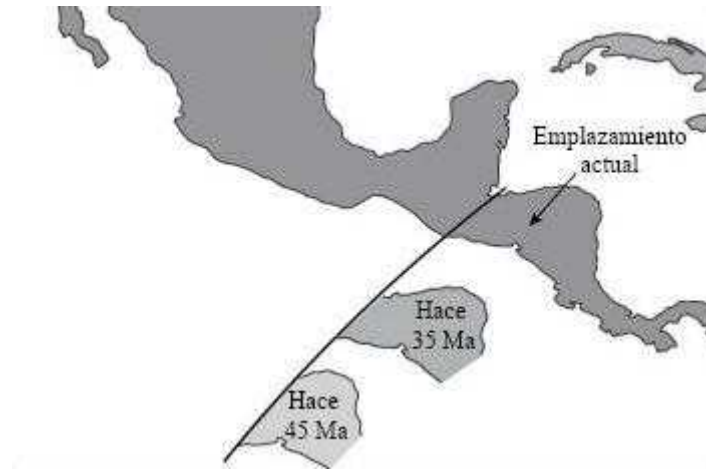


Figura 10: Emplazamiento del bloque Chortís actualmente de acuerdo con el modelo de Keppie y Morán-Zenteno (2005).

Este bloque cuya corteza, es de tipo continental está delimitado al Norte por las fallas transformantes de Matagua-Polochic y Chamelecon que constituyen el límite Norte de la placa Caribeña con la placa Norte Americana.

El límite Oeste del Bloque de Chortis está constituido por la cadena volcánica Centro Americana y la Fosa Medio Americana. La fosa representa la zona de subducción entre la placa de Cocos y la placa del Caribe, donde la primera se hunde por debajo de la segunda (Eppler 1986). En el límite Este, se encuentra el sistema de fallas transformantes Guayape (fig. 11 y 12), caracterizadas por una dirección de tipo levógira.

Plate 1. Geologic-Tectonic Compilation Map of the Chortis Block in Honduras and Northern Nicaragua

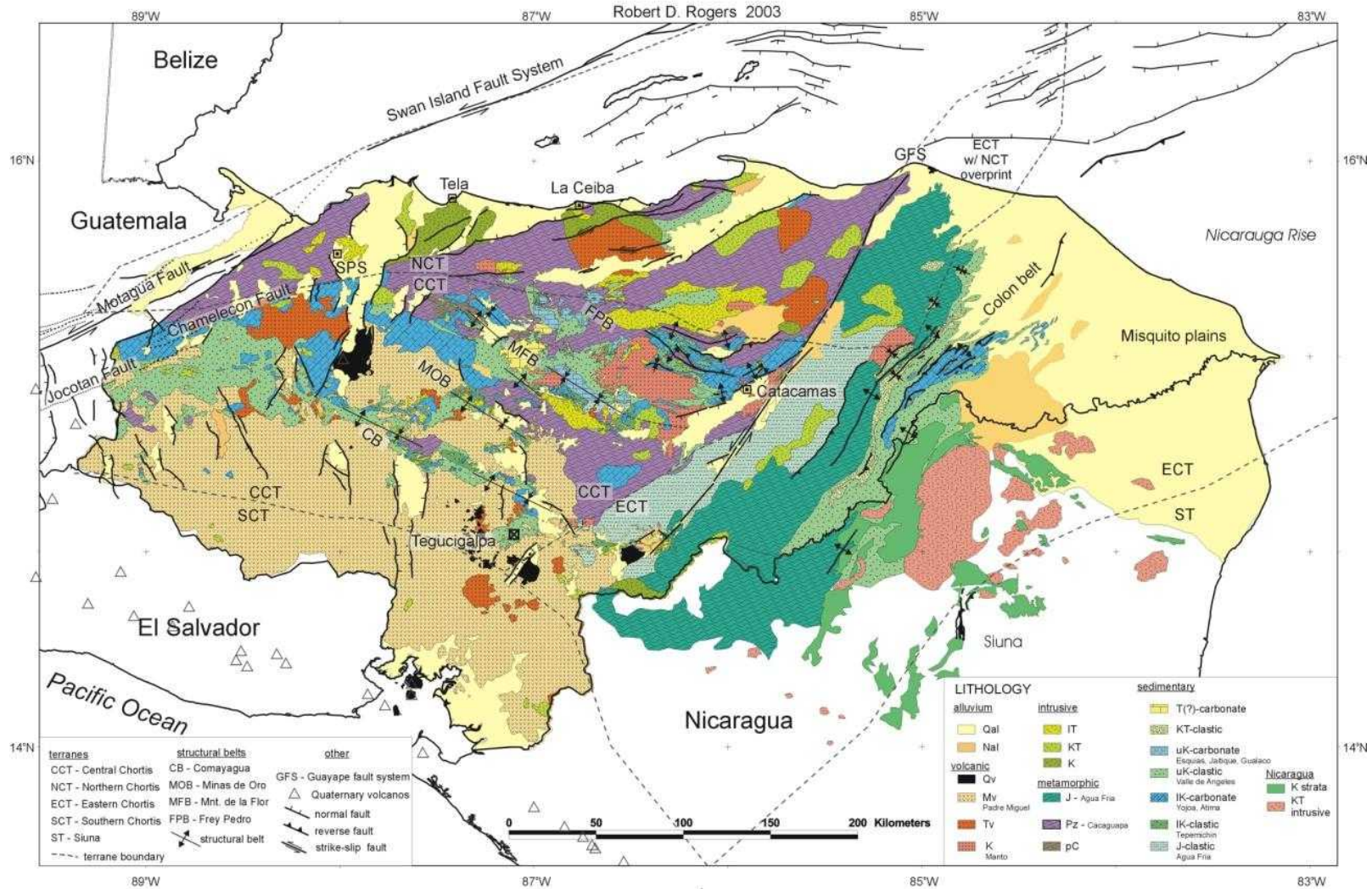


Figura 11: Mapa geológico-estructural de Honduras (Rob Rogers, 2003).

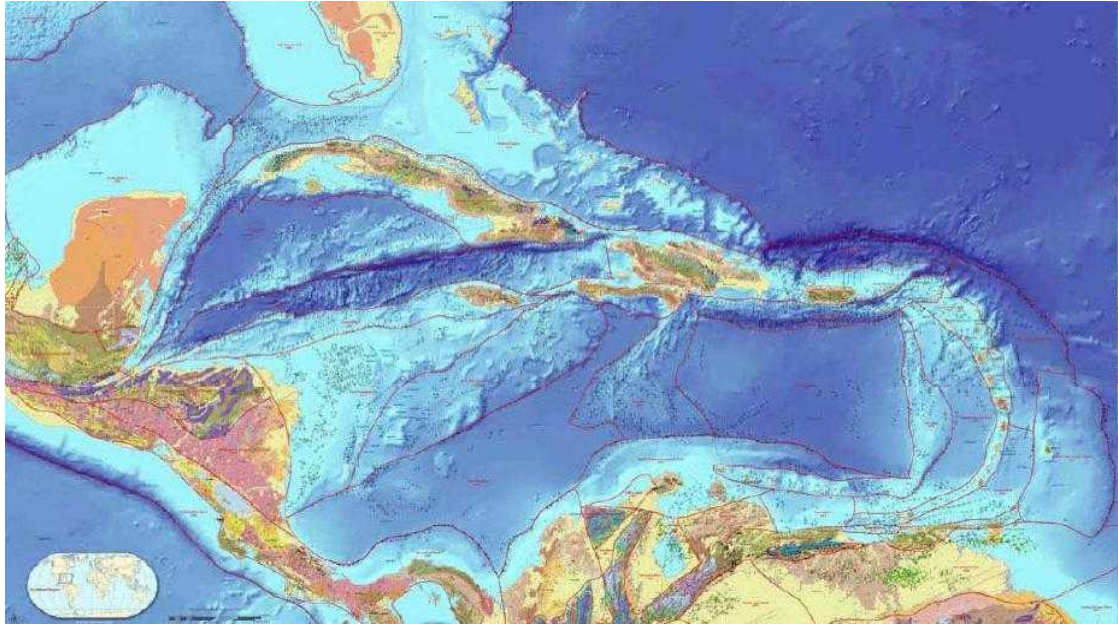


Figura 12: Mapa de la placa tectónica del Caribe y de sus principales estructuras.

Los materiales del “Bloque Chortís” corresponden a Formaciones del Mesozoico y Cenozoico dispuestas discordantemente sobre un zócalo paleozoico de rocas metasedimentarias de bajo grado integradas dentro del Grupo de Cacaguapa (fig. 13). Este grupo está formado por filitas y esquistos graníticos, si bien pueden aparecer rocas con metamorfismo variable, desde gneises y migmatitas hasta cuarcitas y mármoles. Se han datado intrusiones de edad Paleozoica que, a su vez, han sido metamorfozadas.

Sobre el basamento se depositaron discordantemente los siguientes materiales:

Jurásico Medio - Cretácico Inferior (pre-Aptiense)

Grupo Honduras: depositado bajo condiciones continentales o marinas someras, y constituido, a su vez, por la *Formación Agua Fría* y por una unidad superior de naturaleza siliciclástica denominada *Todos los Santos*. La *Formación Agua Fría* consiste en lutitas de color negro con intercalaciones de areniscas.

Cretácico Inferior (Barremiense - Albiense)

Grupo Yojoa: serie de gran espesor de calizas arrecifales de aguas poco profundas y, a techo, materiales detríticos.

Cretácico Superior (Albiense - Maastrichtiense)

Grupo Valle de Ángeles: conjunto de materiales predominantemente detríticos y de color rojizo, constituido por conglomerados, areniscas, margas y calizas. Dentro de este grupo se pueden diferenciar cuatro niveles:

- *Capas rojas inferiores:* constituidas por conglomerados de cantos silíceos y calcáreos y abundante material detrítico de grano grueso.

- *Formación Jaitique:* diferenciada en dos miembros, el inferior (Miembro Guare), compuesto por calizas estratificadas en capas de bajo espesor, con intercalaciones de delgados niveles de lutitas, y el superior formado por capas masivas de calizas.

- *Formación Esquias:* calizas y calizas arcillosas

- *Capas rojas superiores:* constituidas por niveles detríticos de grano fino y color rojo.

Terciario

Se dispone discordantemente sobre los materiales mesozoicos; está representado por.

- *Formación Matagalpa* (Paleoceno - Oligoceno). Es una unidad volcánica pre-ignimbrítica de composición mayoritariamente básica, con predominio de coladas de andesitas, basaltos y sedimentos piroclásticos.

- *Grupo Padre Miguel* (Oligoceno – Mioceno). Es un conjunto de depósitos volcánicos ácidos constituidos por tobas riolíticas, tobas andesíticas e ignimbritas. Estas últimas pertenecen al Grupo Yure y son ignimbritas con fenocristales de cuarzo, sanidina y plagioclasa, de estructura masiva y fracturamiento columnar. Estas ignimbritas se localizan en el municipio de Taulabé, donde se desarrolla nuestro trabajo. Estos depósitos volcánicos se extienden por toda Centro América, y son el producto de erupciones de edad entre 20 y 9 millones de años (Harwood, R., 1993). Este episodio probablemente estuvo relacionado con la fusión parcial de la corteza continental bajo la zona (Rogers, R.B., et al, 2002).

A finales del Terciario se produce un levantamiento global del “Bloque Chortis”, que provoca la erosión de los materiales descritos. Los productos de esta erosión fueron transportados y sedimentados en cuencas interiores, principalmente en las zonas de graben o en las costas y están representados por tres unidades

estratigráficas: la Formación Mosquitia, de tipo deltaico, la Formación Gracias, de arenas y lutitas y la Formación Humuya (graben de Comayagua).

Durante el Cuaternario se producen emisiones basálticas en varios puntos del país, particularmente en la región al norte del lago de Yojoa sobre las que se depositan posteriormente materiales aluviales, deltaicos y coluviales.

ÉPOCA		FORMACIÓN		EVENTOS	
CUATERNARIO	Holoceno	ALUVIAL		Levantamiento de Honduras (erosión).	
	Pleistoceno	Basalto			
TERCIARIO	Plioceno	Fm. Gracias		Distensión grabens	
	Mioceno	Grupo Padre Miguel			
	Oligoceno			Subducción Placa Cocos.	
	Eoceno				
	Paleoceno	Fm. Matagalpa			
CRETÁCICO SUPERIOR	Maastrichtiense	Grupo Valle de Angeles	Rocas Rojas Superiores	Constitución de prisma de acreción en borde de subducción de la placa cocos.	
	Campaniense		Esquías		
	Santonense				Jatique
	Coniaciense				Rocas Rojas Inferiores
	Turonense				
	Cenomaniense				
CRETÁCICO INFERIOR	Albiense	Grupo Yojoa		Fase Tectónica. Plegamientos Intrusivos. Sedimentos detríticos de cuenca (lagunas) en contexto continental.	
	Aptiense				
	Barremiense				
	Hauteriviense	Grupo Honduras	unidad siliciclastica sin nombre		
	Valanginiense				
	Berriasiense				
JURASICO	Superior			Fase tectónica, plegamiento, metamorfismo, intrusivos.	
	Medio	Fm. Aguafria			
	Inferior				
TRIASICO			Emersión continental.		
PALEOZOICO		Esquistos Cacaguapa		Orogenesis mayor del fin del Paleozoico.	

Figura 13: Columna estratigráfica de Honduras (Modificado de Rogers, R.D., 1992 y SERNA, GEOMINH-BRGM, 1987-1992).

6.2 MARCO GEOLÓGICO LOCAL

6.2.1 Estratigrafía

La zona de estudio se sitúa sobre materiales del grupo Padre Miguel (fig. 14), a mitad de secuencia, específicamente en los materiales del Miembro Yure (Mioceno) (tabla 4), es una ignimbrita riolítica con fenocristales de cuarzo, sanidino y plagioclasa, de estructura masiva y fracturamiento columnar, sumamente fundida, es una roca extremadamente compacta y dura, vulcanismo ácido extremo (explosivo).

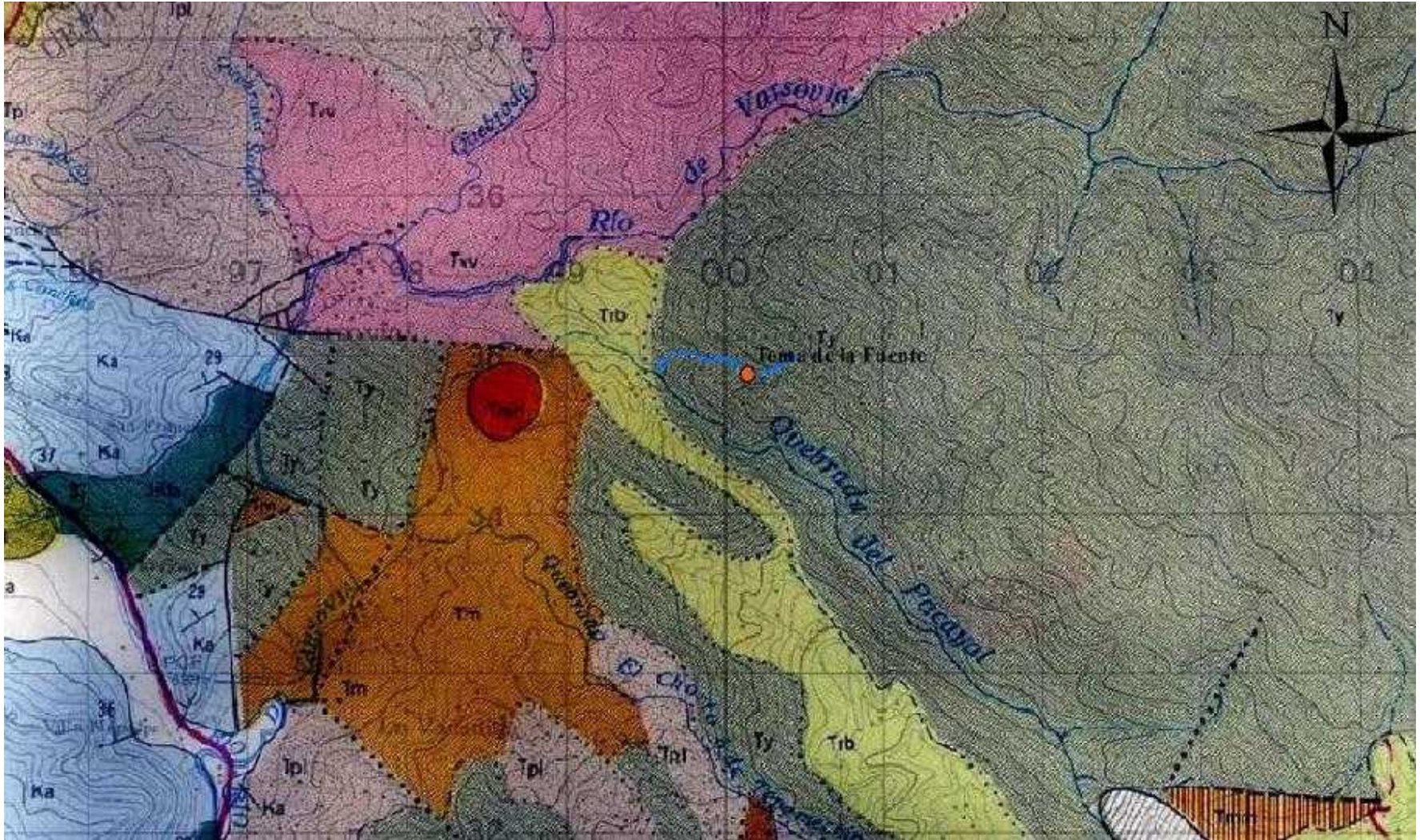


Figura 14: Mapa geológico de la vertiente de Taulabé de la Montaña Cerro Azul con la posición de la fuente y la quebrada principal. Fuente: Donald Curran, 1981, Mapa Geológico de Honduras, Hoja de Taulubé, escala 1:50,000. Instituto Geográfico Nacional, Tegucigalpa, Honduras.

Cenozoico	cuaternario	oloceno	Qd		Depositos deltaicos de lodo y restos orgánicos	
			Qt		Terrazas Aluviales: Grava no consolidada o parcialmente consolidada con intercalaciones de arena.	
	GRUPO PADRE MIGUEL					
	Terciario	Mioceno	Tb		Basalto tholeiítico de olivino, masivo, con fenocristales de plagioclasa (posición estratigráfica incierta).	
			Tmv		Riolita Monte Verde: en forma de pequeños domos. La riolita es de color ante a blanco,	
			Ty		rb	Ty, Ignimbrita Yure: Ignimbrita, con fenocristales de cuarzo, sanidino y plagioclasa, de estructura masiva y fracturamiento columnar.
						Trb: Formación Río Bonito: Depósitos de abanicos aluviales con clastos de ignimbritas Yure, Las Minas y Varsovia. Tpl, Formación Palmichal: Lahars no consolidados con clastos de ignimbritas Las Minas y Varsovia. Tvv: Ignimbrita Varsovia: Ignimbrita riloita con cuarzo, sandino y biotita de color café a rojo y blanco y masiva.
		Tvv	pl	Tg, miembro Guique: Piroclastos retrabajados.		
		Tg		To, Ignimbrita Las Minas: Ignimbrita riloita		
		Paleoceno	To		FORMACION MATAGALPA	
	Tmm		Tmm, Brecha Los Micos: angulares de andesita color gris oscuro a gris rojizo.			
	Tm		Tm, Volcánicos Agua Dulce: Coladas basálticas y andesíticas de color gris obscuro, de grano fino fracturadas.			
GRUPO VALLE LOS ANGELES						
Mesozoico	Cretácico	KTvc		KTvc, Conglomerado de Caliza: Cantos sub-redondeados a sub-angulares de caliza micritica en una matriz roja de lodo calcareo.		
		KTv		KTv: Lodolitas yesíferas y calcáreas de color marrón a café rojizo		
		Kj		Kj, Caliza Jaitique: Caliza micritica gris olivo a gris medio, masiva, pobremente estratificada y generalmente con pocos fosilifera		
		Kv		Kv: Lodolita café a rojizo rica en feldespato		
		Ka		Ka, Caliza Atima: Micrita gris clara a café grisáceo, bien estratificada y fosilifera.		
	Jurásico	JKts		FORMACION TODOS LOS SANTOS JKts, Arenisca y lutitas bien estratificadas de color verde grisáceo		

Tabla 4: Leyenda perteneciente al Mapa Geológico de Honduras, Hoja de Taulubé, escala 1:50,000. Instituto Geografico Nacional, Tegucigalpa, Honduras, Donald Curran, 1981

6.2.2 Tectónica

El miembro Yure presente una gran anchura de afloramiento lo que indica que se ha depositado horizontal y subhorizontalmente. Los arroyos que fluyen en la zona presentan cursos muy rectos, con bruscos cambios de 90°, lo que sugiere que estos arroyos fluyen por fallas (fig. 14), y, al menos hay dos sistemas de falla de componentes perpendiculares, de dirección NW-SE y NE-SW.

7 SUELOS

No existe un estudio específico de los suelos en la región, pero los estudios nacionales de suelos realizados por Simmons (1962), cubren la zona y se muestran en la tabla 5.

Los suelos predominantes en el municipio de Taulabé son Andosoles; este suelo localmente se denomina Yojoa siendo su roca madre las rocas volcánicas que conforman terrenos de relieve ondulado. Los suelos tienen un rango de profundidad de hasta 50 centímetros con drenaje moderado (tabla 5), con buena a regular capacidad de retención de agua, presentando un pH de 6.0 y con una textura franco-limoso¹ o franco arcillo-limoso (fig. 15). Los suelos están cubiertos de pinares o pastos y son utilizados para cultivos de maíz, frijoles y yuca. Estos suelos son los más fértiles de la región, con una amplia gama de usos potenciales. Un factor importante en el desarrollo de los suelos de esta cuenca es el clima Tropical Húmedo, las temperaturas altas y lluvias abundantes aceleran el proceso de descomposición de materia orgánica y la filtración de los nutrientes del suelo (Lixiviación). Por esta razón, los suelos de la región son muy frágiles, y la cobertura vegetal es un factor importante en su conservación.

¹ Convencionalmente se llama suelo franco a aquellos suelos donde las cantidades de los componentes del suelo (arena, limo y arcilla) se encuentran en proporciones óptimas o muy cercanas a ella. Son suelos de elevada productividad agrícola, debido a su textura relativamente suelta, heredada de la arena, a su fertilidad procedente de los limos y al mismo tiempo con adecuada retención de humedad por la arcilla. Cuando los suelos tienen un poco más de arena que el óptimo se les llama franco-arenosos, en caso contrario si lo que está en exceso es la arcilla franco-arcillosos. Al suelo franco algunos autores le llaman marga de manera que los nombres equivalentes serían marga arcillosa y marga arenosa.

NOMBRE LOCAL	SUELO	PROFUNDIDAD	DRENAJE	PH	PENDIENTE
CHANDALA	Rendzina	Delgado	Bien		> 50%
CHIMBO	Lithosol	Delgado	Bien	6	40%
CHIMIZALES	yell-red Podzol	Profundo	Bien	6	>50%
COCONA	Lithosol	Delgado	Bien	5-5.5	30-60%
MILILE	Andosols	< 30cm	Bien	6	30%
NARANJITO	red-yell podzols	Profundo	Bien	6	> 50%
OJOJONA	Lithosol	Delgado	Bien	6.3	30-50%
SUELOS DE LOS VALLES		Profundo	Mod. Bien		< 30%
SULACO	Rendzina	Delgado	Bien	7	> 60%
URUPAS	Volcanic lavas		Mod. Bien	6	< 30%
YOJOA	Andosols	50cm	Bien	5	< 20%

Tabla 5: Tipos de suelos en la región del Lago Yojoa y su denominación local, (House, 2002).

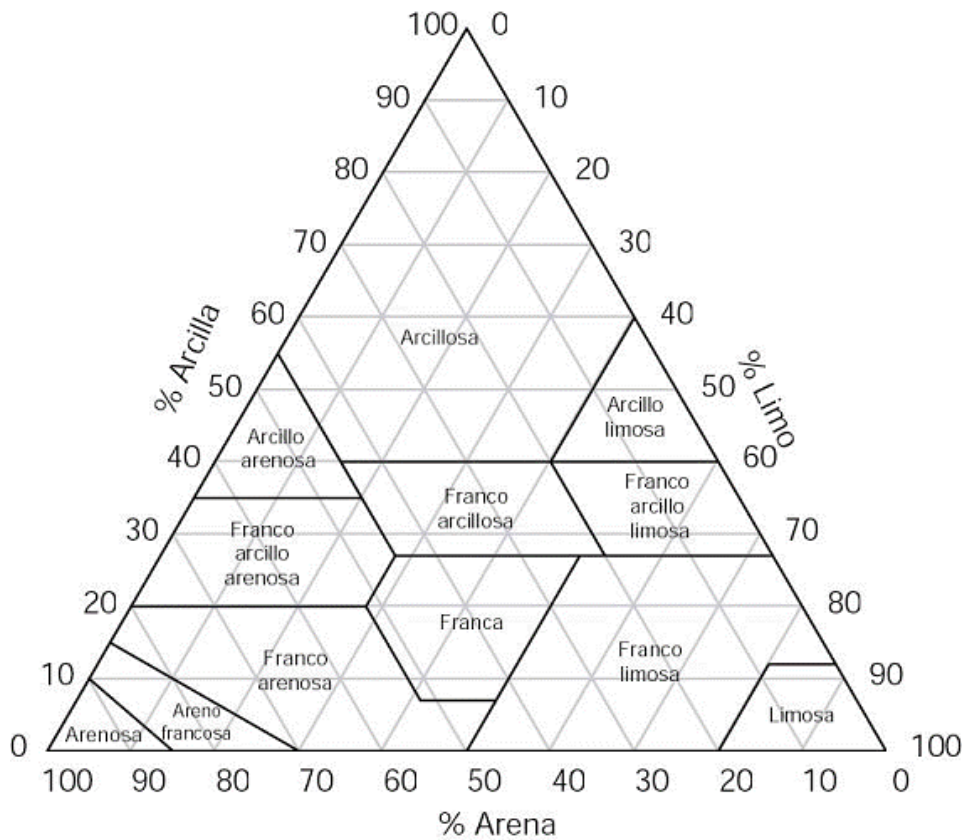


Figura 15: Triángulo textural según clasificación del USDA

8 CLIMATOLOGÍA

El territorio hondureño constituye una franja de tierra relativamente estrecha, localizada entre el Océano Atlántico y el Océano Pacífico, en la ruta de los vientos Alisios, que soplan predominantemente del noreste al suroeste. Por su posición geográfica se sitúa dentro de la zona tropical, lo suficientemente al norte del Ecuador como para ser afectado por los frentes fríos procedentes de la zona templada y localizada en el radio de acción de las calmas tropicales, que le afectan durante la estación de las lluvias y que se corren hacia el sur durante la época seca (SERNA: Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente).

Esta ubicación, entre dos masas de agua, la orientación de sus principales cordilleras respecto a la dirección de los vientos Alisios con rumbo este - oeste y la presencia de una gran masa natural de agua en su interior (Lago Yojoa), contribuyen a que en el territorio se tengan zonas extremadamente calientes y húmedas como el Litoral Atlántico, áreas muy frías y pluviales como sucede en los picos altos de las cordilleras, con la presencia del piso montano y climas bastante secos y cálidos con menos de 500 mm de lluvia promedio total anual, como ocurre en algunos sitios de la Zona Sur.

En general, el país cuenta con un clima entre húmedo y seco. Las características de localización arriba mencionadas impiden que se produzcan grandes variaciones de temperatura (fig. 16). La zona de estudio, perteneciente al departamento de Comayagua se puede clasificar como clima de sabana tropical (tabla 6).

Zona	Localización (Departamentos)	Clima (según Koppen)	Precipitación Media Anual (mm)	H R (%)	Temperatura(°C)		
					Media	Máxima	Minima
<i>Norte</i> <i>Litoral del Mar Caribe</i> <i>Norte Interior</i>	Gracias a Dios, Colón, Atlántida y norte de Cortés	Selva tropical húmeda	2639(en 167 días con lluvias)	82	27	30.4	20.7
	Yoro, Cortés y la región norte de Santa Bárbara	Sabana tropical	1,128(en 150 días)	75	26.2	30	21.9
<i>Occidental</i>	Ocotepeque, Copán, Intibucá, Lempica y la región sur de Santa Bárbara	-Mesotérmica >1,400msnm	1,290(en 160 días)	76	18.2	22.8	12.6
		Invierno seco -Sabana Tropical	1,395 (en 144 días)	76			
		<1,400 msnm (500-600 msnm) (1,000 msnm) (1,400 msnm)			24.5 20.2 18.0	28.9 25.1 22.3	19 15.3 17.9
<i>Oriental</i>	Olancho, el sur de Gracias a Dios, y el oriente de El Paraíso	Tipo sabana	1,200(en 153 días)	74	30.2	25	18.6
<i>Central</i>	Francisco Morazán, Comayagua, La Paz y la región noroeste de El Paraíso	Sabana Tropical (<500 msnm) (1,000 msnm) (> 1,500 msnm)	1,004 (en 118 días)	70	24.7 21.5 18.6	27.8	16.6
<i>Sur</i>	Choluteca, sur de Francisco Morazán y suroeste de El Paraíso	Sabana Tropical (<500 msnm) (> 1,000 msnm)	1,680 (en 102 días)	66	29.1 22.7	34.5	23.4

Tabla 6: Perfil Ambiental de Honduras 1990-1997, World Bank, Secretaria de Recursos Naturales y Ambiente, Proyecto de Desarrollo Ambiental de Honduras, Tegucigalpa, Honduras, Publitel 2279339,Pág. 8. Fuente: SERNA 1997, # 92 , SERNA,1997. H.R= Humedad Relativa.

El municipio de Taulabé posee dos zonas bien marcadas, la zona del valle y la parte alta las cuales poseen climas agradables. El mes que presenta la temperatura mínima promedio es Diciembre con 12.61 grados centígrados (fig. 16) y la temperatura máxima promedio es el mes de abril con 32.24 grados centígrados. Con respecto a la evaporación promedio mensual en el mes de noviembre es la más baja con 70.8 mm (fig. 17) siendo abril el mes en que la evaporación es mayor con 164.3 mm.; el promedio de la humedad relativa anual es de 78.5 %.

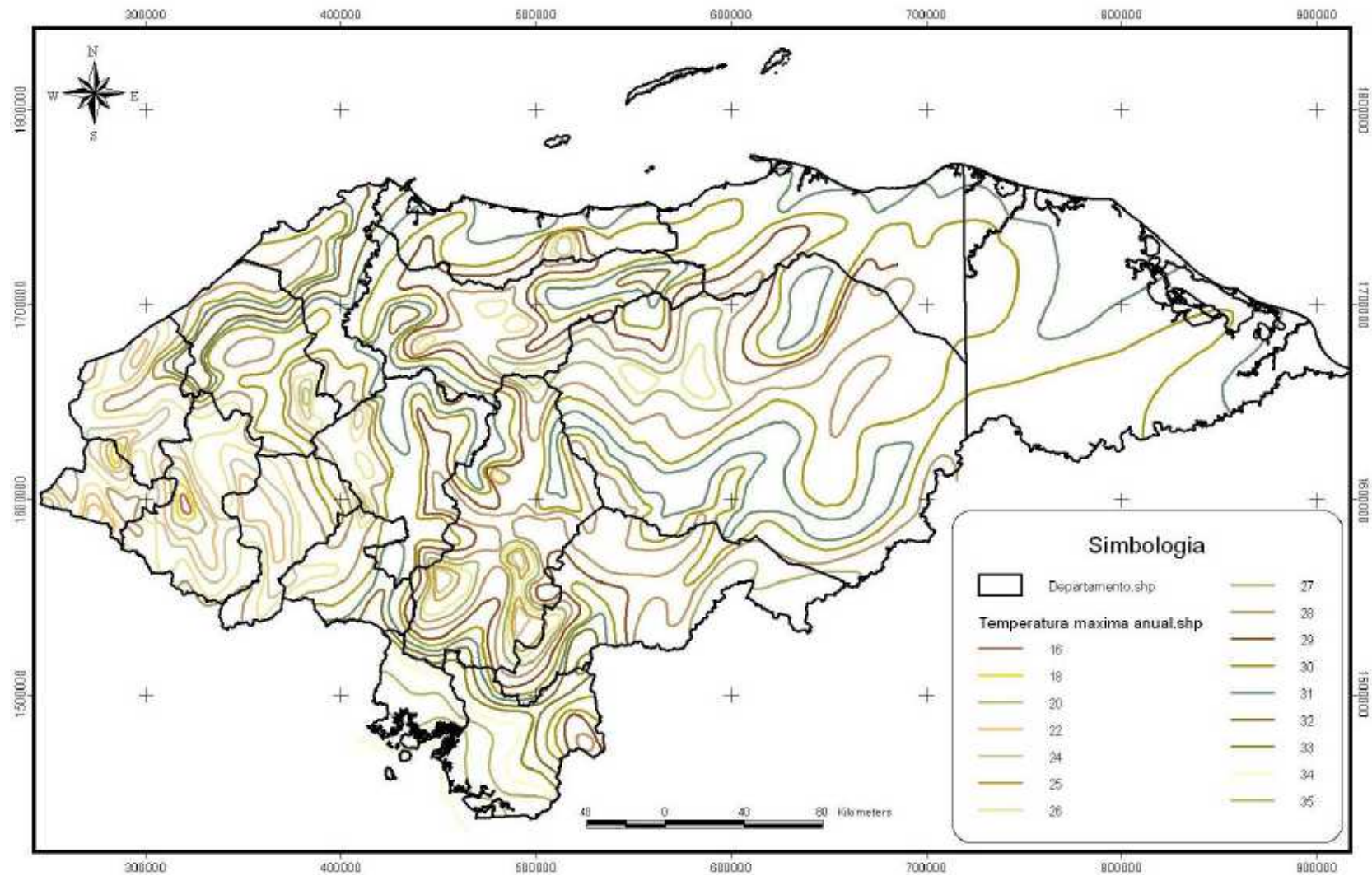


Figura 16: Mapa de Temperatura máxima anual de Honduras, fuente Secretaría de Recursos Naturales y Ambientales (SERNA).

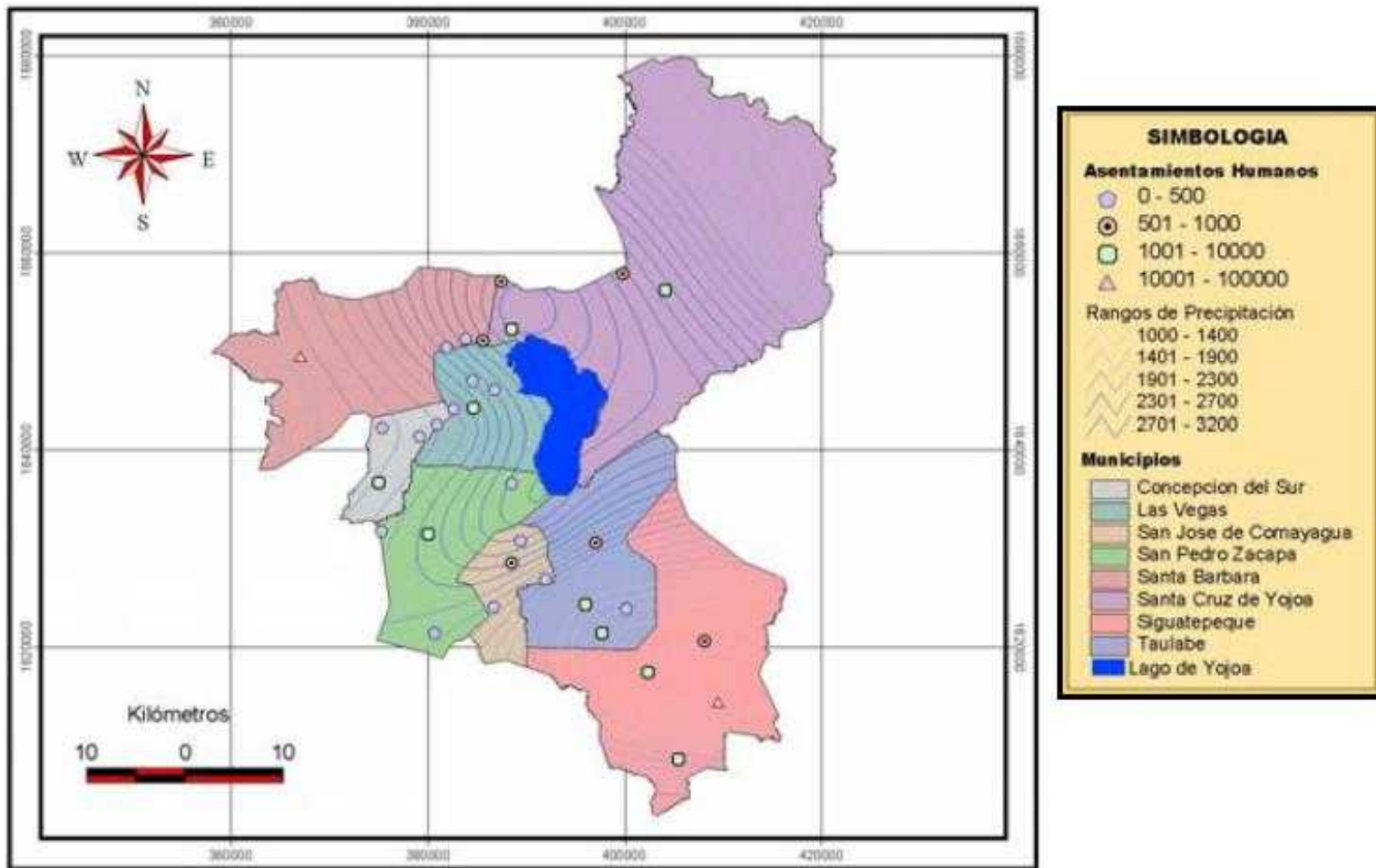


Figura 17: Mapa de precipitación anual de la región del Lago Yojoa, fuente Centro de Estudios Ambientales de Honduras (CEAH).

9 HIDROLOGÍA

9.1 HIDROLOGÍA SUPERFICIAL

Honduras debido a su angosto territorio que se encuentra bañado por los Océanos Atlántico y Pacífico presenta ríos cortos y estrechos, que son navegables solamente al nivel de las costas por embarcaciones pequeñas. Sin embargo, cuenta con dos de los ríos más largos de Centroamérica, Coco o Segovia y el río Patuca, (fig. 18).



Figura 18: Principales ríos de Honduras, fuente América Latina Contemporánea.

En todo el país hay declaradas 19 cuencas hidrográficas primarias (fig. 19), siendo las cuencas mayores las de los ríos Wangki, Coco o Segovia, el Patuca, el Ulúa y el Aguan.

1. Cuenca del Río Patuca.
2. Cuenca del Río Choluteca.
3. Cuenca del Río Motagua.
4. Cuenca del Río Aguan.
5. Cuenca del Río Lean.

6. Cuenca del Rio Sico – Paulaya.
7. Cuenca del Rio Lempa.
8. Cuenca del Rio Guascoran.
9. Cuenca del Rio Nacaome.
10. Cuenca de los Ríos Negro y Sampire.
11. Cuenca del Rio Wans, Coco o Segovia.
12. Cuenca del Rio Cuyamel y Tulian.
13. Cuenca del Rio Chamelecón.
14. Cuenca del Rio Ulúa.
15. Cuenca del Rio Plátano.
16. Cuenca del Rio Cangrejal.
17. Cuenca del Rio Lislis.
18. Cuenca del Rio Wuarunta.
19. Cuenca del Rio Cruta.

Las cordilleras que enmarcan la división continental de aguas en el territorio Hondureño se encuentran ubicadas cerca de la costa del Pacífico; por esta razón los ríos son cortos y con poca presencia de tributarios.

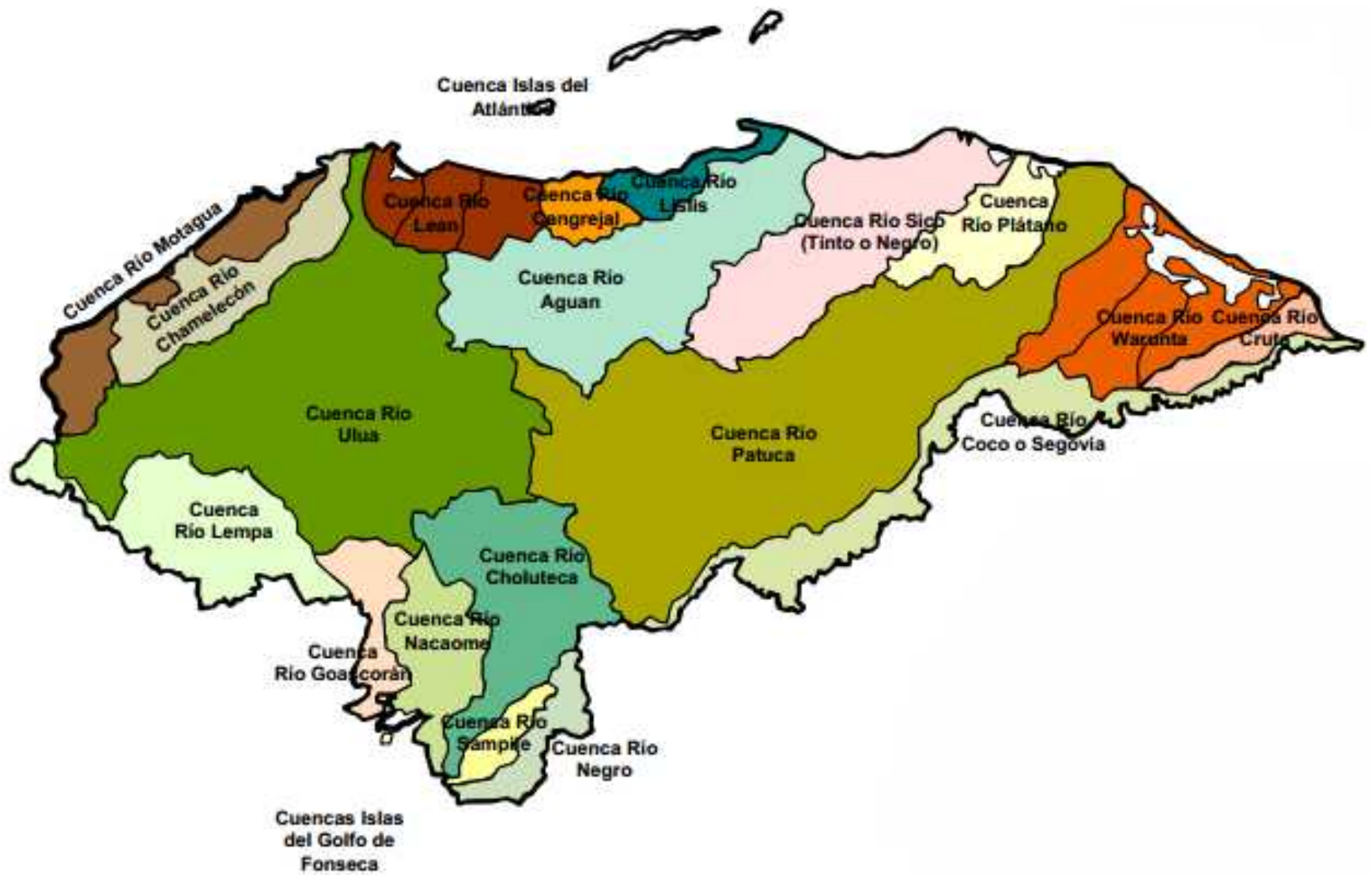


Figura 19: Mapa Cuencas Hidrológicas, fuente Servicio Autónomo Nacional de Acueductos y Alcantarillados (SAANA)

Hacia la zona norte occidental del país se encuentra el Lago de Yojoa (fig. 20) que es el único lago existente en Honduras (83,75 km²). También el país cuenta con un embalse artificial de tamaño considerable llamado represa General Francisco Morazán, El Cajón (fig. 20), el cual se encuentra ubicado en la zona central del territorio Hondureño.



Figura 20: Ubicación del Lago Yojoa y del embalse El cajón, fuente Google maps.

Existen varias lagunas de tamaño regular y de mucha importancia las que se encuentran localizadas en la zona norte del país; entre estas tenemos: Caratasca, Brus, Ebano, Rapalo, Kohunta, Liwa, Tansin, Warunta, Siksa o Tribalakan (fig. 21).



Figura 21: Localización de las principales lagunas Hondureñas, fuente Google maps.

La zona de estudio se encuentra en la cuenca del Río Ulúa (fig. 22), tiene su nacimiento en el área montañosa de Intibucá cerca de la ciudad de La Paz, y recorre 358 km hacia el noreste en la dirección del Golfo de Honduras. Sus principales afluentes son Río Humuya, Río Blanco, Río Otoro, y Río Jicatuyo.



Figura 22: Localización geográfica del Río Ulúa y sus afluentes, fuente Naciones Unidas.

El Río Ulúa es uno de los más grandes e importantes de Honduras, tiene su nacimiento en el departamento de Intibucá bajo el nombre de Río Grande de Otoro que es conformado por la confluencia de los ríos Zarzagua y Puringla. El Ulúa hace su recorrido de unos 400 km por los departamentos de Santa Bárbara, Cortés, Yoro y Atlántida donde es alimentado por los ríos Higuito, Mejojote, Lindo, Jicatuyo, Humuya o Comayagua y el Sulaco, además de muchos riachuelos. Durante ciclones o lluvias torrenciales tiene una tendencia a crecer de forma desmedida, causando daños a los poblados o ciudades por donde pasa, principalmente en las zonas bajas y plantaciones en el Valle de Sula.

Debido a su posición geográfica y sus características, el Municipio de Taulabé posee gran cantidad de corrientes de aguas superficiales (fig. 23), esta drenado por ríos, quebradas y abundantes fuentes de agua entre ellos: Los Ríos Varsovia, Jaitique, El Tamalito, este último abastecen de agua a la central hidroeléctrica del Lago de Yojoa.

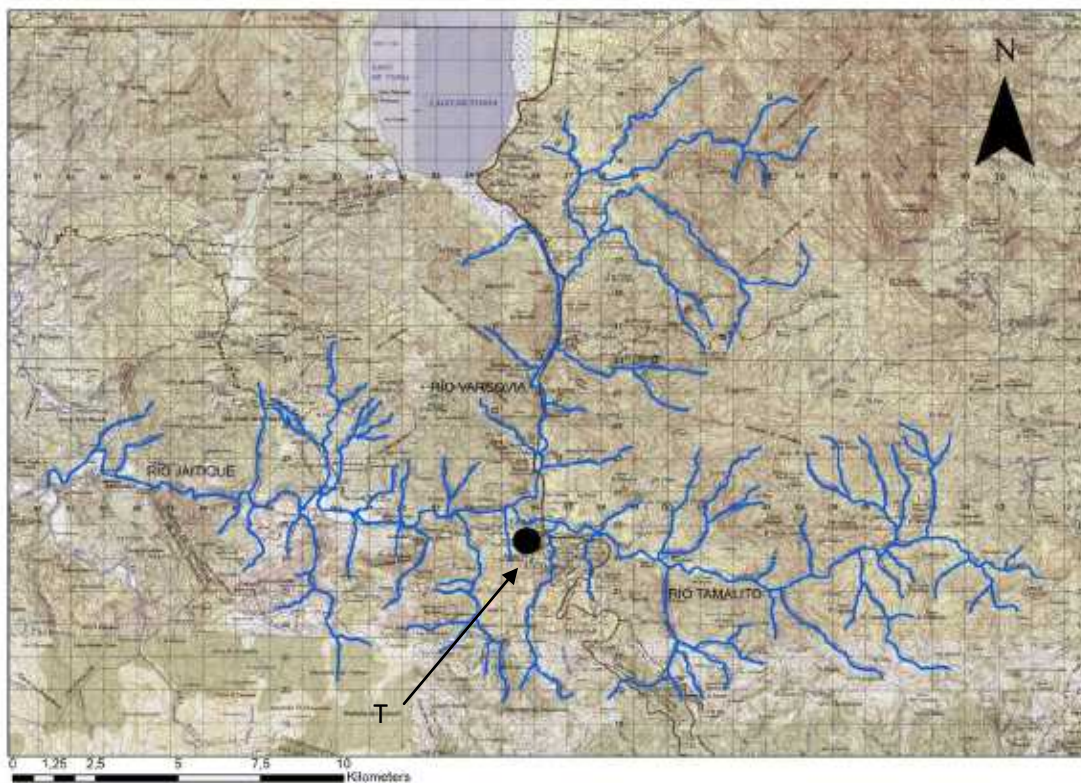


Figura 23: Localización geográfica de los ríos existentes en Taulabé.

Entre las quebradas más importantes podemos mencionar: Quebrada Onda, Quebrada de Cumes, Quebrada La Caliche, Montañuela, La Helada, La Jutiapa, La Danta, Cantillanos, La Germania, El Playón, Las Marías, Quebrada El Derrumbe; todas finalizan su recorrido en el Lago de Yojoa.

Con antecedentes de desbordamientos están: Quebrada La Helada y Quebrada La Caliche, esta última abastece una parte del casco urbano de Taulabé.

9.1.1 Estudio de las microcuencas del municipio de Taulabé

9.1.1.1 Parámetros analizados.

Una cuenca hidrográfica es la unidad básica de estudio de la hidrología, esta es una zona de la superficie terrestre en donde las gotas de lluvia que caen sobre ella tienden a ser drenadas por el sistema de corrientes que vierte a un canal principal y hacia un único punto de salida, se encuentra delimitada por la línea divisoria de aguas y generalmente tiene forma de pera, donde la parte estrecha corresponde a la zona de salida y la parte más ancha ala área receptora. La red de drenaje más usual es la forma dendrítica.

Para fines de análisis hidrológico, se consideran pequeñas cuencas hidrográficas a aquellas que presentan una red de drenaje de primer o segundo orden (índice de Horton).

Una microcuenca hidrográfica, al igual que la cuenca, es una unidad física determinada por la línea divisoria de aguas, que delimita los puntos desde los cuales toda el agua drena hacia un mismo valle. Al unirse el caudal y superficie de varias microcuencas, se forma la cuenca hidrográfica de mayor tamaño.

Se ha realizado un trabajo de gabinete a fin de realizar un estudio de las cuencas y microcuencas del municipio de Taulabé. Los parámetros analizados son:

1. SUPERFICIE: Es la medida de la extensión en Km^2 , tanto para las microcuencas como para las tres cuencas hidrográficas. Es la magnitud más importante que define la cuenca, delimita el volumen total de agua que la cuenca puede recibir.
2. PERÍMETRO: Es la longitud del límite exterior de la cuenca y depende de la superficie y la forma de la cuenca, se mide en Km.

3. **ÍNDICE DE HORTON:** es un número que refleja el grado de ramificación (fig. 24) de la red de drenaje. La clasificación de los cauces de una cuenca se realiza a través de las siguientes premisas:
- 3.1. Los cauces de primer orden son los que no tienen tributarios.
 - 3.2. Los cauces de segundo orden se forman en la unión de dos cauces de primer orden y, en general, los cauces de orden n se forman cuando dos cauces de orden n-1 se unen.
 - 3.3. El encuentro de un curso de orden inferior con otro de magnitud superior no implica un cambio de orden de magnitud en la red de drenaje. Sólo aumenta si se produce la confluencia entre dos cursos de agua de idéntica magnitud.
 - 3.4. El curso de agua cuyo cauce alcanza la máxima magnitud dentro del área ocupada por la cuenca, es el río principal.
 - 3.5. Un orden de la cuenca elevado indica un drenaje más eficiente y desalojará rápidamente el agua.

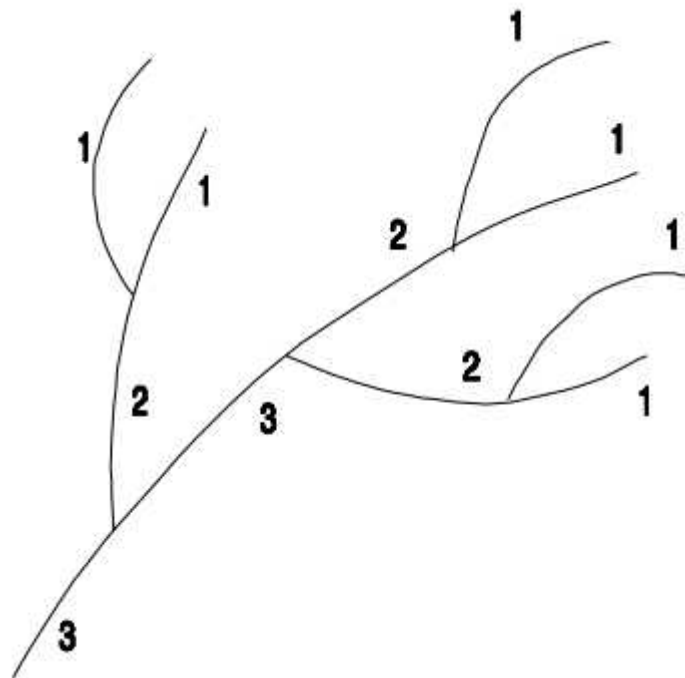


Figura 24: Orden de una cuenca.

4. **ÍNDICE DE GRAVELIUS O ÍNDICE DE COMPACIDAD:** El índice de compacidad compara la longitud del perímetro con la circunferencia de un círculo de igual superficie que la cuenca, indica las características de la escorrentía superficial en un punto de un cauce, ya que será diferente según sea la forma de la cuenca vertiente en ese punto.

Para cuantificar la forma de la cuenca, se define el índice de compacidad de

Gravelius, I_c , como el cociente entre el perímetro de la cuenca, P , y el perímetro del círculo de superficie equivalente, es decir:

$$I_c = 0.28 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Donde A , es el área (Km^2) y P , el perímetro de la cuenca (Km).

En ningún caso, el índice de Compacidad podrá ser menor a la unidad y, en la medida que éste se acerque a este valor, la forma de la cuenca tenderá a parecerse a la de un círculo. Si asociáramos el índice de Compacidad de cada cuenca con el Tiempo de Concentración, tendríamos que en el caso de la Cuenca con mayor índice de Compacidad tendríamos el mayor Tiempo de Concentración y, de esto, es de esperar que la magnitud de la escorrentía generada por una precipitación en ella sea menor que en aquella que posee el menor índice de Compacidad.

9.1.1.2 Estudio de microcuencas mediante ArcGis 9.2.

Lo primero ha sido delimitar la red de drenaje de los tres ríos pertenecientes a Taulabé, el Río Varsovia, el Jaitique y el Tamalito (fig. 25) el municipio de Taulabé está delimitado también en la (fig. 25), el río Jaitique se forma en la confluencia de los ríos Varsovia y Tamalito, el río Jaitique es un afluente del río Ulúa que desemboca en el Océano Atlántico. Para ello se ha delimitado toda la red de drenaje de los tres ríos y todos sus afluentes y quebradas sobre el mapa topográfico de Taulabé.

A continuación se determino las cuencas hidrográficas (fig. 26) del río Varsovia, el río Tamalito y el río Jaitique, obtenidas las cuencas principales se ha abordado el trabajo cuenca por cuenca para definir todas las microcuencas hidrográficas, y poder obtener todos los parámetros (extensión, perímetro e índices de Horton y Gravelius).

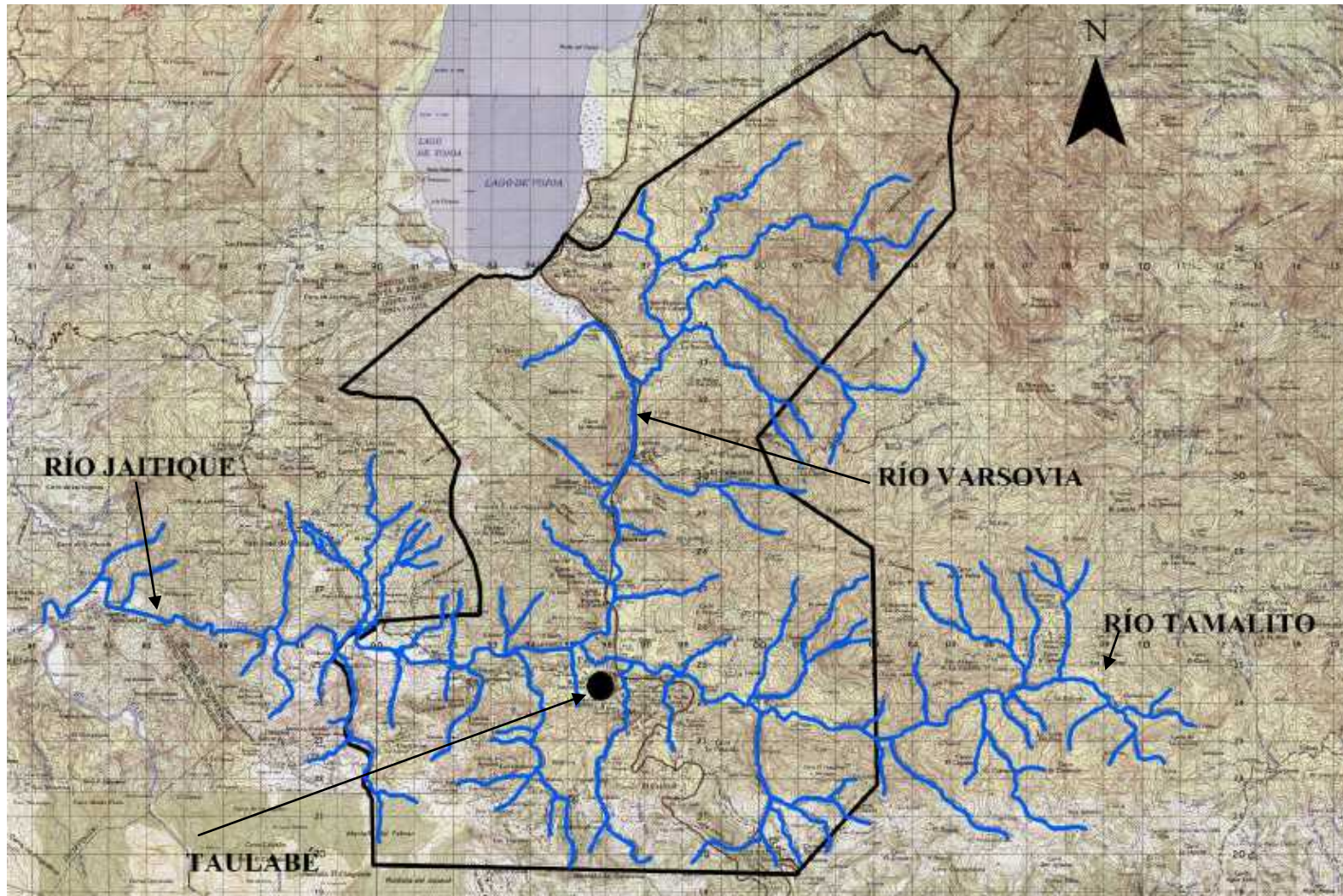


Figura 25: Red de drenaje de los ríos Varsovia, Tamalito y Jaitique.

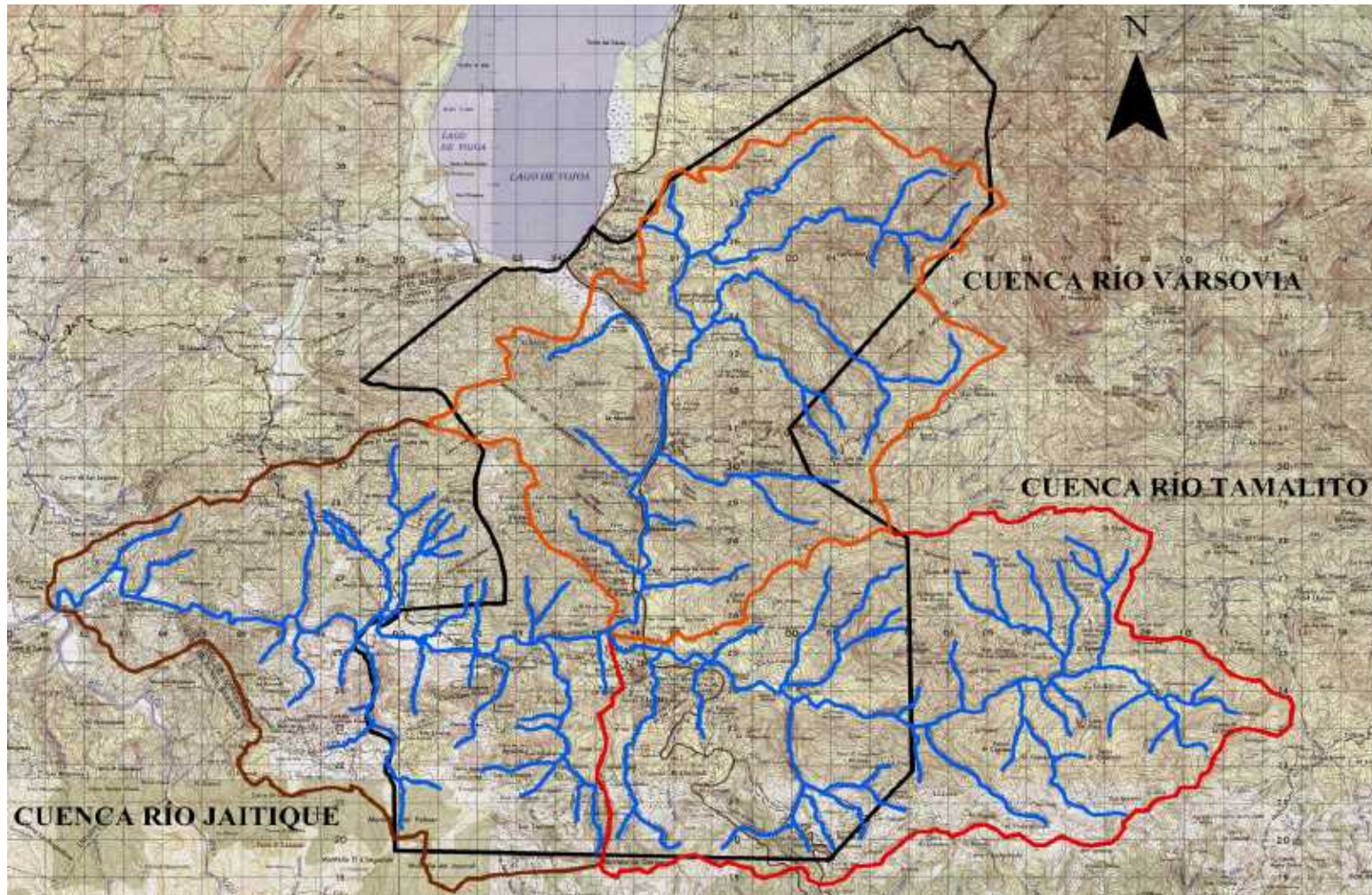


Figura 26: Red de drenaje y cuencas hidrográficas del municipio de Taulabé.

- ***CUENCA RÍO TAMALITO.***

Se ha comenzado trazando las líneas divisorias de aguas de cada arroyo para delimitar sobre el mapa topográfico todas las microcuencas del río Tamalito. Para ello se ha utilizado el programa ArcGis 9.2., mediante este programa, se han creado varias capas sobre el mapa topográfico, primero los ríos, luego las cuencas y posteriormente las microcuencas

Se han establecido 22 microcuencas dentro de la cuenca del río Tamalito, el área total de esta cuenca hidrográfica es de 116.312 km² con un perímetro de 53.33 km. El nombre de cada microcuenca proviene del nombre de la quebrada principal de cada microcuenca.

Finalmente, se ha obtenido el mapa con las diferentes microcuencas (fig. 27), así como la tabla 7 donde se muestran los resultados de los parámetros tales como la extensión, perímetro, Horton y Gravelius.

Según los resultados obtenidos para Horton, la mayoría de las microcuencas son de orden 1, es decir, pequeños canales que no tienen tributarios, por lo que el drenaje en cada una de ellas es en general deficiente, el resultado para la cuenca del río Tamalito es de orden 3, es decir, se han unido dos cauces de orden 2 por lo que el cauce ha incrementado el orden de drenaje.

El índice de Gravelius o coeficiente de compacidad (Ic), mide la esfericidad de una cuenca, cuanto más cercano a uno este su valor, su forma será más esférica y el riesgo de inundación será más elevado debido a su simetría. En nuestro caso, los valores obtenidos son todos mayores de uno, se ha establecido un rango de valores, este oscila entre 1 y 1,3, en este rango se engloban 9 quebradas (tabla 1), que son las quebradas con mayor riesgo de inundación tienen (Gravelius cercano a 1), estos valores oscilan entre 1.16 y 1.29. El coeficiente de compacidad para la cuenca del Río Tamalito es de 1.38, fuera del rango de mayor riesgo.

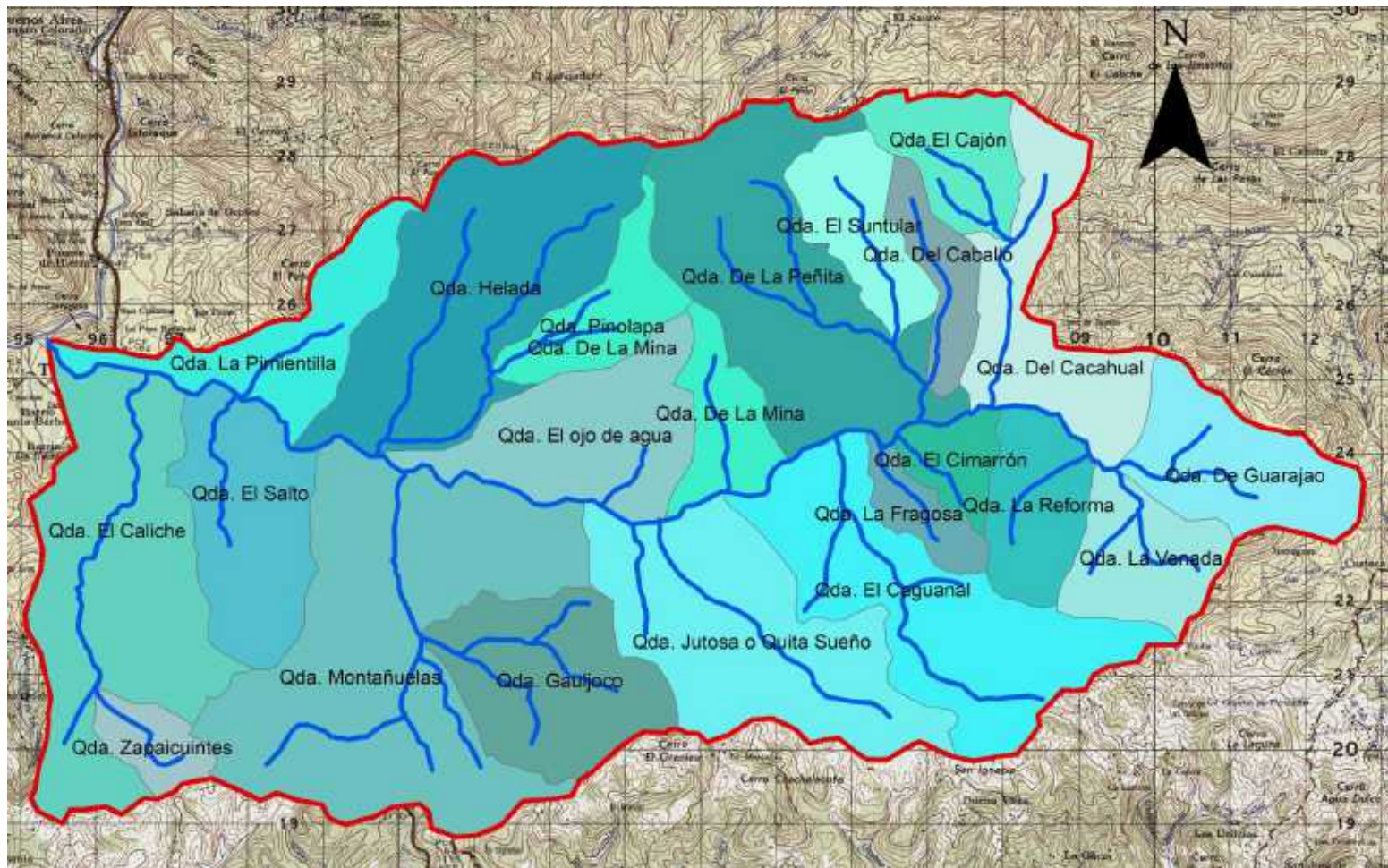


Figura 27: Microcuencas del Rio Tamalito.

NOMBRE	EXTENSIÓN (Km ²)	PERÍMETRO (Km)	HORTON	GRAVELIUS
Qda. La Pimientilla	3,98581	14,5672	1	2,057628
Qda. Helada	10,1552	16,2379	2	1,436918
Qda. Pinolapa	2,61497	8,86839	1	1,546538
Qda. El Ojo de Agua	5,52478	12,3983	1	1,487489
Qda. De La Peñita	9,76951	18,942499	2	1,709031
Qda. De La mina	4,89308	16,8183	1	2,144075
Qda. El Cajón	2,79079	7,40201	2	1,249497
Qda. El Cacahual	5,13599	15,3753	2	1,913201
Qda. El Suntular	2,84569	8,1920801	1	1,36946
Qda. Del Caballo	1,85281	7,6773398	1	1,590539
Qda. De Guarajao	4,43769	9,4787803	1	1,268887
Qda. La Venada	3,24211	7,80879	2	1,222979
Qda. La Reforma	3,01691	7,1906201	1	1,167439
Qd. El Cimarrón	1,42089	5,4917598	1	1,299213
Qda. La Fragosa	1,31524	6,0598599	1	1,484446
Qda. El Caliche	10,5571	20,1601	2	1,749724
Qda. Zapaicuintes	1,35819	5,09985	1	1,234032
Qda. Jutosa o Quita Sueño	9,15207	16,1362	1	1,504148
Qda. El Salto	5,22862	10,4277	1	1,286009
Qda. Montañuelas	15,0226	23,1315	3	1,682985
Qda. Gauljoco	5,65854	10,0344	2	1,189565
Qda. El caguanal	8,94108	18,408501	1	1,291193024
CUENCA TAMALITO	116,312	53,33	3	1,384663486

Figura 7: Resultados de los diferentes parámetros para la cuenca del río Tamalito y sus microcuencas2.

- **CUENCA VARSOVIA**

El proceso seguido para el estudio de la cuenca del río Varsovia ha seguido el mismo proceso que para el estudio de la cuenca del río Tamalito.

La cuenca del río Varsovia tiene una extensión de 11,09 Km² y cuenta con 13 microcuencas (fig. 28), estas microcuencas presentan un área mayor a las de las cuencas del río Jaitique y Tamalito, pero en cuanto al número de microcuencas, la cuenca Varsovia es la que presenta el número más reducido. La mayor de las microcuencas es la de la quebrada El Cerrón que tiene una extensión de 2,43 Km² y la microcuenca de menor extensión es la quebrada de Río Bonito con 17,58 Km².

Según la clasificación de Horton (tabla 8), la cuenca del río Varsovia es una cuenca de orden 3, al igual que la del río Tamalito, la mayoría de las microcuencas son de orden 1, es decir, arroyos sin tributarios, únicamente 4 microcuencas son de orden 2 y una de orden 3, la Qda. El chorlo. Esto indica una escasez de tributarios.

En cuanto al índice de compacidad o de Gravelius, la cuenca del río Varsovia presenta un valor de 1,34, lo que indica un ligero carácter circular pero sigue fuera del rango de mayor riesgo en cuanto a avenidas. Con respecto a cada una de sus microcuencas, este valor oscila entre 1,24 para la Quebrada El Palmichal, que es la quebrada con mayor riesgo de inundación, ya que su índice de Gravelius es inferior a 1.3 y 1,71 para la Quebrada de Río Bonito.

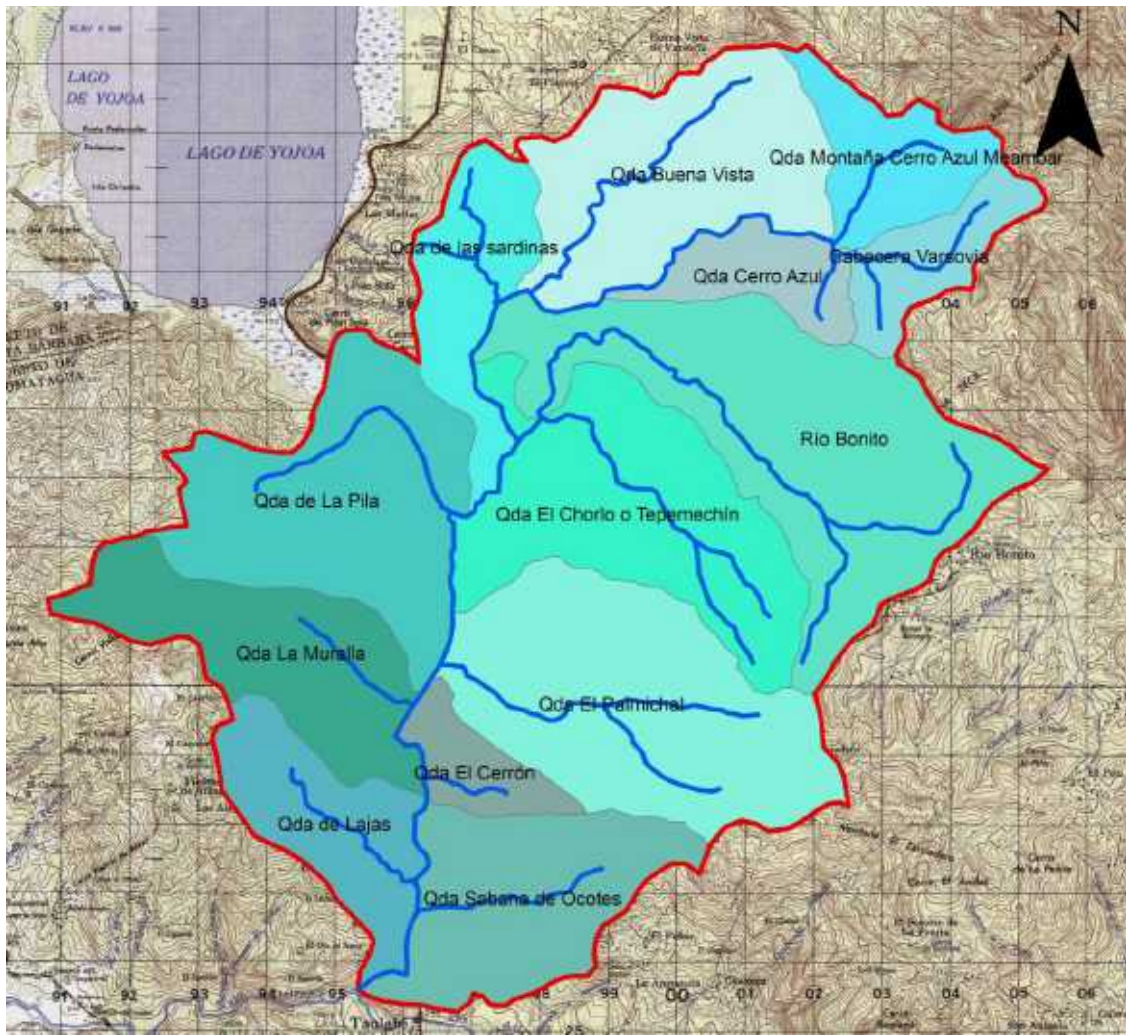


Figura 28: Cuenca del río Varsovia y sus microcuencas.

NOMBRE	EXTENSIÓN (Km²)	PERÍMETRO (Km)	HORTON	GRAVELIUS
Qda. Cerro Azul	<i>3,18441</i>	<i>9,90598</i>	<i>1</i>	<i>1,57</i>
Cabecera Varsovia	<i>3,37328</i>	<i>9,8</i>	<i>2</i>	<i>1,51</i>
Qda. Montaña Cerro Azul Meambar	<i>4,35191</i>	<i>10,8949</i>	<i>1</i>	<i>1,47</i>
Qda. De Las Sardinas	<i>5,29989</i>	<i>13,5339</i>	<i>2</i>	<i>1,66</i>
Qda. De Lajas	<i>5,89826</i>	<i>12,636</i>	<i>1</i>	<i>1,47</i>
Qda. La Muralla	<i>8,58334</i>	<i>16,471001</i>	<i>1</i>	<i>1,59</i>
Qda. Sábana de Ocote	<i>8,91243</i>	<i>14,7612</i>	<i>1</i>	<i>1,39</i>
Qda. Buena Vista	<i>11,0611</i>	<i>15,9223</i>	<i>1</i>	<i>1,35</i>
Qda. De La Pila	<i>12,5438</i>	<i>18,1696</i>	<i>1</i>	<i>1,445</i>
Qda. El Chorlo o Tepemachín	<i>12,8339</i>	<i>20,6777</i>	<i>3</i>	<i>1,63</i>
Qda. El Palmichal	<i>14,9353</i>	<i>16,9667</i>	<i>2</i>	<i>1,24</i>
Rio Bonito	<i>17,5821</i>	<i>25,375601</i>	<i>2</i>	<i>1,71</i>
CUENCA VARSOVIA	<i>106,989</i>	<i>49,2307</i>	<i>3</i>	<i>1,34</i>

Tabla 8: Resultados de los diferentes parámetros para la cuenca del río Varsovia y sus microcuencas.

- ***CUENCA DEL RÍO JAITIQUE***

La cuenca del río Jaitique se divide en 25 microcuencas (fig. 29), con una extensión total de 106,99 Km². Es una cuenca de orden 4 (tabla 9), siendo la mayoría de sus microcuencas de orden 1, lo que implica que la mayoría de quebradas no tienen tributarios. La microcuenca que presentan un área menor es la quebrada de la Pimienta con 1,27 Km² y la de mayor extensión es la Quebrada de Montaña del Palmar con 7,9 Km².

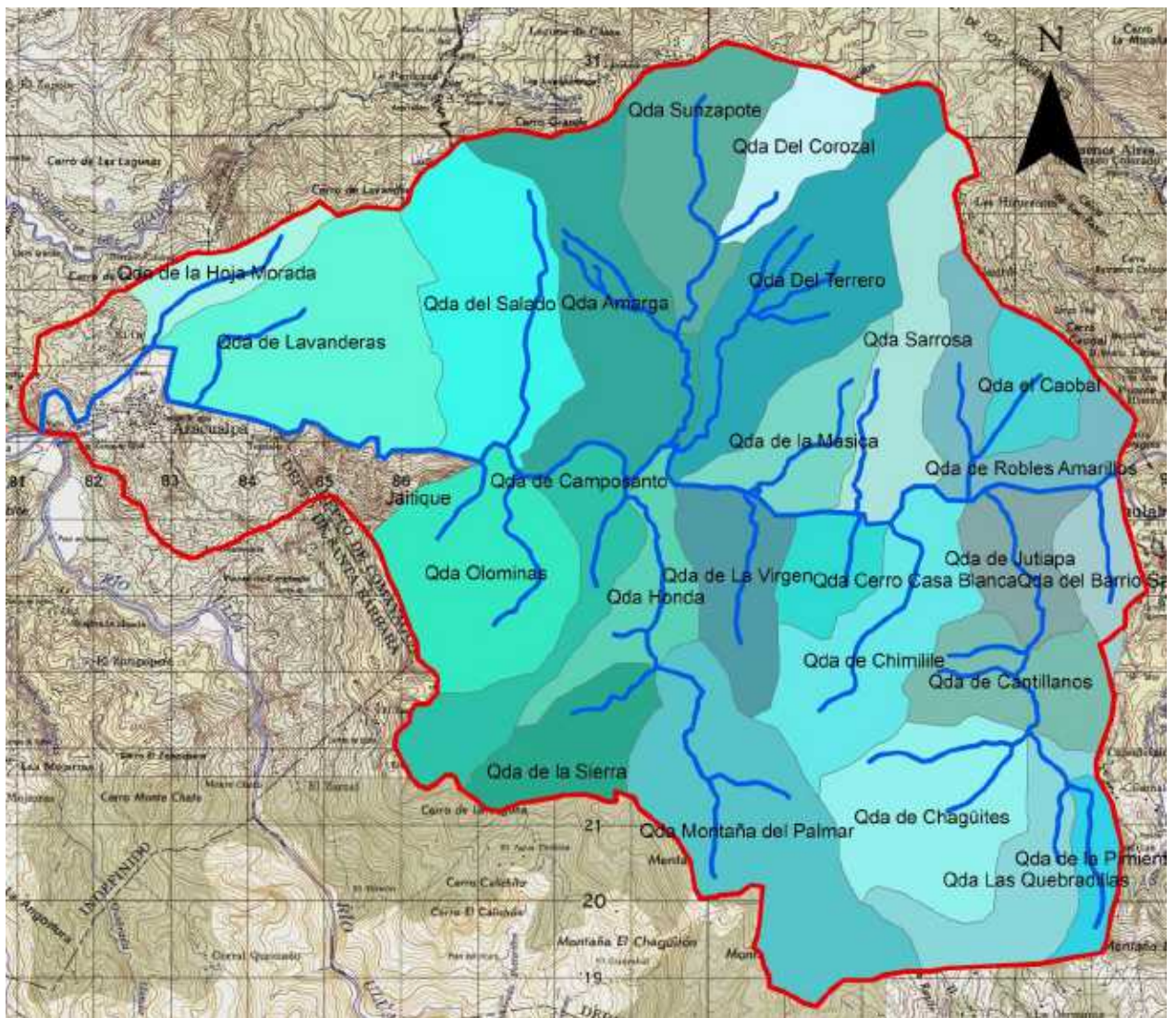


Figura 29: Mapa con las microcuencas y la cuenca hidrográfica del río Jaitique.

En cuanto al índice de Gravelius, la cuenca del río Jaitique obtiene un valor de 1,34. Existen ocho microcuencas con valores comprendidos entre 1 y 1,3, que son los valores con riesgo de inundación, estas microcuencas son las de mayor extensión, pero esta relación no siempre se cumple.

NOMBRE	EXTENSIÓN (Km ²)	PERÍMETRO (Km)	HORTON	GRAVELIUS
Qda. De La Pimienta	1,27	6,22538	1	1,56
Qda. Del Barrio Sta. Bárbara	1,68	6,237	1	1,36
Qda. De La Hoja Morada	1,68	7,14906	1	1,55
Qda. Cerro casa Blanca	1,75	5,42647	1	1,16
Qda. El Caobal	1,97	6,04431	1	1,21
Qda. Del Corozal	2,32	7,12154	1	1,32
Qda. De Jutiapa	2,4	7,30818	3	1,33
Qda. Honda	2,62	10,4878	2	1,83
Qda. De La Sierra	2,75	7,59315	1	1,29
Qda. De la Masica	2,89	8,80139	1	1,46
Qda. De La Virgen	2,99	7,96998	1	1,3
Qda. De Cantillanos	3,36	8,43184	3	1,3
Qda. Las Quebradillas	3,44	11,7449	1	1,79
Qda. De Robles Amarillos	3,52	13,4841	2	2,03
Qda. De Camposanto	3,68	13,656	1	2,01
Qda. Sarrosa	4,11	13,0733	1	1,82
Qda. Zunzapote	5,02	10,6159	2	1,34
Qda. De Chimilile	5,12	12,0674	1	1,5
Qda. De Chagiüites	5,29	9,42287	2	1,16
Qda. Olominas	5,85	9,35571	1	1,09
Qda. Del Salado	6,43	11,9119	1	1,32
Qda. Amarga	6,52	15,7632	3	1,74
Qda. Del Terrero	6,96	14,4284	3	1,54
Qda. De Lavanderas	7,64	12,5949	1	1,28
Qda. Montaña del Palmar	7,9	14,243	2	1,43
CUENCA JAITIQUE	106,99	49,23	4	1,34

Tabla 9: Tabla con los resultados de los diferentes parámetros para la cuenca del río Varsovia y sus microcuencas.

9.2 HIDROGEOLOGÍA

Desde el punto de vista hidrogeológico, nuestra zona de trabajo se encuentra en una zona de acuíferos pobres o moderadamente productivos (fig. 31). Los manantiales de La Caliche y Cerro Azul Meámbur (fig. 30), de donde se abastece el municipio de Taulabé, drenan las ignimbritas del Miembro Yure (Mioceno) del Grupo Padre Miguel.

Algunos de los pozos perforados en este acuífero han aportado caudales de 4 a 10 l/seg (fig. 31) y los parámetros hidrogeológicos obtenidos son de Troches, 2000:

- Transmisividad: alta, del orden de 600 m²/día.
- Permeabilidad: media-baja.

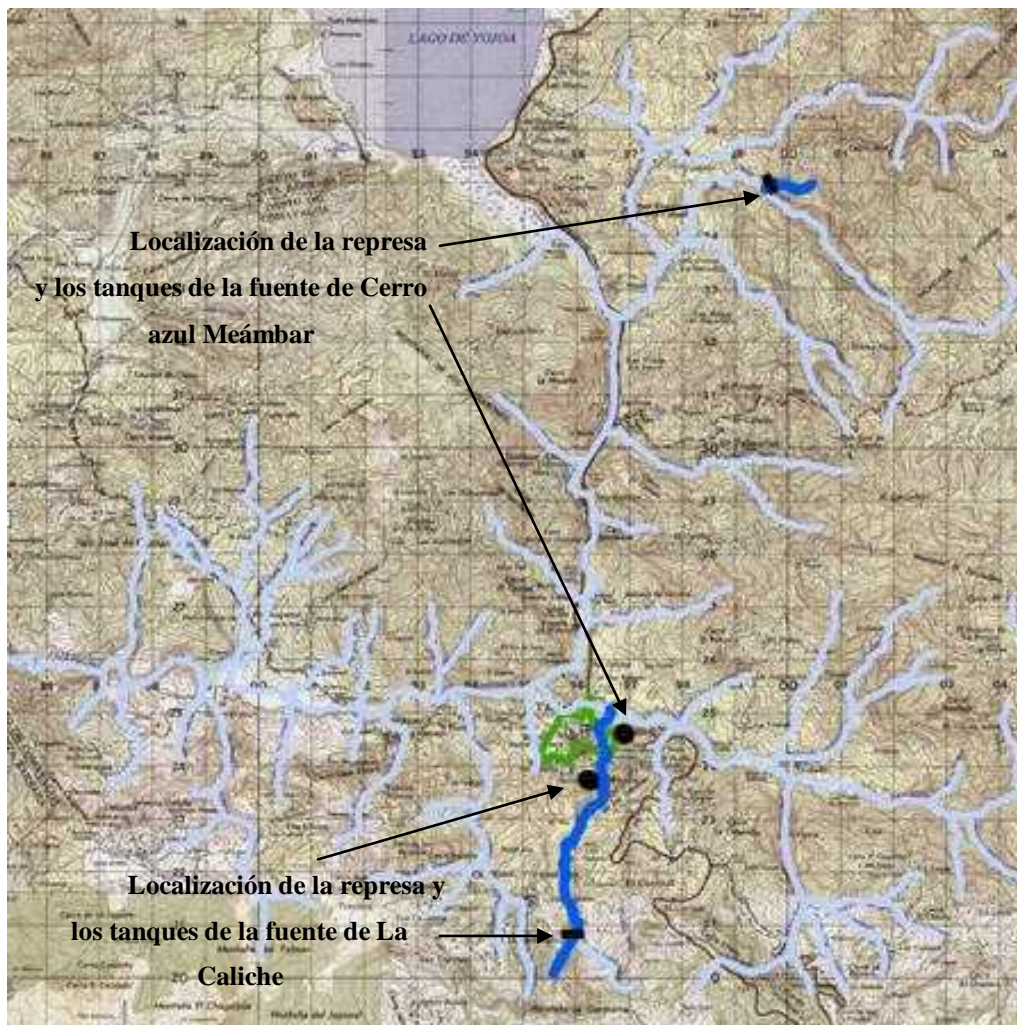


Figura 30: Localización de las dos fuentes que abastecen al municipio de Taulabé

GEOLOGIA

- Rocas Metamórficas
- Rocas Volcánicas y sedimentarias antiguas
- Rocas Calizas
- Rocas Sedimentarias (Aluviones recientes)



Figura 31: Mapa Hidrogeológico, fuente Secretaría de Recursos Naturales y Ambientales (SERNA).

9.3 CALIDAD QUÍMICA Y BACTERIOLÓGICA DE LAS AGUAS

El agua potable se define como el agua que debe estar libre de microorganismos patógenos, de minerales y sustancias orgánicas que puedan producir efectos fisiológicos adversos. Debe ser estéticamente aceptable y, por lo tanto, debe estar exenta de turbidez, color, olor y sabor desagradable. Puede ser ingerida o utilizada en el procesamiento de alimentos en cualquier cantidad, sin temor a los efectos adversos sobre la salud (Borchardt and Walton, 1971).

El Agua potable de suministro público y de uso domestico no deberá contener sustancias o cuerpos extraños de origen biológico, orgánico, inorgánico o radiactivo en concentraciones que la hagan peligrosa para la salud. Deberá presentar sabor agradable y ser prácticamente incolora, transparente y tiene que estar limpia y sin malos olores.

El agua potable de uso domestico suele provenir de un pozo o de otra fuente. El agua de consumo Humano en Honduras deberán cumplir con las características físicas, químicas y microbiológicas que se citan en la Norma Técnica para la calidad del Agua Potable, acuerdo N° 084 del 31 de Julio de 1995 y vigente desde el 4 de Octubre de 1995, algunos de los parámetros analizados no están reflejados en esta norma por lo que se ha recurrido a las recomendaciones de Organización Mundial de la Salud.

Para realizar el análisis de agua, se han tomado muestras de la fuente de Cerro Azul y del río Varsovia, a fin de determinar la calidad del agua en el caso de la primera, dado que se trata de la principal fuente de abastecimiento para el nuevo acueducto de Taulabé y un gradiente de contaminación en la segunda, dado que un canal de este río va a parar directamente al lago, que es aprovechado por la ENEE para la producción de energía eléctrica.

1. PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS.

Para completar los análisis de agua se ha utilizado una sonda multiparamétrica (fig. 32), la sonda utilizada para todos los muestreos es una HI 9828 Medidor multiparamétrico.



Figura 32: Sonda HI 9828 Medidor multiparamétrico utilizada en muestreo (Hanna Instruments).

El HI 9828 es un medidor multiparamétrico que puede medir hasta 9 parámetros con una sola sonda. Mide: pH, mV, ORP, OD, Resistividad, TDS, Salinidad, Presión atmosférica y Temperatura. Este medidor multiparamétrico puede realizar la captura de datos con dos métodos:

1. Puntual, es decir, un único registro para cada parámetro. Una vez introducida la sonda en el agua a la profundidad deseada, se activa manualmente y ésta registra de modo automático un único valor por parámetro. En nuestro estudio se ha realizado la captura de datos mediante este método.
2. Continuo, se registra un dato cada segundo para cada parámetro. Una vez introducida la sonda en el agua a la profundidad deseada, se activa manualmente, comienza a registrar un dato cada segundo de modo automático y es parada de modo manual por el operario cuando considera que los datos registrados en todos los parámetros se mantienen constantes o estabilizados.



Figura 33: Toma de muestras en la fuente de Cerro azul

Una vez finalizada la recogida de muestras en las fuentes y cursos de agua (fig. 33 y 34), la campaña terminó con la toma de muestras en los tanques del casco urbano, que se abastecen con agua procedente de la Fuente de Cerro Azul y de La Caliche. Los tanques de La Caliche o de Montefresco, construidos en el año 1983 se encuentran en un estado bastante deficiente, con árboles cuyas raíces están muy próximas a la pared de los mismos, no tienen losa de cemento armado si no de zinc, algo que nunca se recomienda, tanto por el aumento de T, como por la corrosión de los vapores del cloro en el proceso de potabilización por hipoclorito. Por esta razón, se realizará una reconstrucción de los tanques de Montefresco.



Figura 34: Toma de muestras en los tanques del casco urbano

Como resultado de los parámetros analizados mediante la sonda multiparamétrica se ha obtenido la tabla 10. Para determinar si los valores son aptos o no para el consumo se ha utilizado la norma técnica para la calidad del agua potable del Ministerio de Salud de la República de Honduras de 1995, para los parámetros no nombrados en esta norma se ha utilizado las recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud.

Los parámetros analizados son:

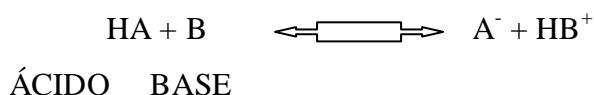
1. PH: El pH óptimo de las aguas debe estar entre 6,5 y 8,5, es decir, entre neutra y ligeramente alcalina, el máximo aceptado es 9. Las aguas de pH menor de 6,5 son corrosivas, por el anhídrido carbónico, ácidos o sales ácidas que tienen en disolución. Todos los valores están dentro del rango recomendado.
2. T^a (°C): El aumento de temperatura disminuye la solubilidad del oxígeno y aumenta, en general, la de las sales. Aumenta la velocidad de las reacciones del metabolismo, acelerando la putrefacción. La temperatura del agua no debe superar los 30 °C según la normativa Hondureña. Todos los valores están por debajo de esta temperatura.
3. Conductividad Eléctrica (µS/cm): El agua pura tiene una conductividad eléctrica muy baja. El agua natural tiene iones en disolución y su conductividad es mayor y proporcional a la cantidad y características de los iones. Por esto se usan los valores de conductividad como índice aproximado de concentración de solutos. El máximo valor admitido para la conductividad es de 400 µS/cm. Ningún valor supera los 400 µS/cm.
4. Sólidos totales disueltos (mg/l): Es la materia suspendida o disuelta en un medio acuoso. La determinación de sólidos disueltos totales mide específicamente el total de residuos sólidos filtrables (sales y residuos orgánicos) a través de una membrana con poros de 2.0 µm (o más pequeños). Los sólidos disueltos pueden afectar desfavorablemente a la calidad del agua.

<i>CALIDAD DEL AGUA</i>	<i>AGUA POTABLE</i>	<i>AGUA NO POTABLE</i>
<i>TSD (mg/L)</i>	<i><1.000</i>	<i>>1.000</i>

Tabla 34.1: Calidad del agua en función de la presencia de TSD (Massol, 2010 b y c)

No se ha obtenido ningún resultado que haga el agua no potable.

5. Potencial de Oxidación-Reducción (ORP): Existen muchos tipos de reacciones químicas. Unas de las más conocidas son las ácido-base. De forma general, podemos decir que son reacciones en las que se intercambian protones. La especie que cede los protones es un ácido y la que los acepta es una base.



En todas ellas se produce un intercambio de protones y están regidas por una constante de equilibrio, tal y como se explicó en el apartado sobre la química del cloro. En el caso de las reacciones redox lo que se produce es un intercambio de electrones, que provoca un cambio en el estado de oxidación (valencia) de los reactivos. En este caso, la sustancia que cede el electrón es un reductor y la que lo acepta es un oxidante. La reacción en que un reductor se oxida se llama oxidación y la reacción en que un oxidante se reduce se llama reducción.



REDUCTOR



OXIDANTE

El ORP está en función de la concentración de OD, que es el oxidante principal. Según baja el potencial Redox en aguas y sedimentos, se observa una disminución en la concentración de oxígeno disuelto y la reducción de iones y moléculas importantes para la nutrición de microorganismos y formas de vida superior. Dicha relación es particularmente observada en ambientes acuáticos eutróficos, en cuerpos de agua con una estratificación térmica marcada y en cuerpos

de agua contaminados con altas concentraciones de materia orgánica oxidable que consume el oxígeno disuelto en el agua (Massol, 2010 a).

Todos los valores recogidos por la sonda son aptos salvo en el tanque de Cerro Azul, en el tanque, el potencial de oxidación-reducción es negativo lo que indica un ambiente con baja concentración de oxígeno (ambiente reductor), la muestra se tomo en el tanque viejo, en este tanque al no funcionar el hipoclorador y no haber ningún tipo de limpieza en el tanque, podría haber lodo en el fondo lo que propiciaría la proliferación de microorganismos que den coliformes fecales.

6. Oxígeno disuelto (ppm y %): El Oxígeno Disuelto (OD) es la cantidad de oxígeno que está disuelta en el agua. Es un indicador de cómo de contaminada está el agua o de lo bien que puede dar soporte esta agua a la vida vegetal y animal. Si los niveles de oxígeno disuelto son demasiado bajos, algunos peces y otros organismos no pueden sobrevivir, lo que bueno para la potabilidad del agua.

El oxígeno disuelto en el agua proviene del oxígeno en el aire que se ha disuelto en el agua, por lo que están muy influidos por las turbulencias del río (que aumentan el OD) o ríos sin velocidad (en los que baja el OD). Parte del oxígeno disuelto en el agua es el resultado de la fotosíntesis de las plantas acuáticas, por lo que ríos con muchas plantas en días de sol pueden presentar sobresaturación de OD. Otros factores como la salinidad, o la altitud (debido a que cambia la presión) también afectan los niveles de OD.

Además, la cantidad de oxígeno que puede disolverse en el agua (OD) depende de la temperatura. El agua más fría puede contener más oxígeno en ella que el agua más caliente.

El oxígeno disuelto baja prácticamente a 0 en los tanques de distribución, debido al aumento de la temperatura principalmente.

También se han recogido muestras para hacer un análisis físico-químico en los laboratorios del SANAA, para ello se ha recogido aproximadamente un litro de agua en una bolsa esterilizada y herméticamente cerrada, estas muestras no han necesitado refrigeración desde el momento de su recogida hasta el de su entrega en los laboratorios.

Se han analizado los siguientes parámetros dando como resultado la tabla 11:

1. Turbiedad: Es la dificultad del agua para transmitir la luz debido a materiales insolubles en suspensión, que varían en tamaño desde dispersiones coloidales hasta partículas gruesas, entre otras arcillas, limo, materia orgánica e inorgánica finamente dividida, organismos planctónicos y microorganismos. Actualmente la turbidez se mide con un nefelómetro expresando los resultados como; Unidad de Turbidez Nefelométrica (UTN). Las partículas suspendidas absorben calor de la luz del sol, haciendo que las aguas turbias se vuelvan más calientes, y así se reduce la concentración de oxígeno en el agua provocando la muerte de muchos organismos. Para evitar al máximo la turbiedad se recomienda el uso de un desarenador. Únicamente los resultados para el agua de Cerro Azul son aptos, todos los demás están por encima del máximo, destacando la Caliche, que los valores son alarmantes, estos datos están ligados a la alta concentración de hierro presente tanto en la fuente como en el tanque, es necesario el uso de un desarenador en ambas fuentes.
2. Alcalinidad total: Es la capacidad del agua de neutralizar ácidos. Sin embargo, aniones de ácidos débiles (bicarbonatos, carbonatos, hidróxido, sulfuro, bisulfuro, silicato y fosfato) pueden contribuir a la alcalinidad. La alcalinidad está influenciada por el pH, la composición general del agua, la temperatura y la fuerza iónica. Por lo general, está presente en las aguas naturales como un equilibrio de carbonatos y bicarbonatos con el ácido carbónico, con tendencia a que prevalezcan los iones de bicarbonato. De ahí que un agua pueda tener baja alcalinidad y un pH relativamente alto o viceversa. Además, este parámetro tiene incidencia sobre el carácter corrosivo que pueda tener el agua y, cuando alcanza niveles altos, puede tener efectos sobre el sabor. La alcalinidad en el agua potable rara vez excede los 300 mg/l y no es recomendable que sea inferior a 10 mg/L no es deseable porque convierte el agua en muy corrosiva. Durante el tratamiento, las aguas crudas de muy baja alcalinidad pueden requerir la adición de un alcalinizante primario (como el hidróxido de calcio). Una fuente no debe mostrar cambios bruscos o repentinos en el contenido de la alcalinidad, pues esto podría indicar un cambio en la calidad del agua. Los valores obtenidos son aceptables salvo para el agua de Cerro Azul que es ligeramente

inferior al valor mínimo recomendado, como son valores próximos a 10 mg/l no es necesaria ninguna acción para corregir esos valores.

3. Calcio +2: El ión calcio forma sales desde moderadamente solubles a muy insolubles. Precipita fácilmente como carbonato de calcio (CO₃Ca). Es el principal componente de la dureza del agua y causante de incrustaciones.
4. Magnesio +: El ión magnesio tiene propiedades muy similares a las del ión calcio, aunque sus sales son un poco más solubles y difíciles de precipitar. El hidróxido de magnesio es, sin embargo, menos soluble. Su aparición en el agua potable en dosis muy elevadas puede provocar un sabor amargo y efectos laxantes.

El Calcio y el Magnesio determinan la dureza del agua, no afecta en absoluto a la salud ni al medio ambiente. Se han obtenido valores aptos en todas las muestras.

5. Fosfatos: Son unos nutrientes esencial para la vida. Su exceso en el agua provoca eutrofización, es decir, un enriquecimiento de nutrientes en un ecosistema y la proliferación de la materia orgánica, provocando un crecimiento acelerado de algas y otras plantas verdes que cubren la superficie del agua y evita que la luz solar llegue a las capas inferiores. Como consecuencia de esto, el agua se enturbia, y al disminuir la cantidad de luz, la vegetación muere al no poder realizar la fotosíntesis, generando que otros microorganismos, como bacterias, se alimenten de la materia muerta, consumiendo el oxígeno que necesitaban los pece, y a la vez generar **algas tóxicas y microorganismos patógenos** que podrían causar enfermedades. Las **principales causas** de la eutrofización son: la contaminación **urbana** mediante residuos orgánicos e inorgánicos (fosfato), la contaminación **atmosférica** por óxidos de azufre y nitrógeno que reaccionan con el agua atmosférica para formar ion sulfato e ion nitrato, la contaminación **agropecuaria** como fertilizantes o excrementos y la contaminación **forestal** por abandono en los ríos de residuos forestales. No se han obtenido resultados perjudiciales para ninguna muestra.
6. Hierro: Es un catión muy importante desde el punto de vista de contaminación. La estabilidad y aparición depende del pH, condiciones oxidantes o reductoras, ó la composición de la solución. Afecta a la potabilidad de las aguas. Solo las aguas de

pH ácido pueden tener contenidos en hierro de varias decenas de mg/l. El valor máximo recomendado es de 0.3 mg/l y no puede superar los 10 mg/l. El agua de La Caliche presenta valores superiores al máximo recomendado, 0.45 y 0.59 mg/l, no son valores muy elevados ya que el máximo son 10 mg/l, por lo que no será necesaria ninguna medida correctora.

7. Nitratos NO₃: ión nitrato (NO³⁻) forma sales muy solubles y estables. En un medio reductor puede pasar a nitritos, nitrógeno gas e incluso amoníaco. Las aguas normales tienen menos de 10 mg/l. Las aguas de riego con contaminación por fertilizantes pueden tener hasta centenares de mg/l. Las concentraciones muy elevadas de sólidos totales en agua para beber puede producir la cianosis infantil. Su presencia junto con fosfatos en aguas superficiales provocan la aparición de eutrofización. No debe superar los 25-50 mg/l. Todos los valores son óptimos.

8. Sulfatos: El ión sulfato (SO⁴⁼), corresponde a sales moderadamente solubles a muy solubles. Las aguas dulces entre 2 y 250 mg/l. En cantidades bajas no perjudica seriamente la salud, una dosis elevada provoca un mal olor en el agua. La adición de la cloro es un método efectivo y muy utilizado para oxidar el sulfuro, especialmente si el pH del agua es de 6.0-8.0. El cloro regularmente se administra como hipoclorito de sodio, el cual reacciona con el sulfuro para formar compuestos que no causan sabor u olores desagradables en el agua potable. No se ha encontrado ninguna anomalía en los resultados del análisis.

Fuente	PH	T^a (°C)	Conductividad Eléctrica (μS/cm)	Sólidos totales disueltos (tds ppm)	Potencial de Oxidación-Reducción (ORP)	Oxígeno disuelto (%)	Oxígeno disuelto (ppm)
Valores aptos	Entre 6,5 y 8,5	máximo 30 °C	máximo 400 μS/ cm	1000 ppm			
El Zapotal	<i>7,55</i>	<i>22,8</i>	<i>320</i>	<i>160</i>	<i>12,3</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
La Caliche	<i>7,62</i>	<i>18,93</i>	<i>39</i>	<i>19</i>	<i>2,3</i>	<i>23,1</i>	<i>2,79</i>
Cerro Azul	<i>7,7</i>	<i>17,69</i>	<i>22</i>	<i>11</i>	<i>58,1</i>	<i>43,4</i>	<i>3,74</i>
Varsovia_Cerro Azul	<i>7,36</i>	<i>19,03</i>	<i>57</i>	<i>28</i>	<i>49,1</i>	<i>12,4</i>	<i>1,05</i>
Varsovia_Bacadilla	<i>7,66</i>	<i>21,36</i>	<i>68</i>	<i>34</i>	<i>72,6</i>	<i>30,6</i>	<i>2,52</i>
Varsovia_Varsovia	<i>7,7</i>	<i>20,78</i>	<i>53</i>	<i>26</i>	<i>69,9</i>	<i>27</i>	<i>2,25</i>
Canal (sin muestra analizada)	<i>7,63</i>	<i>21,55</i>	<i>69</i>	<i>34</i>	<i>67,9</i>	<i>34</i>	<i>2,78</i>
Tanque La Caliche	<i>7,16</i>	<i>20,13</i>	<i>37</i>	<i>19</i>	<i>17</i>	<i>4,8</i>	<i>0,41</i>
Tanque Cerro Azul	<i>6,88</i>	<i>20,34</i>	<i>21</i>	<i>11</i>	<i>-19</i>	<i>11,8</i>	<i>0,99</i>

Tabla 10: Análisis sonda multiparamétrica

Fuente	Turbiedad (UTN)	Alcalinidad total (mg/L)	Calcio +2 (mg/L)	Magnesio +2	Fosfatos (mg/L)	Hierro (mg/L)	Nitratos NO ₃ (mg/L)	Sulfatos (mg/L)
Valores aptos	entre 1 y 5		recomendado o 100	0-50		máximo 0,3	25-50	25-250
El Zapotal	9,6	128,91	56,94	,23	0,33	0,11	1,32	33
La Caliche	28,9	17,28	1,64		0,28	0,45	4,89	1
Cerro Azul	3,38	9,01	0,2	,62	0,05	0,03	2,64	0
Varsovia_Cerro Azul	0,64	27,49	7,78	,25	0,08	0,04	2,2	0
Varsovia_Bacadilla	11,9	32,23	9,83	,41	0,08	0,28	0,04	0
Varsovia_Varsovia	11,6	22,75	6,35	,12	0,08	0,18	1,32	0
Tanque La Caliche	44,1	12,32	2,25	,37	0,27	0,59	3,08	2
Tanque Cerro Azul	1,88	9,95	1,02	,12	0,09	0,04	2,64	1

Tabla 11: Análisis físico-químicos.

Para completar estos resultados se ha efectuado un análisis bacteriológico. Las muestras fueron analizadas en los laboratorios del SANAA en Siguatepeque, demorando los resultados entre 2 y 3 días.

La Caliche, presenta en la fuente unos coliformes totales de 108 (tabla 12) pero en el tanque disminuyen a 64, los fecales también disminuyen de 76 en la fuente a 0 en el tanque por lo que el hipoclorador del tanque funciona pero no disminuye los coliformes totales a 0, por lo que el hipoclorador no funciona correctamente.

Para la fuente de Cerro Azul se puede destacar la presencia de coliformes fecales en el tanque y no en la fuente (tabla 12), en este tanque no hay instalado hipoclorador, las muestras no se tomaron el mismo día por lo que ha podido haber una contaminación posterior en la fuente que se ha trasladado al tanque. En cuanto a los totales hay una disminución de 76 a 52.

En cuanto a la fuente de Varsovia (tabla 12), se ha analizado en tres puntos, estos son a la salida de las tres comunidades por las que pasa dentro del municipio de Taulabé. No se detectan coliformes fecales, los totales solo se han detectado a la salida de la comunidad de Cerro Azul pero su valor es bajo (10), estos datos se refieren a colonias mesófilas pero en ningún caso hay contaminación por coliformes fecales.

Fuente	Coliformes Totales	Coliformes Fecales
Valores aptos	recomendado 0	recomendado 0
El Zapotal	38	0
La Caliche	108	76
Cerro Azul	76	0
Varsovia_Cerro Azul	10	0
Varsovia_Bacadilla	0	0
Varsovia_Varsovia	0	0
Tanque La Caliche	64	0
Tanque Cerro Azul	52	4

Tabla 12: Análisis bacteriológico.

Para concluir se puede exponer que el agua es de muy buena calidad en la fuente de Cerro Azul y de muy mala en La Caliche. En cuanto a los sistemas de almacenamiento, los tanques de La Caliche son altamente deficientes, con una cloración del agua insuficiente.

10 DISEÑO DE LA NUEVA RED DE ABASTECIMIENTO.

El actual acueducto (fig. 35) se ha quedado obsoleto, no sólo por el deterioro de las instalaciones, sino también por el incremento de la población en el casco urbano. Actualmente en la red de abastecimiento se localizan numerosas conexiones ilegales que causan una disminución del caudal.

Para solucionar ambos problemas, se ha propuesto a la municipalidad un nuevo diseño (fig. 36), este acueducto estará dividido en dos, el principal y de mayor tamaño estará abastecido por la quebrada situada en el Parque de Cerro Azul Meámbur, y el acueducto de menor tamaño suministrará agua de la quebrada de La Caliche, ambos ramales van a estar conectados pero aislados mediante válvulas para evitar la mezcla de aguas. En caso de avería, las válvulas se abrirían para asegurar el abastecimiento a toda la población. Para que esta solución en caso de avería fuera plenamente eficaz, habría que instalar un mecanismo de bombeo que se activará solamente en caso de avería de la instalación.

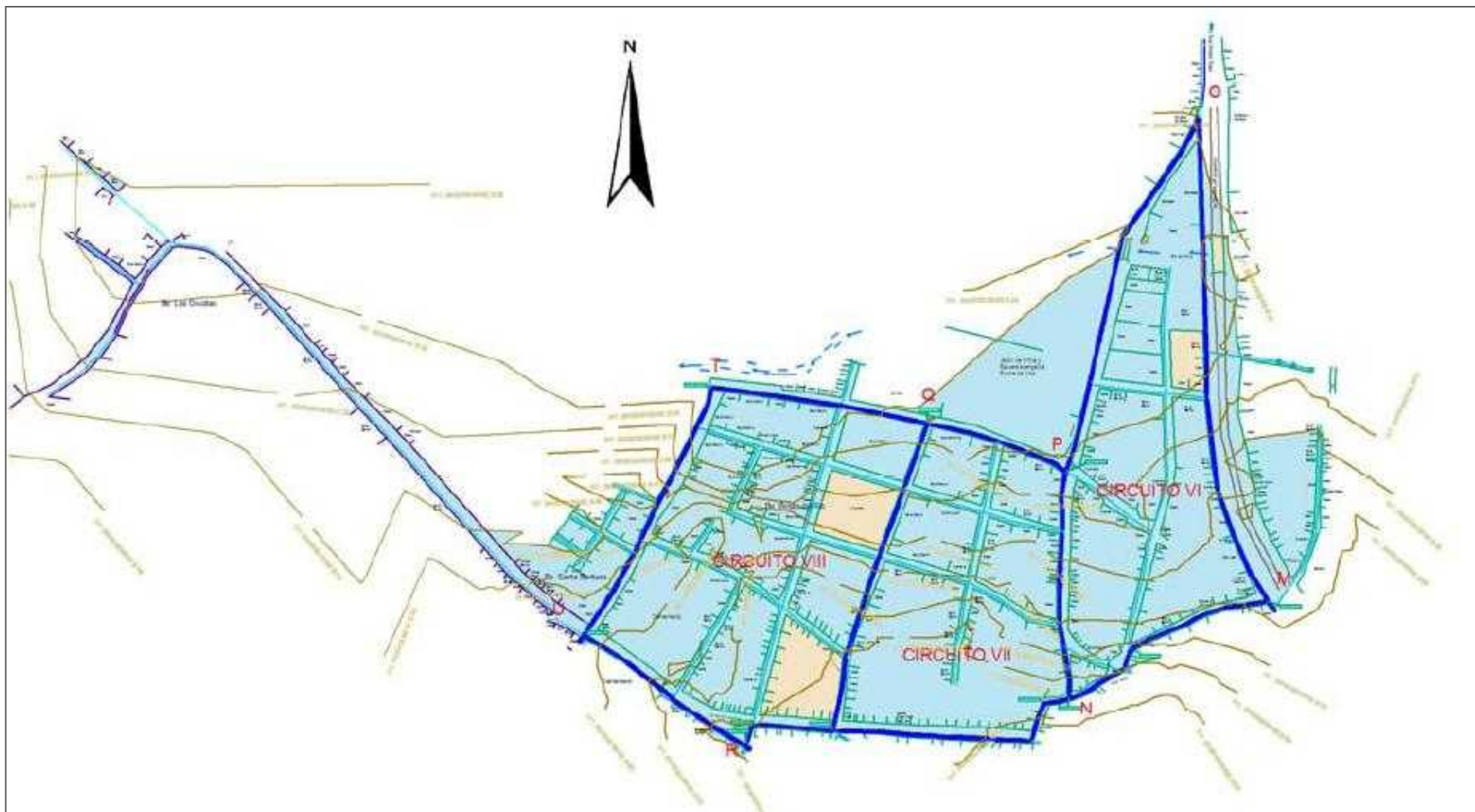


Figura 35: Diseño actual del acueducto de Taulabé, fuente municipalidad de Taulabé.

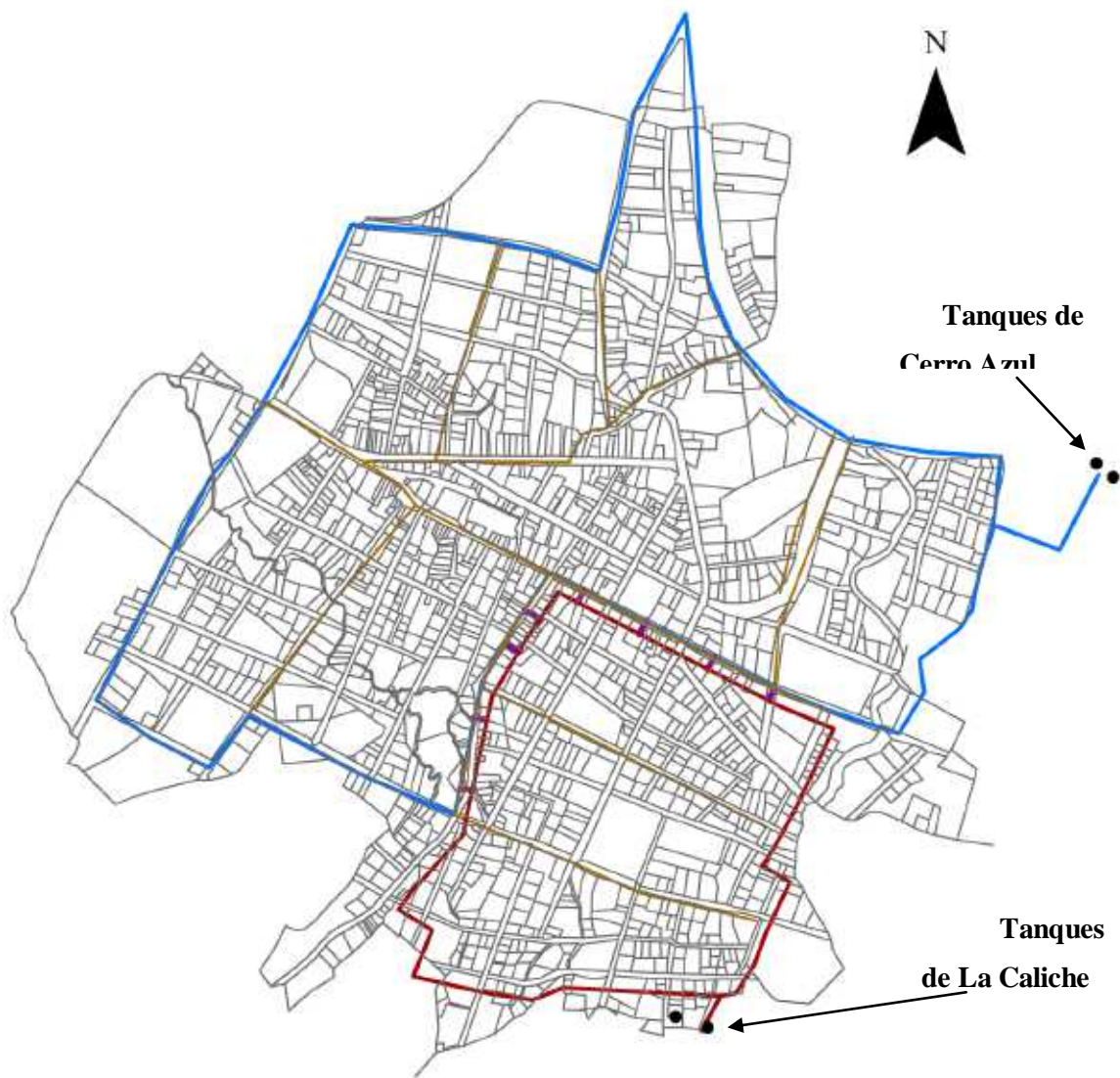


Figura 36: Diseño de la próxima red de abastecimiento del municipio de Taulabé junto con los tanques que reciben el agua de las fuentes de Cerro Azul y de La caliche.

11 CONCLUSIONES

Se ha diseñado un nuevo acueducto dividido en dos sectores independientes cuyas aguas no se mezclarán y únicamente estarán comunicados en caso de avería para asegurar el abastecimiento a toda la población.

Se han detectado numerosas quebradas con un caudal continuo que podrían aprovecharse para una futura ampliación de la red de abastecimiento.

Los cauces de los tres ríos que pertenecen a Taulabé son de orden tres según Horton, lo que indica que tienen varios tributarios, y gracias al índice de Gravelius sabemos que únicamente existe un riesgo de avenidas en 9 de las microcuencas pertenecientes a la cuenca del río Tamalito, para la cuenca del río Varsovia existe riesgo para una microcuenca y para la cuenca del río Jaitique, son 8 las microcuencas con riesgo de inundación.

El agua de ambas fuentes utilizadas para el abastecimiento está contaminada por coliformes fecales derivados del tránsito del ganado y, aunque no se han detectado niveles altos de nitratos, los fertilizantes usados en el cultivo de café también pueden llegar a contaminar las aguas; por esto, se recomienda proteger legalmente las microcuencas de la Quebrada de Cerro Azul y la Quebrada de La Caliche para que queden inaccesibles a la población, y se garantice al máximo la calidad del agua, para ello también habrá que instalar mecanismos de potabilización basado en hipoclorito para eliminar todos los coliformes fecales.

12 BIBLIOGRAFÍA

Balairón Pérez, L., Álvarez Rodríguez, J., Borrell Brito, E. y Delgado Sanchez, M. (2003). Balance hídrico en Honduras

Barahona, Jorge F., 2006. Caracterización paisajística y definición de lineamientos de manejo de “Montaña Grande”: zona de recarga de las microcuencas de la Soledad, las Cañas y el Cobre, Valle de Ángeles y Santa Lucía.

Borchardt, J. A.; Walton, G. “Water Quality”. AWWA, Water quality and Treatment: A Handbook of Public Water Supplies, ed n° 3. New York: Mc Graw-Hill, Inc, 1971.

Centro de Estudios Ambientales de Honduras, 2007. Plan de Prevención y Respuesta Municipio Taulabé

Donnelly, T., Home, G.S., Finch R.C. y Lopez Ramos, E. (1990). Northern Central America; The Maya and Chortis Blocks.

Gilberto S., Mendoza-Rosales C., 2009. Evaluación geológica de los modelos para el truncamiento Cenozoico del sur de México: Erosión por subducción y separación del bloque Chortís.

Giunta, G, Navarro, E, 1996. Geología de los márgenes de la Placa del Caribe: Generalidades en Guatemala, Costa rica, La Española y Resultados preliminares del análisis de una transversal en la Cordillera de la Casta de Venezuela.

López, Ana I. 2006. Inventario, caracterización y balance de los recursos hídricos en la cordillera de Mico Quemado, Honduras.

Otero, Laura, 2011. Temporalidad de parámetros de calidad en el lago de Yojoa, Honduras.

Padilla, E., (2003). Estado de la diversidad biológica de los árboles y bosques de Honduras.

Rogers, Rob. Honduras Geology, California State University.

Servicio Autónomo Nacional de Acueductos y Alcantarillados. Cuencas de Honduras.

Vallejo, M. 2005. Protección de microcuencas abastecedoras de agua desde la perspectiva municipal en Honduras.

ENLACES DE INTERÉS

- Servicio Meteorológico Nacional de Honduras.
<http://www.smn.gob.hn/web/>
- Servicio Autónomo Nacional de Acueductos y Alcantarillados.
<http://www.sanaa.hn/>
- Comisión Permanente de Contingencias
<http://copeco.gob.hn/n/>
- Organización para la Alimentación y la Agricultura
<http://www.fao.org/>
- Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente.
<http://www.serna.gob.hn/>
- Organización Mundial de la salud
<http://www.who.int/es/>

13 ANEXOS



Servicio Autónomo Nacional de Acueductos y Alcantarillados



DIVISIÓN CENTRO OCCIDENTE RESULTADOS DE ANÁLISIS DE LABORATORIO

Código de la muestra:	119-AE2011	Fecha de muestreo:	31 DE OCTUBRE DEL 2011
Fuente:	EL ZAPOTAL	Fecha de análisis:	31/10-1/11 DEL 2011
Localidad:	TAULABÉ, COMAYAGUA	Hora de muestreo:	11:24 am
Tipo de muestra:	CRUDA SUPERFICIAL	Hora de inicio de Análisis:	01:30 pm

ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO

Parámetros	Unidad	Método SMWW	Valor Recomendado	Valor Máximo Admisible	Resultado
Coliformes Totales	UFC/100 ml	9222 B,C	0	-	38
Coliformes Termotolerantes (Fecales)	UFC/100 ml	9222 D,E	0	-	0

ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO

Parámetros	Unidad	Método	Valor Recomendado	Valor Máximo Admisible	Resultado
Turbiedad	NTU	2130-B	1	5	9.90
Temperatura	°C			18-30	-
Oxígeno Residual ¹	mg/l		0.5-1	(c)	-
PH			7	6.5-8.5	-
Color	UC	2120-B	5	15	-
Conductividad	µs/cm	2510-B	400	-	-
Alcalinidad Total	mg/l	2320-B	-	-	128.91
Dureza Total	mg/l	2340-C	400	-	-
Dureza de Calcio	mg/l		-	-	-
Dureza de Magnesio	mg/l		-	-	-
Calcio +2	mg/l	3500-Ca-B	100	-	56.94
Magnesio +2	mg/l	3500-Mg-B	30	50	3.23
Cloresos	mg/l	4500-Cl-C	25	250	-
Aluminio	mg/l	3500-Al-B	-	0.2	-
Fluoruro	mg/l	4500-F-D	-	0.7	-
Fosfato ²	mg/l	4500-P-E	-	-	0.33
Hierro	mg/l	3500-Fe-D	-	0.3	0.11
Nitratos NO ₃	mg/l	4500-NO ₃ -E	25	50	1.32
Nitritos NO ₂	mg/l		-	0.1	-
Amoníaco	mg/l		0.05	0.5	-
Manganeso	mg/l		0.01	0.5	-
Sulfatos	mg/l	4500-SO ₄ -E	25	250	33
Sulfuro	mg/l	4500-S ²⁻ -D	-	0.05	-

¹Escala de comparador de cloro 0-1 mg/l.

²Valor Máximo Admisible en T=25-30°C

* Bacteriológicamente analizada se encontró presencia de Coliformes Totales, por ello se sugiere dar previa desinfección al agua antes de ser enviada a la red ya que la Norma Técnica Nacional Para la Calidad del Agua Potable permite hasta 3 UFC/100 ml cuando entra al sistema de distribución sin tratamiento.

*Físicoquímicamente necesitará un tratamiento de clarificación antes de ser enviada a la red.


 Tec. Evelyn Martínez-Carmona
 Analista de Laboratorio

SMWW= Standard Methods For The Examination Of Water, Wastewater. 20th Ed



Servicio Autónomo Nacional de Acueductos y Alcantarillados



DIVISIÓN CENTRO OCCIDENTE
RESULTADOS DE ANÁLISIS DE LABORATORIO

Código de la muestra:	120-AE2011	Fecha de muestreo:	31 DE OCTUBRE DEL 2011
Fuente:	LA CALICHE	Fecha de análisis:	31/10-1/11 DEL 2011
Localidad:	TAULABÉ, COMAYAGUA	Hora de muestreo:	03:00 pm
Tipo de muestra:	CRUDA SUPERFICIAL	Hora de inicio de Análisis:	04:30 pm

ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO

Parámetros	Unidad	Método SMWW	Valor Recomendado	Valor Máximo Admisible	Resultado
Coliformes Totales	UFC/ 100 ml	9222 B,C	0	-	108
Coliformes Termotolerantes (Fecales)	UFC/ 100 ml	9222 D,E	0	-	76

ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO

Parámetros	Unidad	Método	Valor Recomendado	Valor Máximo Admisible	Resultado
Turbiedad	NTU	2130-B	1	5	28.90
Temperatura	°C			18-30	-
Cloro Residual ¹	mg/L		0.5-1	(c)	-
PH			7	6.5-8.5	-
Color	UC	2120-B	5	15	-
Conductividad	µs/cm	2510-B	400	-	-
Alcalinidad Total	mg/L	2320-B	-	-	17.28
Dureza Total	mg/L	2340-C	400	-	-
Dureza de Calcio	mg/L		-	-	-
Dureza de Magnesio	mg/L		-	-	-
Calcio +2	mg/L	3500-Ca-B	100	-	1.64
Magnesio +2	mg/L	3500-Mg-B	30	50	0.75
Cloruros	mg/L	4500-Cl ⁻ -C	25	250	-
Aluminio	mg/L	3500-Al-B	-	0.2	-
Fluoruro	mg/L	4500-F-D	-	0.7	-
Fosfatos ²	mg/L	4500-P-E	-	-	0.28
Hierro	mg/L	3500-Fe-D	-	0.3	0.45
Nitratos NO ₃	mg/L	4500-NO ₃ -E	25	50	4.89
Nitritos NO ₂	mg/L		-	0.1	-
Amonio	mg/L		0.05	0.5	-
Manganeso	mg/L		0.01	0.5	-
Sulfatos	mg/L	4500-SO ₄ -E	25	250	1
Sulfuro	mg/L	4500-S ²⁻ -D	-	0.05	-

¹Escala de comparador de cloro 0-1 mg/L.

²Valor Máximo Admisible en T=25-30°C

* Bacteriológicamente analizada no se sugiere usar esta agua para consumo humano hasta que haya sido previamente desinfectada para este fin. Según Norma Técnica Nacional Para la Calidad del Agua potable.

*Físicoquímica analizada la turbiedad y la presencia de hierro están fuera de los valores admisibles, por ello se sugiere un tratamiento para la reducción de estos parámetros hasta que sean aceptables, que podría ser el de cloración o aireación y filtración.


Tec. Evelyn Martínez-Cordero
Analista de Laboratorio

SMWW= Standard Methods For The Examination Of Water, Wastewater. 20th Ed



Servicio Autónomo Nacional de Acueductos y Alcantarillados
DIVISIÓN CENTRO OCCIDENTE
RESULTADOS DE ANÁLISIS DE LABORATORIO



Código de la muestra: 121-AE2011 Fecha de muestreo: 01 DE NOVIEMBRE DEL 2011
Fuente: CERRO AZUL Fecha de análisis: 01-02 DE NOVIEMBRE DE 2011
Localidad: CERRO AZUL, MEAMBAR Hora de muestreo: 11:11 am
Tipo de muestra: CRUDA SUPERFICIAL Hora de inicio de Análisis: 01:30 pm

ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO

Parámetros	Unidad	Método SMWW	Valor Recomendado	Valor Máximo Admisible	Resultado
Coliformes Totales	UFC/ 100 ml	9222 B.C.	0	-	26
Coliformes Termitolerantes (Fecales)	UFC/ 100 ml	9222 D.E	0	-	0

ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO

Parámetros	Unidad	Método	Valor Recomendado	Valor Máximo Admisible	Resultado
Turbiedad	NTU	2130-B	1	5	1.83
Temperatura	°C			18-30	-
Cloro residual ¹	mg/L		0.5-1	(c)	-
pH			7	6.5-8.5	-
Color	UC	2120-B	5	15	-
Conductividad	µs/cm	2510-B	400	-	-
Alcalinidad Total	mg/L	2520-B	-	-	9.01
Dureza Total	mg/L	2340-C	400	-	-
Dureza de Calcio	mg/L		-	-	-
Dureza de Magnesio	mg/L		-	-	-
Calcio +2	mg/L	3500-Ca-B	100	-	0.20
Magnesio +2	mg/L	3500-Mg-B	30	50	0.62
Cloruro	mg/L	4500-Cl ⁻ -C	25	250	-
Aluminio	mg/L	3500-Al-B	-	0.2	-
Fluoruro	mg/L	4500-F-D	-	0.7	-
Fosfatos ²	mg/L	4500-P-E	-	-	0.05
Hierro	mg/L	3500-Fe-D	-	0.3	0.03
Nitrato NO ₃	mg/L	4500-NO ₃ -E	25	50	2.64
Nitrito NO ₂	mg/L		-	0.1	-
Amonio	mg/L		0.05	0.5	-
Manganeso	mg/L		0.01	0.5	-
Sulfato	mg/L	4500-SO ₄ -E	25	250	0
Sulfuro	mg/L	4500-S ²⁻ D	-	0.05	-

¹Escala de comparador de cloro 0-1 mg/L

²Valor Máximo Admisible en T=25-30°C

*Desde el punto de vista Bacteriológico, se sugiere previa desinfección al agua antes de ser enviada a la red. Según Norma Técnica Nacional Para la Calidad del Agua potable es permitido hasta 3 UFC/100ml de Coliformes Totales como agua sin tratar que entra al sistema de distribución.

*Físicoquímicamente los parámetros analizados están en orden.


Tec. Evelyn Martínez Gordón
Analista de Laboratorio



Servicio Autónomo Nacional de Acueductos y Alcantarillados
DIVISIÓN CENTRO OCCIDENTE
RESULTADOS DE ANÁLISIS DE LABORATORIO



Código de la muestra: 143-AE2011 Fecha de muestreo: 09 DE NOVIEMBRE DEL 2011
Fuente: LA CALICHE Fecha de análisis: 09-10 DE NOVIEMBRE DE 2011
Localidad: TAULABÉ Hora de muestreo: 11:30 am
Tipo de muestra: TANQUE/CRUDA SUPERFICIAL Hora de inicio de Análisis: 02:00 pm

ANÁLISIS BACTERIOLOGICO

Parámetros	Unidad	Método SMWW	Valor Recomendado	Valor Máximo Admisible	Resultado
Coliformes Totales	UFC/ 100 ml	9222 B,C	0	3	64
Coliformes Termotolerantes (Fecales)	UFC/ 100 ml	9222 D,E	0	0	0

ANÁLISIS FISICOQUIMICO

Parámetros	Unidad	Método	Valor Recomendado	Valor Máximo Admisible	Resultado
Turbiedad	NTU	2130-B	1	5	44.1
Temperatura	°C			18-30	-
Cloro Residual ¹	mg/L		0.5-1	(c)	-
pH			7	6.5-8.5	-
Color	UC	2120-B	5	15	-
Conductividad	µs/cm	2510-B	400	-	-
Alcalinidad Total	mg/L	2320-B	-	-	12.32
Dureza Total	mg/L	2340-C	400	-	-
Dureza de Calcio	mg/L		-	-	-
Dureza de Magnesio	mg/L		-	-	-
Calcio +2	mg/L	3500-Ca-B	100	-	2.25
Magnesio +2	mg/L	3500-Mg-B	30	50	0.37
Cloruro	mg/L	4500-Cl ⁻ -C	25	250	-
Aluminio	mg/L	3500-Al-B	-	0.2	-
Fluoruro	mg/L	4500-F-D	-	0.7	-
Fosfatos ²	mg/L	4500-P-E	-	-	0.27
Hierro	mg/L	3500-Fe-D	-	0.3	0.99
Nitrato NO ₃	mg/L	4500-NO ₃ ⁻ -E	25	50	3.08
Nitrito NO ₂	mg/L		-	0.3	-
Amonio	mg/L		0.05	0.5	-
Manganeso	mg/L		0.01	0.5	-
Sulfato	mg/L	4500-SO ₄ ²⁻ -E	25	250	2
Sulfuro	mg/L	4500-S ²⁻ -D	-	0.05	-

¹Escala de comparador de cloro 0-1 mg/L

²Valor Máximo Admisible en T=25-30°C

*Bacteriológicamente analizada el parámetro de Coliformes Totales se encontró arriba del valor máximo permisible por la norma a la aguas que entran al sistema sin tratamiento alguno.

*Físicoquímicamente la Turbiedad y el Hierro están fuera de lo establecido en la Norma Técnica Nacional Para la Calidad del Agua Potable. Por estas razones se sugiere un tratamiento de oxigenación-filtración-desinfección como mínimo, hasta que se regulen estos parámetros y se pueda utilizar para consumo humano.


Tec. Evelyn Martínez Cordero
Analista de Laboratorio



Servicio Autónomo Nacional de Acueductos y Alcantarillados
DIVISIÓN CENTRO OCCIDENTE
RESULTADOS DE ANÁLISIS DE LABORATORIO



Código de la muestra: 144-AE2011 Fecha de muestreo: 09 DE NOVIEMBRE DEL 2011
Fuente: CERRO AZUL Fecha de análisis: 09-10 DE NOVIEMBRE DE 2011
Localidad: TAULABÉ Hora de muestreo: 12:00 pm
Tipo de muestra: TANQUE/CRUDA SUPERFICIAL Hora de inicio de Análisis: 02:00 pm

ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO

Parámetros	Unidad	Método SMWW	Valor Recomendado	Valor Máximo Admisible	Resultado
Coliformes Totales	UFC/ 100 ml	9222 B,C	0	3	52
Coliformes Termotolerantes (Fecales)	UFC/ 100 ml	9222 D,E	0	0	4

ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO

Parámetros	Unidad	Método	Valor Recomendado	Valor Máximo Admisible	Resultado
Turbiedad	NTU	2130-B	1	5	1.88
Temperatura	°C			18-30	-
Cloro residual ¹	mg/L		0.5-1	(c)	-
pH			7	6.5-8.5	-
Color	UC	2120-B	5	15	-
Conductividad	µs/cm	2510-B	400	-	-
Alcalinidad Total	mg/L	2320-B	-	-	8.95
Dureza Total	mg/L	2340-C	400	-	-
Dureza de Calcio	mg/L		-	-	-
Dureza de Magnesio	mg/L		-	-	-
Calcio +2	mg/L	3500-Ca-B	100	-	1.02
Magnesio +2	mg/L	3500-Mg-B	30	50	0.12
Cloruro	mg/L	4500-Cl ⁻ -C	25	250	-
Aluminio	mg/L	3500-Al-B	-	0.2	-
Fluoruro	mg/L	4500-F-D	-	0.7	-
Fosfatos ²	mg/L	4500-P-E	-	-	0.09
Hierro	mg/L	3500-Fe-D	-	0.3	0.04
Nitrato NO ₃	mg/L	4500-NO ₃ ⁻ -E	25	50	2.64
Nitrito NO ₂	mg/L		-	0.3	-
Amonio	mg/L		0.05	0.5	-
Manganeso	mg/L		0.01	0.5	-
Sulfato	mg/L	4500-SO ₄ ²⁻ -E	25	250	1
Sulfuro	mg/L	4500-S ²⁻ -D	-	0.05	-

¹Escala de comparador de cloro 0-1 mg/L

²Valor Máximo Admisible en T=25-30°C

*Desde el punto de vista Bacteriológico el agua se encontró contaminada por Coliformes Termotolerantes por esto se sugiere no usarla para consumo humano hasta que haya sido previamente desinfectada y que se centre en los valores aceptados en la norma.

*Físicoquímicamente los parámetros analizados se encontraron admisibles según Norma Técnica Nacional Para la Calidad del Agua Potable.


Tec. Evelyn Martínez Cordero
Analista de Laboratorio



Servicio Autónomo Nacional de Acueductos y Alcantarillados
DIVISIÓN CENTRO OCCIDENTE
RESULTADOS DE ANÁLISIS DE LABORATORIO



Código de la muestra: 134-AE2011 Fecha de muestreo: 03 DE NOVIEMBRE DEL 2011
Fuente: VARSOVIA Fecha de análisis: 03-04 DE NOVIEMBRE DE 2011
Localidad: CERRO AZUL Hora de muestreo: 9:52 am
Tipo de muestra: CRUDA SUPERFICIAL Hora de inicio de Análisis: 01:00 pm

ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO

Parámetros	Unidad	Método SMWW	Valor Recomendado	Valor Máximo Admisible	Resultado
Coliformes Totales	UFC/ 100 ml	9222 B,C	0	-	20
Coliformes Termotolerantes (Fecales)	UFC/ 100 ml	9222 D,E	0	-	0

ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO

Parámetros	Unidad	Método	Valor Recomendado	Valor Máximo Admisible	Resultado
Turbiedad	NTU	2130-B	1	5	0.64
Temperatura	°C			18-30	-
Cloro Residual ¹	mg/L		0.5-1	(c)	-
pH			7	6.5-8.5	-
Color	UC	2120-B	5	15	-
Conductividad	µs/cm	2510-B	400	-	-
Alcalinidad Total	mg/L	2320-B	-	-	27.48
Dureza Total	mg/L	2340-C	400	-	-
Dureza de Calcio	mg/L		-	-	-
Dureza de Magnesio	mg/L		-	-	-
Calcio +2	mg/L	3500-Ca-B	100	-	7.78
Magnesio +2	mg/L	3500-Mg-B	30	50	0.25
Cloruros	mg/L	4500-Cl ⁻ -C	25	250	-
Aluminio	mg/L	3500-Al-B	-	0.2	-
Fluoruro	mg/L	4500-F-D	-	0.7	-
Fosfatos ²	mg/L	4500-P-E	-	-	0.08
Hierro	mg/L	3500-Fe-D	-	0.3	0.04
Nitratos NO ₃	mg/L	4500-NO ₃ -E	25	50	2.2
Nitritos NO ₂	mg/L		-	0.1	-
Amonio	mg/L		0.05	0.5	-
Manganeso	mg/L		0.01	0.5	-
Sulfatos	mg/L	4500-SO ₄ -E	25	250	0
Sulfuro	mg/L	4500-S ²⁻ -D	-	0.05	-

¹Escala de comparador de cloro 0-1 mg/L.

²Valor Máximo Admisible en T=25-30°C.

*Desde el punto de vista Bacteriológico se detectó presencia de Coliformes Totales.

*Físicoquímicamente todos los parámetros analizados están dentro de los valores aceptables por Norma Técnica Nacional Para la Calidad del Agua Potable.


Tec. Evelyn Martínez Córdova
Analista de Laboratorio



Servicio Autónomo Nacional de Acueductos y Alcantarillados
DIVISIÓN CENTRO OCCIDENTE
RESULTADOS DE ANÁLISIS DE LABORATORIO



Código de la muestra: 135-AE2011 Fecha de muestreo: 03 DE NOVIEMBRE DEL 2011
Fuente: VARSOVIA Fecha de análisis: 03-04 DE NOVIEMBRE DE 2011
Localidad: BACADILLA Hora de muestreo: 10:44 am
Tipo de muestra: CRUDA SUPERFICIAL Hora de inicio de Análisis: 01:00 pm

ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO

Parámetros	Unidad	Método SMWW	Valor Recomendado	Valor Máximo Admisible	Resultado
Coliformes Totales	UFC/ 100 ml	9222 B,C	0	-	0
Coliformes Termotolerantes (Fecales)	UFC/ 100 ml	9222 D,E	0	-	0

ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO

Parámetros	Unidad	Método	Valor Recomendado	Valor Máximo Admisible	Resultado
Turbiedad	NTU	2130-B	1	5	11.9
Temperatura	°C			18-30	-
Cloro Residual ¹	mg/L		0.5-1	(c)	-
pH			7	6.5-8.5	-
Color	UC	2130-B	5	15	-
Conductividad	µs/cm	2510-B	400	-	-
Alcalinidad Total	mg/L	2320-B	-	-	32.23
Dureza Total	mg/L	2340-C	400	-	-
Dureza de Calcio	mg/L		-	-	-
Dureza de Magnesio	mg/L		-	-	-
Calcio +2	mg/L	3500-Ca-B	100	-	8.83
Magnesio +2	mg/L	3500-Mg-B	30	50	0.43
Cloruros	mg/L	4500-Cl ⁻ -C	25	250	-
Aluminio	mg/L	3500-Al-B	-	0.2	-
Fosforo	mg/L	4500-P-D	-	0.7	-
Fosfatos ²	mg/L	4500-P-E	-	-	0.06
Hierro	mg/L	3500-Fe-D	-	0.3	0.28
Nitratos NO ₃	mg/L	4500-NO ₃ -E	25	50	0.04
Nitritos NO ₂	mg/L		-	0.1	-
Amonio	mg/L		0.05	0.5	-
Manganeso	mg/L		0.01	0.5	-
Sulfatos	mg/L	4500-SO ₄ -E	25	250	0
Sulfuro	mg/L	4500-S ²⁻ -D	-	0.05	-

¹Escala de comparador de cloro 0-1 mg/l

²Valor Máximo Admisible en T=25-30°C

*Desde el punto de vista Bacteriológico no se detectó presencia de Coliformes en el agua.

*Físicoquímicamente todos los parámetros analizados están dentro de los valores aceptables a excepción de la Turbiedad según Norma Técnica Nacional Para la Calidad del Agua Potable sería necesario usar un método de clarificación antes de ser usada para consumo humano.


Téc. Evelyn Martínez Cordero
Analista de Laboratorio



Servicio Autónomo Nacional de Acueductos y Alcantarillados
DIVISIÓN CENTRO OCCIDENTE
RESULTADOS DE ANÁLISIS DE LABORATORIO



Código de la muestra: 136-AE2011 Fecha de muestreo: 03 DE NOVIEMBRE DEL 2011
Fuente: VARSOVIA Fecha de análisis: 03-04 DE NOVIEMBRE DE 2011
Localidad: VARSOVIA Hora de muestreo: 10:17 am
Tipo de muestra: CRUDA SUPERFICIAL Hora de inicio de Análisis: 01:00 pm

ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO

Parámetros	Unidad	Método SMWW	Valor Recomendado	Valor Máximo Admisible	Resultado
Coliformes Totales	UFC/ 100 ml	9222 B,C	0	-	0
Coliformes Termotolerantes (Fecales)	UFC/ 100 ml	9222 D,E	0	-	0

ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO

Parámetros	Unidad	Método	Valor Recomendado	Valor Máximo Admisible	Resultado
Turbiedad	NTU	2130-B	1	5	11.6
Temperatura	°C			18-30	-
Cloro Residual ¹	mg/L		0.5-1	(c)	-
pH			7	6.5-8.5	-
Color	UC	2120-B	5	15	-
Conductividad	µs/cm	2510-B	400	-	-
Alcalinidad Total	mg/L	2320-B	-	-	22.75
Dureza Total	mg/L	2340-C	400	-	-
Dureza de Calcio	mg/L		-	-	-
Dureza de Magnesio	mg/L		-	-	-
Calcio +2	mg/L	3500-Ca-B	100	-	6.35
Magnesio +2	mg/L	3500-Mg-B	30	50	0.12
Cloruros	mg/L	4500-Cl ⁻ -C	25	250	-
Aluminio	mg/L	3500-Al-B	-	0.2	-
Fluoruro	mg/L	4500-F-D	-	0.7	-
Fosfatos ²	mg/L	4500-P-E	-	-	0.08
Hierro	mg/L	3500-Fe-D	-	0.3	0.18
Nitrato NO ₃	mg/L	4500-NO ₃ -E	25	50	1.82
Nitrito NO ₂	mg/L		-	0.1	-
Amonio	mg/L		0.05	0.5	-
Manganeso	mg/L		0.01	0.5	-
Sulfatos	mg/L	4500-SO ₄ -E	25	250	0
Sulfuro	mg/L	4500-S ²⁻ -D	-	0.05	-

¹Escala de comparador de cloro 0-3 mg/L.

²Valor Máximo Admisible en T=25-30°C.

*Desde el punto de vista Bacteriológico no se detectó presencia de Coliformes en el agua.

*Físicoquímicamente el parámetro de la Turbiedad se registró mucho más alto que el valor máximo admisible según Norma Técnica Nacional Para la Calidad del Agua Potable, se sugiere usar un método de clarificación antes de ser usada para consumo humano.


Tec. Evelyn Martínez Condon
Analista de Laboratorio



