



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS

COLEGIO DE GEOGRAFÍA

Evaluación de los efectos originados
por la Presa “El Gallo” en la Región de
Tierra Caliente, Estados de Guerrero y
Michoacán, México

T E S I S

**PARA OBTENER EL TÍTULO DE
LICENCIADA EN GEOGRAFÍA**

PRESENTA

Aída Orosco Ríos

DIRECTOR DE TESIS

Mtro. Cuauhtémoc J. Torres Ruata



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2017



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

DEDICATORIA

A mis padres:

† Teresa Ríos Hernández

† Martín Orozco Piedra

Por darme la vida, criarme y educarme en una región geográficamente muy interesante, a pesar de las condiciones climáticas y económicas; en ella desde niña me surgió el amor a la naturaleza y más que nada interesarme en sus componentes (hidrología, clima, topografía, geología, vegetación y fauna).

A mis hermanos:

Felipa

† Martina

† Baldomero

Juan

Yolanda

Antonio

Con todo cariño les dedico este trabajo y les agradezco el apoyo que me han brindado para salir adelante.

A mis sobrinos:

Ricardo, Estela, Araceli, Rocío, Olivia, Eduardo, Julieta, Alfredo, Alejandro, Juan, Olivia, Maribel, Faustino, Angélica, Braulio, Alex, Ana Lilia, Griselda, Amy, Azucena, Diana, Rogelio y Martín.

A mis compañeros:

José E. Ruiz González. Por todo su apoyo.

Raúl, Ernesto, Clarisa, Isela, Luisa, Félix, Socorro, Ignorina, Raúl, entre otros. Por la convivencia a lo largo de la carrera.

A mis profesores:

Que fortalecieron científicamente los conocimientos empíricos que tenía sobre la Geografía Física desde mi infancia.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Autónoma de México.

Al asesor: Cuauhtémoc Torres Ruata por la minuciosa revisión de la tesis y por escuchar con atención todos mis comentarios y opiniones.

A los sinodales:

Jorge Enrique Zapata Zepeda.

Juan Carlos Gómez Rojas

Jorge Enríquez Hernández

José Refugio Balanzario Zamorate

Por sus comentarios y sugerencias que fortalecieron el contenido de la tesis.

A todos los profesores

Que me ofrecieron grandes enseñanzas en las aulas, laboratorios y en las prácticas de campo.

A Pedro Sosa, Pedro Tavera, Miguel Sánchez, Facundo Jaimes, Abel Gaona, Isaias Gaona y José Soto por acompañarme a recorrer la zona de estudio y/o por sus comentarios sobre la misma. Igualmente agradezco a todos los residentes, agricultores, ganaderos y pescadores que de manera anónima contribuyeron con su información.

EVALUACIÓN DE LOS EFECTOS ORIGINADOS POR LA PRESA “EL GALLO” EN
LA REGIÓN DE TIERRA CALIENTE, ESTADOS DE GUERRERO Y MICHOACÁN,
MÉXICO

| | |
|--|----|
| INTRODUCCIÓN | 1 |
| CAPÍTULO 1 | 2 |
| 1.1. Planteamiento del problema | 2 |
| 1.2. Justificación | 2 |
| 1.3. Objetivos | 3 |
| 1.3.1. Objetivo General | 3 |
| 1.3.2. Objetivos Particulares | 3 |
| 1.4. Hipótesis | 3 |
| 1.5. Marco de Referencia | 3 |
| 1.5.1. Marco Histórico | 3 |
| 1.5.2. Marco Conceptual | 4 |
| 1.6. Metodología | 6 |
| CAPÍTULO 2 MARCO REGIONAL | 7 |
| 2.1. Localización del área de estudio | 7 |
| 2.1.1. Vías de acceso | 8 |
| 2.2. Sierra Madre del Sur | 8 |
| 2.3. Cuenca del Río Balsas | 9 |
| 2.3.1. Subcuenca del Río Cutzamala | 10 |
| CAPÍTULO 3 PRESA “EL GALLO” | 11 |
| 3.1. Área de estudio | 11 |
| 3.2. Medio físico | 13 |
| 3.2.1. Topografía | 13 |
| 3.2.2. Geología | 15 |
| 3.2.2.1. Litología | 16 |
| 3.2.2.2. Estratigrafía | 18 |
| 3.2.2.3. Geología estructural | 19 |
| 3.2.3. Hidrología | 20 |
| 3.2.4. Clima | 21 |
| 3.2.4.1. Temperatura y precipitación | 23 |
| 3.2.4.2. Evaporación y evapotranspiración | 25 |
| 3.2.4.3. Escurrimiento | 27 |
| 3.2.5. Edafología | 29 |
| 3.2.6. Flora y fauna | 33 |
| 3.2.6.1. Flora | 33 |
| 3.2.6.2. Fauna | 38 |
| 3.3. Medio social | 40 |
| 3.3.1. Antecedentes y evolución histórica | 40 |
| 3.3.2. Distribución | 40 |
| 3.3.3. Total de la población | 41 |
| 3.3.4. Actividades económicas y uso de suelo | 43 |
| CAPÍTULO 4 DESVENTAJAS Y VENTAJAS DE LAS CONSTRUCCIONES HIDRÁULICAS E HIDROELÉCTRICAS | 48 |
| 4.1. Desventajas | 48 |
| 4.1.1. Alteración del paisaje | 48 |
| 4.1.1.1. Modificaciones al paisaje | 48 |
| 4.1.1.2. Construcción de caminos | 49 |

| | |
|--|----|
| 4.1.1.3. Bancos de material | 49 |
| 4.1.1.4. Inundación | 50 |
| 4.1.1.5. Sedimentación | 53 |
| 4.1.2. Impacto en el régimen y calidad de agua | 56 |
| 4.1.2.1. Régimen del caudal | 56 |
| 4.1.2.2. Calidad del agua | 58 |
| 4.1.2.2.1. Propiedades físicas | 58 |
| 4.1.2.2.2. Propiedades químicas | 59 |
| 4.1.2.2.3. Propiedades biológicas | 59 |
| 4.1.3. Impacto en la fauna acuática | 60 |
| 4.1.3.1. Fauna semi-acuática | 60 |
| 4.1.3.2. Fauna piscícola | 60 |
| 4.1.4. Flora y fauna terrestre | 62 |
| 4.1.4.1. Flora | 62 |
| 4.1.4.2. Fauna | 62 |
| 4.1.5. Cambio climático | 63 |
| 4.1.6. Efectos sociales | 63 |
| 4.1.6.1. Poblados inundados y reubicación | 63 |
| 4.1.6.2. Cambio de las actividades económicas | 65 |
| 4.2. Ventajas | 66 |
| 4.2.1. Construcción de caminos | 66 |
| 4.2.2. Concentración de poblaciones aisladas | 66 |
| 4.2.3. Aprovechamiento del recurso agua | 66 |
| 4.2.3.1. Consumo | 66 |
| 4.2.3.2. Riego | 67 |
| 4.2.3.3. Pesca | 68 |
| 4.2.3.4. Hábitat de fauna acuática | 69 |
| 4.2.4. Generación de energía eléctrica | 69 |
| CAPÍTULO 5 CONSIDERACIONES FINALES | 72 |
| 5.1. Situación actual | 72 |
| 5.1.1. Percepción de la población sobre la presa | 72 |
| 5.1.1.1. Residentes | 72 |
| 5.1.1.2. Agricultores y ganaderos | 73 |
| 5.1.1.3. Pescadores | 74 |
| 5.1.2. Situación de Mexhidro | 75 |
| 5.1.3. Seguridad Pública | 76 |
| 5.2. Recomendaciones y sugerencias | 78 |
| 5.3. Conclusiones | 80 |
| ANEXOS | 83 |
| BIBLIOGRAFÍA | 86 |

ÍNDICE DE CUADROS

| | |
|---|----|
| Cuadro 1. Principales datos sobre el diseño de la Presa “El Gallo”. | 13 |
| Cuadro 2. Datos de Temperatura y Precipitación de las estaciones meteorológicas más próximas a la Presa “El Gallo”. | 22 |
| Cuadro 3. Datos de Evaporación de las estaciones meteorológicas más próximas a la Presa “El Gallo”. | 25 |
| Cuadro 4. Datos de evaporación obtenidos por los métodos de Martonne, Langbein y Turc. | 27 |
| Cuadro 5. Esguerrimiento máximo, mínimo y medio registrado en la estación hidrométrica El Gallo. | 28 |
| Cuadro 6. Crecimiento de la población en el municipio de Cutzamala de Pinzón, Guerrero. | 42 |
| Cuadro 7. Crecimiento de la población en el municipio de Tiquicheo de Nicolás Romero, Michoacán. | 43 |
| Cuadro 8. Relación entre altitud, área y volumen de agua. | 51 |
| Cuadro 9. Relación entre volumen de agua en esguerrimiento y volumen de sedimentos en suspensión. | 54 |
| Cuadro 10. Ejidos afectados por la inundación. | 64 |
| Cuadro 11. Localidades afectadas por el embalse. | 65 |
| Cuadro 12. Nuevos centros de población. | 65 |
| Cuadro 13. Tasa de crecimiento de la población en el municipio de Cutzamala de Pinzón, Guerrero. | 78 |
| Cuadro 14. Tasa de crecimiento de la población en el municipio de Tiquicheo de Nicolás Romero, Michoacán. | 78 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1. Localización del Área de Estudio. | 7 |
| Figura 2. Imagen tomada de Google Earth Pro, se muestra la cortina de la Presa “El Gallo”, el vertedor, cerros El Gallo y Cacánicua e instalaciones de Mexhidro. | 11 |
| Figura 3. Mapa topográfico. | 14 |
| Figura 4. Mapa geológico. | 17 |
| Figura 5. Mapa edafológico | 30 |
| Figura 6. Mapa de uso de suelo y vegetación. | 34 |
| Figura 7. Mapa altimétrico. | 78 |
| Figura 8. Perfil volumétrico de la capacidad total de millones de metros cúbicos que puede almacenar la Presa “El Gallo”, en donde se muestran varios datos significativos. | 78 |

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

| | |
|---|----|
| Fotografías 1. A. Vista de la parte posterior de la cortina que forma la Presa “El Gallo”. B. Vista frontal del vertedor, se observa el desfogue de agua. | 12 |
| Fotografías 2. A. Vista panorámica de la topografía de la región, destaca el cerro El Copete de Maguey al centro. B. Vista panorámica del cerro El Pinzanito. | 15 |
| Fotografías 3. A. Sucesión estratigráfica de calizas y lutitas de la Formación San Lucas con inclinación de 22 grados, nótese la presencia de una falla normal; sitio a dos km al sur de Albarrán. B. Vista panorámica del cerro El Chivo, al centro se observa un escarpe que expone toba acida. | 18 |

| | |
|--|----|
| Fotografías 4. A. Vista panorámica del río Purungueo, desde el poblado de la Piedra China. B. Puente de madera sobre el río Tuzantla, cerca del poblado El Mango, Municipio de Tiquicheo. | 21 |
| Fotografías 5. A. Vista panorámica del cerro El Copete de Maguey, destaca la vegetación de Selva Baja Caducifolia. B. Vista en primer plano de pastizal inducido. | 33 |
| Fotografías 6. Principales arboles de la Selva Baja Caducifolia. Arboles de campo: A. Cueramo. B. Cuitaz. C. Cañufistula. Arboles que prefieren la cercanía de cuerpos de agua: D. Quiringuca. E. Tirinchicua. F. Pinzan. | 36 |
| Fotografías 7. Principales arbustos de la Selva Baja Caducifolia: A. Atuz. B. Huizache. | 37 |
| Fotografías 8. A. Vista de palmas de coco. B. Vista de nopal silvestre. | 37 |
| Fotografías 9. Fauna silvestre de la región: A. Venado. B. Cuinique. C. Zopilotes. D. Calandria amarilla. E. Colorín pecho naranja. F. Iguana. | 40 |
| Fotografías 10. Casas típicas de la región: A. De troncos y ramas. B. De ladrillo, cemento y teja. | 41 |
| Fotografías 11. Zonas de cultivo: A. Arboles de mango. B. Campo de maíz. C. Cultivo de melón. D. Campo de sorgo. | 44 |
| Fotografías 12. Principal ganado que se cría en la región. A. Bovino. B. Caprino. C. Caballar. D. Asnar. E. Aviar. | 45 |
| Fotografías 13. Principales especies que se producen en la presa: A. Mojarra tilapia. B. Bagre cuatete. C. Carpa. D. Camarón langostino. | 46 |
| Fotografías 14. Vista de terracerías: A. Terracería cerca del poblado La Grupera. B. Terracería cerca del poblado Los Cuirindales. | 49 |
| Fotografías 15. Bancos de material: A. Banco usado para la construcción de la cortina, se encuentra a ~1.5 km al sur de la cortina con dirección a Arroyo Grande. B. Banco que se encuentra a un costado de la Carretera Federal 51, al inicio de la terracería que va hacia la presa. | 50 |
| Fotografías 16. Vista panorámica del área inundada por la presa: A. De frente hacia Paso del Cascalote, rumbo al norte. B. Desde el poblado El Sabino, con dirección hacia el poblado La Parota de los Patos. | 52 |
| Fotografías 17. Disminución del nivel de agua: A. Vista de vertedor “seco”, debido a que el nivel del agua está por debajo de su cresta, fotografía tomada en diciembre de 2015. B. Vista de remanso, se aprecia que el nivel del agua esta bajando, manifestándose en la humedad del terreno. | 58 |
| Fotografías 18. Cambio de color del agua, se nota tonalidad verdosa o parda: A. Sobre el río Purungueo, cerca del poblado de la Piedra China. B. A un costado del cerro de las Piedras Chinas. | 59 |
| Fotografías 19. Presencia de lirio acuático: A. Crecimiento incipiente enfrente del cerro del Capire Chato. B. Zona de remanso totalmente poblada de lirio, en la parte baja del cerro La Ventana. | 60 |
| Fotografías 20. Aves semi-acuáticas de la presa: A. Garzas y patos (los patos han sido casi exterminados porque se alimentan de las crías de la mojarra tilapia, compitiendo con los pescadores). B. Garzas. C. Zanates. | 62 |
| Fotografías 21. A. La Playa nuevo centro de población, se aprecia la homogeneidad de las viviendas, fotografía tomada en junio de 2002. B. Acercamiento de una vivienda en Nuevo Albarrán. | 65 |
| Fotografías 22. A. Vista panorámica del río Cutzamala, a la izquierda se | 68 |

aprecian campos de cultivo que aprovechan la cercanía de la humedad. Fotografía tomada a ~2.4 km al norte del poblado de Cutzamala del Pinzón, Guerrero y ~21.8 km en línea recta hacia el sureste desde la cortina de la Presa “El Gallo”. **B.** Canal para el Distrito de Riego 57 “Amuco-Cutzamala”, se aprecia parte de la instalación de la Presa Derivadora “Hermenegildo Galeana”. Fotografía tomada a ~1.2 km al oeste del poblado de Ixtapilla, Guerrero y ~15.5 km en línea recta hacia el sureste desde la cortina de la Presa “El Gallo”.

- Fotografías 23. **A.** Placa de La Perla de Tiquicheo, una de las cooperativas pesqueras beneficiadas por la pesca. **B.** Vista panorámica donde destacan al centro líneas de jaulas para cría. **C.** Acercamiento a varias líneas de jaulas donde crían los peces. 70
- Fotografías 24. **A.** Vista de las instalaciones de Mexhidro desde la parte alta de la cortina de la presa. **B.** Vista frontal de la cortina de la presa desde las instalaciones de Mexhidro. 71

ÍNDICE DE GRÁFICAS

- Gráfica 1. Comportamiento mensual de los datos promedio de Temperatura y Precipitación de las estaciones meteorológicas más próximas a la Presa “El Gallo”. 23
- Gráfica 2-5. Comportamiento mensual de Temperatura y Precipitación de las estaciones meteorológicas utilizadas en este estudio. 24
- Gráfica 6-9. Comparación entre el comportamiento anual de la Precipitación y la Evaporación en las estaciones meteorológicas utilizadas en este estudio. 26
- Gráfica 10. Comportamiento anual del escurrimiento en la estación hidrométrica El Gallo. 28
- Gráfica 11. Crecimiento de la población en el municipio de Cutzamala de Pinzón, Guerrero. 42
- Gráfica 12. Crecimiento de la población en el municipio de Tiquicheo de Nicolás Romero, Michoacán. 43
- Gráfica 13. Relación entre elevación, área y volumen de agua. 51
- Gráfica 14. Relación entre el agua en escurrimiento y sedimentos en suspensión. 54
- Gráfica 15. Evolución del porcentaje de sedimentos en suspensión con el tiempo. 55

ÍNDICE DE TABLAS

- Tabla 1. Especies dominantes del estrato arbóreo. 35
- Tabla 2. Especies dominantes del estrato arbustivo. 36
- Tabla 3. Especies dominantes del estrato herbáceo. 37
- Tabla 4. Especies cactáceas dominantes. 37
- Tabla 5. Fauna dominante de la región. 39

INTRODUCCIÓN

La construcción de las obras hidráulicas puede tener diversos propósitos, su objetivo principal es almacenar agua para abastecer las necesidades de consumo de los poblados cercanos, irrigar áreas de cultivo, en el área inundada practicar la pesca de especies introducidas, y de manera alterna también poder aprovecharse para producir energía eléctrica.

En la región conocida como Tierra Caliente, entre los límites de los estados de Guerrero y Michoacán, la Presa “El Gallo” servirá para utilizar el recurso agua para uso y consumo, además de generar energía eléctrica. La construcción y funcionamiento de la presa generó y generará beneficios a la región, además de repercusiones que impactarán en menor o mayor grado sobre el medio ambiente y las poblaciones que ahí habitan.

En la presente investigación se estudió y analizó la construcción de la Presa “El Gallo” en la región mencionada, para conocer qué efectos ocasionó sobre el medio físico/social y la relación guardada entre sí. El objetivo principal fue evaluar dichos efectos, ya sean negativos o positivos, para compararlos y demostrar cuál de ellos predomina, y de esta manera poder sugerir medidas que sirvan para sacarle el mejor provecho a la obra hidráulica.

En este trabajo, la distribución de la información es la siguiente: El Capítulo 1 trata la parte fundamental y conceptual del trabajo, como lo es el planteamiento del problema, la justificación de la investigación, el objetivo general, los objetivos particulares y la hipótesis; así mismo se contempla el marco de referencia, formado por los marcos histórico y conceptual, en el primero se citan los trabajos elaborados sobre la zona en particular o que de forma general hablan sobre de ella, en el segundo se incluyen los principales conceptos que pudieran ser necesarios para comprender todo lo escrito, así como la metodología empleada. En el Capítulo 2 se analiza la zona desde el punto de vista general, es decir, se observa su entorno a escala regional, primero haciendo referencia a la Sierra Madre del Sur, después a la Cuenca del Río Balsas y en específico a la Cuenca del Río Cutzamala. En el Capítulo 3 se tratan exclusivamente las características del medio físico y social del área de influencia de la Presa “El Gallo”. En el Capítulo 4 se hace un análisis de las desventajas y ventajas que ocasionan construcciones hidráulicas e hidroeléctricas. En el Capítulo 5 se mencionan las consideraciones finales, se puntualizan recomendaciones y sugerencias, así como las conclusiones a que se llegó al finalizar la investigación.

CAPÍTULO 1

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la región conocida como Tierra Caliente, la necesidad del recurso agua es vital, ya que ésta se infiltra y evapora con facilidad por las condiciones climáticas que se presentan en la región. Es por ello que las obras hidráulicas (llámense: presas, bordos o canales) juegan un papel muy importante en su almacenamiento y distribución.

La construcción de las obras hidráulicas, tiene la finalidad de almacenar agua para abastecer a los poblados cercanos, si es posible se crean distritos de riego en las márgenes de la presa y aguas abajo de la cortina, la introducción de especies piscícolas en el área inundada puede generar una nueva actividad productiva en la región (la pesca); además, algunas de estas obras también tiene el doble propósito de producir energía eléctrica. Es necesario que las ventajas siempre estén por encima de las desventajas que las obras ocasionan, de lo contrario, puede considerarse que la construcción de la obra no funcionó adecuadamente.

En el caso concreto de la Presa “El Gallo”, su construcción generó y generará beneficios a la región, mismos que conllevaran algunas repercusiones que impactarán en menor o mayor grado sobre el medio ambiente y las poblaciones humanas. La presa como tal repercutirá de manera directa e indirecta en la región de Tierra Caliente, influyendo en los moradores que ahí habitan, así como en sus actividades.

1.2. JUSTIFICACIÓN

En la región de Tierra Caliente perteneciente a los municipios de Cutzamala del Pinzón (Guerrero) y Tiquicheo de Nicolás Romero (Michoacán), la construcción de la Presa “El Gallo” modificó parte de los dos municipios. No obstante que la inundación causada por la cortina repercutió con la pérdida de zonas naturales, agrícolas, habitacionales y de pastoreo, afectando a la fauna silvestre local y modificando a su vez el caudal del río Cutzamala; se previó por otro lado, que el embalse ocasionaría beneficios a los habitantes de la región, al proveerlos de agua para su consumo y riego de sus cultivos, además de la posibilidad de desarrollar la pesca en toda el área inundada. Posteriormente, la construcción de la planta hidroeléctrica beneficiaría además de los habitantes locales de aquellas regiones remotas hasta donde se envíe la energía eléctrica.

Por lo anterior, con este estudio se pretenden evaluar los beneficios e impactos que ocasionó y ocasionará la Presa “El Gallo”, para así conocer y comparar cual de los efectos

(positivos o negativos) predominan sobre la región, además de contribuir con información sobre la zona, la cual casi no existe o es muy general.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar los efectos ocasionados por la construcción de la Presa “El Gallo”.

1.3.2. OBJETIVOS PARTICULARES

- Analizar los efectos negativos y positivos ocasionados por la construcción de la Presa “El Gallo”.
- Comparar los efectos negativos y positivos producidos por la Presa “El Gallo”.
- Sugerir algunas medidas significativas para el mejor aprovechamiento de ésta obra.

1.4. HIPÓTESIS

Hoy en día el uso de los recursos naturales es cada vez más grande, el acelerado aumento de la población trae como consecuencia una mayor demanda de recursos. Para la generación de los satisfactores que reclama la sociedad, se transforma al medio; en este caso en concreto, la construcción de la Presa “El Gallo” modificó el entorno de la región, produciendo beneficios al ser humano a costa de la alteración del medio.

Con este trabajo, se establece como hipótesis que los beneficios originados por la presa serán mayores en comparación con los efectos negativos, sobre todo si se implementan algunas de las acciones que aquí se sugieren.

1.5. MARCO DE REFERENCIA

Para entender las causas que antecedieron y motivaron esta investigación será necesario remontarse a investigaciones previas.

1.5.1 MARCO HISTÓRICO

La mayor parte de la bibliografía existente es de carácter regional, destacan principalmente estudios enfocados al origen y composición geológica de la Sierra Madre del Sur, en donde se trata a la zona de estudio de manera muy general, entre estos estudios se pueden citar los elaborados por López-Ramos (1979), Lugo-Hubp (1990), Raisz (1959), y Ramírez-Espinosa *et al.* (1991).

En investigaciones realizadas sobre la Cuenca del Río Balsas (SRH, 1970, 1971a, 1971b; Hayashi-Martínez, 1978; Anzures-Rosas, 1986) se aborda el área de estudio como una subcuenca, haciendo referencia al río Cutzamala y sus principales afluentes.

Existen investigaciones menos regionales que integran a la zona de estudio o sus cercanías, todas son de carácter geológico, entre ellas destacan Alencaster y Pantoja-Alor (1998), Altamira-Areyán (2002), Buitrón-Sánchez y Pantoja-Alor (1998), Campa-Uranga (1978), Cserna (1978), Cserna (1983), Cserna *et al.* (1978), Elías-Herrera (1981), González-Partida (1993a, 1993b), Elías-Herrera y Ortega-Gutiérrez (1997), Martini *et al.* (2009), Omaña-Pulido y Pantoja-Alor (1998), Pantoja-Alor (1959), Potra *et al.* (2014), Ramírez-Espinosa y Campa-Uranga (1980). Existen trabajos locales que abordan el área de estudio, entre ellos se pueden citar a Chávez-Álvarez (2012) quien se enfoca en la geología estructural y tectónica, Morales-Gamez (2005) enfatiza principalmente la geología estructural; entre sus respectivos mapas geológicos, se aprecian diferencias significativas.

Sobre el área de estudio, los primeros antecedentes se remontan a Ramírez-Rico (1963) quien planea la construcción de la presa con el propósito de instalar una planta hidroeléctrica, y Medina-Rivera (1964) realizó el que sería el anteproyecto de la cortina de la Presa “El Gallo”, su objetivo era aprovechar el agua para la irrigación de zonas de cultivo y el control de avenidas en época de lluvias, además planteaba que posteriormente se podría generar energía eléctrica. En los informes técnicos relativos a la construcción de la presa (CONAGUA, 1997) se hace referencia a algunas particularidades de la zona, aunque de manera muy general y breve. Vázquez-Hernández (2001) integrando estudios geológicos, geofísicos y geotécnicos obtuvo las características geomecánicas de las rocas donde se construyó la presa, para poder planear que tipo de tratamiento de cimentación se debió aplicar en la zona donde se construyó la cortina. Romero-Pérez (2002) analizó ampliamente la estructura de la cortina desde el punto de vista mecánico.

1.5.2 MARCO CONCEPTUAL

Para poder entender la presente investigación, a continuación se menciona la definición de algunos conceptos relevantes, no muy comunes en el lenguaje geográfico (Tomados de Diccionario de la Real Academia Española [www.rae.es], Enciclopedia Británica [www.britannica.com], Léxico Estratigráfico de México del Servicio Geológico Mexicano [www.sgm.gob.mx]).

Anticlinal. Geología, adjetivo. Pliegue de la corteza terrestre que tiene una curvatura convexa hacia arriba, en forma de bóveda, en su núcleo se hallan los materiales más antiguos, se produce por los efectos tectónicos de la dinámica terrestre.

Aproximadamente. Cercano pero no exacto, con proximidad. Se le abrevia con aprox. Si antecede a un número se puede usar el símbolo ~.

Formación. Es la unidad litoestratigráfica básica que se emplean para describir e interpretar la geología de una región. Normalmente, los límites de una formación son aquellas superficies de cambio lítico.

Gigavatio. Es una unidad de potencia del Sistema Internacional equivalente a mil millones de vatios; la expresión GWH es la medida de energía que equivale potencia suministrada de un gigavatio durante una hora. También se le llama Gigawatt. El vatio o watt equivale a la potencia capaz de conseguir la producción de energía igual a 1 julio por segundo, se representa con la letra W.

Hectárea. Unidad de medida de superficie, equivale a un cuadrado que mide en cada uno de sus lados 100 metros, es decir su superficie es igual a diez mil metros cuadrados. Se le abrevia con “ha” después de la cifra en cuestión, solo lleva punto si es el final de una oración.

Léntico. Termino que define a un ambiente o ecosistema acuático, también se le conoce como lacustre, son cuerpos de agua estancada o inmóvil (lago, pantano, estanque, etc.).

Lótico. Termino que define a un ambiente o ecosistema acuático, también se le conoce como fluvial, son todos aquellos cuerpos de agua caracterizados por la presencia de una corriente (río, arroyo, manantial, etc.).

Megavatio. Es una unidad de potencia en el Sistema Internacional equivalente a un millón de vatios, $1 \text{ MW} = 1\,000\,000 \text{ W}$, también se le llama Megawatt.

Millones de metros cúbicos. Unidad de medida de volumen del Sistema Métrico Decimal, se abrevia con Mm^3 después del número en cuestión.

Remanso. Del latín *remanere*: permanecer. Lugar donde una corriente de agua se detiene, permaneciendo suspendida y tranquila.

Sinclinal. Geología, adjetivo. Pliegue de la corteza terrestre que tiene una curvatura cóncava hacia abajo, en forma de cuna, en su núcleo se hallan los materiales más recientes, se produce por los efectos tectónicos de la dinámica terrestre.

1.6. METODOLOGÍA

Para realizar esta investigación y poder cubrir los objetivos planteados, la metodología propuesta se divide en tres partes:

1.- La primera parte se realizó en gabinete, en donde se consultó:

- a) Bibliografía teórica para la explicación de generalidades y bibliografía regional y local de la zona.
- b) Cartografía de la zona a escalas 1:500 000, 1:250 000 y 1:50 000, la temática de las cartas fue clima, topografía, geología, edafología, uso de suelo y vegetación, hidrología; uso potencial agrícola, ganadero y forestal.

Con los incisos anteriores se elaboró la parte inicial del trabajo, en donde se obtuvo información preliminar y se elaboraron los mapas que servirían de base para la representación cartográfica.

2.- En la segunda parte se realizaron observaciones directas en campo, en esta etapa se recorrió la zona para analizar y fotografiar a los efectos ocasionados por la inundación de la presa; se comprobó y verificó la información cartográfica preliminar; además, se aplicaron algunos cuestionarios a los residentes para conocer sus puntos de vista.

3.- La última etapa se realizó en gabinete, en donde se complementó e integró toda la información, se analizaron los resultados para poder generar conclusiones y sugerencias en beneficio de la población de la región.

CAPÍTULO 2

MARCO REGIONAL

2.1. LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio se encuentra en la parte norte de la provincia fisiográfica de la Sierra Madre del Sur (figura 1A) y casi en la parte central de la Cuenca del Río Balsas (figura 1B). Políticamente cubre parte del Municipio de Cutzamala del Pinzón en el Estado de Guerrero y una porción del Municipio de Tiquicheo de Nicolás Romero en el Estado de Michoacán.

Geográficamente el área de estudio se limita por las coordenadas:

18° 40' y 18° 55' de Latitud Norte y 100° 37' y 100° 46' de Longitud Oeste.

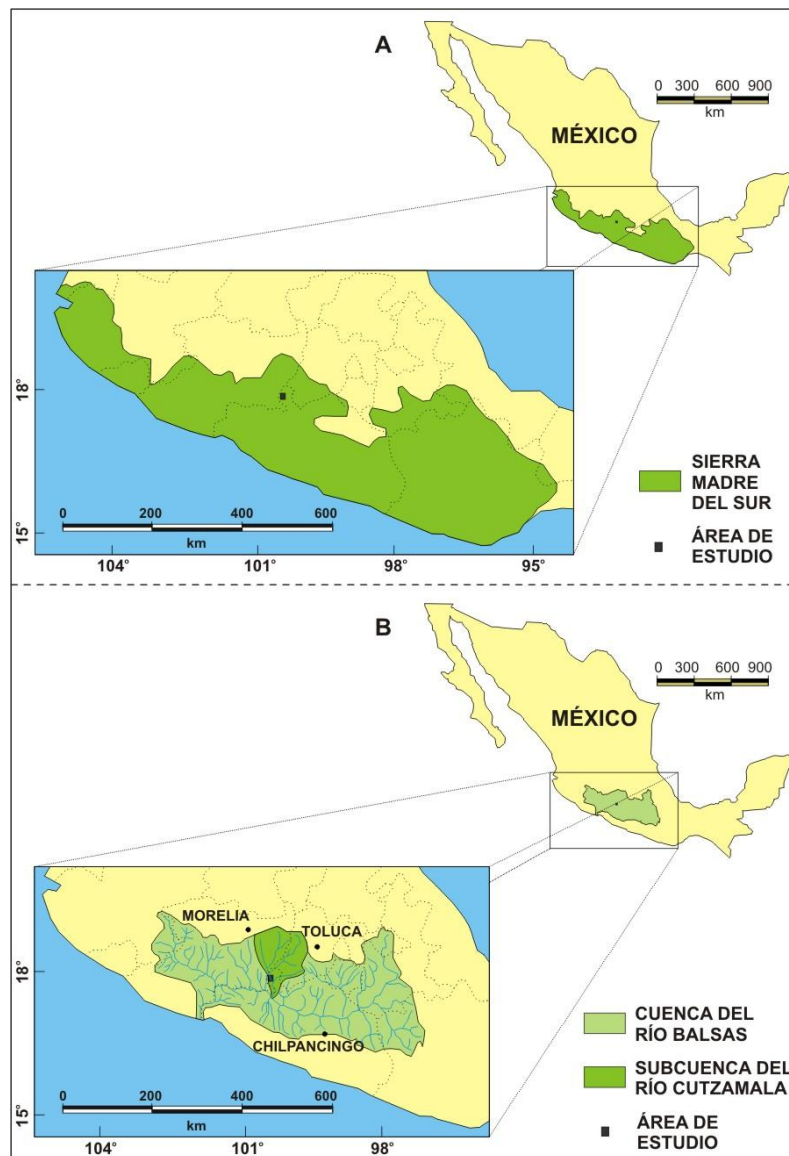


Figura 1. Localización del Área de Estudio (Elaboración propia).

2.1.1. VÍAS DE ACCESO

Para llegar a la zona de estudio partiendo de la Ciudad de México se toma la Carretera Federal No 15 o la autopista de cuota con dirección a la Ciudad de Toluca, al llegar a esta última hay 2 formas de proseguir:

- La primera es tomando la Carretera Federal No 15, al llegar a la Ciudad de Zitácuaro se retoma la Carretera Federal No 51 con dirección a la Ciudad de Huetamo, al pasar el centro del poblado de Tiquicheo a ~5.1 km sale una terracería (del lado izquierdo en relación a la dirección en que se viaja) de ~39.9 km que llega hasta la cortina.
- La segunda es tomando la Carretera Federal No 134 con dirección a Ciudad Altamirano, al llegar a esta última se toma una carretera de ~52 km que comunica con la cortina de la presa.

2.2. SIERRA MADRE DEL SUR

La provincia fisiográfica de la Sierra Madre del Sur (SMS) abarca parte de los estados de Jalisco, Colima, Michoacán, México, Morelos, Puebla, Oaxaca, Veracruz y todo el Estado de Guerrero (figura 1A). Limita al norte con el multi nombrado Sistema Neovolcánico Transmexicano, Faja Volcánica Transmexicana, Sierra Volcánica Transversal o Eje Neovolcánico, al este con la Llanura Costera del Golfo Sur, las Sierras de Chiapas y la Llanura Costera Centroamericana del Pacífico, y al sur con el Océano Pacífico (Raisz, 1959; Lugo-Hubp, 1990; Lugo-Hubp y Cordova, 1992).

La SMS se caracteriza por tener la litología más compleja de todas las provincias de la República Mexicana. Está formada por rocas metamórficas y sedimentarias paleozoicas, cubiertas por rocas de origen marino mesozoicas, así como depósitos de origen terciario y cuaternario (Raisz, 1959). Esta provincia se considera la más completa y menos conocida del país; muchos de sus rasgos particulares se deben a su relación con la Placa de Cocos, que empuja desde el fondo del Océano Pacífico, al suroeste y oeste de las costas de Jalisco a Oaxaca, hacia las que se desplaza lentamente dos o tres centímetros al año y levanta a la SMS, para encontrar a lo largo de las mismas, en la base profunda del océano, la zona llamada "de subducción" donde buza nuevamente hacia el interior de la Tierra. A ello se debe la fuerte sismicidad que se manifiesta en esta provincia, en particular sobre las costas de Guerrero y Oaxaca. Esta relación es la que seguramente ha determinado que algunos de los principales ejes estructurales de la

provincia (depresión del Balsas, cordilleras costeras, línea de costa, etc.) tengan estricta orientación este-oeste y noreste-suroeste.

Entre esta provincia y la correspondiente al Sistema Neovolcánico Transmexicano existe una depresión central drenada por varios ríos que la dividen en subcuencas; el sistema fluvial del río Balsas es uno de los siete mayores del país. En el extremo oriente nacen importantes afluentes del Papaloapan hacia el Golfo de México y del Tehuantepec hacia el Pacífico. Sobre la vertiente sur de la provincia desciende un buen número de ríos cortos hacia el Océano Pacífico. Pocos de ellos, como el Armería, el Coahuayana y el Papagayo nacen al norte de la divisoria de la sierra costera y el Atoyac baja desde el Valle Central de Oaxaca (Raisz, 1959; Lugo-Hubp, 1990).

2.3. CUENCA DEL RÍO BALSAS

En México se tienen identificadas 1,471 cuencas hidrográficas, agrupadas en 314 cuencas hidrológicas que fluyen en numerosos ríos y arroyos del país; estas cuencas se han organizado en 37 regiones hidrológicas para hacer más eficaz la administración de sus recursos hidráulicos (CONAGUA, 2012, 2015). La agrupación de las cuencas se basa principalmente en rasgos orohidrográficos, de tal manera que cada región hidrológica se distingue por su tipo de relieve y escurrimientos, presentando características predominantemente similares en su drenaje.

La Cuenca del Balsas presenta una forma irregular, su longitud mayor es de ~680 km y se extiende en dirección oeste-este y noroeste-sureste (Maderrey-Rascón y Torres-Ruata, 2007; CONAGUA, 2012, 2015). Se encuentra limitada al norte por el Sistema Neovolcánico Transmexicano, al sur por la Sierra Madre del Sur, al oriente por el Complejo Orográfico Oaxaqueño y al occidente por elementos transicionales de la Sierra Madre del Sur y del Sistema Neovolcánico Transmexicano (Raisz, 1959; Lugo-Hubp, 1990).

La Región Hidrológica N° 18 la forma el río Balsas, una de las corrientes más importantes de la República Mexicana; reúne una superficie de captación de 117,406 km², el área se divide entre los estados de Guerrero, Jalisco, Michoacán, México, Morelos, Oaxaca, Puebla y Tlaxcala (figura 1B); para su estudio se subdivide en tres regiones: del alto, medio y bajo Balsas (SRH, 1970; CONAGUA, 2012, 2015). La Cuenca del Balsas hidrológicamente está integrada por 15 subcuencas mayores: Alto Atoyac, Bajo Atoyac, Nexapa, Mixteco, Tlapaneco, Amacuzac, **Cutzamala**, Medio Balsas,

Tacámbaro, Tepalcatepec, Cupatitzio y Bajo Balsas, así como tres subcuencas cerradas: Libres-Oriental, Paracho-Nahuatzen y Zirahuén (CONAGUA, 2012, 2015).

2.3.1. SUBCUENCA DEL RÍO CUTZAMALA

La Subcuenca del Río Cutzamala se localiza dentro de la Cuenca del Río Balsas (figura 1B), en la porción también conocida como Medio Balsas, se ubica entre los 18° 20' y 19° 50' de latitud norte y 99° 45' y 101° 12' de longitud oeste. La superficie total que drena hasta unirse al río Balsas es de 13,362.7 km², comprendiendo partes del sureste del Estado de Michoacán, del suroeste del Estado de México y del norte del Estado de Guerrero.

Sus límites naturales son: al norte la parte central del Sistema Neovolcánico Transmexicano, al este con las estribaciones que se desprenden de ella y constituyen el parteaguas con las cuencas de los ríos Poliutla y Amacuzac, al oeste limita con la Cuenca del Río Tacámbaro y de los arroyos de San Lucas y Huetamo.

El río Cutzamala ocupa el segundo lugar en importancia según el volumen que aporta al río Balsas. A lo largo de su recorrido recibe los nombres de Tajimaroa, Turundeo, río Grande, Zitácuaro y finalmente Cutzamala. Nace a 61.5 km al este de Morelia, en el Estado de Michoacán, en su inicio, con el nombre de Tajimaroa, sigue rumbo al sureste en donde cambia su nombre a río Turundeo y más adelante se le conoce como río Grande. A partir de la confluencia con el río Chiquito recibe el nombre de río Tuxpan. Aguas abajo capta por su margen derecha las aportaciones del río Fresno y las del arroyo Tetengueo. Después de confluir con el río Zitácuaro toma el nombre de este último, recibe por su margen derecha los caudales de los ríos Salitre y Tapatio (Purungueo) y por su margen izquierda las contribuciones del río Tilostoc; en este punto la corriente ya se conoce como río Cutzamala, nombre que conserva hasta la confluencia con el río Balsas. En su tramo final recibe por su margen izquierda las descargas del río Ixtapan o Bejucos.

En la parte baja de la subcuenca están situadas las presas “El Gallo” e Ixtapilla, está última forma parte del Distrito de Riego Amuco-Cutzamala.

CAPÍTULO 3

PRESA “EL GALLO”

3.1. ÁREA DE ESTUDIO

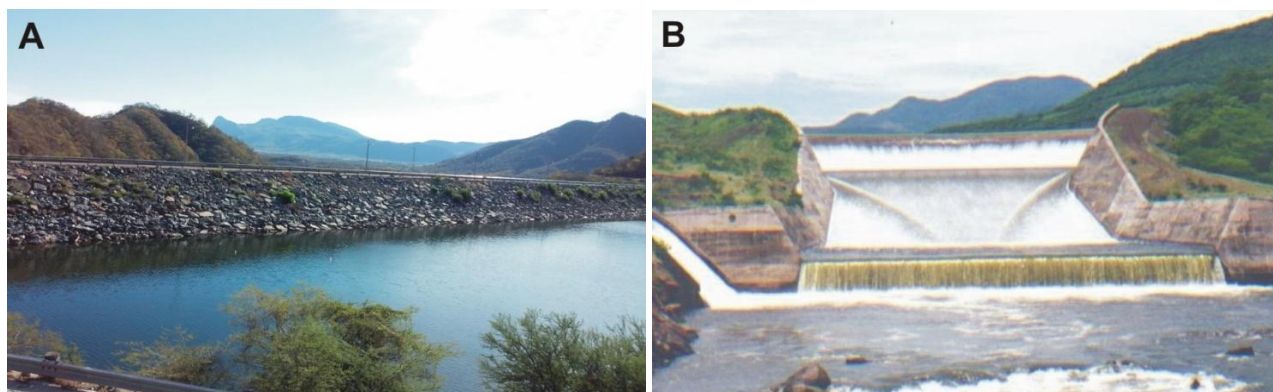
La construcción de la Presa “El Gallo” se inició en 1981 con el objeto de almacenar y retener agua del río Cutzamala para su aprovechamiento en las zonas de riego: El Gallo, Unidad Arroyo Grande y Hermenegildo Galeana; fue pospuesta en tres ocasiones (1985, 1989 y 1994) por falta del presupuesto del Gobierno Federal. En enero de 1997 se reinició el proyecto, con la meta clara de terminarla, en los primeros días de junio de 1998 se dio el cierre final de la presa e inició el almacenamiento del agua para satisfacer las necesidades de la derivadora Hermenegildo Galeana, así como los usos domésticos aguas detrás de la presa (CONAGUA, 1997).

La cortina de la Presa “El Gallo” se construyó en el ejido La Cañada-El Pinzán, municipio de Cutzamala de Pinzón, aprovechando las condiciones topográficas de un valle natural (ubicado entre las coordenadas $18^{\circ} 42' 12''$ de Latitud Norte y $100^{\circ} 40' 16''$ de Longitud Oeste), flanqueado por el cerro El Gallo, del cual tomó el nombre (figura 2) y del cerro de la Cacánicua; dicho valle presentaba las características para construir la cortina y un vertedor libre de abanico (a la derecha e izquierda del Gallo, respectivamente). La cota máxima del embalse alcanzó una elevación de 371 msnm; la corona de la cortina quedó a una elevación de 373 msnm (CONAGUA, 1997).



Figura 2. Imagen tomada de Google Earth Pro, se muestra la cortina de la Presa “El Gallo”, el vertedor, cerros El Gallo y Cacánicua e instalaciones de Mexhidro.

Técnicamente la Presa “El Gallo” consiste en una cortina de materiales graduados con corazón impermeable de arcilla, filtros de arena, respaldo de grava-arena y chapa de rezaga y roca; aguas arriba y abajo de su eje tiene una altura máxima de 67 metros, más una altura libre de 2 metros a partir de nivel de aguas máximas extraordinarias; su longitud es de 450 metros. La presa inunda un área máxima de 3,222 ha, una capacidad total de 585 Mm³, de los cuales 220 Mm³ son para azolve y 190.5 Mm³ para riego. Para regular el nivel del embalse cuando se encuentre a su máxima capacidad se construyó un vertedor de cresta libre que se localiza en un valle ubicado en el margen derecho de la boquilla, es de tipo abanico con una longitud en la cresta de 200 metros y una capacidad para gasto máximo de 4,700 m³/seg. (CONAGUA, 1997) (fotografías 1 A y B).



Fotografías 1. **A.** Vista de la parte posterior de la cortina que forma la Presa “El Gallo”. **B.** Vista frontal del vertedor, se observa el desfogue de agua. (Fotografías tomadas por la autora, A en 2016 y B en 2002).

En el cuadro 1 se presenta un resumen de los principales datos del diseño de la Presa “El Gallo”.

| Dato | Valor |
|---|-----------------------|
| Elevación del fondo del cauce | 310.0 msnm |
| Elevación del umbral de la obra de toma | 348.3 msnm |
| Elevación de la cresta vertedora | 365.8 msnm |
| Nivel de aguas máximas extraordinarias (NAME) | 371.0 msnm |
| Elevación de la corona | 373.0 msnm |
| Altura de la presa sobre el lecho del río | 63 msnm |
| Área máxima del vaso | 3,222 ha |
| Capacidad total | 585.0 Mm ³ |
| Capacidad para alojar azolves | 220.0 Mm ³ |
| Capacidad útil para riego | 310.3 Mm ³ |
| Capacidad al nivel de conservación | 530.3 Mm ³ |

Cuadro 1. Continúa en la siguiente página

Cuadro 1. Continuación

| Dato | Valor |
|---|---------------------------|
| Superalmacenamiento | 169.7 Mm ³ |
| Capacidad al NAME | 704.3 Mm ³ |
| Gasto de diseño del vertedor | 4,700 m ³ /seg |
| Longitud de la cresta vertedora | 200 m |
| Capacidad de la obra de toma del vertedor | 35.0 m ³ /seg |
| Gasto de diseño de la obra de desvío | 2,700 m ³ /seg |

Cuadro 1. Principales datos sobre el diseño de la Presa “El Gallo” (Fuente: CONAGUA, 1997).

Para las diferentes fases de trabajo se requirió de energía eléctrica que fue suministrada por la Comisión Federal de Electricidad (CFE). Durante la construcción el agua utilizada fue del mismo río.

3.2. MEDIO FÍSICO

También conocido como medio natural, se forma de elementos como el relieve (topografía), geología, edafología, vegetación, hidrología, clima, etc. A continuación se describe cada uno de estos componentes.

3.2.1. TOPOGRAFÍA

El área de estudio se localiza en la parte central norte de la unidad geomorfológica denominada Cuenca del Balsas. De las cartas topográficas a escala 1:50,000 (CETENAL, 1973, 1976a, 1976b, 1989; INEGI, 2000a, 2000b, 2001a, 2001b) se tomaron las curvas de nivel, caminos, poblados, escurrimientos y área que cubre la presa; ajustándolas entre las coordenadas 18°40'-18°55' de Latitud Norte, y 100°37'-100°46' de Longitud Oeste para elaborar el Mapa Topográfico (figura 3). En este mapa se incluyen todos los cerros, ríos y poblados que se mencionan a lo largo del trabajo. La región se caracteriza por un relieve formado por montañas altas, con pendientes fuertes y abruptas; pequeños valles intermontanos con pendientes ligeras y moderadas (figura 7).

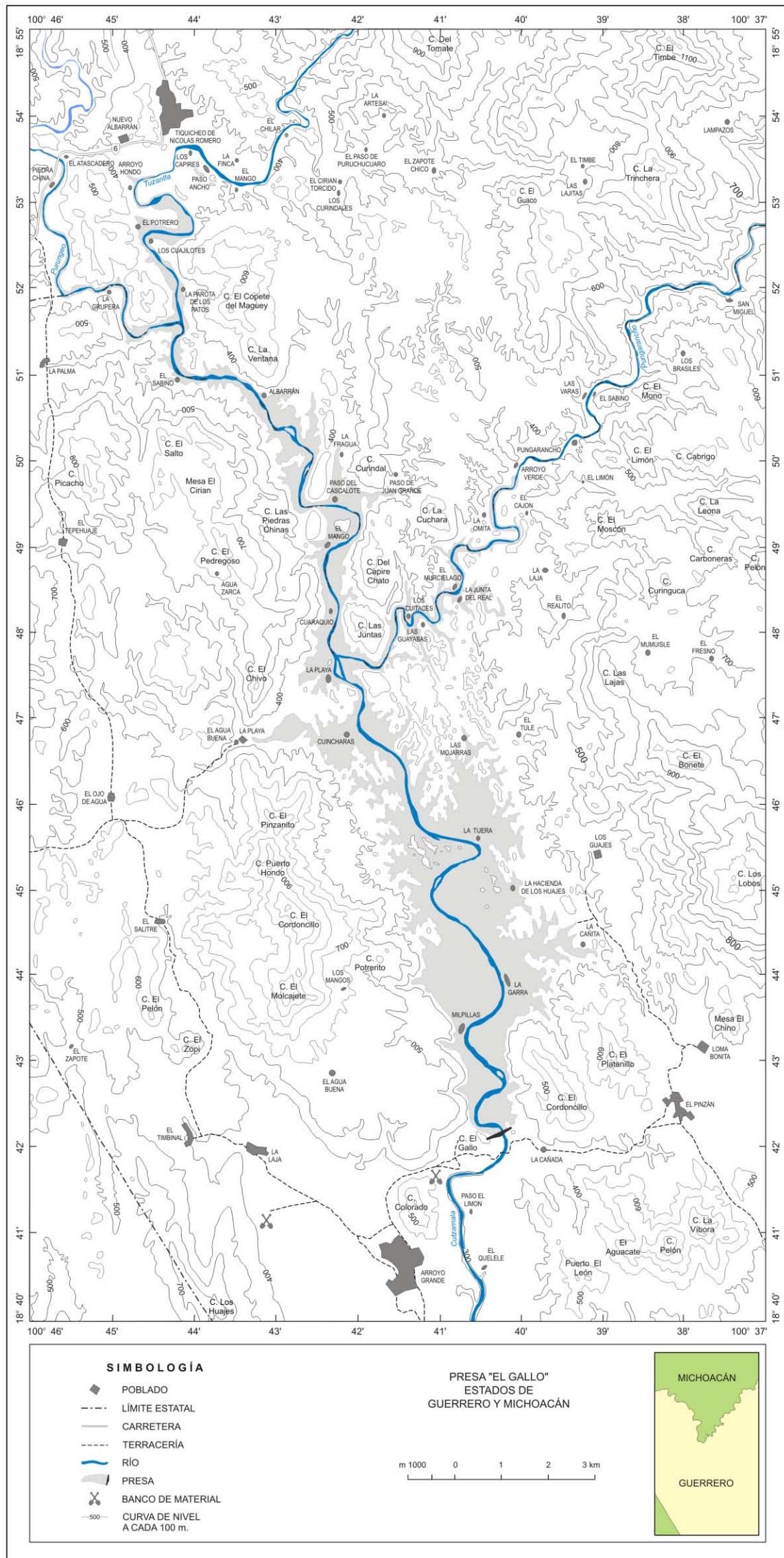
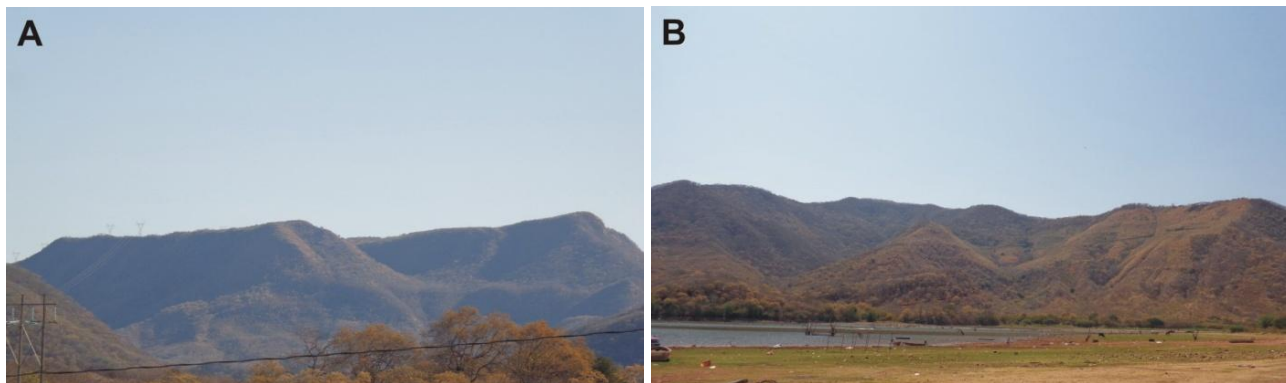


Figura 3. Mapa topográfico (Con base en CETENAL, 1973, 1976a, 1976b, 1989; INEGI, 2000a, 2000b, 2001a, 2001b).

Como puede observarse en el Mapa Topográfico (figura 3), el relieve es irregular, registra menos de 300 msnm en las cercanías del poblado de Arroyo Grande (en el sur), mientras que del lado opuesto, al noreste en la cima del cerro El Timbe se sobrepasan los 1,420 msnm (en el margen superior derecho). En los diferentes cerros (fotografías 2 A y B) que forman las cimas de las sierras se alcanzan altitudes diversas, como puede verse en dicho mapa. También existen lomas aisladas que sobresalen desde unos cuantos metros hasta varias decenas de metros por encima de la zona plana. Cabe destacar que en este caso en particular fueron aprovechadas dos sierras más o menos alargadas en dirección norte-sur, y en cuya “salida” solo estaban un par de cerros separados por un valle de menos de 200 m (donde se construyó la cortina de la presa); uno de ellos es el cerro El Gallo, al poniente, del otro lado el cerro de la Cacánicua, al oriente.



Fotografías 2. **A.** Vista panorámica de la topografía de la región, destaca el cerro El Copete de Maguey al noroeste. **B.** Vista panorámica del cerro El Pinzanito, al centro-oeste. (Fotografías tomadas por la autora en 2017).

3.2.2. GEOLOGÍA

La zona donde se ubica la Presa “El Gallo” es una región geológica y estructuralmente compleja al localizarse en un área que se extiende entre tres unidades fisiográficas: Sistema Neovolcánico Transmexicano, Depresión del Balsas y, Sierra Madre del Sur.

En la Región de Tierra Caliente existen extensos afloramientos de secuencias volcánico-sedimentarias del Jurásico y Cretácico, parcialmente metamorfozadas, que se yuxtaponen a los afloramientos de las secuencias marinas cretácicas de plataforma, de las áreas de Morelos, Huetamo, Coyuca de Catalán, en los límites de Guerrero y Michoacán (Cserna, 1983; Lugo-Hubp, 1990).

3.2.2.1. LITOLOGÍA

En la zona de estudio predominan rocas mesozoicas, las más abundantes son del Cretácico, se encuentran pizarras arcillosas o calizas muy plegadas, fracturadas, e intensamente falladas, forman cimas de más de 800 msnm. Las rocas volcánicas son riolitas, andesitas de varios tipos y basaltos; se encuentran dispersas o formando en algunos lugares cadenas alargadas. En algunos sitios se pueden encontrar intrusiones (Pantoja-Alor, 1959; Cserna, 1983; Buitrón-Sánchez y Pantoja-Alor, 1998; Omaña-Pulido and Pantoja-Alor, 1998). De acuerdo con la SPP (1983b) (figura 4) la distribución de los diferentes tipos de roca es la siguiente:

Rocas sedimentarias y volcanosedimentarias

- a) *Caliza*. Dentro de las rocas sedimentarias, ésta caliza es la menos abundante, solo se encuentra en el cerro Los Huajes y al norte del poblado El Timbinal.
- b) *Caliza lutita*. Se encuentra en el margen lateral izquierdo del área de estudio, desde la parte media hasta el sur.
- c) *Lutita arenisca*. Al igual que la anterior, ocupa el mismo margen, solo que es su continuación hacia el norte (fotografía 3A).
- d) *Limolita arenisca*. Solo se encuentra al norte del área de estudio, en algunas pequeñas lomas a la derecha de Tiquicheo.
- e) *Arenisca conglomerado*. Esta roca ocupa la mayor parte del área, se le encuentra formando lomas, laderas de algunas sierras, en valles intermontanos y las planicies que se encuentran dentro del área. Se caracteriza porque dentro de sus depósitos existe más material calizo (de ahí que se represente en color verde). La SPP (1983b), autora de este mapa, designó el mismo nombre para dos tipos de rocas sedimentarias y volcanosedimentarias, solo las diferenció por el color en base al contenido mayoritario de material de origen calizo o volcánico.
- f) *Arenisca conglomerado*. Es la continuación hacia el norte de la anterior, se le encuentra en forma de lomas, laderas de algunas sierras y en valles intermontanos. Se diferencia de la anterior porque en sus depósitos hay más presencia de material de origen volcánico (se representa de color rosa).

Rocas ígneas extrusivas

- g) *Riolita-Toba ácida*. Esta roca volcánica solo se le encuentra en las partes altas de las sierras, está más concentrada en el margen derecho del área.

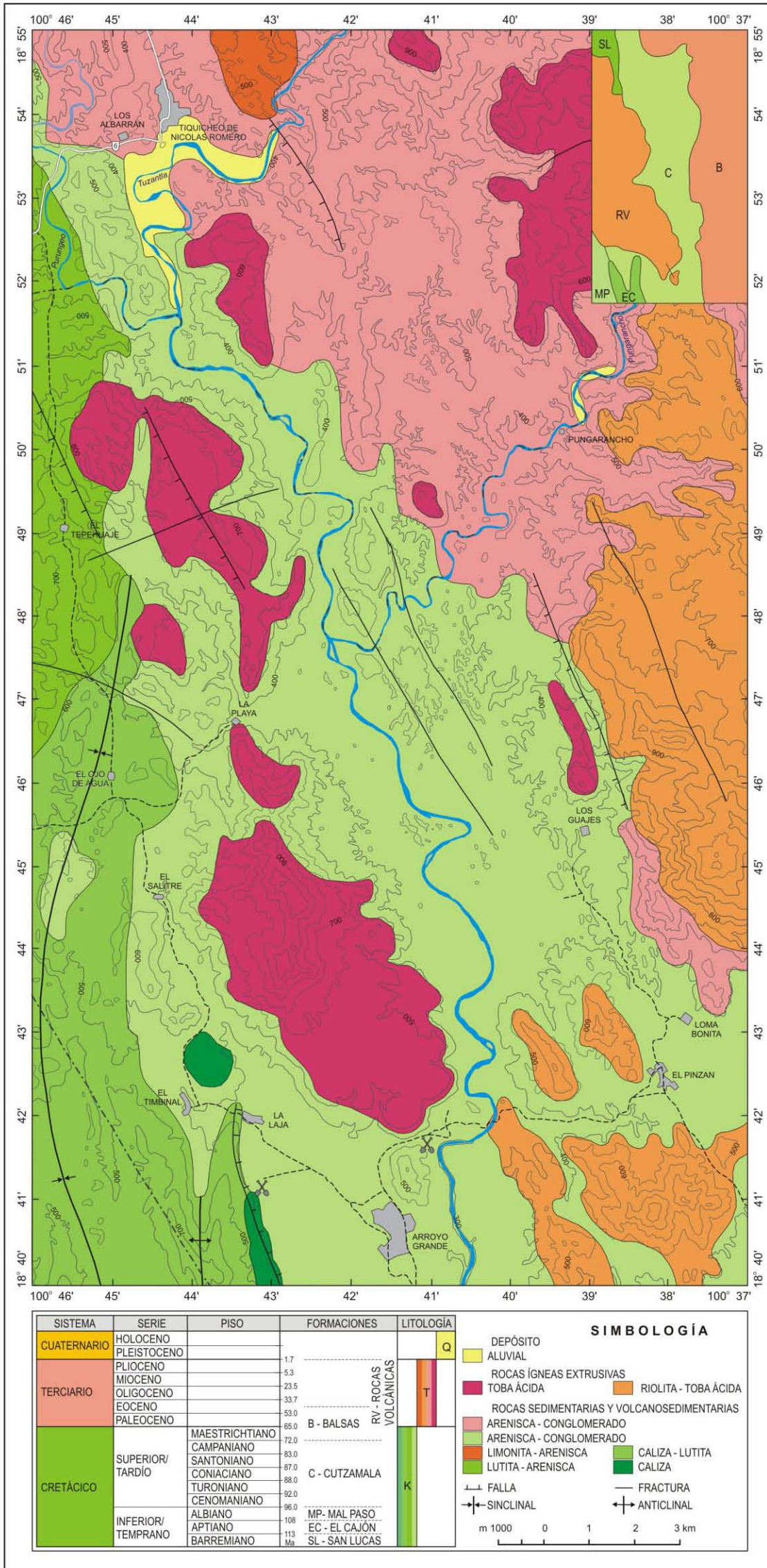
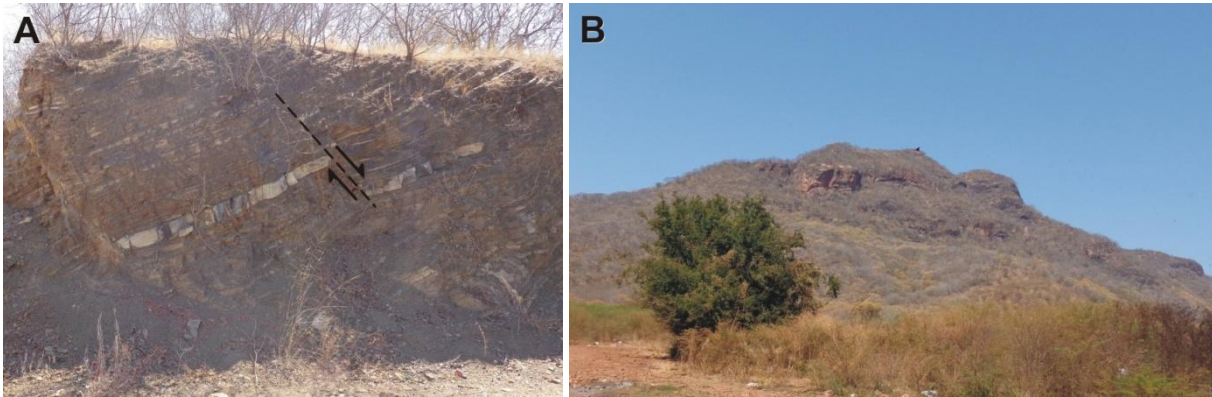


Figura 4. Mapa geológico (Fuente: Pantoja-Alor, 1959; Cserna, 1983; Buitrón-Sánchez y Pantoja-Alor, 1998; Omaña-Pulido and Pantoja-Alor, 1998).

h) *Toba ácida*. Al igual que la anterior, ésta toba riolítica solo se encuentra en las partes más altas de las sierras, pero de forma aislada (fotografía 3B).



Fotografías 3. **A.** Sucesión estratigráfica de calizas y lutitas de la Formación San Lucas con inclinación de 22 grados, nótese la presencia de una falla normal; sitio a dos km al sur de Albarrán. **B.** Vista panorámica del cerro El Chivo, al centro se observa un escarpe que expone toba riolítica. (Fotografías tomadas por la autora en 2017).

Depósito (sedimentos)

i) *Suelo aluvial*. Solo se le encuentra en una planicie al sur de Tiquicheo, en ambos márgenes del río Tuzantla, en esta zona por la baja pendiente presenta varios meandros.

3.2.2.2. ESTRATIGRAFÍA

En el primer apartado de Geología se trató a las rocas desde el punto de vista litológico, es decir por su tipo; aquí se describirán brevemente en función de su datación y origen, siguiendo la estratigrafía de la región (ver cuadro al final de la figura 4 y la representación del área de estudio en el pequeño mapa de la esquina superior derecha del Mapa Geológico), previamente descrita por varios autores (Altamira-Areyán, 2002; Cserna, 1983; Buitrón-Sánchez y Pantoja-Alor, 1998; Martini *et al.* 2009; Morales-Gamez, 2005; Omaña-Pulido and Pantoja-Alor, 1998; Pantoja-Alor, 1959).

a) *Formación San Lucas*. Esta formación cretácica es la más antigua que se encuentra en la zona, tiene una edad superior a los 113 millones de años. Se le encuentra en la esquina superior izquierda del área de estudio.

- b) *Formación El Cajón*. Se le atribuye una edad entre 108 y 113 millones de años, ocupando solo el Aptiano. Se le encuentra en el sur del área de estudio, formando al cerro Los Huajes.
- c) *Formación Mal Paso*. Tiene una edad entre 96.0 y 108 millones de años, ocupando el Albiano. Se encuentra solo en la esquina inferior izquierda del área de estudio.
- d) *Formación Cutzamala*. Se le atribuye una edad aproximada entre 72 y 96 millones de años, ocupando los límites entre el Campaniano y el Cenomaniano. Se encuentra en la parte central del área de estudio, desde el límite norte hasta el límite sur.
- e) *Formación Balsas*. Tiene una edad aproximada entre los 40 y 72 millones de años, ocupando la parte media del Eoceno hasta la parte final del Mastrichtiano. Se encuentra en todas las sierras y laderas a la derecha del área de estudio. El tipo de rocas que la forman incluyen calizas y lutitas cretácicas combinadas con volcánicas y sedimentarias.
- f) *Rocas Volcánicas*. Ocupan todo el Terciario, tiene edades entre 1.7 y 65 millones de años. Se encuentran en la serranía que limita a la izquierda del área de estudio, desde el cerro El Salto hasta el cerro El Molcajete.
- g) *Depósitos Cuaternarios*. Comienzan con el inicio del Cuaternario hace 1.7 millones de años hasta la fecha. Destaca la planicie aluvial al sur de Tiquicheo, en la parte más baja de diferentes valles intermontanos se pueden encontrar pequeños depósitos aluviales, que por cuestiones de escala no se pueden representar en el Mapa Geológico.

3.2.2.3. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

En su momento, la zona de estudio estuvo estructural y tectónicamente muy activa, como lo muestran las fallas, fracturas, pliegues (anticlinales y sinclinales) y ciertos lineamientos preferenciales presentes en la topografía.

Como puede apreciarse en la figura 4, existen varias fallas y fracturas que siguen una dirección NW-SE; la sierra coronada por tobas riolíticas y delimitada por los cerros El Salto y El Molcajete sigue esta dirección.

La inclinación de los diferentes estratos oscila entre los 10 y 25° (ver fotografía 3A), lo cual muestra esfuerzos de diferente magnitud. En la zona de caliza-lutita de la esquina inferior izquierda del Mapa Geológico se observan dos plegamientos, un sinclinal

de ~16.5 km que se extiende desde dicha esquina hasta casi llegar al poblado El Tepehuaje, y al cerro Los Huajes lo forma un anticlinal de ~2 km.

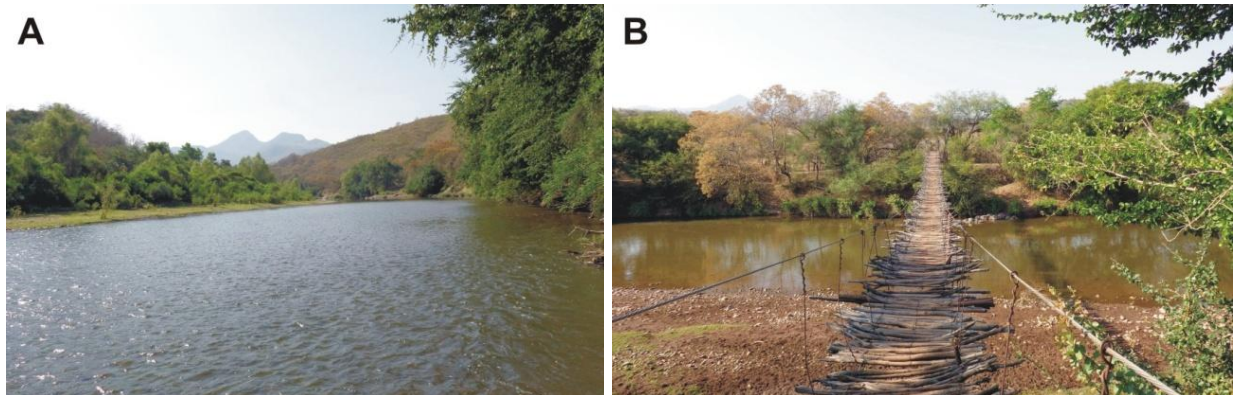
3.2.3. HIDROLOGÍA

En la parte noroeste (del área de estudio -figura 3-) a ~4.2 km al sur de la Cabecera Municipal de Tiquicheo se unen los ríos Purungueo y Tuzantla (este último también conocido como Zitácuaro), a la unión de estos dos ríos oficialmente ya se le denomina Río Cutzamala; a ~11.3 km aguas más abajo se le une el río Pungarancho (fotografías 4 A y B).

A continuación se describen las subcuencas de los tres ríos.

- a) Subcuenca del Río Purungueo. Cubre una superficie de 2,474 km², se localiza entre los 18° 51' y 19° 42' de Latitud Norte y 100° 44' y 101° 10' de Longitud Oeste, tiene sus orígenes dentro del Estado de Michoacán. Nace al noroeste de la Cuenca del Cutzamala; las corrientes que lo originan son el arroyo Patámbaro, que más adelante recibe el nombre de arroyo Chinapa o de Cucateo, el cual tiene como afluentes por la margen derecha a los arroyos de la Laja, Palo Quemado y otros de menor importancia; por la margen izquierda el arroyo San Carlos o Plan de Guadalupe, después de recibir este último arroyo, la corriente toma ya el nombre de río Purungueo; más adelante recibe por la margen izquierda los arroyos La Papaya, Tapatío y por la margen derecha el arroyo Seco. La corriente principal tiene una longitud de 128 km con una dirección general de Norte a Sur (CONAGUA, 1997).
- b) Subcuenca del Río Tuzantla. Drena un área de 3,583 km², geográficamente, se localiza entre los paralelos 18° 51' y 19° 48' de Latitud Norte y los meridianos de 100° 12' y 100° 45' de Longitud Oeste, quedando comprendida dentro del Estado de Michoacán. Nace al norte de la Cuenca Alta del Cutzamala; los escurrimientos que lo forman son las de los ríos Pucuito y Tijimaroa que tienen como afluentes el arroyo Verde; inicialmente recibe los nombres de río Turundeo y posteriormente el de río Grande de Tuxpan, teniendo este último como afluentes, por su margen derecha el arroyo El Fresno y por la margen izquierda el arroyo Tetengueo; posteriormente, recibe los ríos Chiquito y Zitácuaro, adquiriendo el nombre de este último; al pasar por la población de Tuzantla, recibe el nombre de éste poblado. La corriente principal tiene una longitud de 179 km (CONAGUA, 1997).

c) Subcuenca del Río Pungarancho. Se localiza entre los paralelos $18^{\circ} 47'$ y $19^{\circ} 35'$ de Latitud Norte y los meridianos de $99^{\circ} 24'$ y $100^{\circ} 42'$ de Longitud Oeste, sus primeros afluentes se originan dentro del Estado de México. Nace en las faldas del Nevado de Toluca, los ríos que lo forman vienen de Mineral El Oro recibiendo muchos afluentes hasta tomar el nombre de río Salitre, pasa cerca de Villa Victoria (donde se construyó la presa que lleva el mismo nombre), sigue su recorrido y muy cerca está el sistema Cutzamala por el cual se surte de agua a la Ciudad de México. Más adelante recibe el nombre de río Tilostoc; casi de forma paralela, diferentes afluentes dan origen a la Presa Valle de Bravo, las descargas de ésta se unen al río Tilostoc, formando una pequeña presa del mismo nombre. Posteriormente, durante el recorrido se le unen aguas de la Presa Colorines (en este tramo se encuentran los sistemas hidroeléctricos de Ixtapantongo, Santa Bárbara y Colorines). A la unión del Tilostoc con el río Temascaltepec (a su vez también alimentado con aguas de la Presa Los Pinzanes) oficialmente ya recibe el nombre tarasco de río Pungarancho, por el poblado riverero del mismo nombre (CONAGUA, 1997).



Fotografías 4. **A.** Vista panorámica del río Purungueo, desde el poblado de la Piedra China. **B.** Puente de madera sobre el río Tuzantla, cerca del poblado El Mango, Municipio de Tiquicheo. (Fotografías tomadas por la autora en 2017).

3.2.4. CLIMA

Para conocer el clima de la región, se utilizó información de las 4 estaciones meteorológicas más cercanas a la presa. Las estaciones son:

1. Tiquicheo de Nicolás Romero, Michoacán: Latitud $18^{\circ}54'00''$ Norte, Longitud $100^{\circ}44'14''$ Oeste, Altitud 380 msnm. Periodo 1955-1971.
2. El Gallo, Cutzamala de Pinzón, Guerrero: Latitud $18^{\circ}43'35''$ Norte, Longitud $100^{\circ}40'09''$ Oeste, Altitud 310 msnm. Periodo 1960-1997.

3. San Lucas, Michoacán: Latitud 18°34'00" Norte, Longitud 100°47'00" Oeste, Altitud 318 msnm. Periodo 1964-1985.
4. Cutzamala de Pinzón, Guerrero: Latitud 18°27'56" Norte, Longitud 100°34'00" Oeste, Altitud 267 msnm. Periodo 1976-1996.

Los datos medios mensuales y anuales recopilados fueron: temperatura, precipitación, evaporación y escurrimiento (este último solo disponible para la Estación El Gallo)¹. Para clasificar el clima de la región (siguiendo la metodología propuesta por García, 1980, 1988, 2004) con los datos de temperatura y precipitación de cada estación se obtuvieron los valores promedio, tanto mensuales como anuales (ver cuadro 2). Posteriormente, con los datos de las cuatro estaciones, se calculó un valor promedio entre ellas (punto 5 del cuadro 2), con esta información se obtuvo el clima.

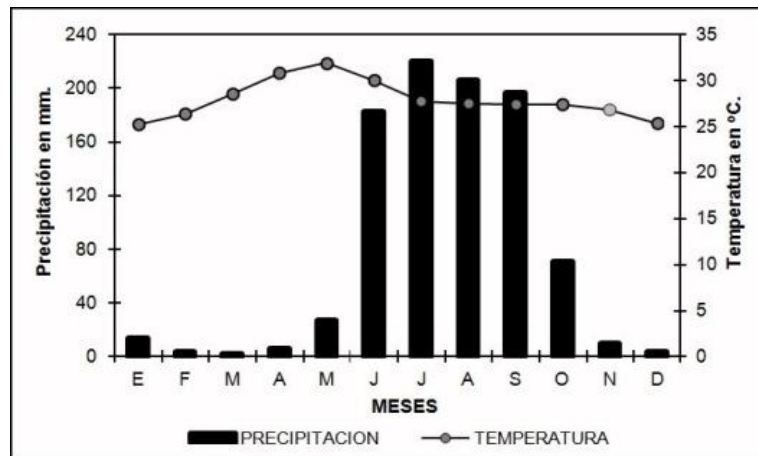
| Estación | | E | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D | Anual |
|--|---|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|---------|
| 1. Tiquicheo, Michoacán | T | 23.8 | 25.0 | 27.7 | 30.0 | 31.6 | 29.8 | 27.4 | 27.1 | 27.0 | 26.9 | 26.0 | 24.1 | 27.2 |
| | P | 13.2 | 2.6 | 0.8 | 7.6 | 21.9 | 156.6 | 208.4 | 192.0 | 191.7 | 69.4 | 8.8 | 2.6 | 875.6 |
| 2. El Gallo, Cutzamala de Pinzón, Guerrero | T | 25.7 | 26.7 | 28.9 | 31.1 | 32.1 | 29.9 | 27.6 | 27.3 | 27.2 | 27.3 | 26.8 | 25.6 | 28.0 |
| | P | 8.7 | 1.4 | 2.7 | 3.5 | 21.7 | 174.1 | 223.5 | 207.2 | 177.9 | 62.4 | 10.0 | 3.8 | 893.4 |
| 3. San Lucas, Michoacán | T | 25.2 | 26.7 | 28.8 | 31.0 | 32.1 | 30.3 | 27.9 | 27.5 | 27.3 | 27.5 | 26.7 | 25.6 | 28.1 |
| | P | 19.7 | 1.2 | 1.6 | 4.2 | 30.3 | 182.5 | 216.6 | 198.7 | 192.9 | 75.4 | 6.9 | 2.2 | 932.2 |
| 4. Cutzamala de Pinzón, Guerrero | T | 25.9 | 26.7 | 28.6 | 30.7 | 31.5 | 29.8 | 28.0 | 27.7 | 27.6 | 27.7 | 27.6 | 25.6 | 28.1 |
| | P | 12.4 | 6.2 | 2.1 | 5.1 | 31.6 | 215.4 | 230.4 | 224.1 | 221.4 | 72.9 | 12.5 | 4.4 | 1,038.5 |
| 5. Promedio | T | 25.2 | 26.3 | 28.5 | 30.7 | 31.8 | 30.0 | 27.7 | 27.4 | 27.3 | 27.4 | 26.8 | 25.2 | 27.8 |
| | P | 13.5 | 2.9 | 1.8 | 5.6 | 26.4 | 182.2 | 219.7 | 205.5 | 196.0 | 70.0 | 9.6 | 3.3 | 936.5 |

Cuadro 2. Datos de Temperatura en grados centígrados y Precipitación en milímetros de las estaciones meteorológicas más próximas a la Presa "El Gallo" (Con base en tarjetas mensuales de temperatura y precipitación proporcionadas por el Servicio Meteorológico Nacional).

Analizando la temperatura y precipitación promedio entre las estaciones (cuadro 2, 5. Promedio) y viendo su comportamiento a lo largo del año (gráfica 1), el clima del área de acuerdo con la clasificación climática de Köeppen (1948) corresponde al tipo A (Tropical). Por su parte, el régimen pluvial es el mismo que en la mayor parte de México, las lluvias ocurren durante los meses de verano (w). Siguiendo la misma clasificación de Köeppen, pero ahora modificada por Enriqueta García (1988, 2004) el clima de la zona corresponde al cálido subhúmedo, con temperatura que va desde los 25.2° C (cuadro 2, 5. Promedio, Temperatura de los meses de enero y diciembre), registrándose la más alta en el mes de mayo (cuadro 2, 5. Promedio), su fórmula climática es Awo (w) (e) g. La

¹ La información fue tomada de las tarjetas mensuales de temperatura, precipitación, evaporación y escurrimiento proporcionadas por el Servicio Meteorológico Nacional, Av. Observatorio 192, Col. Observatorio, Del. Miguel Hidalgo y de la página web smn.cna.gob.mx/es/componet/content/article?id=42 CNA-Servicio Meteorológico Nacional, Normales Climatológicas por Estado.

precipitación media anual es de 936.5 mm c, la temporada de lluvias ocurre de junio a septiembre (85.7% de la precipitación media anual = 803.4 mm); hay un incipiente inicio en mayo y en octubre se reduce a poco más de un tercio con respecto al mes que le antecede (meses transicionales 10.2% = 96.4 mm); entre noviembre y abril se registra el periodo más seco (3.9% = 36.7 mm).



Gráfica 1. Comportamiento mensual de los datos promedio de Temperatura y Precipitación de las estaciones meteorológicas más próximas a la Presa “El Gallo” (Con base en tarjetas mensuales de temperatura y precipitación proporcionadas por el Servicio Meteorológico Nacional).

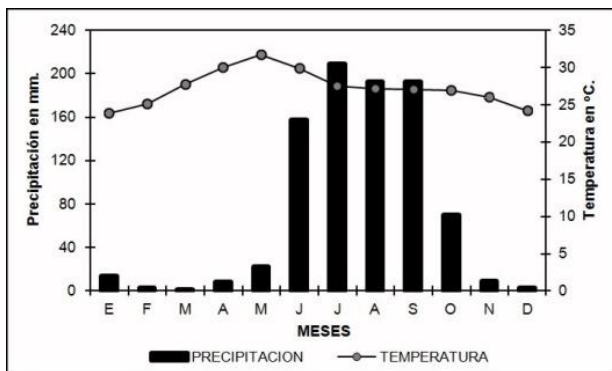
El tipo de clima aquí obtenido, viene a confirmar lo expuesto por:

1. La SP (1970) en su carta de climas, para la región aquí estudiada designa la fórmula climática $Aw_0(w)(e)g$.
2. García (1988, 1989, 2004) también designa la fórmula climática $Awo(w)(e)g$, además menciona que el clima de esta zona corresponde al cálido subhúmedo, con temperatura que va desde los $24.5^{\circ}C$, registrándose la más alta en los meses de abril y mayo; presenta una estacionalidad con respecto a la precipitación, la temporada de lluvias ocurre de junio a septiembre.
3. CONABIO (1998) y Vidal-Zepeda (2007) en sus respectivos mapas de clima, designan a la zona el clima cálido subhúmedo (Awo).

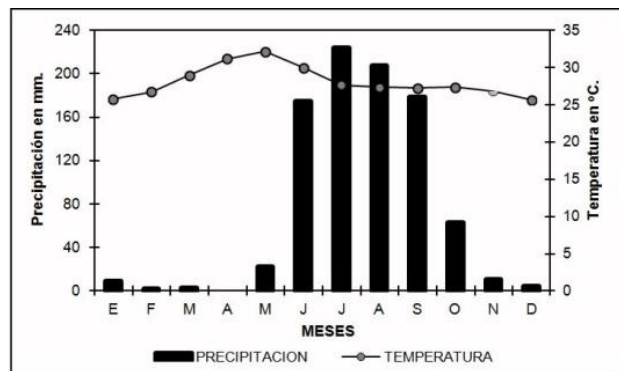
3.2.4.1. TEMPERATURA Y PRECIPITACIÓN

Para conocer el comportamiento de la temperatura y la precipitación, los datos de las estaciones mostrados en el cuadro 2, fueron graficados para una mejor observación/comparación (ver gráficas 2 a 5), se aprecia que la marcha de la

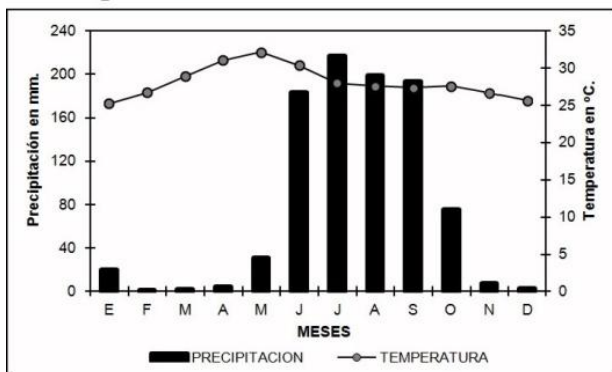
temperatura a lo largo del año es similar entre ellas, las pequeñas diferencias se deben a su distinta altitud. Al analizar la distribución de la temperatura a lo largo del año se obtiene que diciembre y enero son los meses más “fríos”, la temperatura más baja se registró en Tiquicheo, en enero con 23.8° C. Del otro lado, la temperatura más alta es de 32.1° C, se registró en mayo en las estaciones El Gallo y San Lucas. La temperatura media anual entre las estaciones es muy parecida, no difiere más de un grado centígrado, en Tiquicheo se registran 27.2° C contra 28.1° C en San Lucas y Cutzamala de Pinzón.



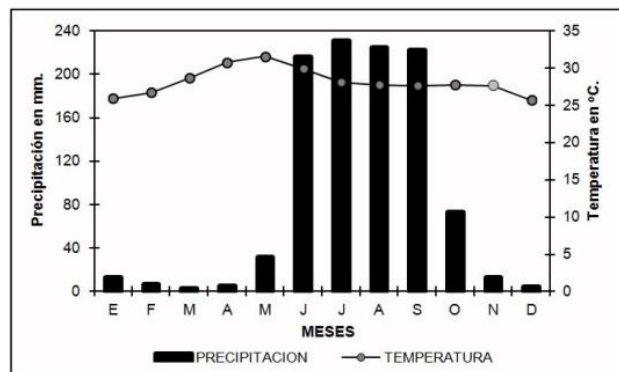
2. Tiquicheo, Michoacán.



3. El Gallo, Guerrero.



4. San Lucas, Michoacán.



5. Cutzamala de Pinzón, Guerrero.

Gráficas 2-5. Comportamiento mensual de Temperatura y Precipitación de las estaciones meteorológicas utilizadas en este estudio (Con base en tarjetas mensuales de temperatura y precipitación proporcionadas por el Servicio Meteorológico Nacional).

La precipitación en la zona ocurre durante los meses del verano (w), inicia con un pequeño repunte en el mes de mayo (ver gráficas 2 a 5); de junio a septiembre es propiamente la época lluviosa; en las cuatro estaciones julio es el mes que más llueve, el valor más alto registrado es de 230.4 mm, en Cutzamala de Pinzón. Posteriormente, la precipitación decrece a casi un tercio en octubre, hasta alcanzar valores bajos en diciembre, siendo el menor de ellos de 2.2 mm en San Lucas. En enero hay un ligero

incremento, al que le siguen los dos meses más secos febrero y marzo, en este último mes se registra el valor más bajo con 0.8 mm en Tiquicheo; finalmente, en abril se aprecia un pequeño incremento, que marca el inicio de las primeras lluvias. Entre las estaciones, la precipitación media anual más baja registrada es de 875.6 mm en Tiquicheo, mientras que la más alta es de 1,038.5 mm en Cutzamala de Pinzón.

3.2.4.2. EVAPORACIÓN Y EVAPOTRANSPIRACIÓN

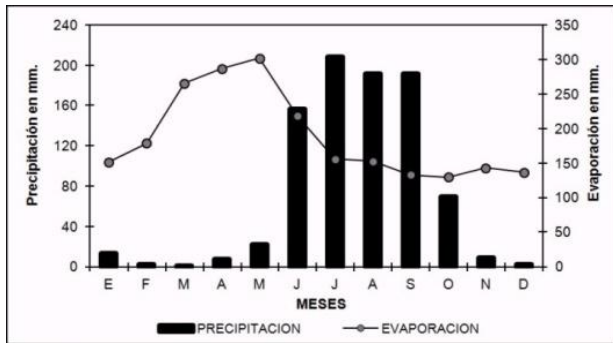
Una gran parte del agua que llega a la tierra, vuelve a la atmósfera en forma de vapor, directamente por *evaporación* o, a través de las plantas por *transpiración*. Ante la necesidad de conocer y medir este proceso (con fines agrícolas), en 1945 en todo el territorio nacional se ponen en marcha 228 estaciones (equipadas con *evaporímetros* y *evaporógrafos*) colocadas estratégicamente en los principales lagos, lagunas y presas, el proyecto estuvo coordinado por la Comisión Nacional de Irrigación, la Comisión Federal de Electricidad y la Dirección de Geografía (Tamayo, 1946).

De los datos de evaporación en mm de cada una de las cuatro estaciones estudiadas, se obtuvieron los valores promedio, tanto mensuales como anuales (ver cuadro 3).

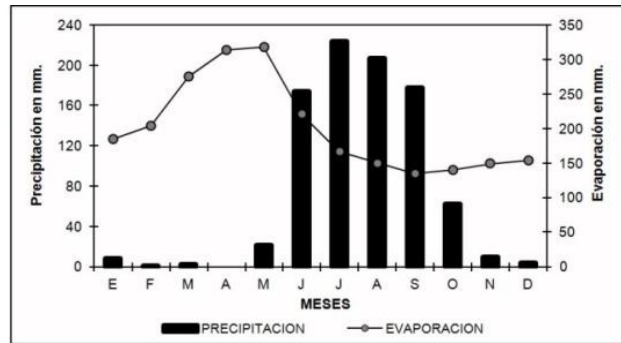
| Estación | E | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D | Anual |
|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|
| 1. Tiquicheo | 152.3 | 179.3 | 265.7 | 287.0 | 302.1 | 219.2 | 156.6 | 153.3 | 133.5 | 130.1 | 143.6 | 137.1 | 2,259.8 |
| 2. El Gallo | 185.6 | 204.5 | 275.8 | 314.6 | 318.6 | 221.2 | 167.5 | 150.8 | 135.2 | 141.0 | 149.1 | 154.3 | 2,418.2 |
| 3. San Lucas | 165.5 | 203.2 | 302.8 | 349.7 | 354.3 | 254.4 | 185.7 | 166.0 | 142.0 | 134.1 | 139.5 | 144.9 | 2,542.1 |
| 4. Cutzamala | 129.5 | 155.5 | 217.0 | 249.6 | 267.8 | 200.5 | 170.8 | 159.8 | 139.1 | 135.7 | 123.1 | 122.9 | 2,071.3 |

Cuadro 3. Datos de Evaporación en milímetros de las estaciones meteorológicas más próximas a la Presa “El Gallo” (Con base en tarjetas mensuales de evaporación proporcionadas por el Servicio Meteorológico Nacional).

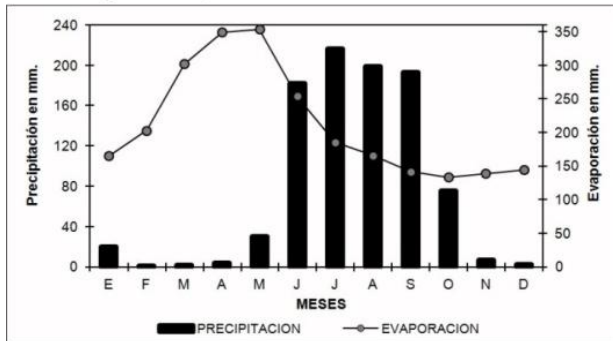
Cuando la precipitación es mayor que la evaporación, la zona es húmeda, manifestándose lo anterior con la existencia de exuberante vegetación, pero, si la evaporación es igual o mayor que la precipitación, entonces la zona toma características semidesérticas o desérticas, influyendo para que la vegetación sea escasa o que predomine la vegetación xerófita. Para comparar los datos de precipitación del cuadro 2 con los datos de evaporación del cuadro 3, ambos se representaron en una misma gráfica (ver gráficas 6-9).



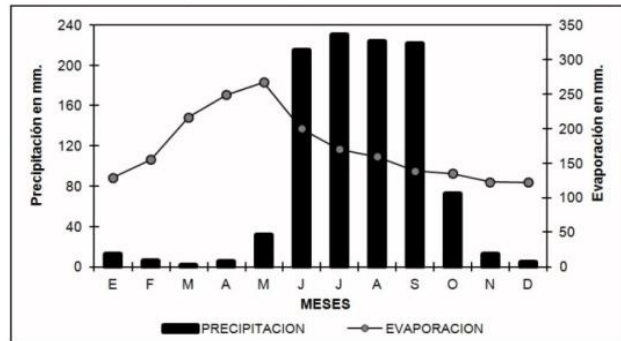
6. Tiquicheo, Michoacán.



7. El Gallo, Guerrero.



8. San Lucas, Michoacán.



9. Cutzamala de Pinzón, Guerrero.

Gráficas 6-9. Comparación entre el comportamiento anual de la Precipitación y la Evaporación en las estaciones meteorológicas utilizadas en este estudio (Con base en tarjetas mensuales de evaporación proporcionadas por el Servicio Meteorológico Nacional).

En la zona de estudio por la predominante vegetación de matorral, se puede sugerir que la evaporación es considerable y sobrepasa a la precipitación. Al observar las gráficas de las estaciones, se aprecia que la línea de evaporación sigue el mismo comportamiento, además de que en la época seca del año sigue la misma tendencia de la temperatura, mayo es el mes con mayor evaporación, destacando San Lucas con 354.3 mm. La llegada de la lluvia en junio produce un aumento de humedad en la zona y por consiguiente la evaporación disminuye durante la temporada de lluvias. Finalmente, con el inicio de la temporada de estiaje (en noviembre) la evaporación comienza a elevarse nuevamente.

El análisis y comparación entre la precipitación y la evaporación representada en las gráficas 6-9, demuestra que la evaporación registrada duplica a la precipitación, de ahí que el ambiente de la zona sea seco con predominio de vegetación xerófito. Para ejemplificar lo anterior, basta mencionar que en la estación de San Lucas llueven 932.2 mm al año, contra 2,542.1 mm que se evaporan (el 272.7%), algo similar ocurre con las otras estaciones.

Por otro lado, en esta investigación también se utilizaron tres métodos diferentes para calcular la evaporación del área de estudio (las fórmulas aparecen en los Anexos 1-3), los resultados se muestran en el cuadro 4.

| 1. Tiquicheo | E | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D | Anual |
|---------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|--------------|
| E. Martonne | 1,014.0 | 1,050.0 | 1,131.0 | 1,200.0 | 1,248.0 | 1,194.0 | 1,122.0 | 1,113.0 | 1,110.0 | 1,107.0 | 1,080.0 | 1,023.0 | 13,392.0 |
| E. Langbein | 1,078.0 | 1,120.0 | 1,214.5 | 1,295.0 | 1,351.0 | 1,288.0 | 1,204.0 | 1,193.5 | 1,190.0 | 1,186.5 | 1,155.0 | 1,088.5 | 14,364.0 |
| E. Turc | 1,594.1 | 1,731.3 | 2,080.2 | 2,425.0 | 2,692.7 | 2,393.2 | 2,038.5 | 1,997.6 | 1,984.2 | 1,970.8 | 1,853.8 | 1,627.4 | 24,388.7 |
| 2. El Gallo | E | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D | Anual |
| E. Martonne | 1,071.0 | 1,101.0 | 1,167.0 | 1,233.0 | 1,263.0 | 1,197.0 | 1,128.0 | 1,119.0 | 1,116.0 | 1,119.0 | 1,104.0 | 1,068.0 | 13,686.0 |
| E. Langbein | 1,144.5 | 1,179.5 | 1,256.5 | 1,333.5 | 1,368.5 | 1,291.5 | 1,211.0 | 1,200.5 | 1,197.0 | 1,200.5 | 1,183.0 | 1,141.0 | 14,707.0 |
| E. Turc | 1,816.2 | 1,944.2 | 2,254.4 | 2,606.5 | 2,781.3 | 2,409.0 | 2,066.2 | 2,024.8 | 2,011.2 | 2,024.8 | 1,957.4 | 1,803.9 | 25,700.0 |
| 3. San Lucas | E | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D | Anual |
| E. Martonne | 1,056.0 | 1,101.0 | 1,164.0 | 1,230.0 | 1,263.0 | 1,209.0 | 1,137.0 | 1,125.0 | 1,119.0 | 1,125.0 | 1,101.0 | 1,068.0 | 13,698.0 |
| E. Langbein | 1,127.0 | 1,179.5 | 1,253.0 | 1,330.0 | 1,368.5 | 1,305.5 | 1,221.5 | 1,207.5 | 1,200.5 | 1,207.5 | 1,179.5 | 1,141.0 | 14,721.0 |
| E. Turc | 1,755.2 | 1,944.2 | 2,239.4 | 2,589.6 | 2,781.3 | 2,473.4 | 2,108.4 | 2,052.3 | 2,024.8 | 2,052.3 | 1,944.2 | 1,803.9 | 25,769.0 |
| 4. Cutzamala | E | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D | Anual |
| E. Martonne | 1,077.0 | 1,101.0 | 1,158.0 | 1,221.0 | 1,245.0 | 1,194.0 | 1,140.0 | 1,131.0 | 1,128.0 | 1,131.0 | 1,128.0 | 1,068.0 | 13,722.0 |
| E. Langbein | 1,151.5 | 1,179.5 | 1,246.0 | 1,319.5 | 1,347.5 | 1,288.0 | 1,225.0 | 1,214.5 | 1,211.0 | 1,214.5 | 1,211.0 | 1,141.0 | 14,749.0 |
| E. Turc | 1,841.2 | 1,944.2 | 2,209.7 | 2,539.2 | 2,675.3 | 2,393.2 | 2,122.6 | 2,080.2 | 2,066.2 | 2,080.2 | 2,066.2 | 1,803.9 | 25,822.1 |

Cuadro 4. Datos de evaporación en milímetros obtenidos por los métodos de Martonne, Langbein y Turc (Elaboración propia).

Cualquier método para calcular evaporación y evapotranspiración es empírico, es decir, el resultado es lo que se pierde en teoría, pero son aproximaciones que ayudan a conocer o tener cierta idea de lo que ocurre. Los métodos de Martonne, Langbein y Turc utilizan el registro de la temperatura para multiplicarlo por constantes; en este caso en que las temperaturas son elevadas, los resultados de la posible o potencial evaporación es muy alta. En el cuadro 4 se puede apreciar que en todas las estaciones, a lo largo de los diferentes meses la posible evaporación es elevada, por lo que su sumatoria anual oscila entre los 13,392 y los 25,822 mil milímetros. Cabe resaltar que entre los resultados de los tres métodos existen diferencias significativas, pero si se comparan los resultados de un mismo método tienen cierta similitud. Lo anterior demuestra que no son confiables al cien por ciento los métodos para obtener la evaporación y evapotranspiración, por lo cual hay que tomar con cierta reserva sus resultados.

3.2.4.3. ESCURRIMIENTO

Al escurrimiento en su manera más simple, se le conoce como la parte de la precipitación que no se evapora hacia la atmósfera o se infiltra al subsuelo. En este

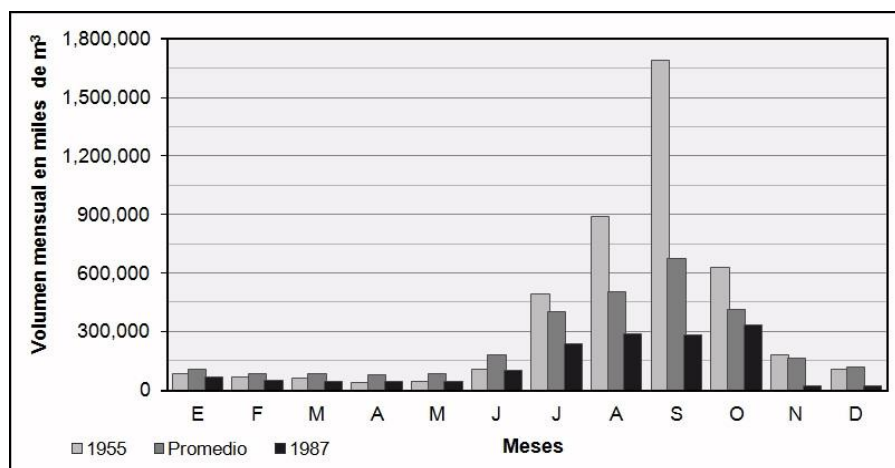
apartado solo se va a observar su comportamiento en relación con la precipitación; más adelante en otro punto se le va a analizar desde otra perspectiva.

Se analizaron datos de escurrimiento en millones de m³ de la Estación Hidrométrica El Gallo, registrados de 1955 a 1994 (ver Anexo 4), su cuenca de captación es de 10,739 km² y registra un escurrimiento anual medio de 2,876,549 m³. Para observar su comportamiento a lo largo del año, en el cuadro 5 se muestran los valores máximo (1955), mínimo (1987) y medio.

| | E | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D | ANUAL |
|-------|---------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|-----------|---------|---------|---------|-----------|
| 1955 | 81,700 | 62,950 | 59,100 | 35,700 | 42,150 | 108,070 | 491,980 | 888,560 | 1,693,060 | 626,390 | 179,410 | 105,330 | 4,374,400 |
| Medio | 102,456 | 84,692 | 82,820 | 74,651 | 83,256 | 177,235 | 400,563 | 504,246 | 671,502 | 413,320 | 164,388 | 117,421 | 2,876,549 |
| 1987 | 63,440 | 51,140 | 44,930 | 41,940 | 45,230 | 100,220 | 237,920 | 289,610 | 280,640 | 330,830 | 22,410 | 21,750 | 1,529,960 |

Cuadro 5. Escurrimiento máximo, mínimo y medio en millones de m³ registrado en la Estación Hidrométrica El Gallo (Con base en tarjetas mensuales de escurrimiento proporcionadas por el Servicio Meteorológico Nacional y elaboración propia).

Los datos del cuadro 5 se utilizaron para realizar la Gráfica 10, donde independientemente de los valores que se están representando el año con más y menos escurrimiento, así como el valor medio, es notorio que el tamaño entre las barras es proporcional, es decir, sigue un comportamiento similar, este patrón de distribución de la lluvia se debe a la estacionalidad de las precipitaciones a lo largo del año.



Gráfica 10. Comportamiento anual del escurrimiento en la Estación Hidrométrica "El Gallo" (Con base en tarjetas mensuales de escurrimiento proporcionadas por el Servicio Meteorológico Nacional y elaboración propia).

En la gráfica 10 se aprecia que el escurrimiento inicia en junio, el primer mes de la temporada de lluvias; a medida que sigue lloviendo en julio y agosto, el escurrimiento

sigue aumentando. La precipitación de estos tres meses, no solo ha ocasionado que aumente el escurrimiento superficial, sino que ha recargado el manto freático y su excedente ha empezado a salir en forma de manantiales y ojos de agua, de ahí que es en septiembre cuando aumenta el escurrimiento. A pesar de que en octubre la lluvia disminuye, por el efecto de que el nivel freático sigue alimentando arroyos intermitentes, todavía es significativo el escurrimiento. De noviembre a mayo durante la temporada de estiaje, se alcanzan los valores mínimos de escurrimiento, siendo los ríos permanentes los únicos que mantienen aunque sea reducido su caudal de agua.

3.2.5. EDAFOLOGÍA

La Organización Mundial de la Alimentación y la Agricultura (FAO/UNESCO), organismo dependiente de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) en 1961 intentó homogeneizar todos los términos edáficos en su propia clasificación.

La Clasificación de la FAO designa nombres que provienen de raíces griegas, latinas, rusas y japonesas. En ella existen 26 unidades principales (se representan con una letra mayúscula y el nombre subrayado), divididas en subunidades (representadas por medio de una letra minúscula) a partir de características menores.

En el caso de México solo se encuentran 25 unidades, las cuales se dividen en 98 subunidades (INEGI, 1989). En el área de estudio (figura 5 -Mapa Edafológico-, fuente SPP, 1983a) solo se aprecian 7 unidades de suelo.

De los diversos tipos de suelos registrados para la región, los más extensos son: Litosoles, Regosoles y Cambisoles que cubren ~75% del área total. A continuación se menciona una breve descripción de cada unidad (tomada de INEGI, 1989) y su ubicación:

Cambisol. El nombre proviene del vocablo latino *cambiare*: cambiar, literalmente significa suelo que cambia. Se representa con la letra B.

Estos suelos por lo general son jóvenes y poco desarrollados, se pueden presentar en cualquier clima, menos en zonas áridas. Puede tener cualquier tipo de vegetación, ya que se encuentra condicionado por el clima y no por el suelo. Se caracteriza por presentar en el subsuelo una capa que parece más suelo de roca, ya que en ella se forman terrones. Son muy abundantes y se destinan a muchos usos con rendimientos variados. Su susceptibilidad a erosionarse es de alta a moderada.

Se le encuentra en algunas laderas y en partes altas al este del área de estudio, en cerros como El Moscón, La Leona, El Limón, Cabrigo, Las Lajas y El Bonete.

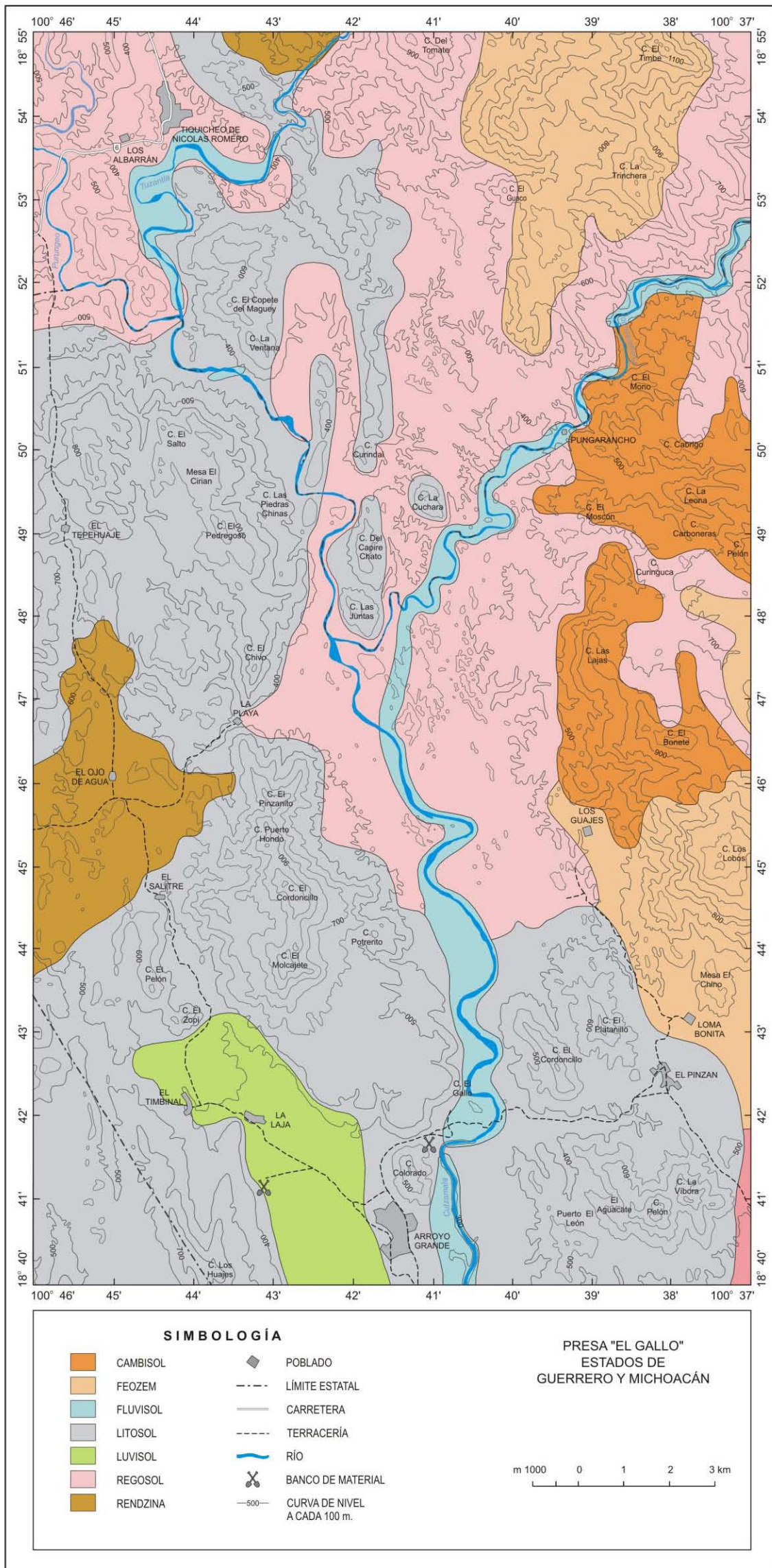


Figura 5. Mapa edafológico (Fuente: SPP, 1983a).

Feozem. Este suelo proviene de las raíces del griego *pgaio*: pardo y del ruso *zemlja*: tierra, literalmente se le llama tierra parda. Se representa con la letra H.

Son suelos que se encuentran en diferentes condiciones climáticas, como pueden ser zonas semiáridas, templadas o tropicales muy lluviosas, y en diferentes tipos de terreno, ya sea plano o montañoso. En condiciones naturales puede presentar cualquier tipo de vegetación.

Se caracteriza principalmente por tener una capa superior oscura, suave, rica en materia orgánica y en nutrientes. Sus usos son variados en función al clima, relieve y algunas condiciones locales. Su susceptibilidad a la erosión depende en función a la pendiente y humedad de la zona.

En el área de estudio solo se le encuentra ocupando valles, laderas y las cimas de los cerros El Timbe y La Trinchera al noreste y de los Lobos y Mesa el Chino al este.

Fluvisol. El nombre proviene del vocablo latino *fluvius*: río, literalmente significa suelo de río. Se representa con la letra J.

Este suelo se caracteriza por estar siempre formados por materiales acarreados y depositados por el agua en planicies o en ambas márgenes por donde escurre el agua de los ríos. Está constituido por materiales disgregados que no presentan estructuras de terrones, lo que equivale a decir que son suelos poco desarrollados. Estos suelos pueden ser someros o profundos, arenosos o arcillosos, fértiles o infértiles, dependen de los materiales que los forman. El tipo de vegetación que puede soportar varía desde selvas hasta matorrales o desiertos; la vegetación típica de estos suelos son el ahuehuete, las ceibas y los sauces. Presentan muchas veces capas alternadas de arena, arcilla y grava.

Se le encuentra bordeando el cauce de los ríos, sobre todo en donde se ensancha la angosta planicie aluvial, manifestándose con la presencia de meandros.

Litosol. El nombre de este suelo proviene de las raíces griegas *lithos*: piedra, literalmente significa suelo de piedra, Se le representa con la letra I.

Este suelo se encuentra en todos los climas. Se caracteriza por tener una profundidad menor de 10 cm desde la superficie hasta llegar a la roca madre, se encuentra principalmente en lomeríos, laderas y barrancas. Su susceptibilidad a erosionarse depende de la zona donde se encuentre. La vegetación natural que los cubre tiene limitantes de desarrollo por su poco espesor, si existe matorral el uso puede ser

ganadero, solo que hay que protegerlo del sobrepastoreo, el cual lo puede exterminar rápidamente.

Se le encuentra en casi la mitad de área de estudio, en valles, lomas, laderas y cuerpos montañosos inferiores a 1100 msnm.

Luvisol. El nombre de este suelo proviene del latín *luvi* o *luo*: lavar, literalmente es un suelo lavado. Se representa con la letra L.

Se le encuentra en zonas templadas o tropicales lluviosas y en climas secos. Se caracteriza por tener una profundidad menor de 10 cm hasta la roca madre. La vegetación natural es de bosque o selva. Tiene un alto contenido de arcilla en el subsuelo, su color va del rojo claro a tonos pardos o grises. Si se usan para agricultura producen rendimientos moderados. Si tiene vegetación de pastizal puede ser productivo para la ganadería. Su uso forestal es muy importante con rendimientos notables.

Se le encuentra al sur del área de estudio, en el valle donde se ubican los poblados de El Timbinal, La Laja, y Arroyo Grande.

Regosol. Este término proviene del vocablo griego *rhegos*: manto, literalmente es la capa de material suelto que cubre a la roca, se representa con la letra R.

Este tipo de suelos se les encuentra en distintos climas, soportando diferente vegetación. Se caracteriza por no presentar horizontes, en general son de color claro, pareciéndose a la roca que los subyace, se les encuentra con los litosoles o en afloramientos de rocas. Son someros, de fertilidad variable y su utilidad está condicionada por su profundidad.

Se encuentra en una buena parte del área de estudio, abarcando desde pequeñas planicies, valles intermontanos, lomas, laderas y algunas cimas montañosas.

Rendzina. Este nombre proviene del vocablo polaco *rzedzic*: ruido. Son suelos someros que producen ruido con el arado por su pedregosidad, se representa con la letra E.

Se presenta en climas semiáridos, tropicales o templados. Se caracteriza por tener una capa superficial abundante en materia orgánica y muy fértil que descansa sobre roca caliza. Generalmente son suelos arcillosos y poco profundos de menos de 25 cm, pueden soportar vegetación de selva. Si se desmontan se puede usar para la ganadería con rendimientos bajos a moderados; el uso forestal de estos suelos depende de la

vegetación que presenten. Son moderadamente susceptibles a la erosión, sobre todo en laderas y lomas.

Se le encuentra al oeste del área de estudio, en forma de lomas, laderas y la pequeña planicie donde se ubica el poblado El Ojo de Agua.

3.2.6. FLORA Y FAUNA

La biota en la zona de influencia de la presa presenta principalmente especies de flora y fauna propias de la Selva Baja Caducifolia. Dicha selva se desarrolla en condiciones climáticas en donde predominan los tipos cálidos subhúmedos, semisecos o subsecos; el más común es Aw, aunque también se presenta en BS y Cw. La temperatura media anual oscila entre los 18 a 28°C. Las precipitaciones anuales se encuentran entre 300 a 1,500 mm; con una estación seca bien marcada que va de 6 a 8 meses la cual es muy severa. Se le encuentra desde el nivel del mar hasta unos 1,900 m de altura; principalmente sobre laderas de cerros con suelos de buen drenaje (Rzedowski, 1981).

3.2.6.1. FLORA

El terreno que actualmente ocupa el embalse, estaba ocupado por vegetación de tipo Selva Baja Caducifolia y Matorral Espinoso (ver figura 6) (fotografías 5 A y B). Dentro de las comunidades vegetales de la selva, en las siguientes tablas (1-4) se enlistan las principales especies arbóreas, arbustivas, herbáceas y cactáceas (fotografías 6 A-F, 7 A y B y 8 A y B). Las especies fueron tomadas de CONAGUA (1997), página web de la CONABIO y observaciones directas en campo.



Fotografías 5. **A.** Vista panorámica del cerro El Copete de Maguey, destaca la vegetación de Selva Baja Caducifolia. **B.** Vista en primer plano de un pastizal inducido. (Fotografías tomadas por la autora en 2017).

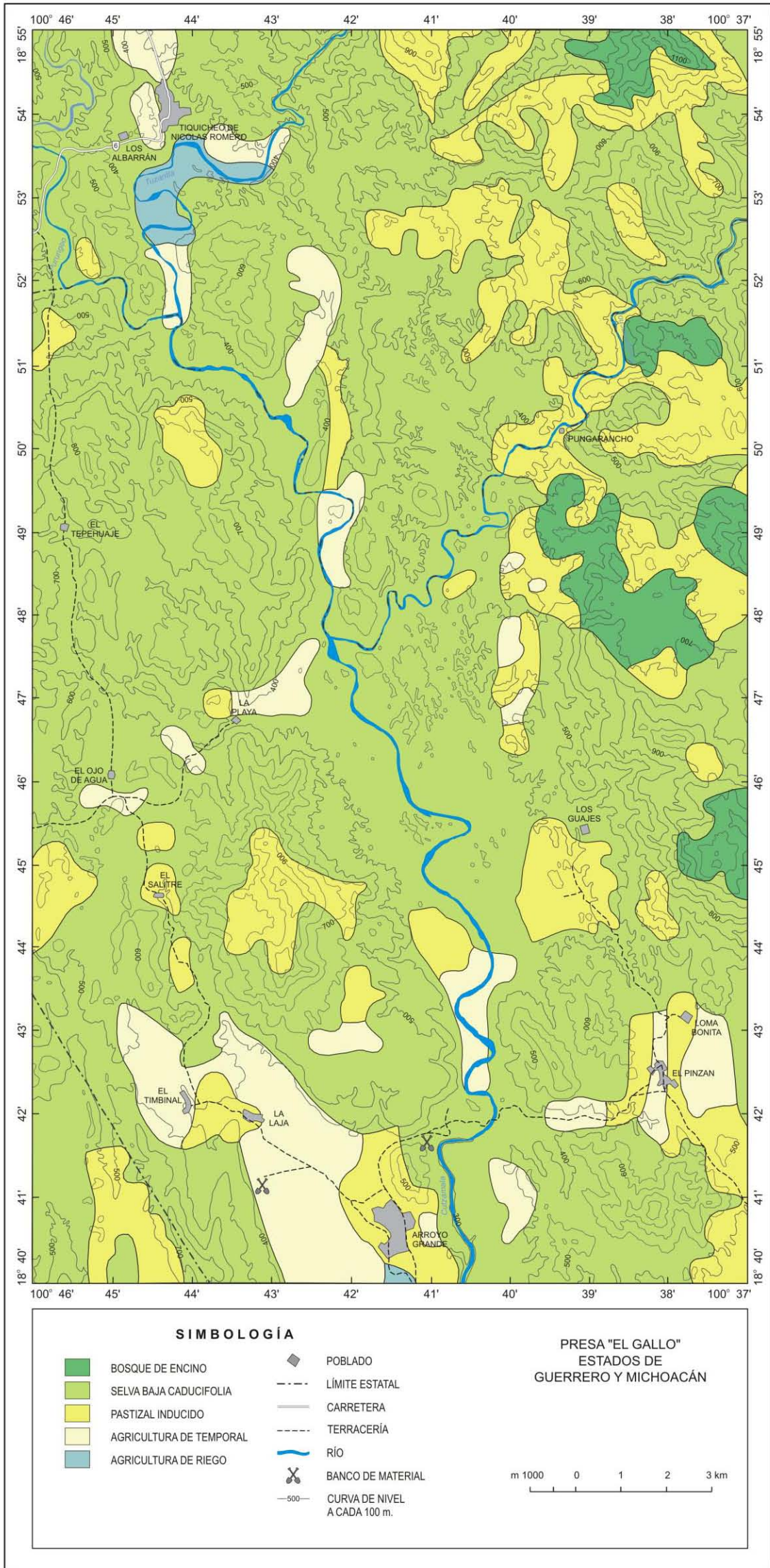
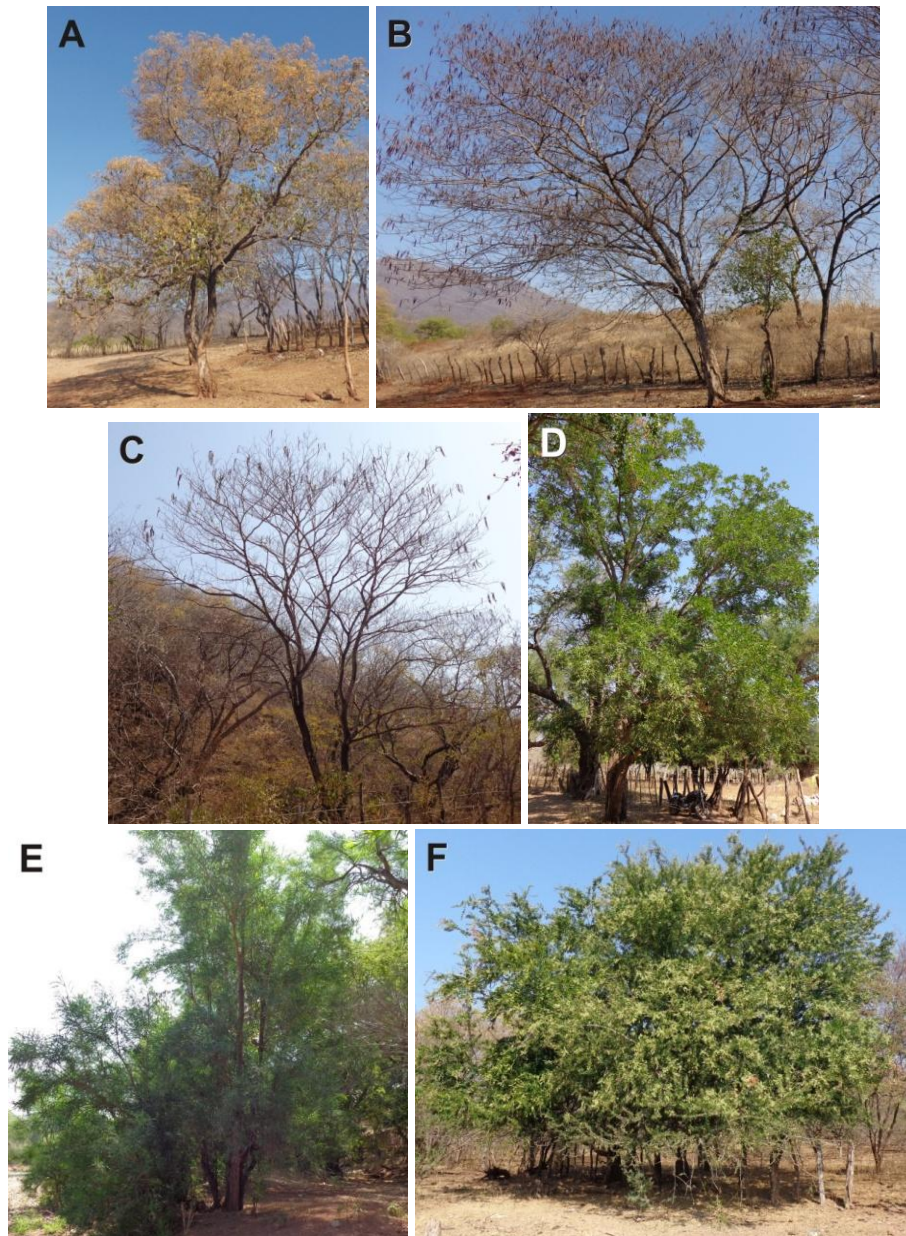


Figura 6. Mapa de Vegetación y Uso de Suelo (Fuente: SPP, 1984).

| Nombre Común | Nombre Científico | Uso |
|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------------|
| Espino blanco | <i>Acacia pennatula</i> | Forestal |
| Cuajilote colorado | <i>Bursera morelensis</i> | Leña |
| Copal cimarrón | <i>Bursera bipinata</i> | Industrial y leña |
| Palo verde | <i>Cercidium praecox</i> | Leña |
| Cueramo | <i>Cordial Boissieri</i> | Madera y leña |
| Panaco | <i>Cochlospermum vitifolium</i> | Medicinal |
| Palo de brasil | <i>Haematoxylon brasiletto</i> | Industrial, madera y medicinal |
| Cazahuate | <i>Ipomoea wolcottiana</i> | Medicinal |
| Guaje | <i>Leuceana esculeta</i> | Comestible y leña |
| Cacahuananche, cuirindal | <i>Licania arborea</i> | Industrial, medicinal |
| Tepehuaje | <i>Lysiloma acapulcensis</i> | Leña y medicinal |
| Palo blanco | <i>Lysiloma targemina</i> | Leña y medicinal |
| Guamuchil, Pinzan | <i>Pithecollobium dulce</i> | Comestible y medicinal |
| Rosa blanca | <i>Plumeria rubra</i> | Leña |
| Copaljote, cuajote | <i>Pseudosmodingium perniciosum</i> | Medicinal |
| Sauz, ahuejote | <i>Salix humboldtiana</i> | Medicinal |
| Kanatzín, palo de aro | <i>Lonchocarpus sp.</i> | Leña |
| Cirian | <i>Crescentia alata</i> | Medicinal |
| Bonete | <i>Jacaratia mexicana</i> | Comestible |
| Apoca | <i>Gonolobus sp</i> | Comestible |
| Quiringuca | <i>Lysiloma spp.</i> | Leña y medicinal |
| Tirinchicua | <i>Astianthus viminalis</i> | Leña y medicinal |
| Kanatzin, palo de aro | <i>Lonchocarpus sp.</i> | Leña |
| Cascalote | <i>Caesalpinia coriaria</i> | Medicinal |
| Brasil | <i>Caesalpinia echinata</i> | Medicinal |
| Sauce llorón | <i>Salix babylonica</i> | Leña |
| Cucharillo | <i>Clethra mexicana</i> | Madera |
| Atuto | <i>Vitix molli Kunths</i> | Medicinal |
| Cuachalalate | <i>Amphipterygium adstringens</i> | Medicinal |
| Cañufistula | <i>Cassia fistula</i> | Leña |
| Nanche | <i>Byrsonima crassifolia</i> | Comestible |
| Ciruela | <i>Spondias mombin</i> | Comestible |
| Corongoro | <i>Ziziphus amole</i> | Comestible |
| Palma de coco | <i>Cocos nucifera</i> | Comestible y leña |
| Ilama | <i>Annona diversifolia</i> | Comestible y medicinal |
| Anona | <i>Annona cherimola</i> | Comestible |
| Pochota | <i>Pentandra</i> | Forestal |
| Parota | <i>Enterolobium cyclocarpum</i> | Madera y comestible |
| Pánicua | <i>Cochlospermum vitifolium</i> | Madera y medicinal |
| Cacánicua, capulín | <i>Muntigia calabura</i> | Comestible y medicinal |

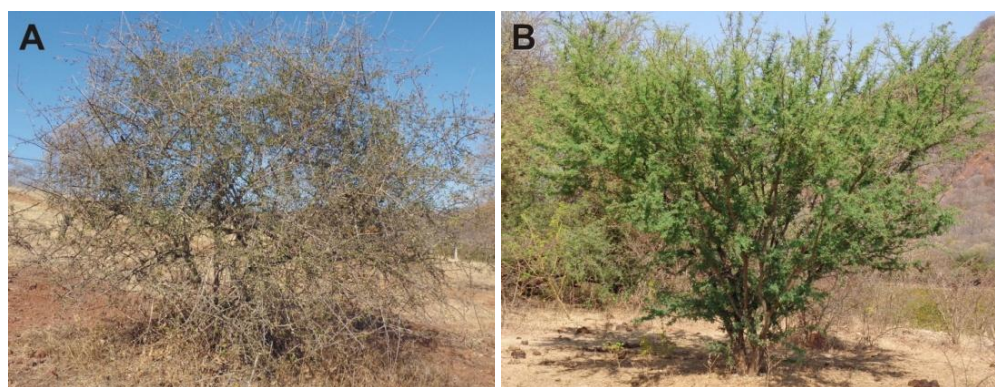
Tabla 1. Especies dominantes del estrato arbóreo [Fuente: CONAGUA (1997), página web de la CONABIO y observaciones directas en campo].



Fotografías 6. Principales arboles de la Selva Baja Caducifolia. Arboles de campo: **A.** Cueraamo. **B.** Cuitaz. **C.** Cañufistula. Arboles que prefieren la cercanía de cuerpos de agua: **D.** Quiringuca. **E.** Tirinchicua. **F.** Pinzan. (Fotografías tomadas por la autora en 2017).

| Nombre Común | Nombre Científico | Uso |
|------------------|-----------------------------|---------------------|
| Cuchara, cubata | <i>Acacia cymbistina</i> | Leña |
| Huizache | <i>Acacia farnesiana</i> | Industrial y madera |
| Subín | <i>Acacia spp.</i> | Leña |
| Diente de molino | <i>Lonchocarpus rugosus</i> | Leña |
| Uña de gato | <i>Mimosa benthamii</i> | Forestal |
| Atuz | <i>Prosopis spp.</i> | Comestible |

Tabla 2. Especies dominantes del estrato arbustivo [Fuente: CONAGUA (1997), página web de la CONABIO y observaciones directas en campo].



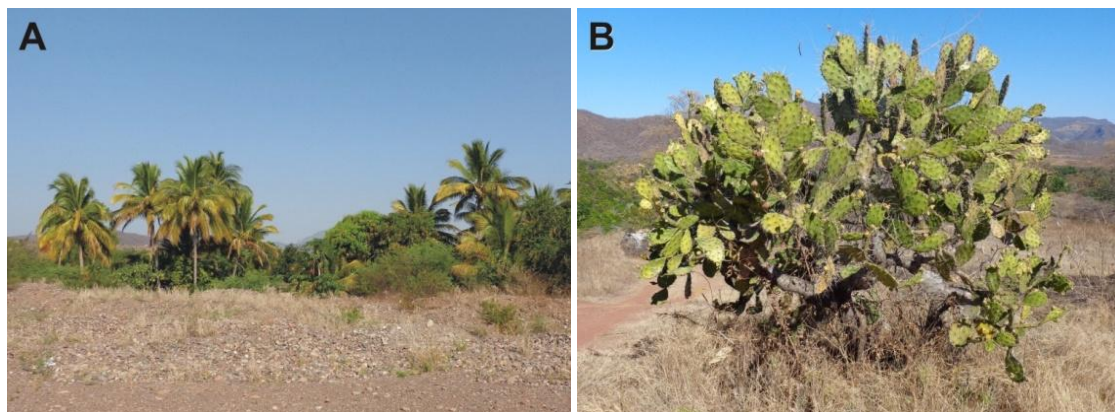
Fotografías 7. Principales arbustos de la Selva Baja Caducifolia: **A.** Atuz. **B.** Huizache. (Fotografías tomadas por la autora en 2017).

| Nombre Común | Nombre Científico | Uso |
|-------------------|-------------------------------|-----------|
| Tecuchi, ticuiche | <i>Randia blepharoides</i> | Medicinal |
| Tule, tulillo | <i>Cyperus sp.</i> | Doméstico |
| Tule | <i>Cyperus hermaphroditus</i> | Doméstico |
| Tule | <i>Cyperus iria</i> | Doméstico |
| Zacatón | <i>Cyperus lanceolatus</i> | Forraje |
| Zacatón | <i>Cyperus nayaritensis</i> | Forraje |
| Cebollín | <i>Cyperus surinamensis</i> | Forraje |
| Zacate | <i>Cyperus squarrosus</i> | Forraje |

Tabla 3. Especies dominantes del estrato herbáceo [Fuente: CONAGUA (1997), página web de la CONABIO y observaciones directas en campo].

| Nombre Común | Nombre Científico | Uso |
|--------------|-----------------------------------|------------|
| Organo | <i>Marginatocereus marginatus</i> | Medicinal |
| Pitayo | <i>Isolatocereus dumortieri</i> | Medicinal |
| Nopal | <i>Opuntia dillenii</i> | Comestible |
| Biznaga | <i>Cereus stramineus</i> | Medicinal |

Tabla 4. Especies cactáceas dominantes [Fuente: CONAGUA (1997), página web de la CONABIO y observaciones directas en campo].



Fotografías 8. **A.** Vista de palmas de coco. **B.** Vista de nopal silvestre. (Fotografías tomadas por la autora en 2017).

En el Mapa de Vegetación (figura 6) la distribución de la vegetación es la siguiente:

- a) *Bosque de Encino*. Solo se le encuentra en la parte alta de algunos de los cerros más elevados, entre los que se pueden mencionar El Timbe, El Moscón, Pelón y Los Lobos.
- b) *Selva Baja Caducifolia*. Se encuentra en la mayor parte del área de estudio, cubriendo pequeñas planicies, valles intermontanos, laderas y las cimas de un gran número de cerros.
- c) *Pastizal Inducido*. Se encuentra distribuido en toda el área de estudio, repoblando valles intermontanos, lomas, laderas y diferentes cerros que algún día estuvieron cubiertos de Selva Baja Caducifolia

3.2.6.2. FAUNA

La fauna silvestre que habita en el área de estudio (tabla 5) se basa en información estatal de la CONABIO, comentarios de pobladores de la región, observaciones directas en campo y la CONAGUA (1997) (fotografías 9 A-E).

| Nombre Común | Nombre Científico |
|-----------------------------|--|
| Mamíferos | |
| Cacomixtle | <i>Bassariscus astutus</i> |
| Tlacuache | <i>Didelphis virginina</i> |
| Ardilla | <i>Sciurus polioopus</i> |
| Tejón | <i>Nassua narica</i> |
| Conejo | <i>Sylvilagus cunicularis</i> |
| Zorrillo | <i>Mephitis macroura</i> |
| Mapache | <i>Procyon lotor</i> |
| Armadillo | <i>Dasypus novemcinctus</i> |
| Venado | <i>Odocoileus virginianus</i> ^o |
| Ratón | <i>Peromyscus melanotis</i> |
| Ratón | <i>Peromyscus perfulvus</i> |
| Cuinique, tesmo | <i>Spermophilus adocetus</i> |
| Coyote | <i>Canis latrans</i> |
| Zorra | <i>Urocyon cinereoargenteus</i> |
| Tejón | <i>Nassua Naricce</i> |
| Urón | <i>Mustela nigripes</i> |
| Jabalí, pecari | <i>Dicotyles tajacu</i> |
| Aves | |
| Huilota, tórtola o congucha | <i>Zenaidura macroura</i> |
| Paloma de alas blancas | <i>Zenaida macrora</i> |
| Paloma suelera, pichilinga | <i>Leptotila verreauxi</i> |
| Paloma común | <i>Columba livia</i> |
| Zopilote común | <i>Coragyps atratus</i> |
| Zopilote aura, teteca | <i>Cathartes aura</i> |

Tabla 5. Continúa en la siguiente página

Tabla 5. Continuación

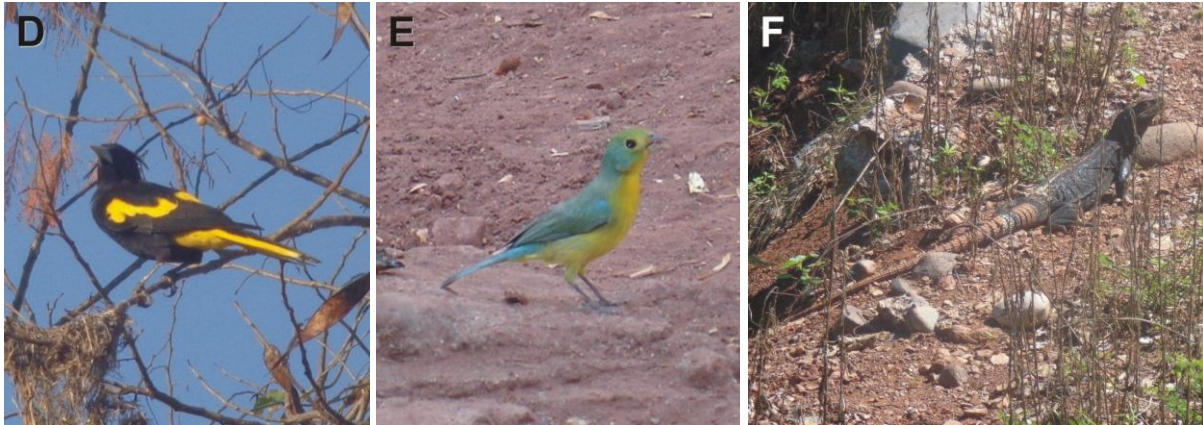
| Nombre Común | Nombre Científico |
|-------------------------------|------------------------------------|
| Aves | |
| Tordo | <i>Molothrus aeneus</i> |
| Perico verde | <i>Aratinga canicularis</i> |
| Primavera huertera | <i>Turdus rufopalliatus</i> |
| Calandria amarilla | <i>Icterus mesomelas</i> |
| Bolsero, calandria | <i>Icterus bullockii</i> |
| Bolsero, calandria | <i>Icterus pustulatus</i> |
| Colorín pecho naranja, marino | <i>Passerina leclancherii</i> |
| Colibrí, berilo, chuparrosa | <i>Amazilia beryllina</i> |
| Pitoreal, pájaro carpintero | <i>Campephilus imperialis</i> |
| Chachalaca | <i>Ortalis vetula</i> |
| Zanate mexicano | <i>Quiscalus mexicanus</i> |
| Urraca negra | <i>Calocitta colliei</i> |
| Cuervo común | <i>Corvus corax</i> |
| Gavilán | <i>Buteo swainsoni</i> |
| Tecolote | <i>Athene cunicularia</i> |
| Lechuza de campanario | <i>Tyto alba</i> |
| Reptiles | |
| Escorpión, lagarto | <i>Heloderma horridum horridum</i> |
| Iguana | <i>Ctenosaura pectinata</i> |
| Lagartija | <i>Podarcis. sp</i> |
| Cuija | <i>Lepidodactylus lugubris</i> |
| Víbora de cascabel | <i>Crotalus sp</i> |
| Coralillo | <i>Crotalus andrewsky</i> |
| Limacoa boa | <i>Boa constrictor</i> |

Tabla 5: Fauna dominante de la región (Fuente: CONAGUA (1997), página web de la CONABIO y observaciones directas en campo).



Fotografías 9. Continúan en la siguiente página

Fotografías 9. Continuación



Fotografías 9. Fauna silvestre de la región: **A.** Venado. **B.** Cuinique. **C.** Zopilotes. **D.** Calandria amarilla. **E.** Colorín pecho naranja. **F.** Iguana. (Fotografías tomadas por la autora en 2017).

3.3. MEDIO SOCIAL

Es el entorno en el cual el ser humano se desarrolla en determinadas condiciones de vida, trabajo, nivel de ingresos, nivel educativo y está determinado o relacionado a los grupos a los que pertenece.

3.3.1. ANTECEDENTES Y EVOLUCIÓN HISTÓRICA

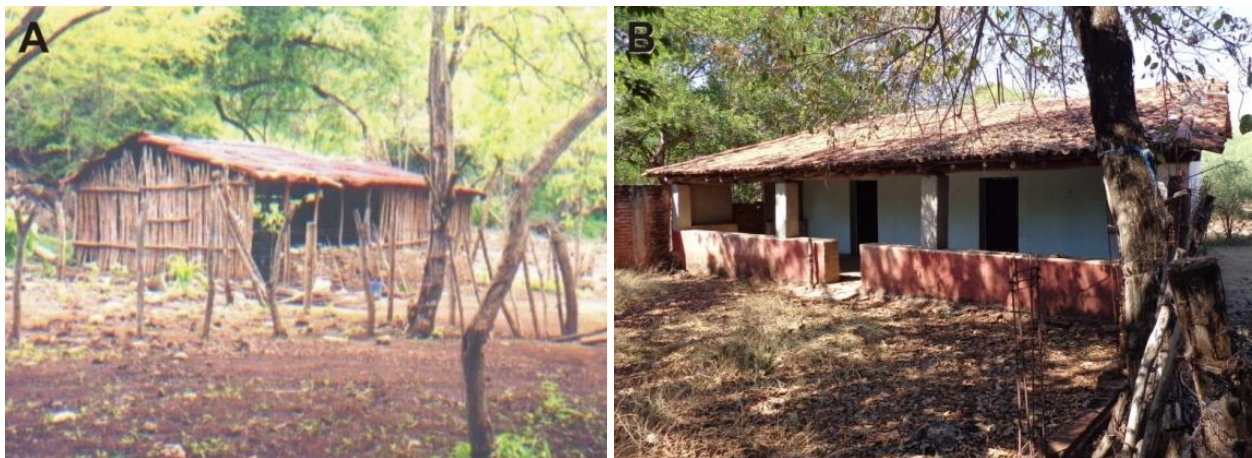
Desde la época prehispánica en la región se asentaron tribus náhuas, matlazincas y tarascas, ubicándose entre la frontera del imperio tarasco con el azteca. La conquista espiritual fue realizada por los frailes agustinos, quienes desde su llegada a Michoacán se expandieron hacia Tierra Caliente para promover su doctrina. En 1553, se establecieron en Tuzantla, que fue la cabecera parroquial y alcaldía mayor; durante el período colonial se establecieron en la región desarrollando grandes haciendas y trapiches (páginas web de los municipios Tiquicheo: www.tiquicheo.gob.mx y Cutzamala: www.cutzamaladepinzon.gob.mx).

Entre los poblados de Huetamo, Tiquicheo, Tuzantla y Zitácuaro se formó un intenso comercio regional, gran parte de su población se dedicaba a la arriería a fines de la época colonial. Después de la Independencia, en 1824 se crea el Estado Libre y Soberano de Michoacán, formado de 22 partidos; la región pasó a formar parte del Partido de Zitácuaro, en 1831 se integró a la Tenencia de Huetamo. Cutzamala se fundó en 1850; por otro lado, durante la intervención francesa, Don Vicente Riva Palacio recibió el nombramiento de Gobernador de Michoacán en 1865 en el poblado de

Tiquicheo. Hasta 1907 reciben el grado de municipalidad (páginas web de los municipios Tiquicheo: www.tiquicheo.gob.mx y Cutzamala: www.cutzamaladepinzon.gob.mx).

3.3.2. DISTRIBUCIÓN

Desde tiempos coloniales, los pobladores de la región se asentaron en Tiquicheo, Huetamo, San Lucas y Cutzamala; éstos podían considerarse en ese momento “pueblos” grandes, el resto de la población vivía de manera aislada en rancherías, cuyas viviendas eran de material encontrado en la misma zona; las paredes eran de ramas entretejidas de espino, arbusto de varas largas, rectas y resistentes. Posteriormente, los muros los cubrían con lodo fino, el techo lo construían de palma y/o teja de barro, alto y hecho en forma de “dos aguas” en algunos casos, en otros es plano con una ligera inclinación. Más recientemente, los materiales fueron cambiados por ladrillo, cemento y para los techos siguen ocupando las tejas (fotografías 10 A y B).



Fotografías 10. Casas típicas de la región: **A.** De troncos y ramas. **B.** De ladrillo, cemento y teja. (Fotografías tomadas por la autora, A en 2002 y B en 2017).

Antes que se construyera la presa, en la zona aquí estudiada se encontraban ~75 poblados (ver figura 3) que iban desde pequeñas rancherías (la mayoría) hasta una cabecera municipal (Tiquicheo). Actualmente, dicha cabecera se puede considerar “urbana”, cuenta con todos los servicios, e inclusive ya dispone de servicios de red; el resto son poblados netamente rurales.

3.3.3. TOTAL DE LA POBLACIÓN

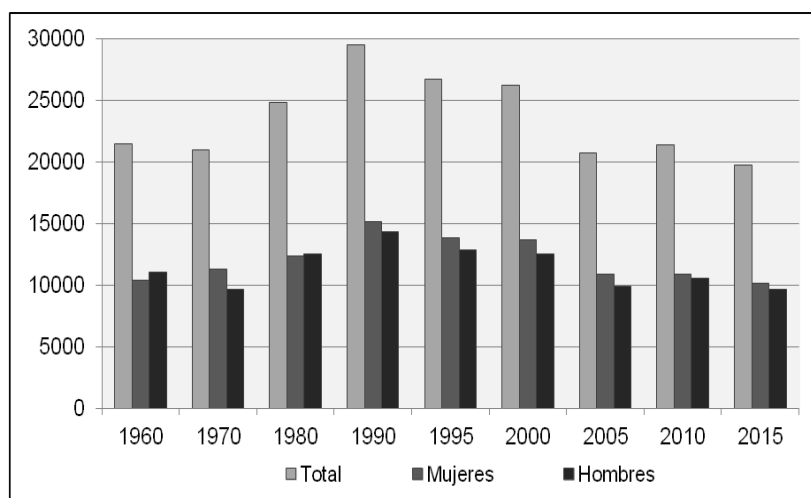
Para conocer como es la evolución de la población a través del tiempo, se analizó el total de la población de los municipios de Cutzamala de Pinzón (Guerrero) y Tiquicheo de Nicolás Romero (Michoacán) en los últimos cincuenta y cinco años.

De acuerdo con el VIII Censo General de Población 1960 (DGE, 1963), IX Censo General de Población y Vivienda 1970 (INEGI, 1972a y b), X Censo General de Población y Vivienda 1980 (INEGI, 1983 y 1987;), XI Censo General de Población y Vivienda 1990 (INEGI, 1991a y b), Conteo de Población y Vivienda 1995 (INEGI, 1996a y b), XII Censo General de Población y Vivienda 2000 (INEGI, 2003a y b), II Conteo de Población y Vivienda 2005 (INEGI, 2006a y b), Censo de Población y Vivienda 2010 (INEGI, 2011a y b) y III Conteo de Población y Vivienda 2015 (INEGI, 2016a y b) el comportamiento por municipio es el siguiente:

Cutzamala de Pinzón, Guerrero

| | 1960 | 1970 | 1980 | 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2010 | 2015 |
|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Total | 21,407 | 20,970 | 24,841 | 29,469 | 26,672 | 26,166 | 20,730 | 21,388 | 19,746 |
| Mujeres | 10,394 | 11,299 | 12,344 | 15,166 | 13,816 | 13,632 | 10,828 | 10,860 | 10,099 |
| Hombres | 11,013 | 9,671 | 12,497 | 14,303 | 12,856 | 12,534 | 9,902 | 10,528 | 9,647 |

Cuadro 6. Crecimiento de la población en el Municipio de Cutzamala de Pinzón, Guerrero (Fuente: DGE, 1963; INEGI, 1972a y b, 1983, 1987, 1991a y b, 1996a y b, 2003a y b, 2006a y b, 2011a y b, 2016a y b).



Gráfica 11. Crecimiento de la población en el municipio de Cutzamala de Pinzón, Guerrero (Con base en DGE, 1963; INEGI, 1972a y b, 1983, 1987, 1991a y b, 1996a y b, 2003a y b, 2006a y b, 2011a y b, 2016a y b).

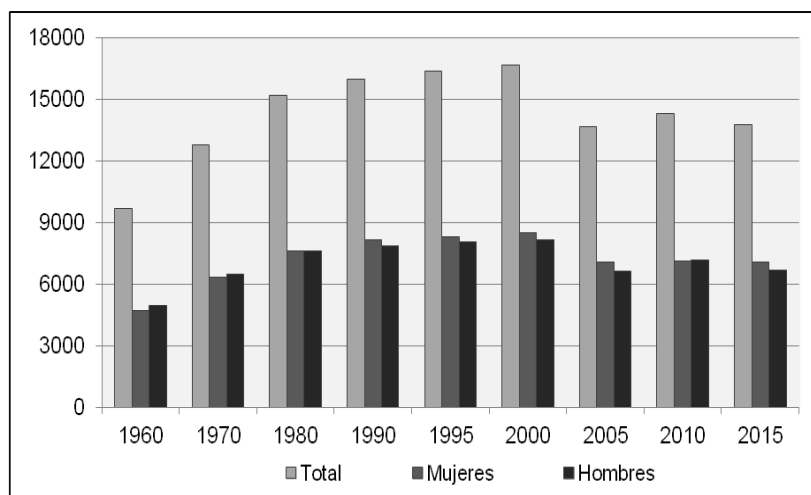
Como se puede observar en el cuadro 6 y la gráfica 11, del total de la población por lo general siempre es mayor el número de mujeres (a excepción del año 1960 y 1980) en que se contabilizaron más hombres. El total empieza en 1960 con 21,407 habitantes, en 1970 disminuye a 20,970, después sube en 1980 y 1990 (en donde se alcanza el mayor número de habitantes con 29,469). Posteriormente comienza a decrecer de manera gradual hasta registrar el menor número de habitantes en 2015 con 19,746.

Este municipio, como muchos de Guerrero por décadas ha sido de emigrantes hacia el resto del país y al vecino país de norte, los Estados Unidos; en 2010 tuvo una migración Muy Alta (CONAPO, 2012), ocupó el 2^{do} lugar a nivel estatal y 102 a nivel nacional, llegando a contabilizar hasta el 32.5% de viviendas que reciben remesas del país antes mencionado.

Tiquicheo de Nicolás Romero, Michoacán

| | 1960 | 1970 | 1980 | 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2010 | 2015 |
|---------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Total | 9,671 | 12,762 | 15,174 | 15,969 | 16,355 | 16,656 | 13,665 | 14,274 | 13,731 |
| Mujeres | 4,718 | 6,300 | 7,581 | 8,123 | 8,295 | 8,504 | 7,052 | 7,131 | 7,060 |
| Hombres | 4,953 | 6,462 | 7,593 | 7,846 | 8,060 | 8,152 | 6,613 | 7,143 | 6,671 |

Cuadro 7. Crecimiento de la población en el Municipio de Tiquicheo de Nicolás Romero, Michoacán (Fuente: DGE, 1963; INEGI, 1972a y b, 1983, 1987, 1991a y b, 1996a y b, 2003a y b, 2006a y b, 2011a y b, 2016a y b).



Gráfica 12. Crecimiento de la población en el municipio de Tiquicheo de Nicolás Romero, Michoacán (Con base en DGE, 1963; INEGI, 1972a y b, 1983, 1987, 1991a y b, 1996a y b, 2003a y b, 2006a y b, 2011a y b, 2016a y b).

Como se puede observar en el cuadro 7 y la gráfica 12, del total de la población la distribución de la población entre mujeres y hombres es un tanto parecida, de los 9 registros, las primeras están en primer lugar en 5 (1990, 1995, 2000, 2005 y 2015) y los segundos en 4 (1960, 1970, 1980 y 2010). El total inicia en 1960 con 9,671 habitantes, en 2000 alcanza el mayor número (16,656) y para 2005 disminuye hasta los 13,665.

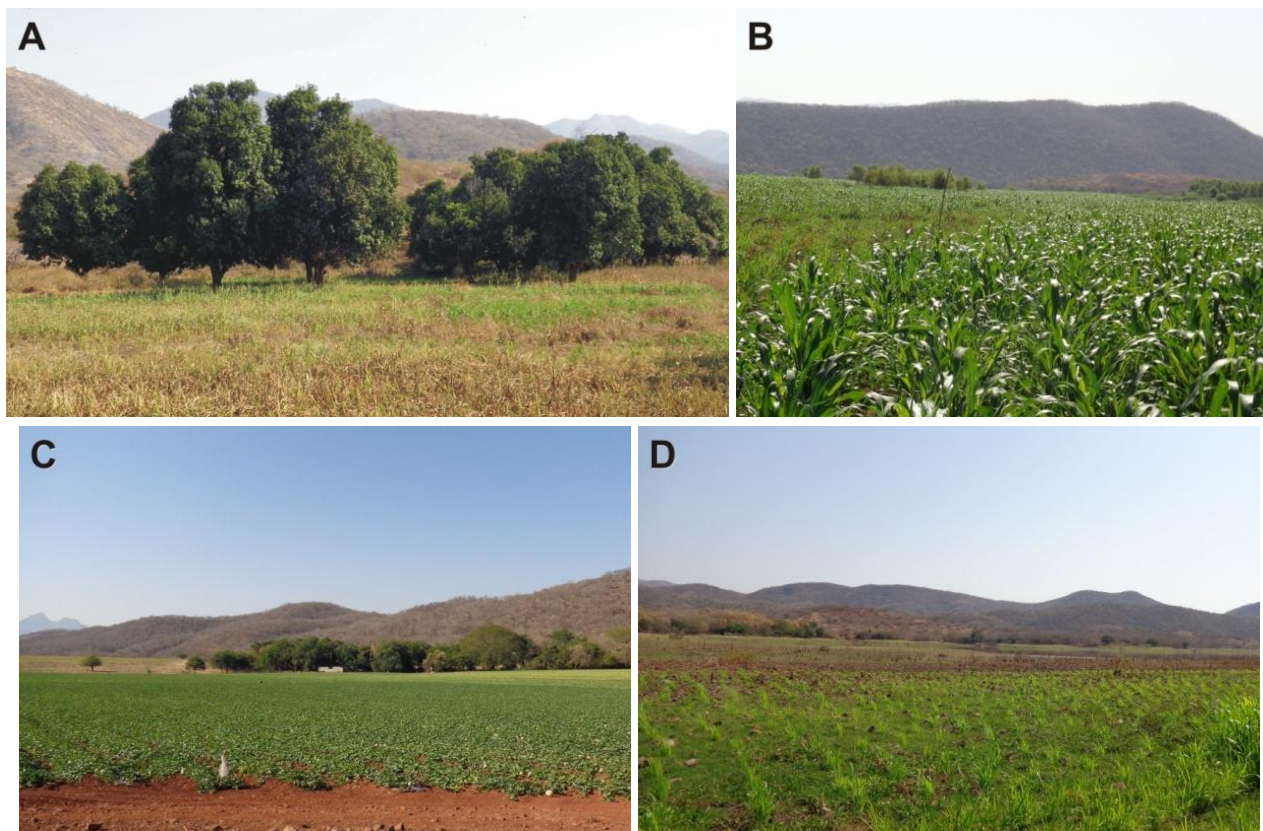
Este municipio, al igual que otros de Michoacán, por muchos años también ha sido de emigrantes hacia el resto del país y los Estados Unidos; en 2010 tuvo una migración Muy Alta (CONAPO, 2012), ocupó el 18 lugar a nivel estatal y 142 a nivel nacional, un 28.2% de viviendas del municipio reciben remesas del vecino país del norte.

3.3.4. ACTIVIDADES ECONÓMICAS Y USO DE SUELO

Con base en la carta de uso de suelo (SPP, 1984) y la información observada en campo, el terreno que ocupa el embalse tenía importancia económica desde el punto de vista agropecuario, se encontraba ocupado por vegetación de tipo Selva Baja Caducifolia y Matorral Espinoso (ver figura 6).

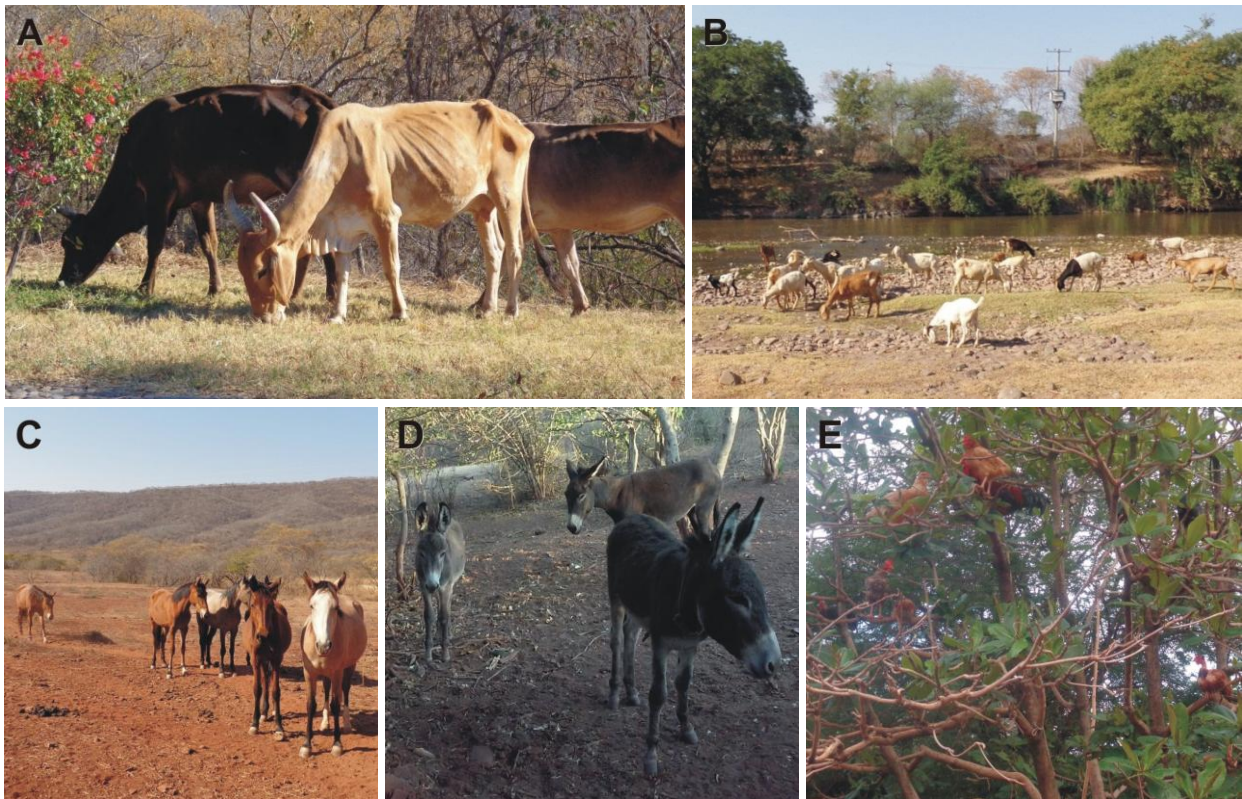
Las actividades económicas practicadas en la región son:

- a) Agricultura: Es una actividad que se practica en su mayoría en época de lluvias, casi la totalidad del área cultivable en la zona tiene un régimen de temporal, razón por la cual los agricultores no perciben ingresos por más de medio año. Debido a esta causa se agudiza la emigración, ya que por lo menos de cada familia un individuo emigra a otras ciudades del país o hacia los Estados Unidos en busca de ingresos, los otros miembros de la familia se quedan al cuidado de la tierra y del ganado. Los cultivos principales son: maíz, frijol, ajonjolí, mango, sandía, melón, papaya, limón, tomate, etc. (fotografías 11 A-D).



Fotografías 11. Zonas de cultivo: **A.** Arboles de mango. **B.** Campo de maíz. **C.** Cultivo de melón. **D.** Campo de sorgo. (Fotografías tomadas por la autora en 2017).

b) Ganadería: El tipo de ganadería que se practica principalmente es de ganado mayor, como es el bovino, le siguen caballar, asnar y porcino; el ganado caprino se encuentra disperso en toda la zona, favoreciendo la erosión con su caminar y al consumir los retoños de cualquier tipo de vegetación impide la reforestación. También existen aves (pollos y guajolotes) de las cuales obtienen carne y huevo (fotografías 12 A-E). Esta actividad (carne de res, cerdo, cabra y pollo) en su mayoría es de autoconsumo, muy poco producto se vende en el mercado regional.

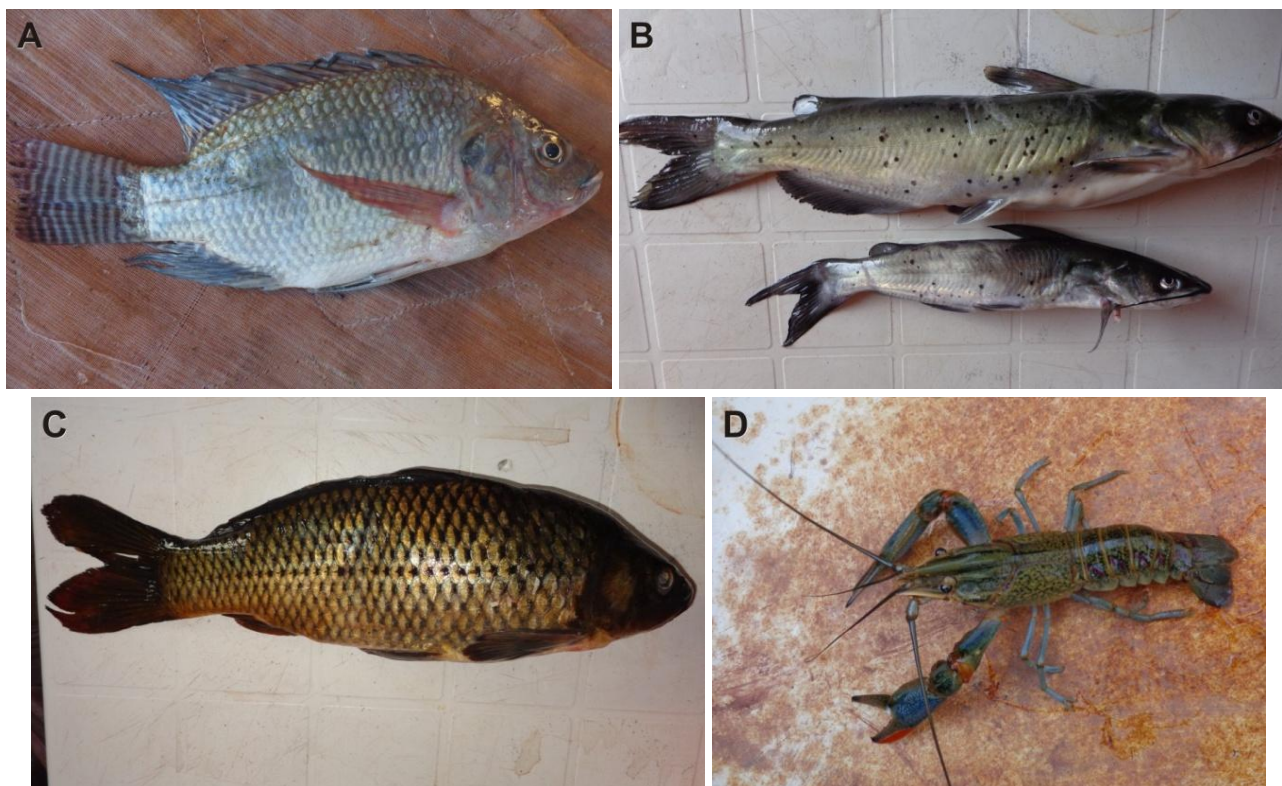


Fotografías 12. Principal ganado que se cría en la región. **A.** Bovino. **B.** Caprino. **C.** Caballar. **D.** Asnar. **E.** Aviar. (Fotografías tomadas por la autora en 2017).

c) Comercio: Existen tiendas y tianguis semanales en los poblados mayores (Tiquicheo, Huetamo San Lucas, Cutzamala, etc.) donde los habitantes de las rancherías “bajan” a surtir su despensa. Cabe destacar que en estos mismos poblados, los establecimientos de material para construcción son numerosos, están bien surtidos y en apariencia tienen buenas ventas.

d) Servicios: Al igual que el anterior, en los poblados mayores existen restaurantes, consultorios médicos, farmacias, centros de salud, hoteles, cafés internet y talleres mecánicos.

e) Pesca: Antes de la construcción de la presa era mínima y complementaria a las otras actividades económicas, principalmente se pescaba mojarra criolla (*Oreochromis mossambicus*), carpa (*Cyprinus carpio*), tilapia (*Oreochromis niloticus*) y bagre criollo (*Siluriformes* y *Ictalurus balsanus*) (fotografías 13 A-D).



Fotografías 13. Principales especies que se producen en la presa: **A.** Mojarra tilapia. **B.** Bagre cuatete. **C.** Carpa. **D.** Camarón langostino. (Fotografías tomadas por la autora en 2017).

f) Uso de suelo: Previo a la construcción de la presa, en las comunidades rurales existía un ecosistema con pocas perturbaciones, caracterizado por especies de flora y fauna propias de la Selva Baja Caducifolia, los cuales poco a poco fueron sustituidos por especies cultivables al abrir terrenos para la agricultura y ganadería, lo anterior como producto del aumento de la población. Por lo regular, las zonas de la selva que han sido deforestadas o aquellas que son agrícolas y no se cultivan, con el paso del tiempo se cubren de pastizal.

Desarrollo económico

La zona de estudio presenta una población eminentemente rural, que realiza casi en su totalidad actividades económicas establecidas dentro del sector primario

(agricultura principalmente, le sigue la ganadería y la pesca), la mayor parte de la producción agrícola es para autoconsumo; la estructura familiar es de gran importancia pues es la unidad de producción agropecuaria, en donde el trabajo se distribuye entre sus miembros de acuerdo a la edad y el sexo.

La topografía del lugar y el clima caliente y seco que perdura la mayor parte del año, son factores importantes para explicar el bajo nivel de desarrollo de la región. La construcción de la presa trae dos beneficios: (1) Atrás de la cortina favorece a la pesca. (2) Después de la cortina, la agricultura de riego obtiene buenos rendimientos, inclusive con productos de exportación. En el siguiente capítulo se ampliará este tema.

CAPÍTULO 4

DESVENTAJAS Y VENTAJAS DE LAS CONSTRUCCIONES HIDRÁULICAS E HIDROELÉCTRICAS

La construcción de obras hidráulicas e hidroeléctricas ocasiona impactos negativos y positivos al ambiente, sobre el río y sus márgenes, antes y después de la obra (presa, embalse o cortina). Las alteraciones que produce la construcción al medio ambiente, están relacionadas con el uso de la tierra, el agua y otros recursos del área inundada, esto causa una acumulación/suspensión de arcillas y de limos, sedimentos de mayor tamaño en el fondo (que a la larga azolvan el área inundada), asimismo, cambia la calidad y cantidad del agua del río, entre otras.

4.1. DESVENTAJAS

Son innegables las alteraciones negativas que la acción humana ocasiona al medio ambiente con cualquier construcción civil, la infraestructura llámese pública o privada se planea para satisfacer necesidades de la población. En el caso concreto de la construcción de la presa, también existen efectos indirectos que pueden resultar peores que los directos, estos se relacionan con su mantenimiento, el sitio de la construcción, los caminos de accesos, etc.

4.1.1. ALTERACIÓN DEL PAISAJE

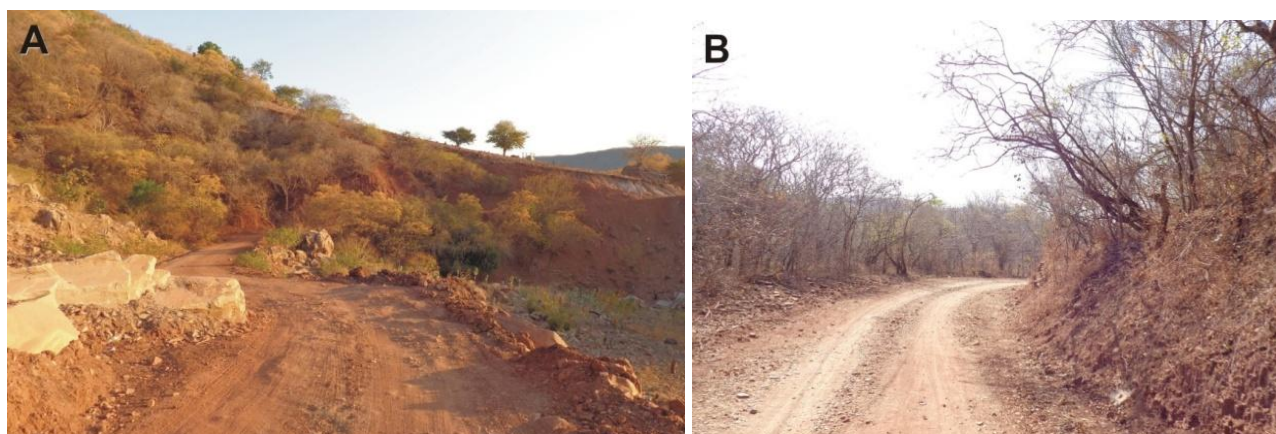
En el área de la construcción se desmontó y niveló el terreno, afectando la topografía de la zona, posteriormente ocurrió lo mismo durante la desviación del río, en la extracción de material rocoso y arenoso en los bancos de materiales. Dadas las dimensiones de las presas, cualquiera que sea el tipo de ellas, constituyen un obstáculo en el centro del valle (CONAGUA, 1997).

4.1.1.1. MODIFICACIONES AL PAISAJE

Las modificaciones del paisaje son causadas con la misma presencia de la cortina y por el área inundada que ésta genera (figura 7). Durante la etapa de la construcción se produjo la pérdida de cobertura vegetal, como consecuencia del desmonte en toda el área afectada, extracción de materiales, trazo de caminos y edificación de nuevos centros de población. En algunos casos el impacto será temporal como en los bancos de materiales y en otros permanente, como en el sitio de construcción de la presa y los nuevos poblados (CONAGUA, 1997).

4.1.1.2. CONSTRUCCIÓN DE CAMINOS

A la fecha existen varios caminos (terracerías) de acceso tanto a la presa como a los poblados reubicados (fotografías 14 A y B). Para su construcción deforestaron y compactaron la traza inicial del camino, posteriormente lo reforzaron y cubrieron con material pedregoso; las terracerías con dirección a la presa debían permitir el tránsito de vehículos que transportaron equipo y materiales, además de maquinaria pesada; algunos tramos del camino se ampliaron para construir el campamento donde vivió el personal de CONAGUA mientras duro la construcción. En el caso de las nuevas terracerías que van hacia los centros de población, no afectaron tanto, son de menores dimensiones ya que fueron pensadas para la circulación de camionetas pequeñas.

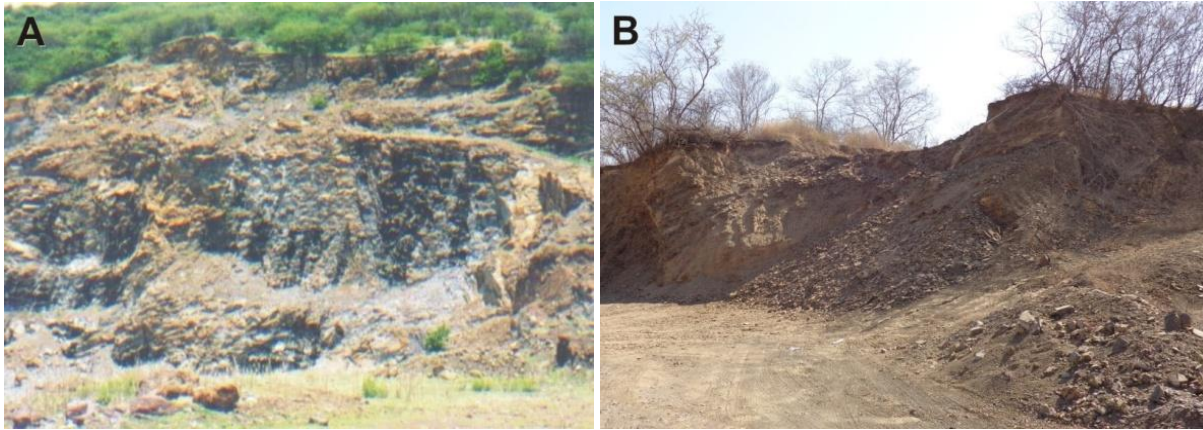


Fotografías 14. Vista de terracerías: **A.** Terracería cerca del poblado La Grupera. **B.** Terracería cerca del poblado Los Cuirindales. (Fotografías tomadas por la autora en 2017).

4.1.1.3. BANCOS DE MATERIAL

Algunos sitios cercanos a la cortina y embalse de la presa (ver figuras 3 y 7) fueron utilizados como bancos de materiales, de donde se extrajo material (grava, arena, arcilla o roca) dejando en el subsuelo y el suelo de la superficie socavones como testigos (fotografías 15 A y B).

Los materiales rocosos se emplearon para la preparación de concretos, construcción del vertedor y obra de desvío. La presa ocupó gran parte del material de excavación para el dique y taludes de la cortina; las rocas que se emplearon en dichos taludes se extrajeron del banco cerro Colorado localizado a ~2 km al noroeste de poblado de Arroyo Grande (figura 3). Las arcillas se extrajeron del noroeste (aguas arriba) a ~3.2 km sobre el margen del río, cerca del poblado de Amilpillas (CONAGUA, 1997).



Fotografías 15. Bancos de material: **A.** Banco usado para la construcción de la cortina, se encuentra a ~1.5 km al sur de la cortina con dirección a Arroyo Grande. **B.** Banco que se encuentra a un costado de la Carretera Federal 51, al inicio de la terracería que va hacia la presa. (Fotografías tomadas por la autora, A en 2002 y B en 2017).

La arena que se utilizó se obtuvo de bancos establecidos al noroeste y noreste por todo el margen del río, tanto en aguas arriba como en aguas debajo de la cortina. El banco de material de Potrerillos utilizado para extraer arena se encontraba muy cerca de la cortina, actualmente está inundado (CONAGUA, 1997).

4.1.1.4. INUNDACIÓN

La función principal de la cortina de la Presa “El Gallo” consiste en retener y almacenar el flujo de la corriente de agua del río Cutzamala para su posterior aprovechamiento (consumo, riego y generación de energía). El cierre parcial de la cortina inició en noviembre de 1997, pero fue hasta los primeros días del mes de junio de 1998 en que se cerró definitivamente (CONAGUA, 1997).

En el cuadro 8 se presenta la relación que existe entre el nivel de la inundación, el área que se ocupa respectivamente y el volumen de agua estimado a acumularse.

| Elevación | Área (ha) | Capacidad (Mm³) |
|------------------|------------------|-----------------------------------|
| 310 | 0.1750 | 0 |
| 315 | 25.0500 | 630,625 |
| 320 | 89.1000 | 3,484,375 |
| 325 | 189.2875 | 10,444,663 |
| 330 | 368.7500 | 24,395,001 |
| 335 | 522.9500 | 46,687,501 |
| 340 | 764.7500 | 78,880,001 |

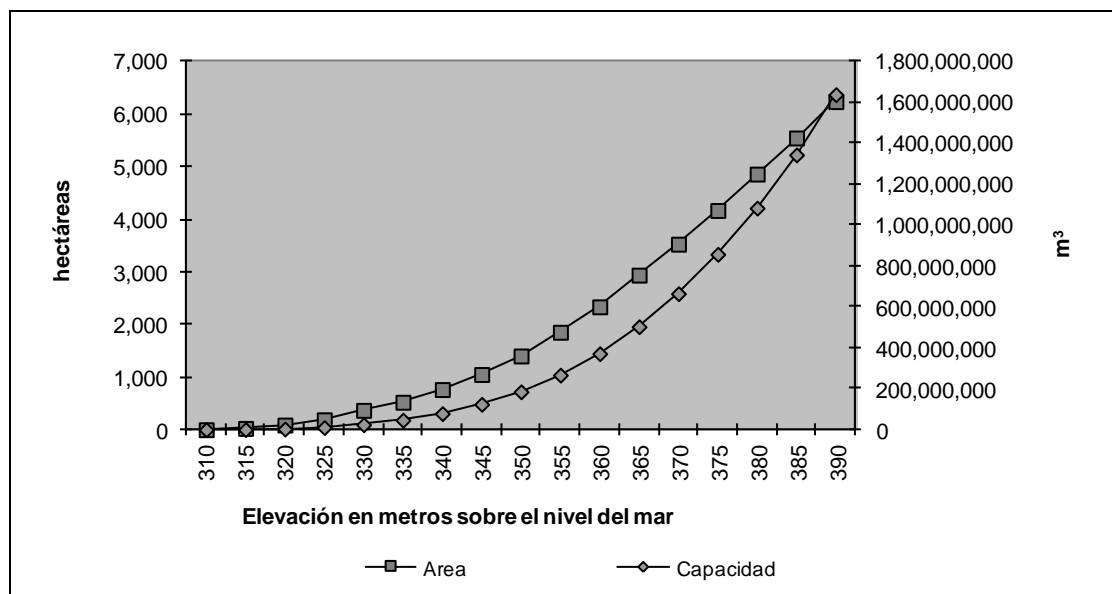
Cuadro 8. Continúa en la siguiente página

Cuadro 8. Continuación

| Elevación | Área (ha) | Capacidad (Mm ³) |
|------------|-------------------|------------------------------|
| 345 | 1,050.9375 | 124,272,189 |
| 350 | 1,403.5750 | 185,635,002 |
| 355 | 1,854.7250 | 267,077,502 |
| 360 | 2,338.7500 | 371,899,377 |
| 365 | 2,942.3250 | 503,926,252 |
| 370 | 3,531.1125 | 665,762,190 |
| 375 | 4,172.4000 | 858,350,003 |
| 380 | 4,864.8250 | 1,084,280,628 |
| 385 | 5,551.8625 | 1,344,697,816 |
| 390 | 6,243.8750 | 1,639,591,254 |

Cuadro 8. Relación entre altitud, área y volumen de agua (Fuente: CONAGUA, 1997).

Como se puede observar, en el cuadro 8 se realizó la comparación entre el área a inundarse (en hectáreas) y el volumen (en millones de m³) que se guarda con la respectiva altitud. La estimación se inicia desde el fondo del cauce, con una elevación de 310 msnm, hasta los 390 msnm. En la gráfica 13 se nota como el área de inundación y el volumen guardan una estrecha relación, al presentar una curvatura similar.



Gráfica 13. Relación entre elevación, área y volumen de agua (Con base en CONAGUA, 1997).

El nivel máximo de agua y/o altura máxima de la cortina de la presa fue planeado para no inundar el poblado de Tiquicheo de Nicolás Romero (cabecera municipal) el cual se ubica en el remanso del vaso, a una altura de 371 msnm.

Como puede apreciarse en el cuadro 8, cuando la presa esté a su nivel máximo (370 msnm) el área inundada cubrirá una superficie aproximada de 3,531.1 ha y un volumen promedio de 665,762,190 m³. En el Mapa Altimétrico (figura 7) se muestra el área que inunda la Presa “El Gallo” (en azul), donde el valle es plano o tiene forma de “u” la zona inundada es más ancha, del lado opuesto, donde el valle es estrecho o tiene forma de “v” (sobre el río Pungarancho) el grosor del área inundada se reduce (fotografías 16 A y B).



Fotografías 16. Vista panorámica del área inundada por la presa: **A**. De frente hacia Paso del Cascalote, rumbo al norte. **B**. Desde el poblado El Sabino, con dirección hacia el poblado La Parota de los Patos. (Fotografías tomadas por la autora en 2016).

4.1.1.5. SEDIMENTACIÓN

La vida útil de cualquier presa depende del grado de su sedimentación. Los principales parámetros que deben conocerse, analizarse y que repercuten con la sedimentación son los relativos a la topografía, litología, clima, vegetación, hidrología, actividades humanas y dinámica del propio embalse (CONAGUA, 1997).

Para conocer cómo se va a comportar la sedimentación en el cauce del río Cutzamala y cuál va a ser la afectación sobre la presa, fue necesario analizar los registros de sedimentos en suspensión medidos en la Estación Hidrométrica El Gallo, los cuales cubren de 1962 a 1978. En el cuadro 9 y gráfica 14 se observa la evolución que guarda el acarreo de sedimentos en relación con la cantidad de agua en escurrimiento.

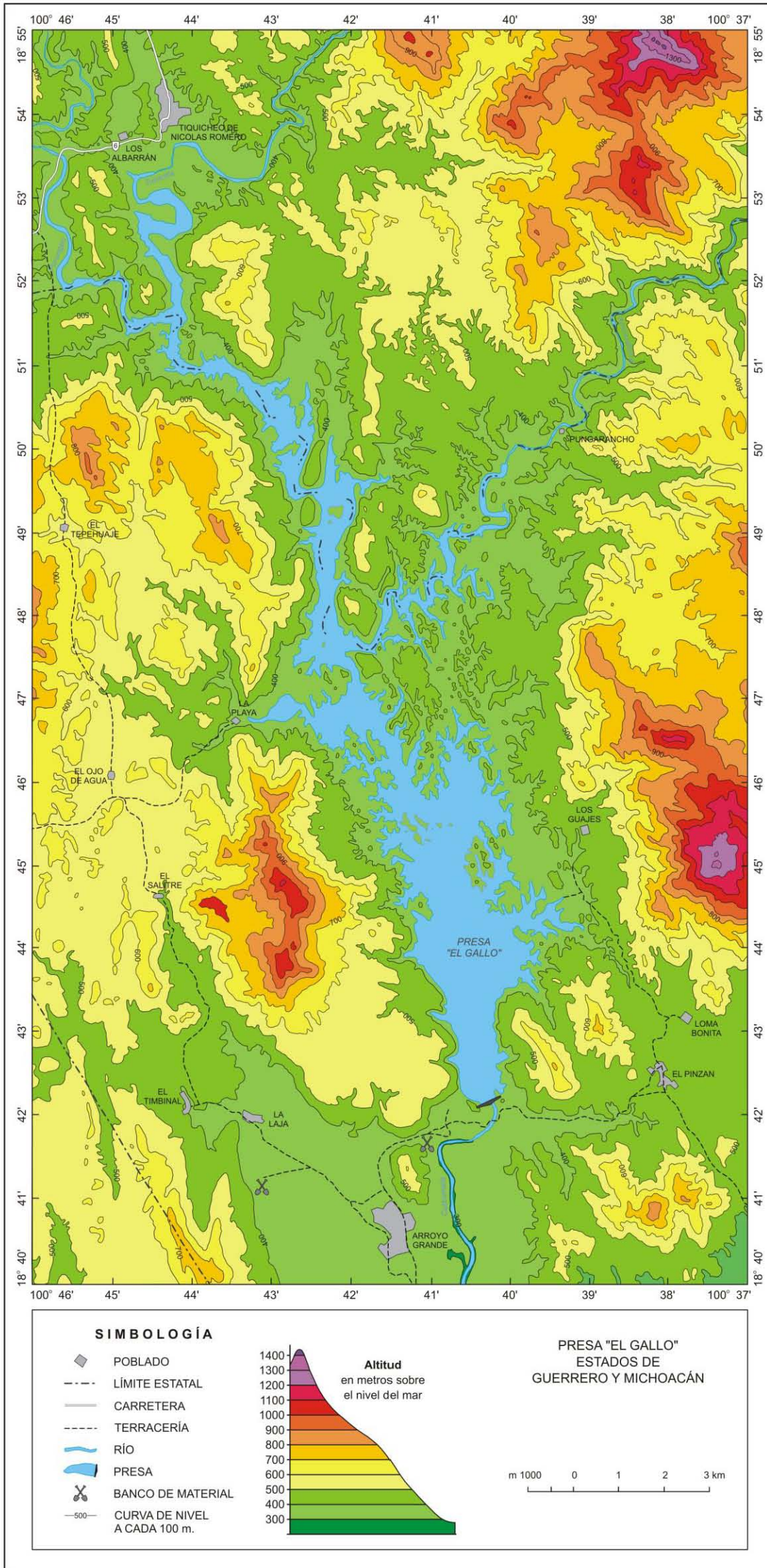
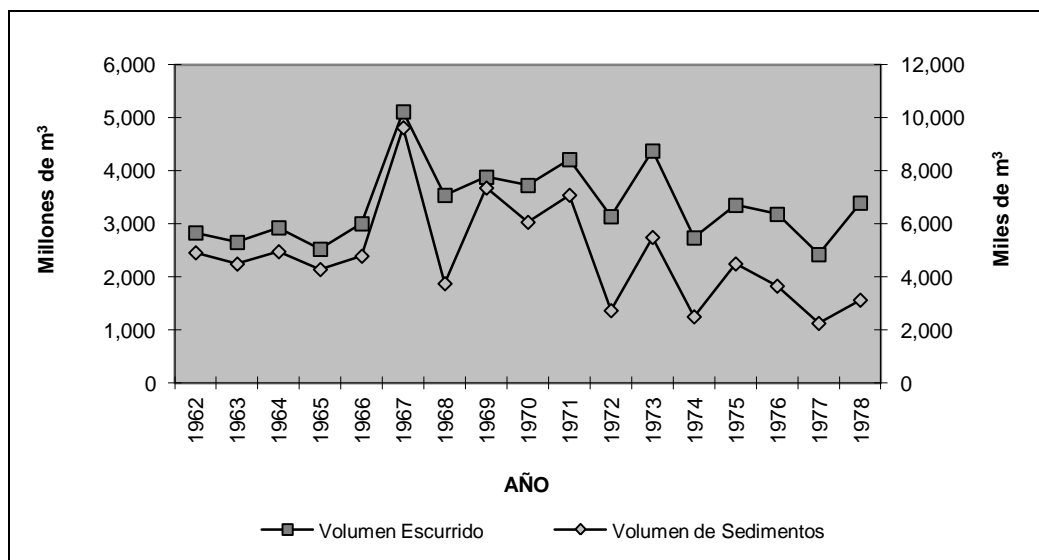


Figura 7. Mapa altimétrico (Con base en CETENAL, 1973, 1976a, 1976b, 1989; INEGI, 2000a, 2000b, 2001a, 2001b).

| Año | Volumen escurrido (millones de m ³) | Volumen de sedimentos (miles de m ³) | Concentración media |
|-----------|--|--|------------------------|
| 1962 | 2836 | 4923 | 0.174 |
| 1963 | 2657 | 4499 | 0.169 |
| 1964 | 2932 | 4964 | 0.169 |
| 1965 | 2528 | 4293 | 0.170 |
| 1966 | 3008 | 4795 | 0.159 |
| 1967 | 5117 | 9636 | 0.188 |
| 1968 | 3544 | 3759 | 0.106 |
| 1969 | 3886 | 7365 | 0.196 |
| 1970 | 3730 | 6073 | 0.163 |
| 1971 | 4217 | 7092 | 0.168 |
| 1972 | 3142 | 2742 | 0.087 |
| 1973 | 4379 | 5502 | 0.126 |
| 1974 | 2741 | 2509 | 0.092 |
| 1975 | 3356 | 4504 | 0.134 |
| 1976 | 3186 | 3666 | 0.115 |
| 1977 | 2427 | 2262 | 0.093 |
| 1978 | 3398 | 3137 | 0.092 |
| Promedio= | 3358 | 4807 | 0.141 |

Cuadro 9. Relación entre volumen de agua en escurrimiento y volumen de sedimentos en suspensión (Fuente: CONAGUA, 1997).

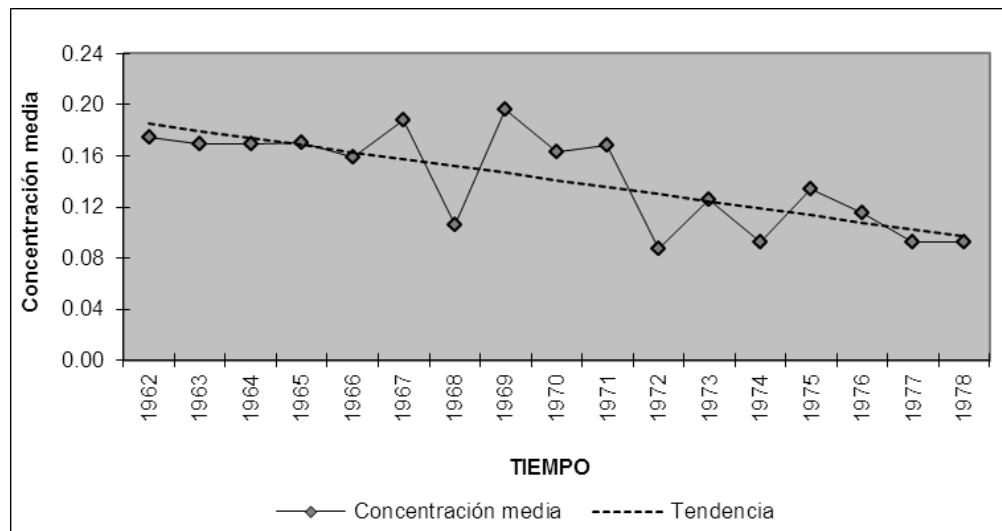


Gráfica 14. Relación entre el agua en escurrimiento y sedimentos en suspensión (Con base en CONAGUA, 1997).

Al analizar el volumen escurrido y el volumen de sedimentos del cuadro 9 y gráfica 14 se nota la estrecha relación que existe entre ambos, pero se deben de tomar en cuenta los siguientes aspectos:

1. Si el año fue lluvioso o no, por ejemplo los más lluviosos deben ser por ende en los que más agua escurra en los ríos.
2. Que el volumen mayor de sedimentos acarreados por la corriente no depende siempre del volumen total escurrido (año lluvioso) (1967), más bien está en función de la intensidad con que cae la lluvia en tiempos relativamente cortos, produciendo crecidas. Por ejemplo, dos años con volumen de sedimentos superiores a 7,000 m³ (1969 con 7,365 y 1971 con 7,092) tuvieron valores de volumen escurrido invertido (1969 con 3,886 y 1971 con 4,217), es decir, en el año que más volumen de agua escurrió, el volumen de arrastre de sedimentos fue menor y viceversa. El año de 1973 superó el volumen escurrido de 1971 (con 4,379) y su volumen de sedimentos fue menor (5,502) por poco más de 1,500 m³.

Para conocer cómo es la evolución en el tiempo de los azolves del río Cutzamala y poder predecir el llenado de la presa por los sedimentos, se graficaron los datos de las concentraciones medias anuales del cuadro 9, en donde se observa (ver gráfica 15) que los azolves tienden a disminuir de manera importante con el tiempo, sin embargo esta tendencia puede cambiar al modificarse el uso de suelo y variaciones del clima en las últimas décadas.



Gráfica 15. Evolución del porcentaje de sedimentos en suspensión con el tiempo (Con base en CONAGUA, 1997).

La CONAGUA (1997) menciona una estimación del aporte anual de sedimentos en suspensión igual a 3.9 millones de m³, cifra que se incrementa en un 25 % para tomar en cuenta el arrastre de fondo, se obtiene una producción total de sedimentos de 4.9

millones de $m^3/año$; dando como resultado que en un lapso de 50 años el volumen total de sedimentos acumulados será de 243 millones de m^3 . De resultar cierto, los sedimentos estarían alcanzando casi los 354 msnm (figura 8).

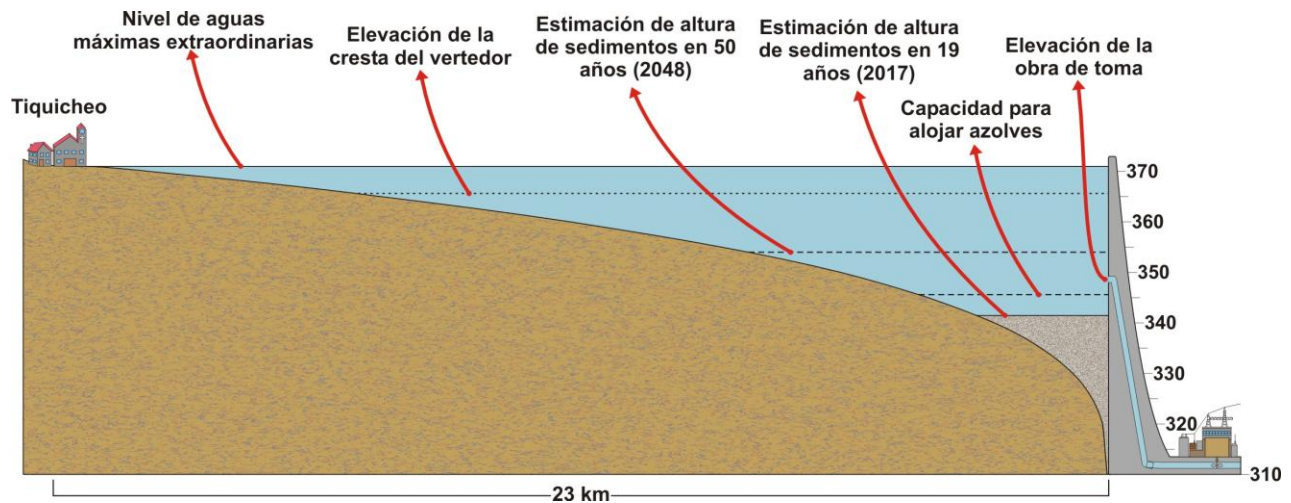


Figura 8. Perfil volumétrico de la capacidad total de millones de metros cúbicos que puede almacenar la Presa “El Gallo”, en donde se muestran varios datos significativos (Elaboración propia).

Para conocer cómo se va a dar el azolvamiento al interior de la presa, se elaboró un perfil “volumétrico”, entre la elevación y la capacidad total de millones de metros cúbicos del cuadro 8. En la figura 8 se aprecia y destaca que:

- La capacidad para alojar azolves (del cuadro 1) de 220 millones de m^3 se alcanza a poco más de los 345 msnm.
- La CONAGUA (1997) estima una vida útil a la presa de 50 años. Prevé que para 2048 los sedimentos ocuparan los 243 millones de m^3 , alcanzando casi los 354 msnm.
- Recalculando las cifras del punto anterior, se obtiene que para este año (2017) se han sedimentado 92.3 millones de m^3 , sobrepasando los 341 msnm.
- La elevación del umbral de la obra de toma (del cuadro 1) para la tubería que moverá a la turbina se encuentra a los 348.3 msnm. Varios años antes que se llegue al límite de la vida útil de la presa, el umbral será alcanzado por los sedimentos y ya no podrá proporcionar agua a la tubería.
- La elevación de la cresta vertedora (del cuadro 1) se encuentra a los 365.8 msnm.
- El nivel de aguas máximas extraordinarias (NAME) (del cuadro 1) alcanza los 371 msnm, altura máxima elegida para que no se inunde la Cabecera Municipal de Tiquicheo que se encuentra a esa misma altura.

g) La distancia en línea recta entre la cortina de la Presa “El Gallo” y el centro de la Cabecera Municipal de Tiquicheo es de 22,950 metros. Esta distancia, más la configuración de los ríos Purungeo y Tuzantla y la topografía del terreno ocasionan que durante lluvias extraordinarias Tiquicheo se inunde de manera temporal.

4.1.2. IMPACTO EN EL RÉGIMEN Y CALIDAD DE AGUA

La creación de un embalse acumula el agua que escurre de un río detrás de una cortina que regula y mide su salida a voluntad; por su parte el agua estancada modifica sus características físico-químicas y bacteriológicas, como se muestra en los apartados siguientes.

4.1.2.1. RÉGIMEN DEL CAUDAL

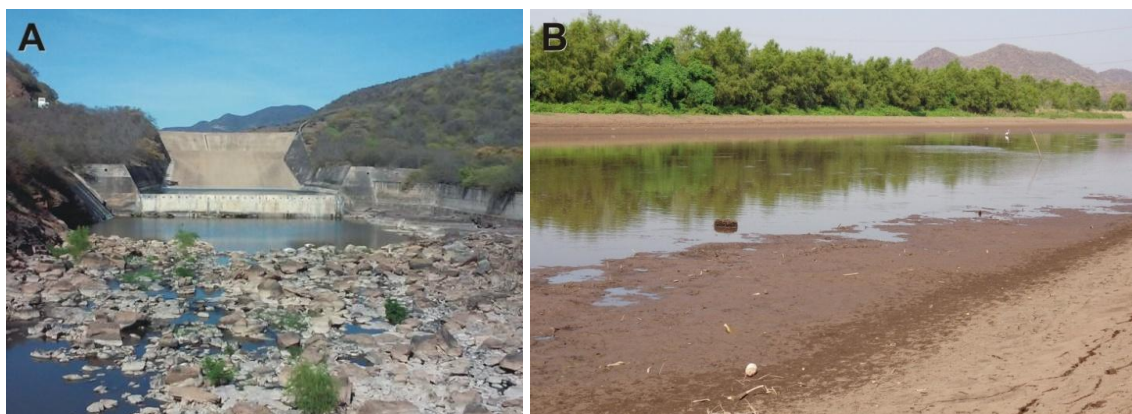
El “Sistema Cutzamala” es una obra de desvío de agua de los diferentes afluentes de la Cuenca Alta del Río Cutzamala, su objetivo es potabilizarla y enviarla a la Ciudad de México, para solucionar el creciente problema de abastecimiento. Lo anterior afectó directamente al sitio donde se localizaba la Estación Hidrométrica El Gallo, originalmente el escurrimiento promedio era de 2,876 Mm³; el Sistema Cutzamala contempló dos etapas de suministro de agua a la Ciudad de México, en la primera envió 19 m³/seg, con lo que redujo la aportación promedio del río a 2,282 Mm³ y para la segunda etapa se desvió un gasto 5 m³/seg, incrementándose a 24 m³/seg, por lo que la aportación promedio del río bajó a 2,135 Mm³ (CONAGUA, 1997).

Durante la construcción y posterior llenado de la presa se suspendió temporalmente el escurrimiento aguas abajo del río Cutzamala lo que afectó los hábitats acuáticos, incluyendo la vegetación y la fauna, durante ese período.

La terminación y operación de la presa repercutió en un cambio significativo en la hidrodinámica actual de la Cuenca del Río Cutzamala, pasó a ser de un medio lótico a uno léntico (CONAGUA, 1997).

Con el cierre de la cortina se inundó toda la zona del vaso acumulando grandes cantidades de agua en todo el embalse (figura 7), aguas abajo disminuyó el caudal.

Es importante destacar que las lluvias no son constantes año con año, cuando la lluvia es escasa el nivel del agua de la presa disminuye drásticamente, ni siquiera alcanza a escurrir por el vertedor, al interior también va disminuyendo (fotografías 17 A y B) y las planicies fangosas que quedan expuestas se convierten en trampas para la fauna que por ellas camine.



Fotografías 17. Disminución del nivel de agua: **A.** Vista de vertedor “seco”, debido a que el nivel del agua está por debajo de su cresta. **B.** Vista de remanso, se aprecia que el nivel del agua está bajando, manifestándose en la humedad del terreno. (Fotografías tomadas por la autora, A en 2016 y B en 2017).

En las cercanías de la Cabecera Municipal de Cutzamala, los habitantes manifiestan que desde que se construyó la presa ha sido notable la disminución del nivel freático, fácilmente observable en la altura que alcanza el agua en los pozos que utilizan.

4.1.2.2. CALIDAD DEL AGUA

La calidad del agua se alteró desde la etapa de la construcción, debido a que se realizaron acciones que generaron residuos diversos (movimiento de tierras, desmontes, despalmes, polvos, etc.) que al precipitarse o ser arrastrados al cuerpo de agua repercuten en la calidad de esta.

Una vez inundadas zonas con cobertura vegetal, ocasionaron que al descomponerse la vegetación se favoreciera el enriquecimiento de nutrimentos en el agua (principalmente con altas concentraciones de nitrógeno y fósforo), produciendo un medio fértil para la propagación acelerada de ciertas especies acuáticas. A este fenómeno de enriquecimiento de las aguas se le conoce como eutrofización (CONAGUA, 1997).

4.1.2.2.1. PROPIEDADES FÍSICAS

Las modificaciones en el aspecto físico se deben principalmente por la estratificación térmica, que divide a la masa líquida en dos zonas principales, una superior (epilimnion) y otra profunda (hipolimnion), separada por una capa de transición de límites fluctuantes; la capa superior es más caliente, en verano, que la profunda, y se produce lo inverso en invierno. La estratificación térmica se acompaña de una estratificación de contenido de oxígeno disuelto que disminuye con la profundidad. En la superficie, el agua se enriquece hasta la sobresaturación, gracias al contacto con el aire y

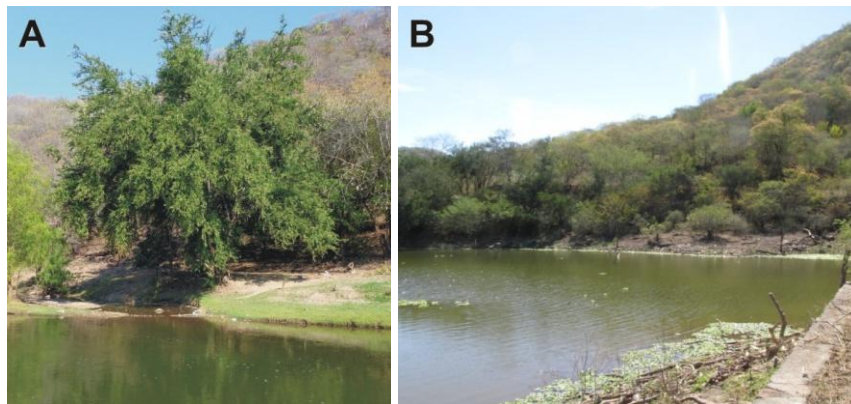
a los efectos de la fotosíntesis; pero empobrece en las cercanías del fondo por la descomposición de materia orgánica que ahí se concentra (CONAGUA, 1997).

Uno de los principales problemas para la vida acuática de los embalses lo constituye la estratificación térmica del agua, fenómeno que representa los cambios de temperatura que ocurren en un embalse, la formación de capas de diferente densidad como resultado de la variación de la temperatura del agua, con respecto a la profundidad. Ello impide la reacción convectiva (transferencia del calor) a las capas más bajas, que suelen desoxigenarse rápidamente, afectando de manera negativa la calidad del agua, ya que la descomposición de la materia orgánica en ausencia de oxígeno, libera ácido sulfhídrico, metano y amoníaco, los cuales son perjudiciales para la vida acuática o el consumo de agua (CONAGUA, 1997).

En “Potrerillos” al extraer material del fondo del río se originó el levantamiento de partículas arcillosas aumentando con ello la turbidez, demanda bioquímica de oxígeno (DBO), disminuyendo la transparencia del agua y ocasionando la muerte de algunos ejemplares de fauna acuática por asfixia.

4.1.2.2.2. PROPIEDADES QUÍMICAS

En el aspecto químico, la acumulación y estancamiento del agua produce frecuentemente la transformación de las sales de la misma en nuevos compuestos, principalmente nitratos y fosfatos. Las aguas profundas pueden así contener cantidades notables de sales en solución, gas carbónico y también de hidrógeno sulfurado, lo que hace generalmente caer el pH por debajo de 7 (CONAGUA, 1997). La formación de ácido húmico, transmite al agua un color ligeramente pardo o verdoso y un sabor poco agradable (fotografías 18 A y B).



Fotografías 18. Cambio de color del agua, se nota tonalidad verdosa o parda: **A**. Sobre el río Purungueo, cerca del poblado de la Piedra China. **B**. A un costado

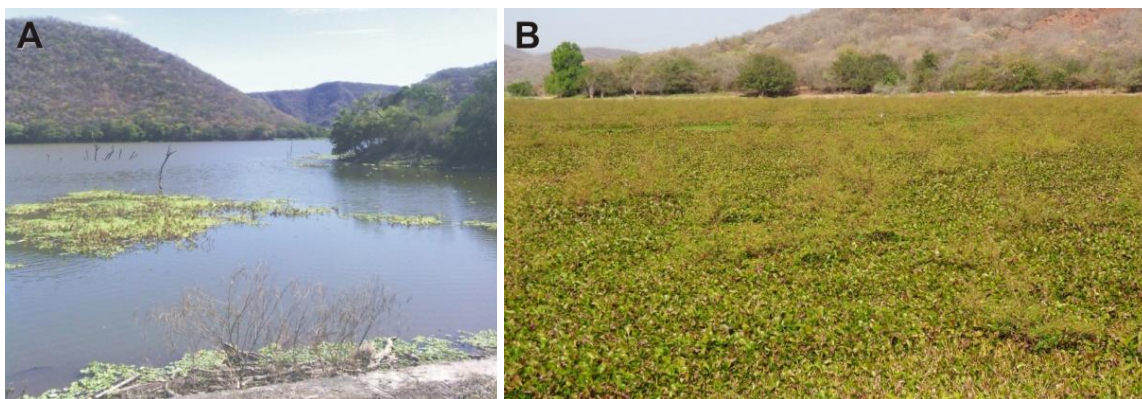
del cerro de las Piedras Chinas. (Fotografías tomadas por la autora, A en 2017 y B en 2016).

Aunado a lo anterior, se suma la descomposición de materia orgánica (vegetal o animal, en donde destacan los restos que dejan los pescadores cuando limpian el producto, tirando las vísceras en las orillas de la presa) que aumenta la concentración de nitrógeno y fósforo, los cuales favorecen la proliferación de ciertas especies vegetales, por lo general nocivas (CONAGUA, 1997).

4.1.2.2.3. PROPIEDADES BIOLÓGICAS

El estancamiento del agua favorece al desarrollo de una vida vegetal activa, la cual abastece al embalse de residuos orgánicos, destinados a descomponerse por la presencia de microorganismos.

Las especies acuáticas cuyas necesidades son de aguas con corriente y de hábitos pelágicos, fueron las más afectadas, tal es el caso de la vegetación flotante oreja de agua (*Heterantera reniformis*) y malacote (*Hydrocotyle ranunculoides*). Debido a que en la época seca las corrientes son lentas se presenta una dominancia de lirio acuático (*Eichornia crassipes*) y lenteja de agua (*Lemna sp*), estas especies pueden tener un crecimiento explosivo, pudiendo convertirse en malezas (fotografías 19 A y B). La lenteja de agua provoca serios trastornos al ecosistema acuático, inhibe el crecimiento de otras especies vegetales que pueden ser ecológica o económicamente importante y además al reducir el porcentaje de oxígeno disuelto en el agua, limitan el desarrollo de peces y otros animales. El lirio acuático incrementa la evaporación de los cuerpos de agua de 3.2 a 3.7 veces que la que tiene un cuerpo de agua normalmente (CONAGUA, 1997).



Fotografías 19. Presencia de lirio acuático: **A.** Crecimiento incipiente enfrente del cerro del Capire Chato. **B.** Zona de remanso totalmente poblada de lirio, en la

parte baja del cerro La Ventana. (Fotografías tomadas por la autora, A en 2016 y B en 2017).

Para el caso de la vegetación sumergida, se espera el incremento de algas del género *Oscillatoria* que prefieren hábitats lénticos y sustratos lodosos (CONAGUA, 1997).

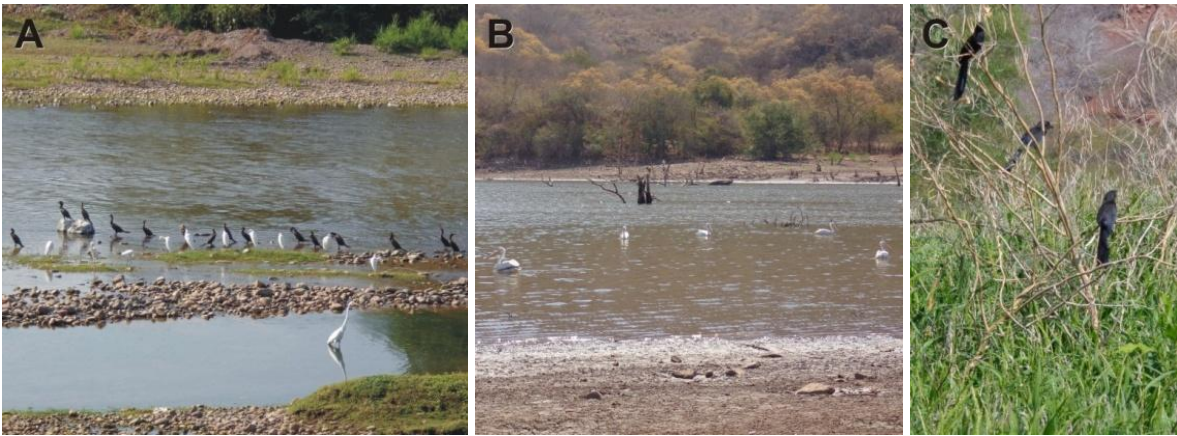
La vegetación de galería, por ser de comunidades ribereñas que requieren de corrientes de agua permanentes, su distribución puede ser sensiblemente modificada aguas abajo de la cortina, aguas arriba no habrá impacto y alrededor del nuevo embalse tendrá un impacto moderado (CONAGUA, 1997).

En teoría, el crecimiento acelerado de la vegetación acuática se mantienen alrededor de cuatro años únicamente, hasta que los nuevos cuerpos de agua restablecen su equilibrio (CONAGUA, 1997), en la mayoría de los embalses del país, los efectos han perdurado por mucho más tiempo (esta presa ya tiene casi 19 años), teniéndose que aplicar programas específicos de control de las malezas, que no siempre garantizan el éxito de mantener en equilibrio estas poblaciones. Para combatir al lirio acuático es necesario retirarlo de manera manual o con maquinaria, permitiendo así que la luz solar pase a través del agua y se interne en la profundidad, para favorecer la oxigenación y el ciclo de vida de los peces.

4.1.3. IMPACTO EN LA FAUNA ACUÁTICA

4.1.3.1. IMPACTO EN LA FAUNA SEMI-ACUÁTICA

La construcción de la presa sobre el río Cutzamala cambió las características del agua, la velocidad de la corriente se redujo y existieron cambios subsecuentes de temperatura, turbidez y de la calidad del agua. Estos cambios en las corrientes tienen un efecto significativo para alguna fauna acuática, especies migratorias como las aves que se desarrollan en hábitats ribereños, por ejemplo, la paloma alas blancas (*Zenaida macroura*) resulta ser muy sensibles a estos cambios, los ríos constituyen su vía de paso a otros ecosistemas (CONAGUA, 1997) (fotografías 20 A-C).



Fotografías 20. Aves semi-acuáticas de la presa: **A.** Garzas y patos (los patos han sido casi exterminados porque se alimentan de las crías de la mojarra tilapia, compitiendo con los pescadores). **B.** Garzas. **C.** Zanates. (Fotografías tomadas por la autora en 2017).

4.1.3.2. IMPACTO EN LA FAUNA PISCÍCOLA

Previo a la construcción de la cortina y desde la obra de desvío del río Cutzamala se inició la desaparición de hábitats acuáticos existentes donde los peces que en él vivían desovaban, cortando así su ciclo de vida; posteriormente con el llenado de la presa el sistema pasó a una escasa o nula corriente, afectando la calidad de las aguas; la fauna acuática cambió de ser fluvial a lacustre.

La cortina formó una barrera que impide el movimiento de peces a lo largo del río, a las nuevas condiciones sólo podrán sobrevivir las especies que mejor se adapten, en un principio predominaban el bagre criollo, mojarra criolla y carpa. En los primeros años el bagre disminuyó y el que sobrevivió se fue aguas arriba, la mojarra prácticamente se extinguió.

4.1.4. FLORA Y FAUNA TERRESTRE

Desde las primeras fases del llenado de la presa, hubo una mortalidad masiva de vegetación y en menor grado de fauna terrestre, ya que ésta emigró, del lado opuesto, comenzó la proliferación de especies acuáticas que colonizaron el lago que se formó.

4.1.4.1. FLORA

El llenado de la presa hizo desaparecer por completo la vegetación del área inundada, en este caso en particular no existió vegetación ecológicamente importante (endémica o en peligro de extinción). Se estima que durante la construcción de la presa

se removieron aproximadamente 76 ha de vegetación que sería cubierta por el agua de la presa, para evitar su descomposición y posterior alteración/afectación química del agua.

La mayor parte de las obras y actividades que comprendió el proyecto, produjeron deterioro, al medio natural, principalmente a la vegetación, ya que fue eliminada en el área donde se construyó la cortina, en el trazo de caminos, en bancos de material y dentro del área inundada (CONAGUA, 1997).

4.1.4.2. FAUNA

Los daños ocasionados a la vegetación también repercutieron en la fauna silvestre, debido a que las hierbas, arbustos y árboles constituían un espacio para el refugio, alimentación, producción y descanso de animales, al mismo tiempo durante el desmonte del sitio destinado al establecimiento de cada obra ocasionó el desplazamiento de especies y la pérdida de madrigueras y/o nidos principalmente.

Durante el llenado de la presa, fauna enferma que se encontraba en las madrigueras o nidos murió ahogada o por falta de alimento; además al inundarse la presa se creó una barrera entre ambos márgenes del embalse, lo cual afecta a las especies cuyo territorio se localiza cerca o dentro del área inundada.

Los animales terrestres fueron molestados en sus hábitos con la acumulación de grandes superficies de agua, tuvieron que abandonar su territorio y restablecerse en otro.

En lo que respecta al ganado, en los últimos años ha sido notable el aumento de la garrapata, sobre todo en la cercanía de la presa, para prevenir que el ganado bovino (el más afectado) muera por infecciones en la sangre se debe estar vacunando cada tres meses.

4.1.5. CAMBIO CLIMÁTICO

El impacto climático de los lagos artificiales en el clima se considera en general poco significativo; sin embargo, no es despreciable y se traduce normalmente por la creación de un microclima en una zona más o menos equivalente a cuatro veces el área del vaso. Puede observarse, en particular, la formación de neblina local debido a la diferencia de temperatura entre el agua y el aire nocturno.

Como ya se mencionó, la evaporación de la zona es significativa por las elevadas temperaturas, a lo que se suma la evapotranspiración producida por el lirio acuático que

la aumenta varias veces donde la superficie del agua está totalmente cubierta (ver fotografía 19B).

4.1.6. EFECTOS SOCIALES

Los atrasos ocurridos durante la construcción provocaron inestabilidad en las comunidades afectadas debido a la lentitud en la atención y solución a los diversos procesos de deterioro y transformación del medio ambiente a causa del cambio de uso de suelo y la nueva tenencia de la tierra.

La expropiación e indemnización de tierras generó impactos negativos a los dueños, ya que el tipo de uso de suelo cambió radicalmente de actividades agrícolas y ganaderas a una obra de aspecto hidrológico; en el mejor de los casos favoreció a la pesca y a la agricultura de riego aguas debajo de la presa.

4.1.6.1. POBLADOS INUNDADOS Y REUBICACIÓN

La superficie inundada por la presa cubrió 3,222 hectáreas (de las cuales 2,692 cubrieron 12 terrenos ejidales, 410 de pequeña propiedad y 120 de propiedad federal). En los 12 ejidos (cuadro 10) se cubrieron de agua parcial o totalmente siete localidades mayores (cuadro 11) (CONAGUA, 1997).

| Ejido | Municipio | Estado |
|------------------------|-----------------------------|---------------|
| Amilpillas | Cutzamala de Pinzón | Guerrero |
| Hacienda de los Huajes | Cutzamala de Pinzón | Guerrero |
| El Tepehuaje | Cutzamala de Pinzón | Guerrero |
| La Playa y Anexos | Cutzamala de Pinzón | Guerrero |
| Pungarancho | Cutzamala de Pinzón | Guerrero |
| Arroyo Grande | Cutzamala de Pinzón | Guerrero |
| La Cañada y El Pinzan | Cutzamala de Pinzón | Guerrero |
| Los Albarrán | Tiquicheo de Nicolás Romero | Michoacán |
| El Carrizo | Tiquicheo de Nicolás Romero | Michoacán |
| Zapote Chico | Tiquicheo de Nicolás Romero | Michoacán |
| Tiquicheo | Tiquicheo de Nicolás Romero | Michoacán |
| Moro Grande | Tiquicheo de Nicolás Romero | Michoacán |

Cuadro 10. Ejidos afectados por la inundación (Fuente: CONAGUA, 1997).

| Localidades | Municipio | Estado |
|------------------------|-----------------------------|---------------|
| Hacienda de los Huajes | Cutzamala de Pinzón | Guerrero |
| El Tepehuaje | Cutzamala de Pinzón | Guerrero |
| La Playa y Anexos | Cutzamala de Pinzón | Guerrero |
| Los Albarrán | Tiquicheo de Nicolás Romero | Michoacán |

Cuadro 11. Continúa en la siguiente página

Cuadro 11. Continuación

| Localidades | Municipio | Estado |
|--------------|-----------------------------|-----------|
| El Carrizo | Tiquicheo de Nicolás Romero | Michoacán |
| Zapote Chico | Tiquicheo de Nicolás Romero | Michoacán |
| Tiquicheo | Tiquicheo de Nicolás Romero | Michoacán |

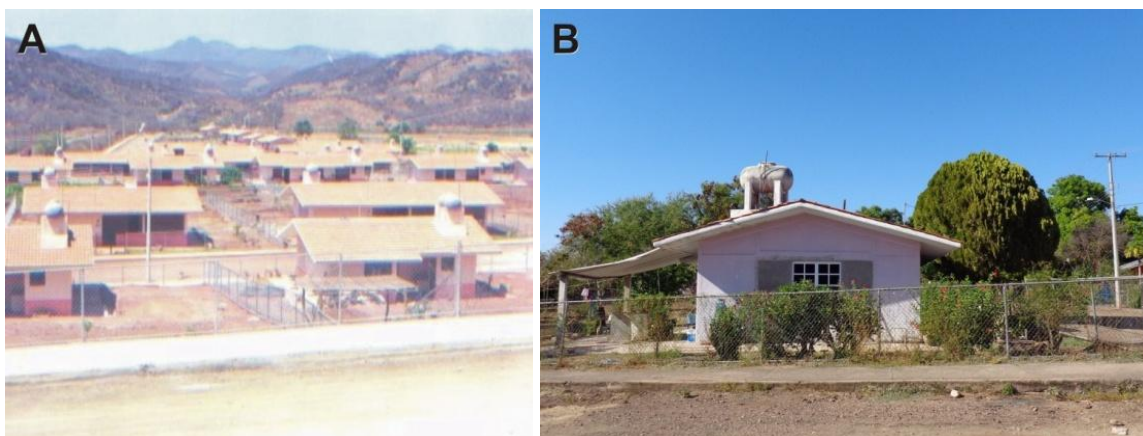
Cuadro 11. Localidades afectadas por el embalse (Fuente: CONAGUA, 1997).

Fue necesario construir tres nuevos poblados (cuadro 12) con un total de 138 casas para reubicar a las familias afectadas.

| Nombre | Municipio | Número de casas |
|--------------------------|-----------------------------|-----------------|
| La Playa | Cutzamala de Pinzón | 44 |
| Nuevo Albarrán | Tiquicheo de Nicolás Romero | 38 |
| Los Guajes (Loma Bonita) | Cutzamala de Pinzón | 56 |
| | Total = | 138 |

Cuadro 12. Nuevos centros de población (Fuente: CONAGUA, 1997).

Los poblados afectados por el embalse fueron reubicados en tres nuevos centros de población llamados: La Playa, Los Albarrán y Los Guajes (fotografías 21 A y B). Como consecuencia de dicha reubicación, los habitantes de estas comunidades vieron transformada su calidad de vida principalmente por el tipo de vivienda, materiales utilizados y servicios.



Fotografías 21. **A.** La Playa nuevo centro de población, se aprecia la homogeneidad de las viviendas. **B.** Acercamiento de una vivienda en Nuevo Albarrán. (Fotografías tomadas por la autora, A en 2002 y B en 2017).

El impacto social que representó la reubicación involuntaria de comunidades y la indemnización de pobladores por sus viviendas, transformó su vida en diversos aspectos y actividades: estructura económica, social, política, de organización, migración,

actividades rutinarias, etc., produciendo el rompimiento de sus patrones de vida establecidos hasta ese momento (CONAGUA, 1997).

Se llegó a dar el caso que familias reubicadas, acostumbradas al aislamiento y la “libertad” buscaran una nueva vivienda en los ejidos cercanos que no fueron afectados por el embalse, también hubo quienes buscaron en poblaciones “urbanizadas” como es el caso de Tiquicheo, Cutzamala y Zacapuato, entre las más cercanas.

4.1.6.2. CAMBIO DE LAS ACTIVIDADES ECONÓMICAS

La mayor parte de la superficie afectada por el embalse lo constituían terrenos de agostadero, que por la baja calidad de los suelos para fines agrícolas, se utiliza para el pastoreo de ganado. Las zonas relativamente planas y cercanas al cauce del río, por la presencia de humedad tenían buenos rendimientos.

La inundación, reubicación y posterior restitución de tierras (de menor calidad) al no tener buenos rendimientos y por consiguiente ganancias de la cosecha, los campesinos prefirieron cambiar de actividad, rentarlas o dejarlas abandonadas. Al dedicarse a otras actividades ajenas al campo y alejarse de este, van perdiendo poco a poco el apego a la tierra, especialmente las personas jóvenes.

El crecimiento acelerado de la población, carencias de fuentes de trabajo alternativo al agropecuario y la baja producción de la tierra resultó antieconómico e insuficiente para la manutención de la familia, ocasionando desempleo, emigración (hacia otros estados y los Estados Unidos) y en el peor de los casos, delinquir para conseguir dinero fácil.

4.2. VENTAJAS

4.2.1. CONSTRUCCIÓN DE CAMINOS

La apertura y acondicionamiento de caminos de acceso hacia la presa resultó benéfica para las poblaciones del área: El Tepehuaje, El Ojo de Agua, El Salitre, El Timbinal, La Laja, Arroyo Grande y El Pinzan (figura 3), a la vez que comunicaron a 2 nuevos centros de población que se construyeron: La Playa y Loma Bonita.

4.2.2. CONCENTRACIÓN DE POBLACIONES AISLADAS

Proveer de energía eléctrica y agua a la población es caro y difícil dependiendo de las condiciones del terreno, además si se toma en cuenta que entre poblados y

rancherías hay una distancia que fluctúa de varias centenas de metros hasta varios kilómetros, lo hace aún más.

Los 3 nuevos centros de población (La Playa, Nuevo Albarrán y Los Guajes) están bien lotificados, las construcciones son de materiales permanentes y cuentan con servicios de electricidad, agua potable y drenaje (fotografías 21 A y B). Además, en cada uno construyeron un centro religioso (iglesia católica), uno educativo básico (preescolar y primaria), uno recreativo (parque y/o jardín) y uno comercial (tienda).

4.2.3. APROVECHAMIENTO DEL RECURSO AGUA

Para algunos, ver el agua de un río fluir es parte del ciclo de la vida, a veces en mayor cantidad (en época de lluvia) o muy escasa (en época de estiaje). El agua que escurre puede considerarse un desperdicio si no se utiliza, por ello con las presas se planea retenerla de manera momentánea para brindarle un uso posterior (consumo, riego, pesca, generación de electricidad, etc.).

4.2.3.1. CONSUMO

En la región se utiliza para consumo el agua de pozos, por las mañanas se activan/prenden sus bombas, las cuales por medio de tuberías llenan diferentes cajas de agua (enormes piletas) construidas sobre lomas, que por gravedad distribuyen el líquido a las diferentes viviendas.

En muchos predios también han construido pozos (perforaciones de entre 10 y 15 metros, y un diámetro de un metro en promedio) que llegan hasta el nivel freático del agua y que con ayuda de una cuerda y un recipiente extraen el agua. Esta solo se utiliza cuando el agua que distribuye la autoridad respectiva del municipio escasea.

El agua de la presa se utiliza principalmente para riego y para que el ganado que pasta en sus cercanías la beba en los mismos márgenes; por medio de tuberías se han construido algunos abrevaderos (estanques) para que el ganado pueda beber agua, sin llegar hasta la presa. Debido a que la zona no se caracteriza por su alta humedad o lluvias abundantes, cuando el agua escasea la población acude a los remansos y trasporta de diferentes maneras (por medio de fuerza propia, bestias de carga, o camionetas) el agua hasta sus hogares para poder utilizarla.

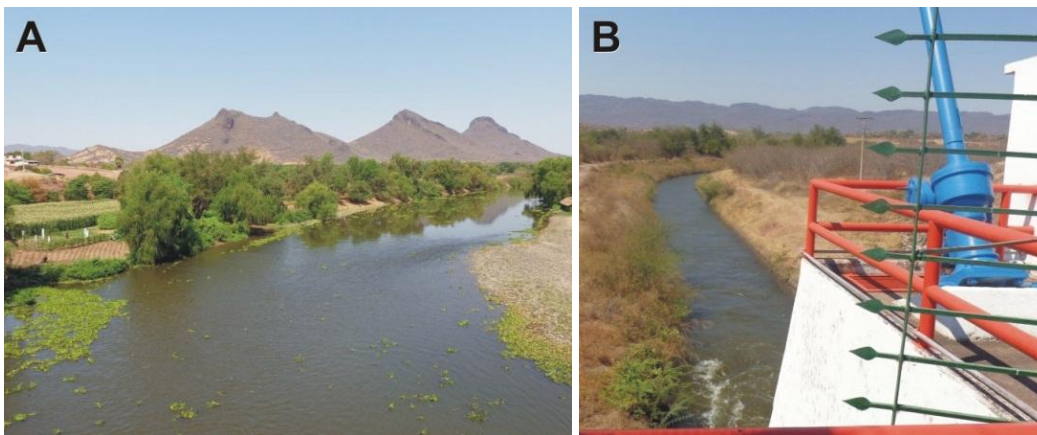
4.2.3.2. RIEGO

La Unidad de Riego Hermenegildo Galeana pertenece al Distrito de Riego No 57, se localiza en los municipios de Cutzamala de Pinzón y Coyuca de Catalán en Guerrero, en ambas márgenes del río Cutzamala. En 1977 contaba solo con 2,000 hectáreas, para 1981 mediante derivación directa aumentó a 13,758 ha por medio de una red de canales principales y secundarios, así como obras de toma que tienen su origen en la Presa Derivadora Hermenegildo Galeana, también conocida como Presa Ixtapilla (CONAGUA, 1997).

En los primeros años los principales cultivos que se producían en el distrito de riego eran maíz, melón, pepino, limón, pastos forrajeros y plátano.

Actualmente la superficie de riego que surte la Presa “El Gallo” asciende a un área total de 36,500 ha: 12,000 ha de la Unidad Hermenegildo Galeana, 4,000 ha más de su ampliación; 8,500 ha en el Valle del Gallo entre el sitio de la presa y la Derivadora Ixtapilla y 12,000 ha para los Valles de Huetamo y San Lucas (CONAGUA, 1997).

De las 16,000 ha de la Unidad Hermenegildo Galeana, el DR 57 Amuco-Cutzamala ocupa una superficie total de 13,730 ha situadas aguas debajo de la derivadora Hermenegildo Galeana (fotografías 22 A y B) (CONAGUA, 1997).



Fotografías 22. **A.** Vista panorámica del río Cutzamala, a la izquierda se aprecian campos de cultivo que aprovechan la cercanía de la humedad. Fotografía tomada a ~2.4 km al norte del poblado de Cutzamala del Pinzón, Guerrero y ~21.8 km en línea recta hacia el sureste desde la cortina de la Presa “El Gallo”. **B.** Canal para el Distrito de Riego 57 “Amuco-Cutzamala”, se aprecia parte de la instalación de la Presa Derivadora “Hermenegildo Galeana”. Fotografía tomada a ~1.2 km al oeste del poblado de Ixtapilla, Guerrero y ~15.5 km en línea recta hacia el sureste desde la cortina de la Presa “El Gallo”. (Fotografías tomadas por la autora en 2017).

De acuerdo con SEMARNAT (2015) las principales especies que se cultivan en la región son maíz, melón, jitomate, sorgo, frijol, hortalizas, soya, ajonjolí, cacahuete y sandía como cultivos anuales, además de pastos, mango, guayaba, papaya, plátano, limón, naranja y aguacate como cultivos permanentes. De cada 1,000 ha, 370 ha se dedican a la producción de alimentos básicos para el ganado (300 ha de pastos y 70 ha de sorgo forrajero).

4.2.3.3. PESCA

Previo a la construcción de la presa, en los ríos Tuzantla, Purungueo y Pungarancho, las especies que se encontraban eran el bagre, mojarra criolla y carpa. Con el cierre final de la presa en 1999 algunos peces tuvieron un nuevo nicho donde crecer de manera exponencial; la gran cantidad de peces permitió la creación de grupos de pescadores que los explotaran y posteriormente los comercializaran.

El incipiente y posterior desarrollo de la pesca originó que las especies comenzaran a escasear, para contrarrestar este efecto se buscaron e introdujeron peces (mojarra tilapia y bagre cuatete -fotografías 13 A y B-) de crecimiento rápido. Hoy en día las cooperativas que pescan en la presa son siete: de *Tiquicheo*: (1) Sociedad Cooperativa Pesquera La Perla de Tiquicheo. De *Cutzamala*: (2) Cooperativa Pescadores de Loma Bonita. (3) Cooperativa Pescadores de La Cañada. (4) Cooperativa Pesquera Triple S Amilpillas. (5) Cooperativa Pesquera Productores Unidos de la Presa El Gallo. (6) Cooperativa Pescadores de la Barquita de La Playa. (7) Cooperativa Pescadores de Pungarancho (fotografías 23 A-C).



Fotografías 23. Continúan en la siguiente página

Fotografías 23. Continuación



Fotografías 23. **A.** Placa de La Perla de Tiquicheo, una de las cooperativas pesqueras beneficiadas por la pesca. **B.** Vista panorámica donde destacan al centro líneas de jaulas para cría. **C.** Acercamiento a varias líneas de jaulas donde se crían los peces. (Fotografías tomadas por la autora en 2017).

4.2.3.4. HÁBITAT DE FAUNA ACUÁTICA

Por lo general, la vegetación semi-acuática sirve de resguardo para diversas aves (garzas, patos, etc.), entre su maleza, especies locales y migratorias “anidan”, previniendo que pequeños mamíferos depreden sus huevos y permitan la subsistencia de la especie.

4.2.4. GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA

Actualmente la energía eléctrica producida en las turbinas de las diferentes presas, representa una de las más importantes formas para su generación, además de utilizar recursos renovables, sus impactos pueden preverse y mitigarse; de acuerdo con la Clasificación de las Fuentes de Energía (ver Anexo 5), lo que la hace una energía ampliamente utilizada en todo el mundo (CONAGUA, 1997).

En junio de 1998 la CONAGUA oficialmente cerró la presa e inició el almacenamiento del agua, posteriormente la empresa Mexicana de Hidroelectricidad (Mexhidro S.A. de C.V. perteneciente al consorcio italiano Enel Green Power) comenzó las pláticas para que le otorgaran un permiso para construir una central hidroeléctrica y aprovechar la instalación de la presa¹ (las fuentes de notas periodísticas/video aparecen al final del capítulo). En 1999 obtuvo el permiso de la Comisión Reguladora de Energía (CRE) para poder generar/vender energía eléctrica (E/130/AUT/99), y en 2001 de la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) para poder iniciar las construcciones respectivas a la edificación de la hidroeléctrica².

Entre 2005 y 2007 se llevó a cabo la construcción y prueba de las instalaciones de la hidroeléctrica Mexhidro³ (fotografías 24 A y B); la cual técnicamente tiene una capacidad de 30 MVV (megavatio), dispone de dos unidades y una caída de 44 metros, el caudal de generación es de 76.7 m³/segundo y una producción de 143.18 GWH (gigavatio). El equipo utilizado es una turbina francis de eje vertical⁴.



Fotografías 24. **A.** Vista de las instalaciones de Mexhidro desde la parte alta de la cortina de la presa. **B.** Vista frontal de la cortina de la presa desde las instalaciones de Mexhidro. (Fotografías tomadas por la autora en 2016).

En el proyecto inicial Mexhidro estableció que su objetivo era satisfacer el abastecimiento de energía eléctrica de las empresas Siderúrgica Tultitlán y Colchas de México. Poco después, durante la tramitación de los permisos, informó que tenía pensado aumentar el número de empresas, entre éstas se encontraban Apasco, Corporación Moctezuma, Cementos Portland Moctezuma, Chrysler de México, Industrias Peñoles, General Motors de México, Nissan Mexicana, Cementos Cruz Azul, Cartón y Papel de México, Campos Hermanos, Ford Motor Co., Vidrio Plano de México, Aga Gas, Good Year Oxo y Pennwalt. También mencionaba que la electricidad generada la ofrecería al Gobierno del Distrito Federal y a los municipios de Tlalnepantla, Naucalpan, Atizapán, Netzahualcóyotl, Ecatepec, Cuatitlán Izcalli y Toluca (Estado de México), así como a los de Acapulco, Chilpancingo e Iguala (Guerrero) y a Cuernavaca y Cuautla (Morelos)⁵.

Finalmente, informaba que sus proyectos de pequeñas centrales hidroeléctricas trabajaban en armonía con el medio ambiente, beneficiando a los habitantes de las localidades en donde realizan los proyectos, en función de lo anterior, iban a crear fuentes de trabajo durante la construcción de la hidroeléctrica y cuando ya estuviera en funcionamiento⁶; además de que dotarían de energía eléctrica a toda la región con tarifas

relativamente bajas, por ejemplo, el alumbrado público de Cutzamala (la cabecera municipal) lo subsidiaría con el 30% del gasto total; también apoyaría al Ayuntamiento durante la realización de la carretera La Florida-Arroyo Grande⁷.

A finales de 2007 formalmente comenzó a funcionar la hidroeléctrica, detrás de ésta se encontraba la esperanza de toda la región: oferta de trabajos, construcción de una carretera, apoyo para la pesca y sobre todo que pobladores de Cutzamala y Tiquicheo recibirían energía eléctrica a precios justos y accesibles para hacer funcionar sus aparatos electrodomésticos (en el hogar); del lado opuesto, la industria de la Ciudad de México, y algunos municipios de los estados de México, Michoacán, Guerrero y Morelos también la recibirían a un precio razonable, que les permitiera ser competitivos con sus productos en el mercado.

¹ <https://www.youtube.com/watch?v=QD6QCaMmdig>, <http://hermesconstruccion.com.mx/presas/66-construccion-de-la-presa-qel-galloq-cutzamala-de-pinzon-guerrero-1994-1998.html>

² <http://www.lajornadaguerrero.com.mx/2013/10/14/index.php?section=sociedad&article=007n1soc>

³ <https://www.youtube.com/watch?v=G2Ji3W1o1Bk>

⁴ <http://www.comexhidro.com/>, <http://www.comexhidro.com/fullscreen-page/comp-j3x6bwtw/6141b651-50cb-4c0f-9826-36138b07d661/5/%3Fi%3D5%26p%3Djdas%26s%3Dstyle-j47jjjmo>

⁵ <http://www.cutzamaladepinzon.gob.mx/index.php/prensa/municipio/176-desarrollo-economico>

⁶ <http://www.comexhidro.com/>

⁷ <https://www.youtube.com/watch?v=G2Ji3W1o1Bk>

CAPÍTULO 5

CONSIDERACIONES FINALES

5.1. SITUACIÓN ACTUAL

Hoy en día la situación de la población en el área afectada/influenciada por la Presa “El Gallo” es diferente a lo que se había proyectado durante su planeación y construcción. Por medio de conversaciones con la población afectada/beneficiada y la consulta de notas periodísticas/video (las fuentes aparecen al final del capítulo) se menciona cual es el panorama que actualmente se está viviendo en la región.

5.1.1. PERCEPCIÓN DE LA POBLACIÓN SOBRE LA PRESA

Para conocer qué es lo que piensa la población sobre los “beneficios” y/o “perjuicios” que ha ocasionado la presa, se aplicaron tres diferentes cuestionarios (ver Anexo 6) a pobladores de diversos lugares que han sido afectados en menor o mayor grado. Las respuestas se generalizaron y resumieron en los apartados siguientes.

5.1.1.1. RESIDENTES

Entre 1995 y 1999 se les dio a los pobladores el último aviso para desalojar su propiedad, dependiendo la cercanía con el área inundada, aunque desde décadas antes ya tenían el conocimiento. Las nuevas viviendas resultaron ser más pequeñas, aunque de materiales más resistentes y contaban con servicios públicos (electricidad, agua potable, drenaje, pavimento, piso de cemento, etc.). Por otro lado, al estar más concentradas las viviendas se facilita el abasto de mercancía, para la educación infantil se construyeron escuelas primarias y preescolares; inclusive cuentan con una iglesia católica.

Sobre el arraigo y sus costumbres han sido afectados, sienten nostalgia por haber perdido el terreno que los vio nacer y crecer; la costumbre de poseer ganado menor (pollos, guajolotes, chivos, etc.) se ve limitada, porque en los nuevos centros de vivienda, éstas se encuentran lotificadas una junto a la otra.

Cabe destacar que algunos pobladores afectados contaban con viviendas de buena calidad y tamaño considerable, mientras que otros poseían viviendas más humildes y de menor tamaño, en ambos casos, a cada uno se le entregó una vivienda similar en los centros de reubicación, afectando a uno y beneficiando a otro.

En la temporada de estiaje que el agua de las orillas del área inundada está en calma, se incuban los huevos que posteriormente pasan a ser larvas y finalmente moscos de diferentes variedades. A decir de los pobladores, en los últimos años el zancudo ha aumentado y con él la posibilidad de que se incrementen enfermedades como el dengue, fiebre amarilla, chikunguña y zica. Los moscos afectan sobre todo a los diferentes poblados que rodean al enorme cuerpo de agua y las márgenes de los ríos.

5.1.1.2. AGRICULTORES Y GANADEROS

Hasta antes de la construcción de la presa, en la región se practicaba agricultura de temporal, los principales cultivos eran maíz, ajonjolí, sorgo y calabaza de castilla (por la semilla). Actualmente se sigue practicando agricultura de temporal, combinada con agricultura de riego en las zonas de remanso y aguas abajo de la cortina; se beneficia el cultivo de mango, sandía, melón, maíz, pepino, papaya, tomate, plátano y palma de coco.

La mayor parte de los agricultores manifiesta que las parcela que les entregaron (de 5 a 6 hectáreas) en compensación por las que se inundaron, no son de la misma calidad y por lógica su productividad es menor; las tierras inundadas eran planicies o valles con suelos bien formados, las parcelas entregadas se encuentran en zonas de lomas y laderas donde se dificulta la siembra.

En el caso de agricultores que prefirieron una compensación económica (\$30,000 pesos m.n.) a la restitución de la parcela, optaron por cambiar su actividad económica, dedicándose principalmente a la pesca o a impartir algún servicio. En el peor de los casos abandonaron el municipio, estado e inclusive el país.

Los agricultores mencionan que el personal de Mexhidro enciende las turbinas de la presa en la madrugada, con ello, a esas horas liberan el agua que fluye a través de los canales de riego; por lo anterior, tuvieron que cambiar su jornada de trabajo para poder atender sus tierras y cultivos.

En la región el ganado predominante es el bovino, le siguen caprino y porcino; antes de la inundación, los ganaderos pastaban los animales en sus parcelas, que como ya se ha mencionado estaban en planicies o valles que facilitaban el crecimiento de pasto. Ahora las nuevas parcelas por sus condiciones topográficas dificultan el crecimiento de pasto (la fuente principal de alimento) sustituyéndolo por forrajes y pasturas, en las que invierte una buena cantidad de dinero que no se tiene. La solución para no tener ganado mal alimentado (fotografía 12A) es venderlo: (a) a otros ganaderos que si los puedan mantener, (b) al rastro para su venta como carne. También el ganado

al estar infestado de garrapatas, pierde mucha sangre de la cual estos parásitos se alimentan, dando la apariencia de estar mal alimentado.

Sobre las tierras del remanso, a medida que baja el nivel del agua, el ganado se adentra en busca de alimento, el suelo fangoso totalmente cargado de humedad funciona como pantano; en el caso del ganado bovino, por su propio peso se le dificulta salir y por el contrario se hunde más, si el ganadero no se da cuenta o aunque lo haga, de momento no cuenta con que arrástralo, es una muerte segura, de esta manera al año se contabilizan varias decenas de muertes en las márgenes de la presa. Todo lo anterior ha ocasionado que la ganadería como actividad disminuya y que ganaderos también cambien de actividad.

Algunos agricultores y ganaderos mencionan que cuando se estaba iniciando la negociación de restitución de parcelas, éstas iban a ser entregadas a la razón de 3:1 para compensar la calidad/productividad; cosa que no fue respetada al cien por ciento. En el caso de que prefirieron la compensación económica, las autoridades tardaron varios años en pagar lo prometido⁸.

5.1.1.3. PESCADORES

En los últimos años la mojarra tilapia ha cubierto con creces la expectativa que de ella se tenía^{9,10,11}, se reproduce aceleradamente en grandes cantidades, satisfaciendo la demanda local e inclusive se lleva la mayor cantidad a la Ciudad de México, y estados de México y Michoacán¹².

Poco después de la construcción de la hidroeléctrica y por varios años (2008-2010) la pesca en la presa fue muy buena y abundante, inclusive llegó a saturar el mercado local¹³, cuando empezó la problemática con Mexhidro (tratada en el siguiente punto) la pesca comenzó a decrecer hasta el grado de volverse casi nula; pescadores abandonaron esta actividad para dedicarse a otra y poder subsistir, migrando al interior de México y a los Estados Unidos¹⁴. En la segunda parte de 2014, resurgió la actividad y creció de manera exponencial hasta el día de hoy.

Pescadores “originales” y pescadores posteriormente incorporados aseguran que esta actividad es redituable, ya que les permite vivir en mejores condiciones a las que vivían antes que se construyera la presa. Los problemas que actualmente sufren son: (a) El crecimiento exponencial del lirio acuático (fotografías 19 A y B) produjo la muerte de 240 toneladas de peces¹⁵. (b) La especie introducida -bagre cuatete (*Ariopsis guatemalensis*)- se está alimentando de las otras especies, principalmente del bagre

criollo. (c) A pesar de lo productiva y remunerativa de esta actividad hacia los pescadores y sus familias, y de los beneficios que está trayendo a la región, las mayores ganancias se quedan en los intermediarios que llevan el producto a los diferentes mercados. d) En las turbinas de la hidroeléctrica por falta de mallas son triturados miles de peces. e) La posibilidad de que en la parte alta de la cuenca de estén vertiendo desechos tóxicos, ocasionando la muerte de peces y aves.

Debido a que la pesca puede convertir a la región en un polo de desarrollo económico y social, diferentes instituciones de gobierno¹⁶ y particulares apoyan a los pescadores con lanchas, redes, jaulas y alevines (crías de tilapia)¹⁷.

5.1.2. SITUACIÓN DE MEXHIDRO

A partir de 2008 que empezó a trabajar en forma la hidroeléctrica, poco a poco se olvido de lo que había prometido. Mexhidro muy pronto se sintió dueña de la presa y del agua; ponía a toda hora a funcionar las turbinas para producir energía eléctrica, con ello bajaba rápidamente el nivel de agua, perjudicando a los agricultores de los distritos de riego. Al no implementar ninguna medida precautoria, el agua que pasaba por la turbina venía con muchos peces, al salir e incorporarse al cauce del río Cutzamala, el agua era un “licuado” (por las altas temperaturas de la región rápidamente se descomponía) que se utilizaba para regar los campos más cercanos y para saciar la sed del ganado; como consecuencia las cosechas no se daban y el ganado moría intoxicado.

Aguas arriba de la presa, la crianza de peces en un principio fue una actividad muy redituable, la pesca creció satisfactoriamente, pero poco a poco el ruido de la turbina disminuyó el crecimiento, el número de peces ya no fue suficiente para satisfacer a las diferentes cooperativas pesqueras, fueron sobre-explotados hasta el grado de casi acabarlos. Muchos pescadores abandonaron sus botes y redes y buscaron otra actividad para sobrevivir y poder mantener a sus familias.

La disminución gradual en el nivel de agua, formó trampas de lodo en los remansos de la presa, el ganado bovino (por su tamaño y peso) al acercarse para beber agua, tenía una muerte segura si caía en una de estas trampas, se llegaron a contabilizar más de 4000 cabezas de ganado que tuvieron este fin. En los distritos de riego el agua disminuyo en calidad y cantidad, afectando también la calidad de los productos¹⁸, cultivos de exportación, como el mango fueron afectados y bajo tanto su calidad, que ni en el mercado regional se comercializaban.

La Cabecera Municipal de Cutzamala no recibió la bonificación del 30% que le había sido prometida para pagar el servicio de alumbrado público¹⁹, además, para los pocos aparatos electrodomésticos que tenían los hogares de los poblados cercanos a la hidroeléctrica, sus recibos para el pago de la energía eléctrica eran muy elevados.

Todos los problemas^{20,21} causaron crisis con la población, hasta que encabezados por el Presidente Municipal de Cutzamala Isidro Duarte Cabrera²² denunciaron penalmente a Mexhidro ante la PGR y exigieron una indemnización de \$60 millones de pesos; también mencionaban que la empresa solo recibió el permiso para generar energía eléctrica para autoabastecerse, al igual que sus socios, y el excedente debía de venderla a la CFE para que ella la comercializara²³, en el mismo documento se decía que en caso de que hubiera daños o afectaciones ambientales, se podía anular o revocar la concesión.

Posteriormente, los pobladores y el Presidente Municipal tomaron simbólica y después totalmente las instalaciones (el 9 y 25 de julio de 2013 respectivamente), exigiendo que cumplieran con lo prometido y repararan los daños ocasionados al medio ambiente. Después de muchas reuniones²⁴ entre autoridades, población afectada y dirigentes de Mexhidro se logró que se liberaran las instalaciones (5 de noviembre de 2013) por medio de un acuerdo²⁵, en donde se establecía que los dueños de la hidroeléctrica solo pagarían por los daños ocasionados 8 millones de pesos; ayudarían a los pescadores entregándoles en un inicio redes y lanchas, además por año les entregarían a cada una de las cooperativas pesqueras 400,000 crías de peces y \$50,000 pesos para gastos. A la población en general la apoyarían con tarifas justas, inclusive a los habitantes de Cutzamala les reducirían el 70% del consumo de energía, cosa que no ha ocurrido.

5.1.3. SEGURIDAD PÚBLICA

Hasta antes de 2006 la región podía considerarse sumamente tranquila, por ser zona de emigrantes era normal encontrar en sus calles adultos mayores, mujeres y niños; a partir de 2007 bandos contrarios del crimen organizado empezaron a combatir entre sí para apoderarse de la región. Posteriormente, a los enfrentamientos se unieron la policía estatal y municipal que intentaban detenerlos^{26,27,28,29}; la situación llegó a estar fuera del control de las autoridades del Estado y Municipio, siendo frecuente secuestros (a gente pudiente y posterior rescate), asesinatos, quema de vehículos, balaceras, chantajes y derecho de piso que ocurrían todos los días (los mismos pobladores

comentan que con ellos no se metían, los enfrentamientos eran entre bandos y autoridades).

Cuando la situación llegó a niveles extremos, el Gobierno Federal decidió construir a finales de 2011 un cuartel militar (25/o. Regimiento de Caballería Motorizado) a ~1.9 km al norte de la Cabecera Municipal de Tiquicheo³⁰ para frenar o detener las disputas por el poder. A partir del 21 de marzo de 2012 que fue inaugurado el Regimiento por parte del entonces Presidente de México Felipe Calderón, la situación recobró la calma³¹, pero posteriormente se recrudeció aún más, algunos militares tuvieron que ser reubicados en Querétaro en marzo de 2013, para salvaguardar su integridad³².

Aunque los enfrentamientos se daban entre integrantes de la “Familia Michoacana”, los “Caballeros Templarios” y el ejército, la población en general prefirió abandonar la zona para resguardarse del peligro³³, lo anterior se demuestra en la tasa de crecimiento poblacional entre 2010 y 2015 para ambos municipios (ver cuadros 13 y 14).

| | 1970 | 1980 | 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2010 | 2015 |
|--------------|--------|------------------|------------------|-----------------|-----------------|------------------|-----------------|-----------------|
| Total | 20,970 | + 24,841 15.5 | + 29,469 15.7 | - 26,672 9.4 | - 26,166 1.8 | - 20,730 20.7 | + 21,388 3.0 | - 19,746 7.6 |

Cuadro 13. Tasa de crecimiento de la población en el municipio de Cutzamala de Pinzón, Guerrero (Con base en INEGI, 1972a y b, 1983, 1987, 1991a y b, 1996a y b, 2003a y b, 2006a y b, 2011a y b, 2016a y b).

| | 1970 | 1980 | 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2010 | 2015 |
|--------------|--------|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|-----------------|-----------------|
| Total | 12,762 | + 15,174 15.8 | + 15,969 4.9 | + 16,355 2.3 | + 16,656 1.8 | - 13,665 17.9 | + 14,274 4.2 | - 13,731 3.8 |

Cuadro 14. Tasa de crecimiento de la población en el municipio de Tiquicheo de Nicolás Romero, Michoacán (Con base en INEGI, 1972a y b, 1983, 1987, 1991a y b, 1996a y b, 2003a y b, 2006a y b, 2011a y b, 2016a y b).

Como puede verse en el cuadro 13, la población de Cutzamala de 1970 a 2010 ha tenido aumentos y descensos de la población, a causa de la emigración hacia el resto del país y preferentemente a los Estados Unidos; de 2010 a 2015 la población disminuyó un 7.6%, este decrecimiento se puede atribuir a la inseguridad de la región. En el cuadro 14 se observa que de 1970 a 2000 la población de Tiquicheo aumenta gradualmente; en 2005 baja y para 2010 vuelve a subir; de 2010 a 2015 disminuye un 3.8%.

Por algún tiempo, en la zona continuaron los enfrentamientos, la llegada constante de fuerzas federales³⁴ y militares comenzaron a ganar terreno y disminuyeron en fuerza y número a los integrantes de ambos grupos delictivos; aunque se puede decir que en los últimos dos años, la situación está “controlada”, todavía suceden enfrentamientos entre bandas rivales y el ejército³⁵.

5.2. RECOMENDACIONES Y SUGERENCIAS

Para intentar alargar la vida útil de la Presa “El Gallo” y beneficiar a la población de la región que depende de su agua, se proponen las siguientes recomendaciones y sugerencias:

a) *Parte alta de la presa*

La erosión y posterior sedimentación debe prevenirse con el manejo que se practique en la parte alta de la cuenca, se deben implementar/financiar campañas de reforestación, en donde se siembre vegetación nativa del lugar como cuajilote colorado (*Bursera morelesis*), copal cimarrón (*Bursera bipinata*), huizache (*Acacia farmeciana*), espino blanco (*Acacia pennatula*), palo verde (*Cercidium praecox*), tepehuaje (*Lysiloma acapulcensis*), y palo blanco (*Lyisloma targemina*) por ser las especies dominantes.

Se deben construir en los valles y barrancas pequeñas obras de retención (presas de gaviones, piedra acomodada o troncos y ramas) que retengan los sedimentos antes que lleguen al área inundada. Para decidir cuál es la construcción idónea, se debe valorar como es la erosión en las respectivas subcuencas, en función de la vegetación existente y los suelos expuestos.

Concientizar a la población para que cuide y valore el terreno, dentro de lo que sea posible disminuir y prohibir la roza-tumba-quema, práctica muy común para eliminar a la vegetación natural y en su lugar cultivar (principalmente maíz), lo malo es que solo por unos pocos años las cosechas son buenas, hasta que el terreno se vuelve improductivo. Lo siguiente es buscar nuevos terrenos que cultivar y los otros se abandonan, dejándolos a merced de la erosión eólica e hídrica.

b) *Caminos y bancos de material*

Estabilizar los taludes con malla y piedra, adecuándolos con las características de la topografía, esto evitará su erosión o que se produzcan derrumbes en época de lluvias. De ser posible, se podría reforestar las márgenes de los caminos con especies nativas de arbustos y hierbas, como son el huizache (*Acacia farmeciana*), zacatón (*Cyperus lanceolatus* y *C. nayaritensis*) y zacate (*Cyperus squarrosus*).

c) *Fauna silvestre*

Evitar la caza furtiva, concientizar a la población colocando anuncios alusivos de protección a la fauna. Cabe destacar, que por las condiciones socioeconómicas de la

población, en algunas pequeñas rancherías cazan algunas especies (venados, conejos, armadillos, iguanas, etc.) para alimentarse con ellas. También se comercializan algunas especies de aves (cotorros) como ornato; en la región se consume mucho la iguana, huilota y venado, por lo que son cazados y vendidos en los restaurantes; otras especies se venden como remedios (zorrillos, tlacuaches, zopilotes, diferentes tipos de serpientes, etc.). Los cazadores furtivos no respetan tiempos de veda, ni diferencia entre sexo y tamaño de las especies, esto a la larga contribuye con la extinción de especies.

d) Calidad de agua

Solicitarle a la población que vive sobre el remanso de la presa y a los pescadores, que eviten derramar cualquier combustible o sustancia contaminante en el agua, ya que esto la contaminará y causará mortandad entre los peces; lo mismo ocurre con la descarga de aguas domésticas y basura. Se deberán construir letrinas biodegradables o instalaciones sanitarias adecuadas en las zonas de pesca para no defecar al aire libre y crear focos de infección.

Por otra parte, en los poblados aguas arriba de la presa se recomienda construir fosas sépticas para el tratamiento de aguas residuales y rellenos sanitarios para los desechos sólidos, ambas edificaciones deben seguir las normas ambientales y especificaciones oficiales. Esta sugerencia aplica para la Cabecera Municipal de Tiquicheo, la cual se encuentra a una distancia de 370 metros del río Tuzantla.

Personal de la CONAGUA, Mexhidro y de la Secretaría de Salud, deben monitorear la calidad del agua de la presa, para prevenir y controlar enfermedades a la población ribereña, con la erradicación de insectos transmisores; además de asegurar que tenga una buena calidad para los peces y cultivos en los distritos de riego.

En las orillas del área inundada, al igual que en los diferentes ríos y presas del país, se pueden encontrar acumulaciones de bolsas y botellas de plástico. Desde los niveles más altos del Gobierno se deben emprender campañas para educar a la gente con el fin de que no tire basura (residuos sólidos) en ríos, carreteras, parques, jardines, calles, etc., tarea difícil, pero no imposible.

e) Poblados reubicados

Fomentar el arraigo a los nuevos centros de población y restitución de actividades productivas para su manutención, estableciendo algún programa de desarrollo productivo (por ejemplo el cultivo en invernaderos, elaboración de sombreros, etc.) que

devuelva a las comunidades reubicadas el equilibrio social y económico que tenían en sus comunidades originales.

f) Pesca deportiva y zona de recreo

Actualmente las actividades ecológicas y el llamado ecoturismo están de “moda”, la adecuación de algunas zonas en las márgenes de la presa (muelle, construcción de instalaciones, etc.) podrían servir para captar la atención de algunas personas que quieran practicar pesca deportiva, en un futuro cercano; para lograrlo, será necesario combatir el lirio acuático que crece aceleradamente y esperar que la ola de inseguridad se termine, ya que miembros de grupos delictivos se esconden en las inmediaciones de la presa.

g) Distrito de riego

Para aprovechar al máximo el agua de la presa será necesario erradicar el lirio acuático de los canales principales, así como tecnificar la red de canales que actualmente es obsoleta y presenta fugas de agua.

h) Personal de Mexhidro.

La primera y más importante, es que cumpla con lo convenido desde el principio, además de lo acordado al finalizar las pláticas que terminarían con el cierre de las instalaciones.

5.3. CONCLUSIONES

Hoy en día, las necesidades de agua y energía eléctrica en nuestro país son vitales para satisfacer las necesidades de la población; en el caso de la Presa “El Gallo” fue construida para cubrir los requerimientos de agua en los distritos de riego, consumo del ganado y complemento para uso del hombre cuando se reduzca el agua extraída por medio de pozos; por su parte la energía eléctrica hará funcionar los aparatos electrodomésticos de la población en general y la maquinaria en la industria.

Al terminar la investigación y considerar el balance entre los efectos negativos y positivos; para este caso, la construcción de caminos, concentración de poblaciones, el aprovechamiento del agua (para consumo, riego y pesca) y la generación de energía eléctrica, pasaron a un segundo plano como efectos positivos, ya que toda la problemática ocasionada por la hidroeléctrica Mexhidro se unió a los diferentes efectos

negativos (mencionados en el Capítulo 4) y a la inseguridad que impera en toda la región de Tierra Caliente.

Si el funcionamiento de la Presa “El Gallo” se hubiera dado en otras condiciones, es decir, que el personal de Mexhidro no hubiera causado ningún daño y conflicto, y la seguridad pública no hubiera alcanzado niveles críticos, la región habría alcanzado altos niveles de prosperidad.

Es importante recalcar que las condiciones de la presa (área, profundidad, temperatura del agua, etc.) favorecieron el desarrollo de la pesca, desde un principio entre 1999 y 2006 la productividad era satisfactoria, a partir de 2007 que entró en funcionamiento la hidroeléctrica comenzó la disminución de manera paulatina, hasta que entre 2012 y 2014, cuando Mexhidro con sus malos manejos exterminó los peces con su turbina, ahuyentó a otros y disminuyó su ritmo de crecimiento por el ruido y vibraciones que produce; posteriormente al solucionarse el conflicto, vino un nuevo resurgimiento de la pesca, esta actividad bien llevada y administrada puede ser un verdadero polo de desarrollo para la región, siempre y cuando se cuiden las aguas de la contaminación y se evite el crecimiento acelerado de extensas malezas de lirio acuático.

Finalmente, se espera que lo aportado en esta tesis contribuya con la generación de conocimiento e información, actualmente casi nula o muy general para el área de estudio; además, que las recomendaciones y sugerencias permitan alargar la vida útil de la presa y con ello se beneficie por mucho tiempo a los habitantes que de ella dependen, ya sea aguas arriba o abajo del sitio donde se construyó la cortina.

⁸ <http://www.suracapulco.com.mx/anterior/2002/mayo/10/guerrero.htm>

⁹ <https://www.quadratin.com.mx/regiones/Alistan-primer-Festival-Mojarra-Tilapia-Tiquicheo/>

¹⁰ <http://el-veraz.wixsite.com/el-veraz/single-post/2015/12/15/INAUGUR%C3%93-EL-GOBERNADOR-DE-MICHOAC%C3%81N-LA-FERIA-DE-LA-TILAPIA-2015-EN-COMPA%C3%91%C3%8DA-DEL-PRESIDENTE-MUNICIPAL-DE-TIQUICHEO-SALVADOR-ORTEGA-SANTANA>

¹¹ <http://www.sicde.gob.mx/portal/bin/nota.php?accion=buscar¬aId=19827853494d9f1e4b8f5c8>

¹² <http://www.cambiodemichoacan.com.mx/nota-218934>

¹³ <http://www.sexenio.com.mx/guerrero/articulo.php?id=5283>

¹⁴ <https://www.youtube.com/watch?v=98-0p7E7Cng>

¹⁵ <http://www.lajornadaguerrero.com.mx/2016/02/16/index.php?section=regiones&article=011n2reg>

¹⁶ <https://laextra.mx/entrega-gobierno-del-estado-equipo-a-pescadores-de-tiquicheo/>

¹⁷ <http://www.sexenio.com.mx/guerrero/articulo.php?id=5283>

¹⁸ <https://www.youtube.com/watch?v=jXCHy8X-bvQ>

¹⁹ https://www.youtube.com/watch?v=qhQGg_1aCDw

²⁰ <http://revoluciontrespuntocero.mx/habitantes-de-cutzamala-exigen-que-empresa-extranjera-cumpla-acuerdos-por-construcci/>

²¹ <https://www.youtube.com/watch?v=G2Ji3W1o1Bk>

²² <http://www.agenciainformativaguerrero.com/?p=11174>

²³ <http://www.lajornadaguerrero.com.mx/2013/10/14/index.php?section=sociedad&article=007n1soc>

-
- ²⁴ <https://www.youtube.com/watch?v=Yv30GTa3mX0>
- ²⁵ http://www.milenio.com/estados/Termina-habitantes-Cutzamala-hidroelectrica-Mexhidro_0_185381933.html
- ²⁶ <http://www.cambiodemichoacan.com.mx/nota-253122>
- ²⁷ <http://noticierotelevisa.esmas.com/nacional/515937/ejercito-captura-11-caballeros-templarios-guerrero/>
- ²⁸ <http://www.libertadguerrero.net/2011/06/enfrentamiento-en-cutzamala-de-pinzon.html>
- ²⁹ <http://www.noticiasmvs.com/#!/noticias/enfrentamiento-en-cutzamala-guerrero-deja-un-saldo-de-cuatro-delincuentes-muertos-informa-sedena-451/>
- ³⁰ <http://www.gob.mx/sedena/prensa/abanderamiento-e-inauguracion-de-las-instalaciones-del-25-o-regimiento-de-caballeria-motorizado-en-tiquicheo-mich>
- ³¹ <http://www.cambiodemichoacan.com.mx/nota.php?id=186989&tipo=o>
- ³² <https://rotativo.com.mx/noticias/metropoli/queretaro/17396-llega-regimiento-de-caballeria-motorizado-a-sedena-queretaro/>
- ³³ <http://www.lapoliciaca.com/nota-roja/abandonan-sus-hogares-familias-de-cutzamala-por-miedo/>
- ³⁴ <http://www.elfinanciero.com.mx/nacional/este-viernes-arriban-fuerzas-federales-a-michoacan.html>
- ³⁵ <http://www.lavozdemichoacan.com.mx/seguridad/aseguran-armamento-vehiculos-y-equipo-tactico-en-tiquicheo/>

ANEXOS

1.- Fórmula para el cálculo de la evaporación, según Martonne (Remenieras, 1974).

$$E = 30 (10 + t)$$

En donde:

E es la evaporación anual en mm.

t es la temperatura media anual en °C.

2.- Fórmula para el cálculo de la evaporación, según Langbein (Remenieras, 1974).

$$E = 35 (7 + t)$$

En donde:

E es la evaporación anual en mm.

t es la temperatura media anual en °C.

3.- Fórmula para el cálculo de la evaporación, según Turc (Remenieras, 1974).

$$E = 320 + 25 t + 0.05 (t)^3$$

En donde:

E es la evaporación anual en mm.

t es la temperatura media anual en °C.

4.- Datos del escurrimiento en millones de m³ registrado de 1955 a 1994 en la Estación El Gallo, Cutzamala de Pinzón, Guerrero.

| AÑO | E | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D | ANUAL |
|------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-----------|-----------|---------|---------|-----------|
| 1955 | 81,700 | 62,950 | 59,100 | 35,700 | 42,150 | 108,070 | 491,980 | 888,560 | 1,693,060 | 626,390 | 179,410 | 105,330 | 4,374,400 |
| 1956 | 96,310 | 81,680 | 80,640 | 75,550 | 101,170 | 329,770 | 477,000 | 364,100 | 487,940 | 898,110 | 270,840 | 142,320 | 3,405,430 |
| 1957 | 70,640 | 51,520 | 51,220 | 54,780 | 60,670 | 119,930 | 195,870 | 295,190 | 384,070 | 192,760 | 121,100 | 94,110 | 1,691,860 |
| 1958 | 94,200 | 61,590 | 55,230 | 42,110 | 46,060 | 259,520 | 864,920 | 501,540 | 1,381,230 | 196,750 | 89,610 | 74,060 | 3,666,820 |
| 1959 | 174,400 | 112,290 | 95,410 | 114,350 | 113,700 | 334,310 | 566,610 | 682,330 | 485,400 | 802,160 | 494,880 | 206,830 | 4,182,770 |
| 1960 | 135,540 | 103,340 | 102,710 | 90,600 | 93,910 | 115,080 | 311,940 | 374,870 | 544,230 | 958,770 | 294,580 | 168,970 | 3,294,540 |
| 1961 | 72,330 | 56,680 | 56,880 | 53,400 | 59,540 | 147,760 | 462,980 | 291,610 | 558,370 | 334,960 | 146,680 | 94,020 | 2,335,210 |
| 1962 | 86,440 | 68,010 | 73,280 | 66,810 | 82,290 | 177,010 | 278,800 | 688,650 | 927,030 | 199,230 | 118,070 | 109,070 | 2,474,690 |
| 1963 | 94,880 | 79,830 | 81,700 | 63,830 | 56,160 | 97,100 | 360,510 | 489,820 | 423,800 | 482,810 | 163,150 | 141,520 | 2,535,110 |
| 1964 | 131,550 | 97,020 | 82,960 | 83,980 | 94,500 | 191,200 | 459,200 | 399,620 | 763,760 | 584,580 | 187,550 | 136,840 | 3,212,760 |
| 1965 | 108,790 | 93,540 | 93,060 | 84,500 | 88,820 | 147,410 | 217,370 | 555,910 | 493,520 | 339,330 | 161,180 | 127,600 | 2,511,030 |
| 1966 | 89,390 | 79,120 | 82,530 | 79,290 | 93,510 | 146,470 | 434,650 | 738,990 | 509,650 | 403,950 | 134,940 | 106,680 | 2,899,170 |
| 1967 | 204,180 | 100,840 | 96,950 | 98,080 | 126,220 | 288,600 | 545,150 | 749,150 | 1,397,360 | 413,030 | 183,160 | 158,390 | 4,361,110 |
| 1968 | 160,340 | 145,100 | 130,110 | 106,470 | 133,400 | 283,770 | 554,880 | 116,290 | 683,490 | 991,050 | 309,840 | 209,690 | 4,224,430 |
| 1969 | 160,030 | 125,880 | 133,770 | 97,390 | 122,410 | 147,890 | 465,020 | 900,400 | 1,038,200 | 455,960 | 200,890 | 173,470 | 4,021,310 |
| 1970 | 112,300 | 98,410 | 92,650 | 91,170 | 94,150 | 231,670 | 449,930 | 761,440 | 885,780 | 412,460 | 152,940 | 130,130 | 3,613,030 |
| 1971 | 119,120 | 94,990 | 128,130 | 119,570 | 99,710 | 156,070 | 379,890 | 715,510 | 1,043,090 | 478,520 | 195,680 | 138,840 | 3,668,420 |
| 1972 | 121,110 | 96,810 | 97,000 | 90,760 | 104,080 | 293,270 | 472,600 | 540,500 | 669,100 | 1,003,950 | 199,520 | 157,850 | 3,846,560 |
| 1973 | 130,400 | 106,090 | 108,020 | 102,600 | 133,470 | 167,940 | 466,140 | 867,140 | 1,132,400 | 319,110 | 195,290 | 141,860 | 3,870,460 |
| 1974 | 114,560 | 96,900 | 99,160 | 87,220 | 93,030 | 225,240 | 698,950 | 407,170 | 468,560 | 781,490 | 243,850 | 138,950 | 3,455,080 |
| 1975 | 120,200 | 98,160 | 94,660 | 91,780 | 108,400 | 281,670 | 477,990 | 640,830 | 897,150 | 203,590 | 134,800 | 112,090 | 3,221,320 |
| 1976 | 113,640 | 91,270 | 94,900 | 86,460 | 88,860 | 123,130 | 502,650 | 475,950 | 514,020 | 276,280 | 148,340 | 120,540 | 2,636,040 |
| 1977 | 114,980 | 89,310 | 92,480 | 89,100 | 98,650 | 235,350 | 308,800 | 400,480 | 544,940 | 749,480 | 205,380 | 140,730 | 3,069,680 |
| 1978 | 92,460 | 77,670 | 79,180 | 83,980 | 98,270 | 201,340 | 361,750 | 496,330 | 914,730 | 227,470 | 123,150 | 102,160 | 2,858,790 |
| 1979 | 109,600 | 99,210 | 103,130 | 90,520 | 88,210 | 110,070 | 206,440 | 344,410 | 594,330 | 427,840 | 152,860 | 125,790 | 2,452,410 |

Anexo 4. Continúa en la siguiente página

Anexo 4. Continuación

| AÑO | E | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D | ANUAL |
|------|---------|---------|---------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-----------|
| 1980 | 182,860 | 100,790 | 86,560 | 74,770 | 81,160 | 161,810 | 228,360 | 622,170 | 638,020 | 152,920 | 106,440 | 90,720 | 2,526,580 |
| 1981 | 97,050 | 69,280 | 80,630 | 46,900 | 50,160 | 154,160 | 687,720 | 713,800 | 597,940 | 312,230 | 201,170 | 132,330 | 3,243,370 |
| 1982 | 98,380 | 79,540 | 77,930 | 66,130 | 92,750 | 90,240 | 211,420 | 167,090 | 174,020 | 318,390 | 153,540 | 122,970 | 1,652,400 |
| 1983 | 34,810 | 53,950 | 58,580 | 45,206 | 47,900 | 109,600 | 492,820 | 494,670 | 603,280 | 141,100 | 85,980 | 82,650 | 2,280,550 |
| 1984 | 75,310 | 58,510 | 54,910 | 50,590 | 60,560 | 191,440 | 538,240 | 439,500 | 786,520 | 205,070 | 126,040 | 93,760 | 2,680,450 |
| 1985 | 100,570 | 71,660 | 66,470 | 76,680 | 78,990 | 298,860 | 542,400 | 571,470 | 372,930 | 278,890 | 127,200 | 80,800 | 2,666,920 |
| 1986 | 67,950 | 37,280 | 46,620 | 39,930 | 71,250 | 139,360 | 229,700 | 225,010 | 364,820 | 198,740 | 128,850 | 101,490 | 1,651,000 |
| 1987 | 63,440 | 51,140 | 44,930 | 41,940 | 45,230 | 100,220 | 237,920 | 289,610 | 280,640 | 330,830 | 22,410 | 21,750 | 1,529,960 |
| 1988 | 57,610 | 50,580 | 64,580 | 51,690 | 51,810 | 80,020 | 437,270 | 883,900 | 612,630 | 146,060 | 74,440 | 60,240 | 2,570,830 |
| 1989 | 63,110 | 50,870 | 67,980 | 64,880 | 67,030 | 88,990 | 153,460 | 288,700 | 554,620 | 214,480 | 109,220 | 83,470 | 1,806,810 |
| 1990 | 63,200 | 68,190 | 71,400 | 64,340 | 72,050 | 116,970 | 164,750 | 332,920 | 506,160 | 194,820 | 101,030 | 90,880 | 1,846,710 |
| 1991 | 61,390 | 51,330 | 66,690 | 59,610 | 61,880 | 88,480 | 169,560 | 303,590 | 440,290 | 377,130 | 36,200 | 32,000 | 1,748,150 |
| 1992 | 66,460 | 211,100 | 106,900 | 86,920 | 93,190 | 121,530 | 182,100 | 471,000 | 480,080 | 330,830 | 169,890 | 116,190 | 2,439,190 |
| 1993 | 54,850 | 71,410 | 60,920 | 60,210 | 58,440 | 148,900 | 452,990 | 428,290 | 553,170 | 296,180 | 161,570 | 108,910 | 2,458,840 |
| 1994 | 69,150 | 94,550 | 92,430 | 76,350 | 73,490 | 179,290 | 181,770 | 251,220 | 459,740 | 275,110 | 163,840 | 120,840 | 2,037,780 |

Fuente: Tarjetas mensuales de escurrimiento proporcionadas por el Servicio Meteorológico Nacional.

5.- Niveles de contaminación de las fuentes de energía.

| ORDEN | FUENTE | COMENTARIOS AMBIENTALES |
|-------|-----------------|--|
| 1 | Conservación | Mayor eficiencia en generación, emisión, transmisión, distribución y uso de energía, Ello significara un menor impacto ambiental |
| 2 | Solar | Utilizada a nivel doméstico con potencial poco realizable bajo impacto y descentralizada. |
| 3 | Foto-voltaica. | Bajo impacto, fuente creciente de energía que mejora su competitividad rápida. |
| 4 | Viento y oleaje | (Incluye la mareas) Bajo impacto, en crecimiento y fuente descentralizada. |

1-4 Relativamente libres de problemas ambientales
RENOVABLES

| | | |
|---|-----------|--|
| 5 | Geotermal | Disposición de condensados tóxicos (por ejemplo la reinyección). No siempre es totalmente renovable. |
| 6 | Biomasa | Se asocia con problemas de deforestación, erosión y manejo de afluentes, con uso actual a nivel doméstico. |

5-6 Algunos problemas, pero previsibles o mitigables.

| | | |
|---|-------------------|--|
| 7 | Hidroelectricidad | Problemas mayores, pero previsibles y mitigación con mayor esfuerzo que en el presente (por ejemplo el manejo de efluentes, el control de enfermedad, reacomodos). |
|---|-------------------|--|

NO RENOVABLES

| | | |
|----|------------------------|--|
| 8 | Petróleo y gas natural | Incrementa el bióxido de carbono atmosférico y se agotan rápidamente. El gas frecuentemente contiene menos sulfuro. |
| 9 | Carbón | Restauración de bancos, contaminación ácida de efluentes y lluvia ácida. Su prevención requiere de mayores inversiones. Incrementa el CO2 atmosférico. |
| 10 | Nuclear | Alto riesgo ambiental (por almacenamiento de desechos y seguridad ligada al uso de armas nucleares). Sin emisiones de dióxido de carbono ni ácidas. Podría llegar a ser parcialmente renovables. |

(Fuente: CONAGUA, 1997).

6. Cuestionarios aplicados a la población afectada y/o beneficiada por la construcción de la presa.

A. Población residente:

1. ¿La vivienda donde lo reubicaron, es del mismo material con que se construye en la región?
2. ¿Las medidas de su actual vivienda son similares a las de su vivienda anterior?
3. ¿En caso que perdiera su parcela por la inundación, considera que fue suficiente el pago que le dieron?
4. ¿Conoce cuáles son los beneficios que obtiene la población cercana al área inunda?
5. ¿Sabe qué comunidades son afectadas en la temporada de lluvias sobre la zona de remanso?
6. ¿A su parecer notó aumento del calor en la región, a partir de la construcción de la presa?

B. Agricultores y Ganaderos:

1. ¿Considera que su parcela era productiva antes de que fuera inundada?
2. ¿En caso que le dieran una nueva parcela, cómo considera su productividad?
3. ¿Si tenía ganado, ahora a donde lo lleva a pastar o en qué lugar tiene sus corrales?
4. ¿La ganadería en general se ha mantenido constante o ha desaparecido?
5. ¿Conoce cuáles son los beneficios que obtiene la población cercana al área inundada?
6. ¿Sabe qué comunidades son afectadas en la temporada de lluvias sobre la zona de remanso?
7. ¿A su parecer notó aumento del calor en la región, a partir de la construcción de la presa?

C. Pescadores:

1. ¿Recuerda cuales especies de pescados vivían sobre el río?
2. ¿Si se introdujeron especies, como ha sido su reproducción?
3. ¿Actualmente que especies predominan más, las originales o las introducidas?
4. ¿Con la presa, ha aumentado la cantidad de pescado que captura?
5. ¿Cuál de las especies es la que más se consume en esta región?
6. ¿Sabe qué comunidades son afectadas en la temporada de lluvias sobre la zona de remanso?
7. ¿A su parecer notó aumento del calor en la región, a partir de la construcción de la presa?

BIBLIOGRAFÍA

- Alencaster, Gloria and Pantoja-Alor, Jerjes. 1998. *Two new Lower Cretaceous rudists (Bivalvia-Hippuritacea) from the Huetamo region; Southwestern Mexico*. GEOBIOS, Núm. 22, p. 15–28.
- Altamira-Areyán, Armando. 2002. *La litofacies y sus implicaciones de la Cuenca Sedimentaria Cutzamala-Tiquicheo, Estados de Guerrero y Michoacán México en Geología estructural del Sistema de Fallas Transcurrentes pos-Cretácico de la Región Tiquicheo, Michoacán, sur de México*. México: Universidad Nacional Autónoma de México, Tesis de Maestría, 104 p.
- Anzures-Rosas, Francisco. 1986. *Análisis hidrológico durante 1984 en la Cuenca del Río Balsas*. Tesis Profesional. México: Facultad de Ingeniería. UNAM.
- Buitrón-Sánchez, Blanca Estela and Pantoja-Alor, Jerjes. 1998. *Albian gastropods of the rudist-bearing Mal Paso Formation, Chumbitaro region, Guerrero, México*. Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, Vol. 15, Núm, 1, p 14–20.
- Campa-Uranga, María F. 1978. *La evolución tectónica de Tierra Caliente, Guerrero*. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, Núm. 2.
- CETENAL, Comisión de Estudios del Territorio Nacional. 1973. *Carta topográfica. 1:50 000. Palmar Chico, E14A65*. México: CETENAL.
- CETENAL, Comisión de Estudios del Territorio Nacional. 1976a. *Carta topográfica. 1:50 000. Bejucos, E14A55*. México: CETENAL.
- CETENAL, Comisión de Estudios del Territorio Nacional. 1976b. *Carta topográfica. 1:50 000. Huetamo, E14A64*. México: CETENAL.
- CETENAL, Comisión de Estudios del Territorio Nacional. 1989. *Carta topográfica. 1:50 000. Tiquicheo, E14A54*. México: CETENAL.
- Chávez-Alvarez, María Jazmin. 2012. *Condiciones físicas de emplazamiento de enjambre de diques de Nanchititla, sur de México: estudio mediante modelos analógicos*. México: Universidad Nacional Autónoma de México, Tesis de Doctorado, 137 p.
- CONABIO, Comisión Nacional de Biodiversidad. 1998. *Carta de Climas de la República Mexicana, escala 1,000,000, según el Sistema de E. García*. México: CONABIO.
- CONAGUA, Comisión Nacional del Agua. 1997. *Proyecto “El Gallo”. Diagnostico ambiental del proyecto “Presa El Gallo”, Estado de Guerrero*. México: CNA. Coordinación General de los Proyectos de Abastecimiento del Agua Potable y Saneamiento del Valle de México. Gerencia de Construcción de Agua Potable.
- CONAGUA, Comisión Nacional del Agua. 2012. *Atlas del agua en México 2012*. México: CNA-SEMARNAT. 133 p.
- CONAGUA, Comisión Nacional del Agua. 2015. *Atlas del agua en México 2015*. México: SEMARNAT-CNA. 135 p.
- CONAPO, Consejo Nacional de Población. 2012. *Índices de intensidad migratoria México-Estados Unidos 2010. El estado de la migración*. México: CONAPO. 246 p.
- Cserna, Zoltan de. 1978. *Notas sobre la geología de la región comprendida entre Iguala, Ciudad Altamirano y Temascaltepec, Estado de Guerrero y México*. México: Sociedad Geológica Mexicana, Libro guía de la excursión geológica a Tierra Caliente. p. 1–25.
- Cserna, Zoltan de. 1982 (1983). *Hoja Tejupilco*. Serie de 1: 1 000 000. 14Q-g(9). Con resumen de la Geología de la Hoja Tejupilco, Estados de Guerrero, México y Michoacán. México: Instituto de Geología, UNAM.
- Cserna, Zoltan de; Palacios-Nieto, Miguel y Pantoja-Alor, Jerjes. 1978. *Relaciones de facies de las rocas cretácicas en el noreste de Guerrero y en áreas colindantes de*

- México y Michoacán*. México: Instituto de Geología, UNAM. Revista. Vol. 2. pp. 8–18.
- DGE, Dirección General de Estadística. 1963. *VIII Censo General de Población 1960. Localidades de la República por Entidades Federativas y Municipios. Tomo I*. Estados Unidos Mexicanos: Secretaria de la Industria y Comercio, Dirección General de Estadística. 786 p.
- González-Partida, Eduardo. 1993a. *Datos geoquímicos de roca total para la secuencia Volcanosedimentaria Cretácica en Cuale-El Rubí, Jalisco y Tierra Caliente, Guerrero, México*. Geofísica Internacional, Vol. 32, Núm. 2, p. 249–259.
- González-Partida, Eduardo. 1993b. *Petrografía, geoquímica, cristalquímica y características de los fluidos asociados a una sección del metamórfico aflorante en Tierra Caliente, Estados de México, Guerrero y Michoacán*. Geofísica Internacional, Vol. 32, Núm. 3. p. 429–440.
- Elías-Herrera, Mariano. 1981. *Geología del área de Almoloya de las Granadas-San Lucas del Maíz, Municipio de Tejupilco, Estado de México*. México: Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ciencias, Tesis Profesional, 177 p.
- Elías-Herrera, Mariano and Ortega-Gutiérrez, Fernando. 1997. Petrology of high-grade pelitic xenoliths in Oligocene plug; Precambrian crust beneath the southern Guerrero terrane?. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, Vol. 14, Núm 1, p. 101–109.
- García, Enriqueta. 1980. *Apuntes de climatología*. México: Instituto de Geografía, UNAM.
- García, Enriqueta. 1988. *Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köeppen, para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana*. México: Instituto de Geografía, UNAM.
- García, Enriqueta. 1989. *Climas. Según el Sistema de Clasificación Climática de Köeppen modificado por Enriqueta García*. IV.4.10, Escala 1:4,000,000. Atlas Nacional de México, Tomo II, Naturaleza Clima. México: Instituto de Geografía, UNAM.
- García, Enriqueta. 2004. *Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köeppen, para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana*. Serie Libros, Número 6, México: Instituto de Geografía, UNAM.
- Hayashi-Martínez, María de la Luz. 1978. *Estudio geoeconómico de los distritos de riego de la excomisión del Río Balsas*. México: Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Filosofía y Letras, Tesis Profesional.
- INEGI, Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. 1972a. *IX Censo General de Población y Vivienda 1970. Estado de Guerrero*. México: INEGI, 461 p.
- INEGI, Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. 1972b. *IX Censo General de Población y Vivienda 1970. Estado de Michoacán*. México: INEGI, 409 p.
- INEGI, Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. 1983. *X Censo General de Población y Vivienda 1980. Estado de Guerrero. Volumen 1*. México: INEGI, 193 p.
- INEGI, Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. 1987. *X Censo General de Población y Vivienda 1980. Integración Territorial Estado de Michoacán*. México: INEGI, 193 p.
- INEGI, Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. 1989. *Guías para la interpretación de cartografía: Edafología*. México: INEGI.
- INEGI, Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. 1991a. *XI Censo General de Población y Vivienda 1990. Guerrero Resultados Definitivos. Tabulados Básicos. Tomo I*. México: INEGI, 511 p.

- INEGI, Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. 1991b. *XI Censo General de Población y Vivienda 1990. Michoacán Resultados Definitivos. Tabulados Básicos. Tomo I*. México: INEGI, 668 p.
- INEGI, Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. 1996a. *Conteo de Población y Vivienda 1995. Guerrero Tomo I. Resultados Definitivos Tabulados Básicos*. México: INEGI, 403 p.
- INEGI, Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. 1996b. *Conteo de Población y Vivienda 1995. Michoacán Tomo I. Resultados Definitivos Tabulados Básicos*. México: INEGI, 515 p.
- INEGI, Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. 2000a. *Carta topográfica. 1:50 000. Bejucos, E14A55*. México: INEGI.
- INEGI, Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. 2000b. *Carta topográfica. 1:50 000. Huetamo, E14A64*. México: INEGI.
- INEGI, Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. 2001a. *Carta topográfica. 1:50 000. Palmar Chico, E14A65*. México: INEGI.
- INEGI, Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. 2001b. *Carta topográfica. 1:50 000. Tiquicheo, E14A54*. México: INEGI.
- INEGI, Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. 2003a. *XII Censo General de Población y Vivienda 2000. Guerrero. Tabulados Básicos. Tomo I*. México: INEGI, 172 p.
- INEGI, Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. 2003b. *XII Censo General de Población y Vivienda 2000. Michoacán. Tabulados Básicos. Tomo I*. México: INEGI, 189 p.
- INEGI, Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. 2006a. *II Conteo de Población y Vivienda 2005. Guerrero Tomo I*. México: INEGI, 412 p.
- INEGI, Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. 2006b. *II Conteo de Población y Vivienda 2005. Michoacán Tomo I*. México: INEGI, 468 p.
- INEGI, Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. 2011a. *Censo de Población y Vivienda 2010. Guerrero. Tabulados Básicos*. México: INEGI, 305 p.
- INEGI, Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. 2011b. *Censo de Población y Vivienda 2010. Michoacán. Tabulados Básicos*. México: INEGI, 327 p.
- INEGI, Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. 2016a. *Conteo de Población y Vivienda 2015. Guerrero Tomo I*. México: INEGI, 276 p.
- INEGI, Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. 2016b. *Conteo de Población y Vivienda 2015. Michoacán Tomo I*. México: INEGI, 305 p.
- Köeppen, W. 1948. *Climatología*. México: Fondo de la Cultura Económica. 478 p.
- López-Ramos, E. 1979. *Geología de México*, t. 3, s/e, México, 445 p.
- Lugo-Hubp, José I. 1990. *El relieve de la República Mexicana*. México: Instituto de Geología, UNAM. Revista del Instituto de Geología. Vol. 9. Núm. 1. pp. 82–111.
- Lugo-Hubp, José I. y Córdova, Carlos. 1992. *Regionalización Geomorfológica de la República Mexicana*. México: Instituto de Geografía, UNAM. Investigaciones Geográficas. Núm. 25. pp. 22–63.
- Maderey-Rascón, Laura Elena y Torres-Ruata, Cuauhtémoc Jesús. 2007. *Carta Ríos, cuencas y estaciones hidrométricas*. NA VII 1, Escala 1:4 000 000. Hidrografía e Hidrometría, Naturaleza y Ambiente. Nuevo Atlas Nacional de México 2007. México: Instituto de Geografía, UNAM.
- Martini, Michelangelo; Ferrari, Luca; López-Martínez, Margarita; Cerca-Martínez, Mariano; Valencia, Víctor A. and Serrano-Durán, Lina. 2009. *Cretaceous–Eocene magmatism and Laramide deformation in southwestern Mexico*. Geological Society of America Memoir 204, p. 151–182.

- Medina-Rivera, Richard Eduardo. 1964. *Proyecto de la obra de toma de la Presa "El Gallo" en el Estado de Guerrero*. México: Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ingeniería, Tesis de Licenciatura, 161 p.
- Morales-Gamez, Miguel. 2005. *Geología estructural del Sistema de Fallas Transcurrentes pos-Cretácico de la Región Tiquicheo, Michoacán, sur de México*. México: Universidad Nacional Autónoma de México, Tesis de Maestría, 104 p.
- Omaña-Pulido, Lourdes and Pantoja-Alor, Jerjes. 1998. *Early aptian benthic foraminifera from El Cajón Formation of the San Lucas region*. México: Revista Mexicana de Ciencias Geológicas. Vol. 15. Núm. 1. p. 64–72.
- Pantoja-Alor, Jerjes. 1959. *Estudio geológico de reconocimiento de la región de Huetamo, Michoacán*. México: Consejo de Recursos Naturales no Renovables. Boletín 50, 36 p.
- Potra, Adriana; Hickey-Vargas, Rosemary; Macfarlane, Andrew W. and Salters, Vincent J.M. 2014. *Pb, Sr, and Nd isotopic characteristics from a variety of lithologies from the Guerrero composite terrane, west-central Mexico: constraints on their origin*. Revista Mexicana de Ciencias Geológicas. Vol. 31. Núm. 2. p. 203–220.
- Raisz, Erwin. 1959. *Landforms of Mexico*. 1: 3 000 000. Con texto. Cambridge, Mass.: Geography Branch of the Office on Naval Research.
- Ramírez-Rico, Adolfo. 1963. *Planeación de las obras para la presa y planta hidroeléctrica de El Gallo sobre el Río Cutzamala, Guerrero*. México: Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ingeniería, Tesis de Licenciatura, 119 p.
- Ramírez-Espinosa, Joel y Campa-Uranga, María F. 1980. *Las capas rojas cretácicas de Tierra Caliente y Tzitzio en los límites de Guerrero y Michoacán*. México: Sociedad Geológica Mexicana, Convención Geológica Nacional.
- Ramírez-Espinosa, Joel; Campa-Uranga, María F.; Talavera-Mendoza, Oscar y Guerrero-Suastegui, Martín. 1991. *Caracterización de los arcos insulares de la Sierra Madre del Sur y sus implicaciones tectónica*. México: Convención sobre la Evolución Geológica de México y Primer Congreso Mexicano de Mineralogía. Memoria. p. 163–166.
- Remenieras, G. 1974. *Tratado de hidrología aplicada*. Barcelona: Editores Técnicos Asociados. 515 p.
- Rzedowski, Jerzy. 1981. *Vegetación de México*. México: Limusa, 432 p.
- Romero-Pérez, Salvador Elías. 2002. *Análisis de las deformaciones de la cortina de la Presa El Gallo ubicada en el Estado de Guerrero, México*. México: Universidad Nacional Autónoma de México, Tesis de Licenciatura, 96 p. Incluye Apéndice con 12 planos.
- SEMARNAT, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2015. *Estadísticas Agrícolas de los Distritos de Riego Año Agrícola 2013-2014*. México: SEMARNAT-CONAGUA. 390 p.
- SP, Secretaría de la Presidencia. 1970. *Carta de Climas*. 1:500 000. México 14Q-V. México: SP-Instituto de Geografía, UNAM.
- SPP, Secretaría de Programación y Presupuesto. 1982. *Carta edafológica*. 1:250 000. Ciudad Altamirano, E14-4. México: SPP.
- SPP, Secretaría de Programación y Presupuesto. 1983a. *Carta edafológica*. 1:250 000. Ciudad Altamirano, E14-4. México: SPP.
- SPP, Secretaría de Programación y Presupuesto. 1983b. *Carta geológica*. 1:250 000. Ciudad Altamirano, E14-4. México: SPP.
- SPP, Secretaría de Programación y Presupuesto. 1984. *Carta uso de suelo y vegetación*. 1:250 000. Ciudad Altamirano, E14-4. México: SPP.
- SRH, Secretaría de Recursos Hidráulicos. 1970. *Boletín Hidrológico Número 47. Región Hidrológica Número 18 (parcial). Cuenca del Río Amacuzac*. México: SRH. Tomo I.

- SRH, Secretaría de Recursos Hidráulicos. 1971a. *Boletín Hidrológico Número 49. Región Hidrológica Número 18 (parcial). Cuenca del Medio y Bajo Balsas*. México: SRH. Tomo II.
- SRH, Secretaría de Recursos Hidráulicos. 1971b. *Boletín Hidrológico Número 49. Región Hidrológica Número 18 (parcial). Cuenca del Medio y Bajo Balsas*. México: SRH. Tomo III.
- Tamayo, Jorge L. 1946. *Datos para la hidrología de la República Mexicana*. México: Instituto Panamericano de Geografía e Historia.
- Vidal-Zepeda, Rosalía. 2007. *Carta Climas: Según Sistema de Clasificación Climática de Köeppen modificado por Enriqueta García*. NA IV 13, Escala 1:8 000 000. Clima, Naturaleza y Ambiente. Nuevo Atlas Nacional de México 2007. México: Instituto de Geografía, UNAM.
- Vázquez-Hernández, Martha Adriana. 2001. *Estudios geológicos, geotécnicos y de inyección realizados durante la construcción de la Presa El Gallo, Gro.* México: Universidad Nacional Autónoma de México, Tesis de Licenciatura, 59 p. Incluye 4 Anexos con 29 planos y 9 fotografías.