



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

**FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS
COLEGIO DE GEOGRAFÍA**

**ADAPTACIÓN A CAMBIO CLIMÁTICO
EN EL ÁREA PROTEGIDA
SIERRA GORDA, GUANAJUATO**

T E S I S

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

PRESENTA:

DULCE ABIGAIL CRUZ TORRES

**DIRECTORA DE TESIS:
DRA. LETICIA GÓMEZ MENDOZA**



MÉXICO, D.F.

2013



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.



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 *Jah*, por haberme dado la oportunidad de estar presente, de brindarme la guía necesaria, la protección, y de que pese a los fallos en el camino ha sido mi único amigo incondicional, únicamente gracias a Él, he logrado llegar hasta este momento de mi vida, GRACIAS por ello y muchas otras cosas más.

Con especial cariño, a mis padres, *Mari Torrez Rodríguez y Jesús Cruz Pérez*, a ti mamá, por todo el apoyo que me has brindado, especialmente porque gracias a tu esfuerzo y dedicación estoy culminando esta etapa de mi vida, admiro tu fortaleza, paciencia y sobre todo el amor que no sólo me has demostrado a mí, sino a cada miembro de nuestra familia, muchas gracias por tus valiosos consejos y por el ejemplo de constancia y valor pese a las dificultades que se presentan, siempre voy a recordar lo importante que es “vivir el día, el momento, el instante” y no sólo eso sino cada enseñanza que tan amorosamente me has regalado; a ti papá, porque elegiste la mejor opción, la opción de estar junto a tu hija, de estar con tu familia, especialmente agradezco que pese a las dificultades por las que hemos pasado, siempre has estado presente, sobretodo estoy completamente segura de que cuento contigo, con tu apoyo, con tu ejemplo y aprobación, gracias por todos los momentos, en especial porque me has mostrado quién eres realmente, tu lado amable, divertido, sensible, tierno, tu lado humano, las palabras que de pequeña me decías “tú siempre puedes, tú siempre ganas” han quedado grabadas en mí, ayudándome en todo ámbito de mi vida. A ambos los quiero y admiro mucho, por lo que dedico ésta tesis como una forma de agradecimiento a TODO lo que han hecho por mí.

A mis hermanos: a *Coque*, por ser tan especial y compartir conmigo tu forma tan peculiar de ver el mundo, gracias hermano por darme un ejemplo de constancia, compromiso y dedicación; a *Sandy*, porque eres en mi vida un gran ejemplo de entrega a su familia, gracias por todo el apoyo brindado y más que una hermana eres mi mamá postiza, gracias a ti y a *Arthur*, mi papá postizo, por pasar

tiempo valioso conmigo y compartir grandes vivencias, sobre todo por estar siempre presente en las buenas y en las malas; a *Chio*, por tu ejemplo de valor, fortaleza, alegría y sobretodo de amor y cariño a la familia, gracias por no dejarte vencer y brindarme la confianza, el apoyo y por estar siempre dispuesta a escucharme; a *Betin*, porque durante mi niñez y principio de adolescencia fuiste fundamental en mi desarrollo, gracias por enseñarme tantas cosas y por pasar tiempo valioso conmigo, eres un ejemplo de lucha, de perseverancia y de entrega, capaz de cumplir todo lo que se proponga en la vida.

A mis sobrinos: *Arthur*, *Gaby*, y *Bety* por ser más que eso, por ser mis hermanos, mis amigos, mis confidentes, gracias por todos los momentos tan gratos que hemos vivido, aquellas tardes “jugando como nunca y perdiendo como siempre”, por esos días interminables sentados en “nuestro árbol”, por los recorridos en “el monte” que fue como nuestro segundo hogar, por las largas caminatas en medio del rocío de la lluvia en busca de “hongos”, por esas noches oscuras en las que nos hicimos compañía, por las travesías de aventura en medio de la “neblina”, gracias por estar presentes siempre disfrutando de lo más simple, de esos momentos que hacen que la vida sea más bella; a *Sam*, por ser como mi hermano menor, porque contigo aprendí y disfrute de muchas cosas, por pasar gran parte de mi niñez junto a ti, y sobre todo porque contigo siento un cariño especial, y de todo corazón espero que en algún momento seas como aquel niño tierno, divertido y travieso que fuiste, con el que pude confiar durante un largo tiempo de mi vida; a *Karen* y a *Janet*, las más peques de la familia, porque aunque la distancia nos separe, siempre contarán con todos nosotros que las queremos y deseamos lo mejor para ustedes, en especial con mi apoyo incondicional, esperando ser un buen ejemplo para ambas.

A mi mejor amigo, quien llegó en el momento menos esperado, por haber compartido mis alegrías y por estar junto a mí durante el proceso de esta tesis compartiendo mi cansancio y mis desvelos, a mi *Tobby*, por ser el más fiel e incondicional de mis amigos.

AGRADECIMIENTOS

A la **Universidad Nacional Autónoma de México** por haberme formado académicamente, por todo el apoyo brindado y por haberme dejado pertenecer a ella.

A la **Dra. Leticia Gómez Mendoza**, por mostrar siempre su dedicación y compromiso, gracias por haberme apoyado desde el primer momento, por brindarme la oportunidad de ingresar al Observatorio Meteorológico del Colegio de Geografía, en donde pude aprender de su experiencia y sus conocimientos en la materia y sobre todo, en donde captó mi interés en la climatología, gracias por las oportunidades que me ha dado para desarrollarme profesionalmente, y especialmente por la paciencia, motivación y dirección de esta tesis.

A mis sinodales: al **Mtro. José Manuel Espinoza Rodríguez**, a la **Mtra. Irma Edith Ugalde García**, a la **Lic. Berenice Castillo Gonzáles** (ante todo y por siempre Geógrafa), y al **Mtro. José Mauricio Galeana Pizaña**, por la dedicación y el tiempo de atención, por enriquecer este trabajo con sus acertadas aportaciones, y no sólo eso, sino por brindarme la oportunidad de aprender de ustedes, de su conocimiento y experiencia.

Al equipo del **Seminario de cambio climático y biodiversidad**, por compartir sus experiencias académicas y los momentos de aprendizaje; gracias a **Rocío Reyes**, a **Lourdes Bello** y a **Marisol Reyes** por colaboración y el aporte en la realización de esta tesis.

Al equipo **Sierra Gorda**, integrado por **Lourdes Bello** y **Marisol Reyes**, por seguir la misma línea de investigación, por compartir momentos existenciales un tanto difíciles, por los recorridos en Sierra Gorda Guanajuato, por el ánimo y el apoyo brindado, pero en especial gracias por su compañerismo y amistad.

Al **Ing. Carlos Ábrego** y a su equipo, por el apoyo en campo, por su colaboración y disposición.

Al **Dr. Antonio Ávalos** por el aporte de información relacionada con el área de estudio, lo que contribuyó al mejoramiento del trabajo.

Al **Ing. Víctor Ildefonso**, al **Ing. José Martínez**, y a la **Mtra. María Velázquez**, por su disposición y oportunidad brindada para el desarrollo del trabajo de campo y por la información proporcionada, la cual contribuyó a la mejora de esta tesis.

Al **Dr. Juan Matías Méndez Pérez** por la aportación en el desarrollo de la regionalización de escenarios, mediante el curso impartido del GETM LARS.

A mi familia tan especial: a Selene, Dulce, Reyna, Goyo, Isaac, Pau, Oscar, Miriam, Eli, Ponchito, Misa, Bobadilla, Lupita, Luci, Andrés, Maribel, David, Brendita, Davidcito, Dana, Adna, Jerim, Jaquí, Sergio, Ramón, Adita y Damaris, por apoyarme de la mejor manera que puede haber, por ayudarme, y pasar buenos momentos conmigo, gracias por ser los mejores amigos y que han sido una gran fuente de ánimo, aún en los momentos más difíciles de mi carrera, aunque no lo notaran, han sido y serán siempre cada uno de ustedes, una pieza fundamental en mi vida.

A mis tres grandes amigos: Javi, Alex y Mari, porque han estado presentes desde el primer momento, por brindarme la oportunidad de compartir grandes experiencias con ustedes, todo lo que hemos recorrido juntos, los viajes, las pláticas, los desvelos, las risas, los cansancios, gracias por ser parte de esos bellos instantes; a Javier por ser un amigo incondicional y por demostrar su amistad en las buenas y en las malas, porque eres de los pocos que saben realmente quien soy, gracias por el ánimo que siempre has mostrado, los consejos y por acompañarme en todo este proceso; a Alex por nunca quedarse callado, por tener en todo momento cosas tan increíbles que platicar, por formar parte del eje que al principio nos unió, y sobre todo por compartir tu amistad; a Marisol por ser quien eres, gracias por todos esos momentos tan amenos que hemos vivido, porque siempre me has motivado a no dejar nuestra meta académica, y por contar siempre con tu apoyo y amistad.

A la gente bonita, a los chicos del CLUB: a Rosse Mary, a Marlene, a Areli, a Any y a Mike, por haber estado en el momento más importante, por compartir las más amenas experiencias, por ser tan alegres, tan diferentes, y sobre todo, tan divertidos, gracias por que las practicas con ustedes fueron de lo mejor, gracias por compartir conmigo sus alegrías y tristezas, y sobre todo, gracias por estar presentes.

A mi mentor Juan Aguirre, por ser un gran maestro, por compartir sus conocimientos, por adentrarme al mundo de los SIG's, y por darme la confianza y la oportunidad de desarrollarme profesionalmente.

A mi jefa Araceli Ríos, por haberme enseñado el valor del trabajo, por darme la confianza y valorar los esfuerzos realizados, por los consejos tan acertados y por el valor que siempre ha representado.

A Ale Villanueva y a Gucci Díaz, por brindarme la oportunidad de compartir momentos tan amenos en situaciones tensas, porque son un dueto maravilloso, siempre sonrientes y con la mejor actitud, gracias por todas esas charlas llenas de risas, y por hacer de mi primer trabajo, una gran experiencia.

A mis compañeros de trabajo, que aunque no he compartido muchas experiencias con ustedes, les agradezco por que han estado presentes en este proceso, gracias a Citlalli Tapia por ser quien me dio uno de los motivos principales para titularme, gracias por el apoyo y el ánimo brindado; a David León por todos los consejos y por compartir sus experiencias, las cuales han contribuido al proceso de este trabajo, y a Juan R. Pérez por la confianza y la oportunidad brindada de desarrollarme profesionalmente, por ser un jefe como ninguno, por la capacidad de valorar y de respaldar al equipo de trabajo y por ser un buen amigo.

Esta investigación fue apoyada por:

El Programa de Apoyo a Proyectos para la Innovación y Mejoramiento de la Enseñanza (PAPIME) de la Dirección General de Asuntos del Personal Académico (DGAPA), UNAM, dentro del proyecto con clave PE301212 titulado Mejoramiento y Actualización de la Enseñanza en Climatología del Colegio de Geografía, FFyL, UNAM, cuya responsable fue la Dra. Leticia Gómez Mendoza.

La Universidad Autónoma de San Luis Potosí a través de la Agenda Ambiental, por aportar una parte de los recursos necesarios para la salida de campo.

ÍNDICE GENERAL

I. Introducción.....	1
I.I. Justificación	3
I.II. Objetivos.....	5
I.III. Hipótesis.....	6
I.IV. Marco teórico y metodológico	6
1. Diagnóstico de la problemática ambiental, social y económica del	
Área Protegida Sierra Gorda Guanajuato (APSGG)	15
1.1. Antecedentes del área de estudio	15
1.2. Aspectos físicos	15
1.3. Aspectos socioeconómicos	27
1.4. Problemática ambiental y socioeconómica	33
2. Caracterización climática actual y futura	41
2.1. Identificación climática actual	41
2.1.1. Análisis de la información climática	41
2.1.2. Clima actual	49
2.2. Identificación climática futura.....	55
2.2.1. Escenarios de cambio climático.....	55
2.2.2. Escenarios de cambio climático regionalizados.....	56
2.2.3. Aplicación del Generador Estocástico de Tiempo	
Meteorológico	57

3. Estrategia de adaptación al cambio climático	80
3.1. Identificación de los actores clave	81
3.2. Adaptación en el área protegida Sierra Gorda Guanajuato	89
3.3. Hacia una estrategia de adaptación	98
Conclusiones.....	111
Referencias Bibliográficas	114

ÍNDICE DE FIGURAS

I.I.	Líneas generales del Marco de Políticas de Adaptación	8
1.1.	Localización del área protegida Sierra Gorda Guanajuato	16
1.2.	Unidades geológicas del área protegida Sierra Gorda Guanajuato	18
1.3.	Edafología del área protegida Sierra Gorda Guanajuato	20
1.4.	Hidrología del área protegida Sierra Gorda Guanajuato	22
1.5.	Bosque de burseras, Xichú, Gto.	24
1.6.	Uso del suelo y vegetación del área protegida Sierra Gorda Guanajuato	25
1.7.	Población del área protegida Sierra Gorda Guanajuato	28
1.8.	Pirámides de edad por grupos quinquenales	29
1.9.	Porcentaje de viviendas con emigrantes a Estados Unidos por entidad federativa, 2000 y 2010	30
1.10.	Población económicamente activa	31
1.11.	El Platanal, Xichú	32
1.12.	Mallas de protección, Xichú, Gto.	33
1.13.	Suelos erosionados dentro del APSGG	34
1.14.	Agricultura a traspatio, Xichú, Gto.	36
1.15.	Agricultura de temporal	37
1.16.	Pastoreo en el APSGG	38
1.17.	Montaña de residuos tóxicos, APSGG	39
1.18.	Vegetación afectada por el establecimiento de la presa El Realito ...	40
1.19.	Cortina de la presa El Realito	40
2.1.	Selección de las estaciones climatológicas	42
2.2.	Longitud de la serie climática	45

2.3.	Prueba de homogeneidad de la estación 11015 – Charcas (Dr. Mora, Gto.)	47
2.4.	Prueba de homogeneidad de la estación 11037 – Las Mesas (San Luis de la Paz, Gto.).....	47
2.5.	Precipitación y temperatura media mensual en el APSGG	51
2.6.	Precipitación anual	51
2.7.	Nevada en San Luis de la Paz 2010	53
2.8.	Familias de escenarios de emisiones.....	56
2.9.	Generador Estocástico de Tiempo Meteorológico LARS WG	58
2.10.	Formato del archivo de sitio (.st)	58
2.11.	Archivo de validación (.tst).....	59
2.12.	Generación de series de tiempo (.dat)	60
2.13.	Estaciones climatológicas y puntos LARS.....	61
2.14.	Representación del diagrama de caja y la función de densidad de probabilidad.....	64
2.15.	Box plot de temperatura máxima, Atarjea, Gto., escenario B.....	66
2.16.	PDF de temperatura máxima, Atarjea, Gto., escenario B (obs. vs 2010-2039).....	67
2.17.	PDF de temperatura máxima, Atarjea, Gto., escenario B (obs. vs 2040-2069).....	68
2.18.	PDF de temperatura máxima, Atarjea, Gto., escenario B, (obs. vs 2070-2099).....	69
2.19.	Box plot de temperatura mínima, Atarjea, Gto., escenario B.....	70
2.20.	PDF de temperatura mínima, Atarjea, Gto., escenario B, (obs. vs 2010-2039).....	71
2.21.	PDF de temperatura mínima, Atarjea, Gto., escenario B, (obs. vs 2040-2069).....	72

2.22.	PDF de temperatura mínima, Atarjea, Gto., escenario B, (obs. vs 2070-2099).....	73
2.23.	Box plot de precipitación, Atarjea, Gto., escenario B	74
2.24.	PDF de precipitación, Atarjea, Gto., escenario B, (obs. vs 2010-2039).....	75
2.25.	PDF de precipitación, Atarjea, Gto., escenario B, (obs. vs 2040-2069).....	76
2.26.	PDF de precipitación, Atarjea, Gto., escenario B, (obs. vs 2070-2099).....	77
2.27.	Comportamiento de la temperatura mínima, máxima y precipitación con base en los escenarios regionalizados obtenidos por el GETM LARS	79
3.1.	Preguntas para ayudar a seleccionar a los actores clave	82
3.2.	Mapa de actores clave	88
3.3.	Modelo de Presión-Estado-Respuesta	91
3.4.	Aplicación de las líneas estratégicas del APSGG	108

ÍNDICE DE TABLAS

1.1.	Tipos de suelos presentes en el APSGG	19
1.2.	Tipo de vegetación en el APSGG.....	23
1.3.	Índice de marginación y desarrollo humano	31
2.1.	Estaciones climáticas, municipios y estados correspondientes.....	43
2.2.	Historia de las estaciones climatológicas	44
2.3.	Criterio de Doorenbos	46
2.4.	Resultado de la prueba de homogeneidad.....	48
2.5.	Amenaza climática actual.....	52
2.6.	Estaciones utilizadas para el análisis de la identificación climática futura	62
3.1.	Identificación de los actores clave a través del POA del APSGG.....	83
3.2.	Entrevistas aplicadas en campo para la identificación de los actores clave	83
3.3.	Líneas estratégicas de gestión en el APSGG.....	89
3.4.	Aplicación del modelo P.E.R	92
3.5.	Factibilidad de las respuestas ante la presión actual	97
3.6.	Medidas de adaptación al cambio climático	106

INTRODUCCIÓN

El clima es un estado cambiante de la atmósfera, derivado de las interacciones con el mar y el continente, a diferentes escalas de tiempo y espacio, depende de diversos factores los cuales se relacionan de manera compleja. Cuando un parámetro meteorológico sale del valor medio de muchos años, se entiende como una anomalía climática, la cual llega a presentarse por forzamientos internos o externos (Martínez *et al.*, 2004).

Las anomalías del clima que se han presentado durante el último siglo, de acuerdo con el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, por su acrónimo en inglés), sugieren una influencia humana (Martínez *et al.*, 2004). Desde esa época hasta nuestros días, los procesos industriales se desarrollan básicamente quemando combustibles fósiles, produciendo gases que cambian la composición atmosférica; aunando a lo anterior, desde hace más de cien años se ha dado un proceso acelerado de pérdida de bosques en regiones muy amplias de nuestro planeta, lo que está produciendo un cambio en el clima, cuyos efectos se han observado y seguirán manifestándose, no en miles de años sino en decenas a cientos de años (Conde, 2006). Estos impactos pueden incluir alteraciones en la variabilidad interanual o interdecadal del clima, eventos de El Niño más frecuentes y/o intensos, huracanes de mayor magnitud, al igual que mayor intensidad de las ondas cálidas o frías, entre otras (Martínez *et al.*, 2004).

La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático usa la siguiente definición para cambio climático: “Se entiende un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempos comparables” (ONU, 1992).

El cambio climático tendrá un impacto en diferentes sectores de la sociedad, lo cual ha llevado a instituciones de gobierno a interesarse en el tema; actualmente las naciones desarrolladas y en vías de desarrollo han visto la importancia de

analizar los impactos del cambio climático, la vulnerabilidad¹ y las medidas de adaptación (Martínez *et al.*, 2004). Se verá reflejado en modificaciones en la composición y funcionamiento de los ecosistemas; aumentos de temperatura y cambios en el ciclo hidrológico, lo que tendrá como resultado un aumento en la tasa de pérdida de hábitat y por lo tanto influirá en una probable modificación en la distribución de las especies y disminución en la diversidad biológica y de servicios ambientales que generan, tales como: la captura de carbono, la captura de agua, la conservación de la biodiversidad, los servicios de recreación, entre otros (CONANP, 2010a).

Conociendo la vulnerabilidad actual, condiciones anómalas en el clima y disponiendo de escenarios del clima futuro y sus impactos se pueden proponer estrategias para enfrentar situaciones climáticas adversas. A esta implementación de acciones para enfrentar los aspectos negativos del cambio climático constituye lo que se conoce como adaptación al cambio climático (Magaña *et al.*, 2000), y las estrategias que forman parte de la adaptación, ayudan a crear y fortalecer las condiciones que garanticen el bienestar de la sociedad y de los sistemas naturales bajo escenarios climáticos futuros.

El IPCC señala que la adaptación debe integrar todos los ajustes necesarios para que los sistemas humanos y naturales disminuyan su vulnerabilidad, minimicen daños y aprovechen posibles beneficios de las nuevas condiciones climáticas. Esto implica retos para los ámbitos ambientales, sociales, culturales, económicos y políticos. En el curso de los próximos años la capacidad de resiliencia² económica, social y natural de México ante el cambio climático dependerá de iniciativas de la sociedad, de las políticas públicas y de programas de desarrollo hacia la sustentabilidad (CICC, 2009).

¹ La Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres (EIRD), indica que vulnerabilidad es una condición determinada por factores o procesos físicos, sociales, económicos y ambientales, que aumentan la susceptibilidad de una comunidad al impacto por amenazas (ONU-EIRD, 2004; citado en INEC – PNUD, 2013). La vulnerabilidad es el grado al cual una unidad de exposición o sistema es susceptible de, o es incapaz de, afrontar los efectos adversos del cambio climático, incluyendo la variabilidad climática y los eventos extremos (IPCC, 2001).

² Se define resiliencia como la capacidad del sistema para recuperarse tras fenómenos de perturbaciones importantes (THOMPSON, 2012).

El establecimiento de Áreas Protegidas (AP)³, es una de las herramientas más efectivas para poder mantener los ecosistemas dentro de sus funcionamientos naturales, además de permitir la adaptación de la biodiversidad, y ayudar a enfrentar el cambio climático, ya que al designar un área definida geográficamente para su regulación y protección, se pueden ampliar corredores naturales en donde las especies puedan adaptarse y ajustar rangos de distribución frente a nuevas condiciones climáticas.

Los diferentes ecosistemas llegan a almacenar grandes cantidades de carbono, conservan la biodiversidad biológica, y mantienen los servicios ambientales⁴ para el propio bienestar de la humanidad. (CONANP, s/aa). Estos ecosistemas suministran bienes y servicios ambientales de los que depende la humanidad, sin embargo, pueden verse comprometidos con el cambio climático. Por ello, el establecimiento y buen manejo de las AP es vital para su mantenimiento en el largo plazo y representa en sí, una estrategia de adaptación frente a condiciones ambientales cambiantes (Echeverría *et al.*, 2011).

I.I. JUSTIFICACIÓN

Los impactos del cambio climático pueden afectar a todos los sectores y los niveles de la sociedad. En los últimos años, la disminución de la vulnerabilidad al cambio climático se ha convertido en un tema urgente para los países en vías de desarrollo, que carecen de los suficientes medios para enfrentar las amenazas climáticas y, sus economías suelen depender más de los sectores y recursos susceptibles al clima, como la agricultura y el agua. Para estos países, es necesario que la adaptación al cambio climático sea primordial en las políticas de desarrollo sostenible (PNUD, 2005).

³ Las áreas protegidas son porciones terrestres o acuáticas del territorio nacional representativas de los diversos ecosistemas, en donde el ambiente original no ha sido esencialmente alterado y que producen beneficios ecológicos cada vez más reconocidos y valorados (CONABIO, 2008).

⁴ Son los servicios que brindan beneficios nacionales (como los derivados del agua, principalmente) y globales (como son los derivados de la conservación de la biodiversidad y por la captura de carbono), existe el pago por estos servicios, con el objetivo de incrementar y proteger la biodiversidad y preservar ecosistemas globalmente significativos (PRONATURA, s/ab).

La ubicación geográfica de México y sus condiciones climáticas e hidrológicas contribuyen a que el país esté expuesto a eventos hidrometeorológicos extremos, cuyos efectos se incrementan por el cambio climático. Estos impactos frenan temporalmente, o incluso hacen retroceder el desarrollo socioeconómico en las regiones afectadas, ya que implican, la destrucción material y el deterioro de los recursos naturales, 96.98% del suelo del país es susceptible a afectaciones de al menos alguno de los procesos de degradación de suelos, aunado a la vulnerabilidad de las zonas áridas a la desertificación, los efectos de estos procesos se intensifican por las desigualdades sociales, económicas y regionales (CICC, 2009), de acuerdo con la Estrategia de Cambio Climático para Áreas Protegidas⁵, ésta última declaración se debe a que las sociedades con condiciones de pobreza, tienen más dependencia de los servicios ecológicos y las zonas marginadas, son áreas en donde la capacidad de adaptación de las poblaciones humanas puede ser muy baja.

Dado que el cambio climático se debe considerar en las políticas nacionales, es necesario que también se integre dentro de las políticas estatales y regionales, ya que a nivel regional se puede conocer la problemática ambiental y social, y junto con los riesgos climáticos y los impactos potenciales actuales se puede evaluar el nivel de vulnerabilidad, con base en ello, se dan medidas de adaptación y mediante su aplicación, la vulnerabilidad puede disminuir, ayudando a que los efectos climáticos futuros no sean una amenaza para la cual el medio ambiente y la sociedad no estén preparados, sino que el riesgo se prevea y pueda ser minimizado para los diversos sectores.

La conservación y ampliación de las áreas protegidas, es una medida de adaptación, ya que mientras más conservada se encuentre un área, va a contar con una mayor capacidad de resistencia y resiliencia; es una de las principales medidas que México ha implementado para reducir significativamente el impacto del cambio climático, ya que las áreas protegidas ofrecen servicios ambientales que tienen que ver con la mitigación de emisiones, la protección y el

⁵ (CONANP, 2010a).

amortiguamiento ante fenómenos hidrometeorológicos extremos, el resguardo de la integridad de los ecosistemas, la moderación del efecto del clima local, etc.

La CONANP ha orientado sus políticas y acciones de conservación al contexto del cambio climático, para ello, presentó la Estrategia de Cambio Climático para Áreas Protegidas (ECCAP), la cual plantea medidas y líneas de acción, con el fin de aumentar la capacidad de adaptación de los ecosistemas y la población que habita en ellos; sin embargo, las estrategias de cambio climático en áreas protegidas apenas comienzan a implementarse, por lo que este estudio analiza las oportunidades de incorporarse en un área piloto (Área Protegida Sierra Gorda Guanajuato).

I.II. OBJETIVOS

La presente investigación tomará en cuenta los siguientes objetivos:

Objetivo general:

- Identificar medidas de adaptación al cambio climático en el Área Protegida Sierra Gorda Guanajuato (APSGG).

Objetivos particulares:

- Elaborar un diagnóstico ambiental, social y económico, para conocer las problemáticas de la zona de estudio.
- Identificar la amenaza climática actual y futura, mediante el análisis de información climática y la regionalización de escenarios de cambio climático.
- Conocer las medidas de adaptación actuales e identificar las futuras, para contribuir hacia el avance en la estrategia de adaptación al cambio climático en el APSGG.

I.III. HIPÓTESIS

Con base en las estimaciones más recientes del IPCC, las cuales indican que dependiendo del tipo de desarrollo que adopte el mundo, los incrementos en la temperatura global promedio del planeta se pueden dar en el rango de 1.8 y 4° C con respecto al promedio de 1980-1999 (CCA, 2008), se considera que en el APSGG habrá un aumento de temperatura y una disminución en la precipitación, lo que ocasionará que los riesgos de sequía aumenten, así como, los procesos de desertificación, reducción de la disponibilidad de agua y contaminación de la misma; puede existir un impacto negativo afectando a los ecosistemas y a la salud humana, alterando el sistema naturaleza-sociedad, puesto que la necesidad de parte de la población a adaptarse a este cambio en el clima, hará que la misma, sin una guía adecuada, aplique una mal-adaptación⁶; por ello la identificación de las medidas de conservación que son implementadas en el APSGG, puede constituir la base para el desarrollo de la estrategia de adaptación al cambio climático en el APSGG.

I.IV. MARCO TEÓRICO Y METODOLÓGICO

Existen diversos enfoques para abordar la adaptación, que se diferencian entre sí por el factor en el que hacen énfasis, por ejemplo, hay enfoques de adaptación basada en comunidades, ecosistemas o infraestructura, cada uno tienen sus ventajas y desventajas, sin embargo, el IPCC señala que la adaptación debe integrar todos los ajustes necesarios para que los sistemas humanos y naturales disminuyan su vulnerabilidad, minimicen daños y aprovechen posibles beneficios de las nuevas condiciones climáticas; la adaptación tiene que ser analizada desde una visión integral, por lo que la selección y aplicación de la metodología a seguir en este proceso, debe ser ajustada a las condiciones particulares de cada región, incluyendo los diversos enfoques para mejorar el bienestar humano ante el cambio climático (Echeverría *et al.*, 2011; ICC, 2009).

⁶ Mal-adaptación es una práctica o política que aumenta el riesgo de los efectos negativos causados por el cambio climático. Por ejemplo, establecer asentamientos en zonas de alto riesgo de inundación, o subsidiar cultivos sensibles a la sequía en áreas donde las posibilidades de sequía van en aumento (UNDP, 2003).

El presente trabajo basa su metodología en el Marco de Políticas de Adaptación al cambio climático (MPA)⁷, debido a que es un método flexible a través del cual se pueden definir los propios asuntos prioritarios, contiene una revisión clara y detallada de las técnicas disponibles y, debido a su flexibilidad es posible la utilización de aquéllas que cumplan con las necesidades requeridas.

El MPA, está orientado a: estudios, procesos de planificación, formulación de programas y proyectos, para responder al cambio climático; es estructurado alrededor de cinco componentes que son proporcionados como guía rápida para el proceso de toma de decisiones (Figura I.I); el punto de partida de cualquier proyecto, es la información ya existente de los sistemas vulnerables y, el proceso específico que se siga va a variar dependiendo del nivel del conocimiento que se tenga sobre ellos, por eso, los componentes no son necesariamente secuenciales en el tiempo, sino que depende del estado actual de los estudios de cambio climático en cada región y las necesidades específicas de cada grupo o sector escogido (PNUD, 2005).

⁷ Desarrollado por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) y el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM; PNUD, 2005).

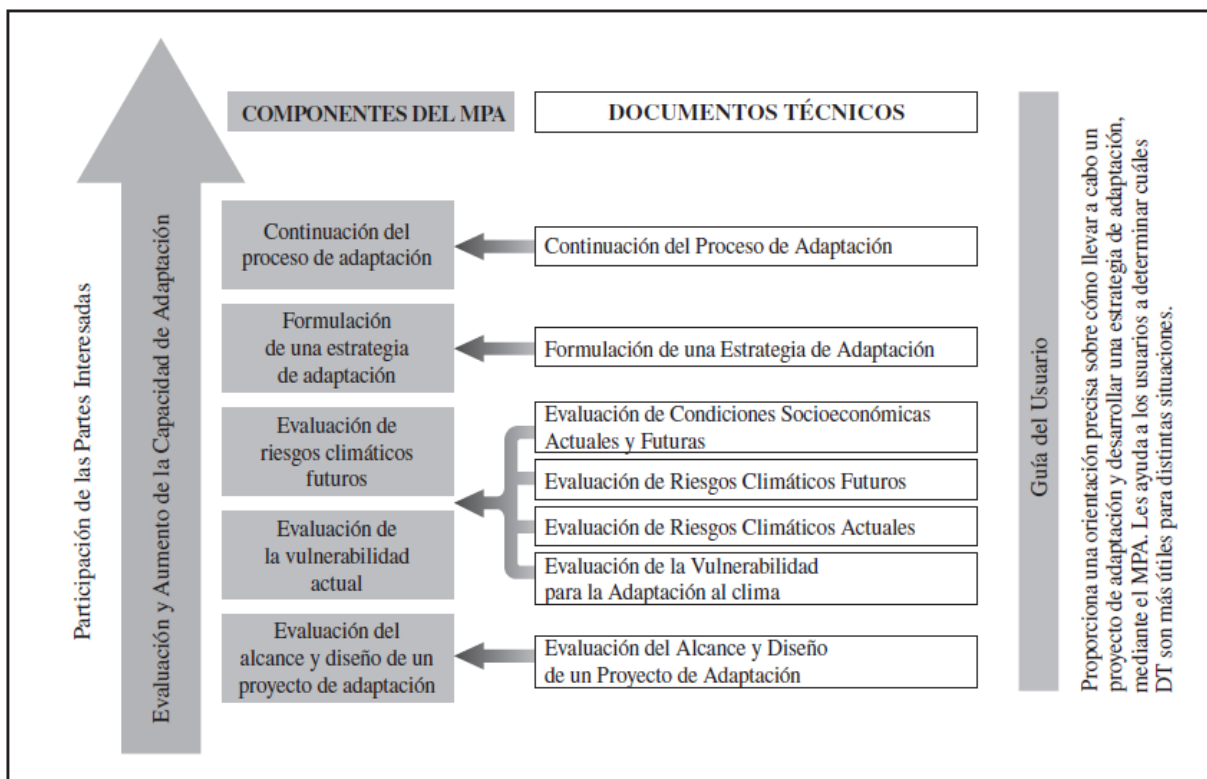


Figura I.1. Líneas generales del Marco de Políticas de Adaptación
Fuente: PNUD, (2005)

- **Componente 1**, da la orientación y describe el proceso para evaluar el alcance del proyecto de adaptación, el cual responderá a las necesidades específicas del estudio.

El proceso de evaluación del alcance y diseño de un proyecto de adaptación, involucra actividades que se agrupan en cuatro áreas de tareas:

- **Evaluar el alcance del proyecto** – se hace la evaluación del alcance del proyecto y los resultados esperados, al detallar los objetivos, general y principales del presente estudio, los cuales se encaminan hacia el componente 3 del MPA (*Evaluación de riesgos climáticos futuros*).

Este alcance fue evaluado en función a los objetivos del proyecto y, a los recursos y tiempos del desarrollo de la información.

- **Establecer el equipo del proyecto** – al inicio de éste estudio, se conformó el equipo de trabajo *Sierra Gorda Guanajuato*, como parte del Seminario de Cambio Climático y Biodiversidad, impartido en el Colegio de Geografía de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), en donde se desarrolló un plan de trabajo para tres proyectos con enfoques metodológicos diferentes, encaminados a la formulación de escenarios regionalizados, la vulnerabilidad en los bosques, y la adaptación al cambio climático, compartiendo el APSGG como su zona de estudio; el objetivo es generar información acerca de la vulnerabilidad y la adaptación en el AP, de manera que se puedan aportar medidas encaminadas a la construcción de la estrategia de adaptación.
- **Revisar y sintetizar la información existente acerca de la vulnerabilidad y la adaptación** – En el desarrollo de la investigación, se identificó la información existente acerca de la vulnerabilidad y el riesgo climático, para ello se tomó como un primer acercamiento, el *Estudio previo justificativo para el establecimiento del área natural protegida, reserva de la biosfera Sierra Gorda Guanajuato*⁸, además de analizar la información existente a nivel estatal y municipal, por ejemplo, el *Mapa virtual interactivo sobre vulnerabilidad y medidas de adaptación a los efectos del cambio climático en las 32 entidades federativas de la República Mexicana*⁹, que identifica un índice de vulnerabilidad media, al cambio climático en dos de los municipios que conforman el AP y, baja, para el resto de los municipios, sin embargo, esta información no fue utilizada debido a que el enfoque que utiliza es integral, y el presente estudio prevé alcances locales.

⁸ (IEG, 2005).

⁹ <http://atlasclimatico.unam.mx/VulnerabilidadalCC/PDFs/Documentacion.pdf>

- **Diseñar el proyecto de adaptación** – El diseño del proyecto requiere seleccionar los enfoques y métodos a seguir; el MPA identifica cuatro enfoques, de los cuales, este trabajo abordó el tercero, que está basado en la capacidad de adaptación, evaluando el APSGG en función a la respuesta que da, ante las presiones climáticas, ambientales, y socioeconómicas de la región, con el objetivo de proponer medidas, las cuales puedan incorporarse a la estrategia de adaptación al cambio climático del AP.

- **Componente 2**, se centra en identificar la vulnerabilidad actual, viendo al sistema como un todo; de manera que se reconocen los riesgos climáticos, las condiciones ambientales y socioeconómicas como parte integral para la identificación de la vulnerabilidad, se enfoca en cómo evaluar las interacciones históricas entre la sociedad y las amenazas del clima; lo que sustenta que la comprensión de los riesgos del clima actual, sean la base más adecuada para el desarrollo de las medidas de adaptación.
A continuación se muestran las tareas que fueron desarrolladas y la metodología aplicada para su identificación:
 - **Riesgos del clima actuales** – Se identificó la climatología actual por medio de dos fuentes:
 - Recopilación de información climática de carácter oficial en el país, recabada del Clima Computarizado (CLICOM) y del Extractor Rápido De Información Climatológica V.3 (ERIC III); la primera, es una base de datos operada por el Servicio Meteorológico Nacional (SMN) y el segundo, es un programa que contiene el banco de datos histórico nacional del SMN y de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA).

- La información climática recabada se analizó para asegurar su calidad, el análisis incluyó la determinación del área de influencia de las estaciones seleccionadas (polígonos de Thiessen), la historia de la estación, la longitud de la serie climática y, el control de la calidad de los datos (prueba de homogeneidad – criterio de Doorenbos).
- Determinación de la amenaza climática actual, con base en el atlas de riesgo del estado de Guanajuato, el monitor de sequía de América del Norte, las fuentes de información hemerográfica, la información bibliográfica y el manejo de la información climática (elaboración de climogramas).
- **Condiciones ambientales y socioeconómicas** – Se llevó a cabo el diagnóstico ambiental y socioeconómico del APSGG mediante la investigación de gabinete, y la corroboración de la información en campo:
 - La investigación de gabinete incluyó, la recopilación de fuentes bibliográficas del área de estudio, así como, la recopilación de recursos en línea. Se verificó la disponibilidad de información cartográfica tanto impresa como digital, valorando su calidad en cuanto a la escala, el contenido temático y la actualización de dicha información, a partir de la cual se elaboraron mapas basados en la información cartográfica y estadística del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), la CONAGUA, la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), el Consejo Nacional de Población (CONAPO), y el SMN.

- La práctica de campo se llevó a cabo con el equipo *Sierra Gorda Guanajuato* del 22 al 25 de agosto del 2012.
Se hizo una visita de reconocimiento a la construcción de la presa El Realito contando con la colaboración del Ing. C. Ábrego, responsable del seguimiento de la evaluación del impacto ambiental en la presa; a las oficinas de la Reserva de la Biosfera Sierra Gorda Guanajuato en San Luis de la Paz, en donde se entrevistó al Ing. forestal J. Martínez, promotor de la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) y al Ing. V. Ildfonso, director del APSGG; a la cabecera municipal de Xichú, entrevistando a la Mtra. M. Velázquez, directora de área de Desarrollo Económico, y a la población de Xichú, Gto. La entrevista al director del AP y al promotor forestal de la CONAFOR, fueron semiestructuradas, debido a que se acordó una cita previamente con ellos.
- **Componente 3**, se centra en los riesgos climáticos futuros, describiendo el método y las técnicas de su aplicación, se basa en el análisis de los riesgos climáticos actuales del Componente 2.
Con este componente, se cubre el alcance del proyecto para este trabajo, ya que es aquí donde se analizan las necesidades de adaptación bajo un clima cambiante, y se proponen medidas de adaptación al cambio climático.
 - Fue necesario identificar los riesgos climáticos futuros, para ello, se regionalizaron escenarios de cambio climático a partir de las proyecciones de los Modelos de Circulación General de Atmósfera-Océano (MCGAO), para ello se utilizó el Generador Estocástico de Tiempo Meteorológico LARS WG, y los resultados fueron analizados mediante los diagramas de caja (box plot) y Funciones de Densidad de Probabilidad (PDF), ambos necesarios para ver si el clima en la región presenta cambios en cuanto a la temperatura máxima,

temperatura mínima y precipitación, así como, en los valores extremos.

- Para el análisis de las necesidades de adaptación bajo el clima cambiante, primero:
 - Se utilizó como guía: el *Documento técnico 1: Evaluación del alcance y diseño de un proyecto de adaptación*, el análisis del Programa Operativo Anual (POA)¹⁰ y la aplicación de entrevistas en el trabajo de campo. La combinación de herramientas y técnicas fue necesaria para la elaboración del mapa de actores que tienen presencia en el área de estudio.
 - Se identificó la respuesta de los actores ante la problemática presente analizando el POA del APSGG, en el cual se documentan las acciones específicas basadas en cinco líneas estratégicas de gestión (protección, manejo, restauración, cultura y gestión).
 - Se aplicó el modelo de Presión - Estado – Respuesta (PER), su elaboración se desarrolló con base en la problemática ambiental y socioeconómica, la caracterización climática y, las respuestas que han dado los actores clave, las cuales son factibles institucionalmente, lo que las convierte en medidas de adaptación actuales, sentando la base para la conformación de un portafolio de medidas viables con miras a integrar la estrategia de adaptación al cambio climático.

¹⁰ El POA forma parte de la información proporcionada por el subdirector del APSGG, recabada en una segunda visita de campo hecha por una integrante del equipo de trabajo Sierra Gorda (CONANP, 2012c).

- Dentro del proceso de identificación de medidas de adaptación, se elaboró una hipótesis sobre las probables consecuencias del cambio climático considerando la continuidad de las tendencias ambientales, sociales y económicas, que en conjunto con los resultados obtenidos en el desarrollo de este trabajo, contribuyeron a la identificación de las medidas de adaptación al cambio climático, fundamentando la base en el desarrollo de la estrategia de adaptación para el APSGG.

CAPÍTULO 1

DIAGNÓSTICO DE LA PROBLEMÁTICA AMBIENTAL, SOCIAL Y ECONÓMICA DEL ÁREA PROTEGIDA SIERRA GORDA GUANAJUATO

1.1. ANTECEDENTES DEL ÁREA DE ESTUDIO

En 1997 el gobierno del estado de Guanajuato reconoció la importancia de la conservación de ciertas áreas naturales en la entidad, creando el sistema de áreas naturales protegidas; desde entonces se visualizó la Sierra Gorda de Guanajuato, como una zona estratégica para la conservación. En 2005, el gobierno del estado a través del Instituto de Ecología, los cinco municipios que abarca el área propuesta, y la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), acordaron la evaluación de la zona para su posible declaratoria como área protegida; en noviembre del mismo año se presentó un estudio previo justificativo para su establecimiento. El 2 de febrero del 2007, se informó que la zona conocida como Sierra Gorda de Guanajuato aprobó las características y requisitos para ser protegida por lo que se declaró área natural protegida, con el carácter de reserva de la biosfera (IEG, 2005).

1.2. ASPECTOS FÍSICOS

El APSGG se ubica en el estado del mismo nombre, entre las coordenadas geográficas 21°10'42.13" y 21°41'15" latitud norte y, 99°40'17.16" y 100°28'35.92" longitud oeste, se localiza en los municipios de Atarjea, San Luis de la Paz, Santa Catarina, Victoria y Xichú, cuenta con una superficie total de 236,882 ha, de las cuáles 158,578 ha, forman parte de la zona de amortiguamiento y 78,304 ha, conforman la zona núcleo (Figura 1.1; DOF, 2007).

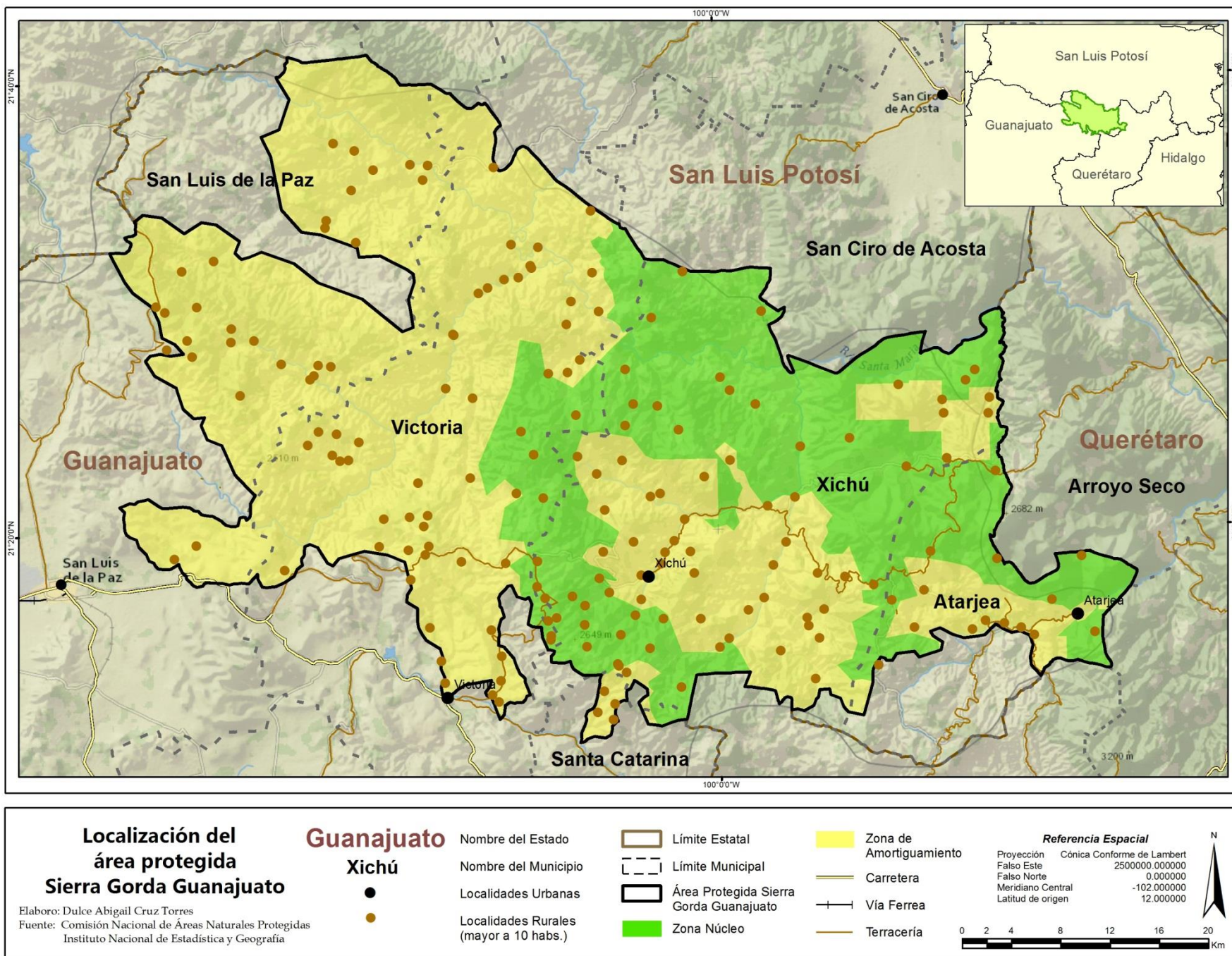


Figura 1.1. Localización del área protegida Sierra Gorda Guanajuato

Los límites establecidos para esta zona están dados al norte del APSGG mediante conectividad social entre los estados de Guanajuato y San Luis Potosí, en la parte sureste representa delimitación y conectividad con la Reserva de la Biosfera Sierra Gorda, Querétaro. Al suroeste, se encuentra limitado por el crecimiento poblacional de Victoria y cabecera municipal de San Luis de la Paz; esta zona presenta densidad poblacional baja, debido a que la mayor parte de los pobladores viven en los municipios vecinos pertenecientes al estado de San Luis Potosí (CONANP, 2012a).

Se localiza en las provincias fisiográficas Mesa del Centro y Sierra Madre Oriental, en el caso de la provincia Mesa del Centro, el relieve característico que se presenta va desde sierras altas con mesetas, sierras pequeñas escarpadas, sierras bajas, mesetas lávicas, llanuras aluviales y valles, ésta subprovincia comprende parte de los municipios de San Luis de la Paz, Victoria, Xichú, y Santa Catarina; en la provincia fisiográfica Sierra Madre Oriental se presenta una zona de sierras plegadas y desarrollo de cañones (CEAG, 2000).

Los municipios de San Luis de la Paz, Victoria y, la parte sur y suroeste de Xichú, son constituidos principalmente por rocas ígneas; Atarjea, y Santa Catarina son constituidos por rocas sedimentarias (Figura 1.2).

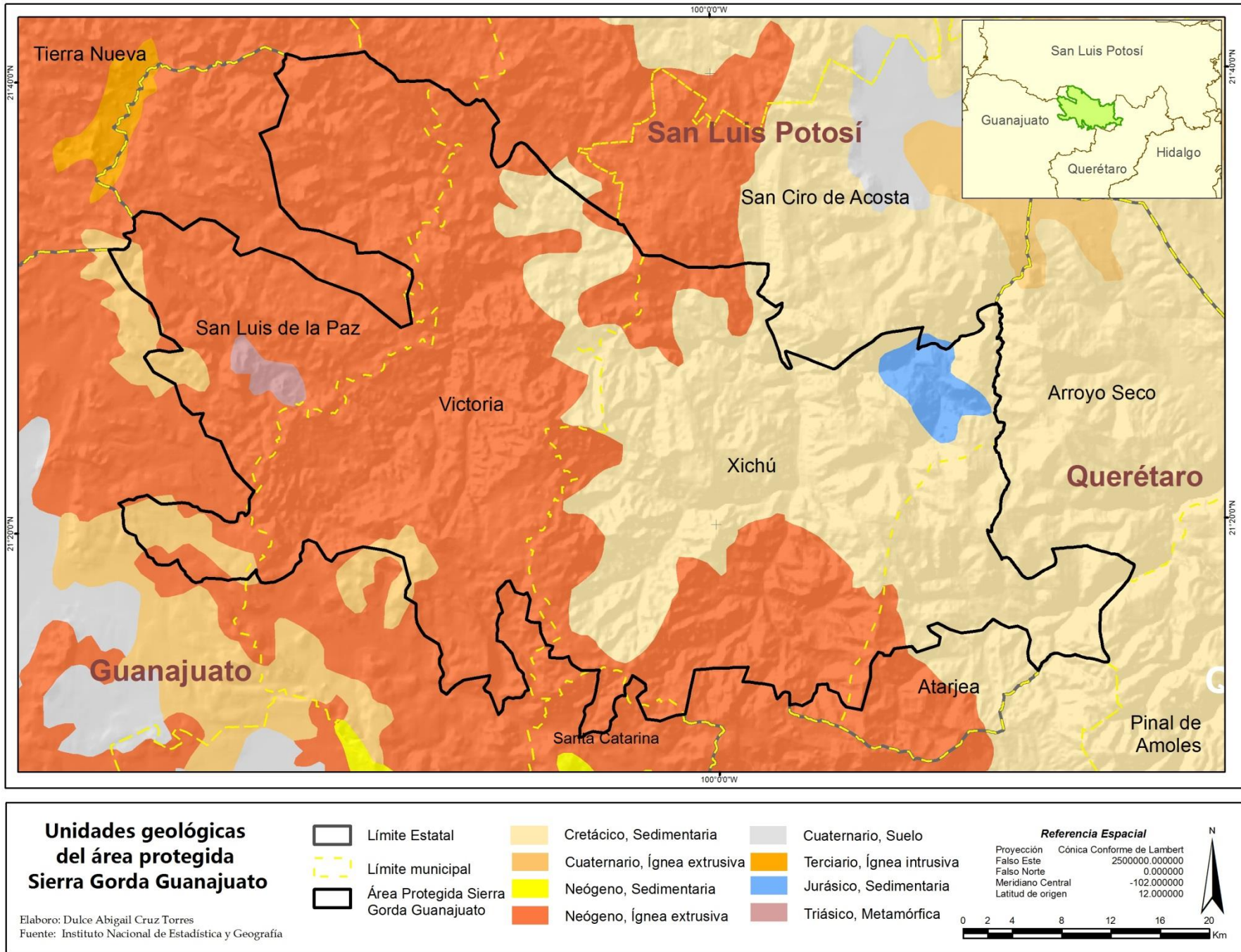


Figura 1.2. Unidades geológicas del área protegida Sierra Gorda Guanajuato

Dentro del AP, se presentan 9 tipos de suelo, de los cuales, los leptosoles⁷ presentan la mayor cobertura (31%), seguidos por los regozoles (23%; Tabla 1.1).

Tabla 1.1. Tipos de suelos presentes en el APSGG

Tipo de suelo	Cobertura (%)	Descripción
Cambisol	8	Suelo poco desarrollado. Presenta color claro y cambios de estructura o consistencia debido al intemperismo.
Kastañozem	2	Suelo de color oscuro, típico de pastizales o matorrales.
Phaeozem	9	Suelo con una capa superficial oscura, rica en materia orgánica, y nutrientes.
Fluvisol	1	Se encuentra generalmente en los márgenes de las corrientes, de las cuales recibe aportes de materiales recientes.
Leptisol	31	Suelo poco profundo, de 10 cm de espesor que se presenta sobre roca o tepetate. Característico de áreas con relieve accidentado.
Luvisol	15	Se presenta en áreas de mesetas o relieves montañosos ondulados. Tiene fertilidad media y es altamente susceptible a erosionarse.
Regosol	23	Suelo de poco espesor, producto generalmente de su reciente formación sobre aportes no aluviales.
Rendzina	8	Se ubican sobre rocas calcáreas, pero poseen poco espesor y mismas características que los leptosoles.
Vertisol	3	Suelo de coloración negra, se desarrolla en relieves planos o ligeramente inclinados.

Fuente: CONANP (2012a)

Con base en lo anterior, el 31% del suelo dentro del APSGG es extremadamente joven y delgado, siendo la erosión su mayor amenaza, particularmente en regiones montañosas donde la presión de la población, la sobreexplotación y la contaminación ambiental llevan al deterioro de bosques y amenazan grandes áreas de leptosoles vulnerables; el segundo tipo de suelo es el regozol, ocupa el 23 % y es característico de tierras erosionadas, particularmente en áreas áridas y semiáridas y en terrenos montañosos (IUSS Grupo de Trabajo WRB, 2007).

⁷ Los leptosoles incluyen el tipo de suelo litosol (IUSS Grupo de Trabajo WRB, 2007), el cual es representado en la Figura 1.3, la diferencia en el uso del nombre, se debe a las distintas fuentes de información.

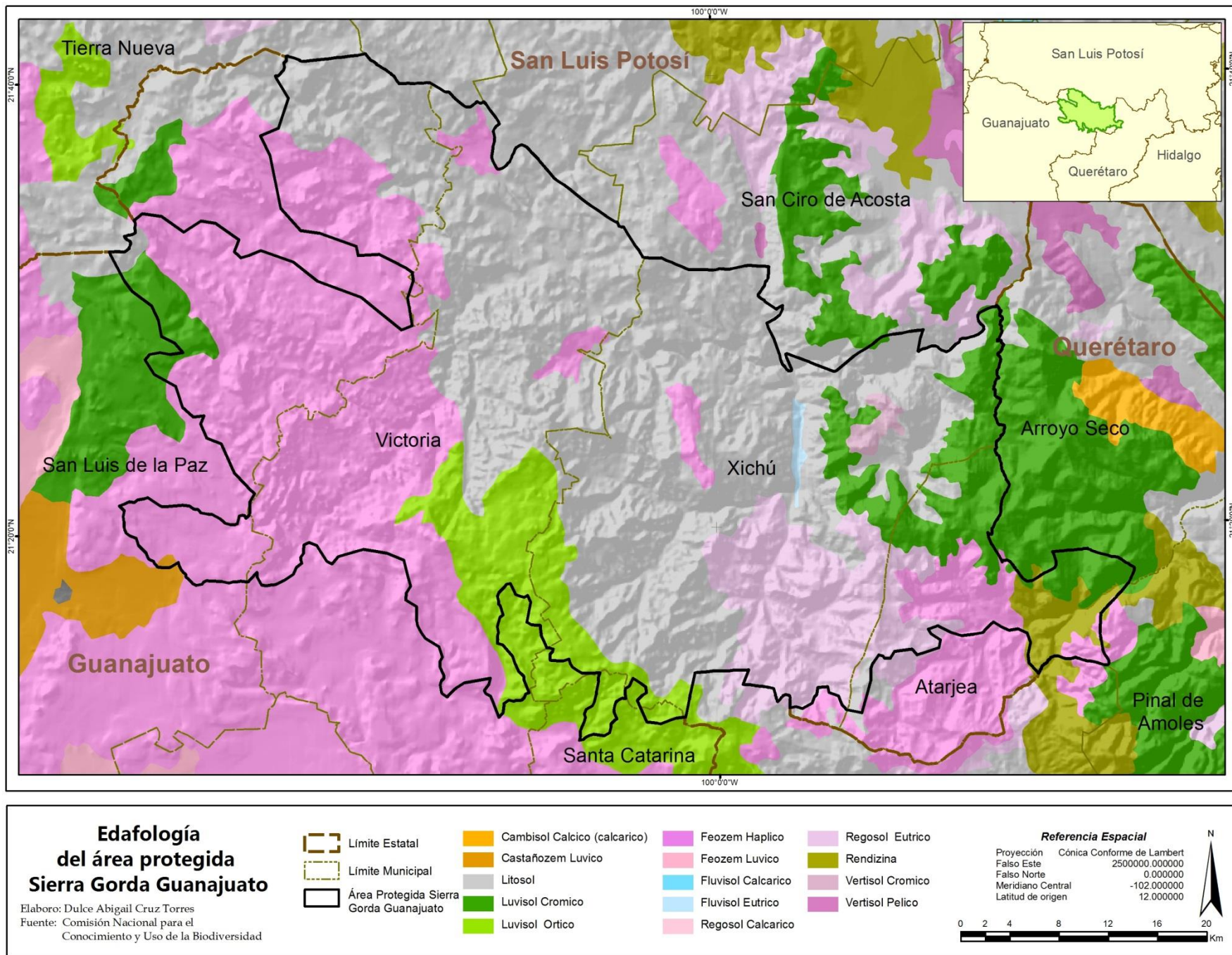


Figura 1.3. Edafología del área protegida Sierra Gorda Guanajuato

El APSGG, está ubicada en la cuenca hidrológica Río Tamuín (subcuenca hidrológica Tampaon - Santa Martha - La Laja) dentro de la región hidrológica “Pánuco” (Figura 1.4; CONANP, 2012a). Pertenece al acuífero Xichú – Atarjea, el cual consta de 117 aprovechamientos de agua subterránea, de los cuales 86 corresponden a pozos profundos, 11 a norias, 11 a manantiales y 9 a galerías filtrantes (CEAG, 2000).

La disponibilidad del recurso hídrico está en función a las condiciones topográficas, geológicas, edáficas y climatológicas. Debido a las características topográficas, hay una gran cantidad de arroyos intermitentes; y por las características geológicas y climatológicas, los suelos tienen baja capacidad de absorción del agua, lo cual genera una red hidrográfica de alta densidad, el tipo de roca volcánica ocasiona facilidad de infiltración cuando se fractura por la intemperización, en el caso de las rocas sedimentarias de tipo arcilloso no tienen la capacidad de transmitir ni almacenar el agua, lo que origina que el agua se reintegre a la superficie después de haberse infiltrado, generando manantiales, los cuales son el sustento de la mayoría de las comunidades que no se abastecen de agua de pozo (CEAG, 2000).

De acuerdo con Uzeta (2005), se considera que en la región siempre se ha visto limitado el recurso hídrico, tanto del agua subterránea como superficial, lo que ocasiona que el crecimiento poblacional y económico también sea limitado, motivo por el cual la mayoría de la población emigra hacia otros lugares en busca de mejores oportunidades para subsistir.



Figura 1.4. Hidrología del área protegida Sierra Gorda Guanajuato

La biodiversidad en el área de estudio es alta (IEG, 2005), los principales tipos de vegetación y su cobertura dentro del APSGG, se consideran en la Tabla 1.2.

Tabla 1.2. Tipo de vegetación en el APSGG

Tipo de Vegetación	Cobertura (%)	Descripción
Agricultura de riego	0.1	Utiliza agua suplementaria para el desarrollo de los cultivos durante el ciclo agrícola.
Agricultura de temporal	3	Es el tipo de agricultura de todos aquellos terrenos en donde el ciclo vegetativo de los cultivos que se siembran depende del agua de lluvia, por lo que su éxito es en función de la precipitación y de la capacidad del suelo para retener el agua.
Bosque de encino	25	Los bosques de encino representan un tipo importante de vegetación templada de México, su distribución, de acuerdo con Rzedowski abarca desde el nivel del mar, hasta los 3 100 m.
Bosque de encino-pino	11	Esta comunidad se caracteriza por la dominancia de encinos (<i>Quercus</i>), sobre los pinos (<i>Pinus</i>).
Bosque de pino	1	Bosques de amplia distribución, se presentan desde los 300 m de altitud hasta los 4 200 m en el límite altitudinal de la vegetación arbórea. Es una comunidad constituida por árboles del género <i>Pinus</i> ; la fisonomía es característica y, las diferentes especies de pino que los definen presentan alturas que van de los 15 a los 30 m en promedio.
Bosque de pino- encino	12	Junto con los bosques de encino-pino se consideran fases de transición en el desarrollo de bosques de pino o encino puros. Está compartida por las diferentes especies de pino y encino; siendo dominantes los pinos.
Matorral crasicaule	9	Predominancia de cactáceas grandes con tallos aplanados o cilíndricos que se desarrollan principalmente en las zonas áridas y semiáridas; se desarrolla preferentemente sobre suelos someros de laderas de cerros de naturaleza volcánica; la altura de este matorral alcanza generalmente de 2 a 4 m.
Matorral submontano	25	Especies inermes o a veces espinosas, caducifolias por un breve período del año, se desarrolla entre los matorrales áridos y los bosques de encino y la selva baja caducifolia a altitudes de 1 500 a 1 700 msnm, principalmente en las laderas bajas de ambas vertientes de la Sierra Madre Oriental.

Pastizal inducido	6	Algunas veces corresponden a una fase de la sucesión normal de comunidades vegetales, cuyo clímax es por lo común un bosque o un matorral. Otras veces el pastizal inducido no forma parte de ninguna serie normal de sucesión de comunidades, pero se establece y perdura por efecto de un intenso y prolongado disturbio.
Pastizal natural	1	Es considerado principalmente como un producto natural de la interacción del clima, suelo y biota de una región. Es una comunidad dominada por especies de gramíneas, en ocasiones acompañadas por hierbas y arbustos de diferentes familias; su principal área de distribución se localiza en la zona de transición entre los matorrales xerófilos y la zona de bosques.
Selva baja caducifolia	8	Presenta corta altura de sus componentes arbóreos (normalmente de 4 a 10 m, muy eventualmente de hasta 15 m o un poco más). El estrato herbáceo es bastante reducido y sólo se puede apreciar después de que ha empezado claramente la época de lluvias y retoñan o germinan las especies herbáceas.

Fuente: Elaboración propia con base en INEGI (2005c)

Con base en lo anterior, la vegetación predominante es el matorral submontano y el bosque de encino, cada uno con un 25% de cobertura (Figura 1.6); los géneros característicos del matorral submontano son: *Acacia*, *Fraxinus*, *Mimosa*, *Pithecelobium*, *Pseudosmodium*, *Senna*, y *Bursera*, esta última tiene un valor importante en el APSGG, es un ecosistema muy específico ya que los bosques de burseras, distribuidos principalmente en Xichú (Figura 1.5), están conformados por una sola especie uniforme (*Bursera morelensis*), siendo un ecosistema muy propio de la zona y, único en el centro del país (Ing. A. Ildefonso, entrevista personal).



Figura 1.5. Bosque de burseras, Xichú Gto.
Foto: María Guadalupe Esquivel

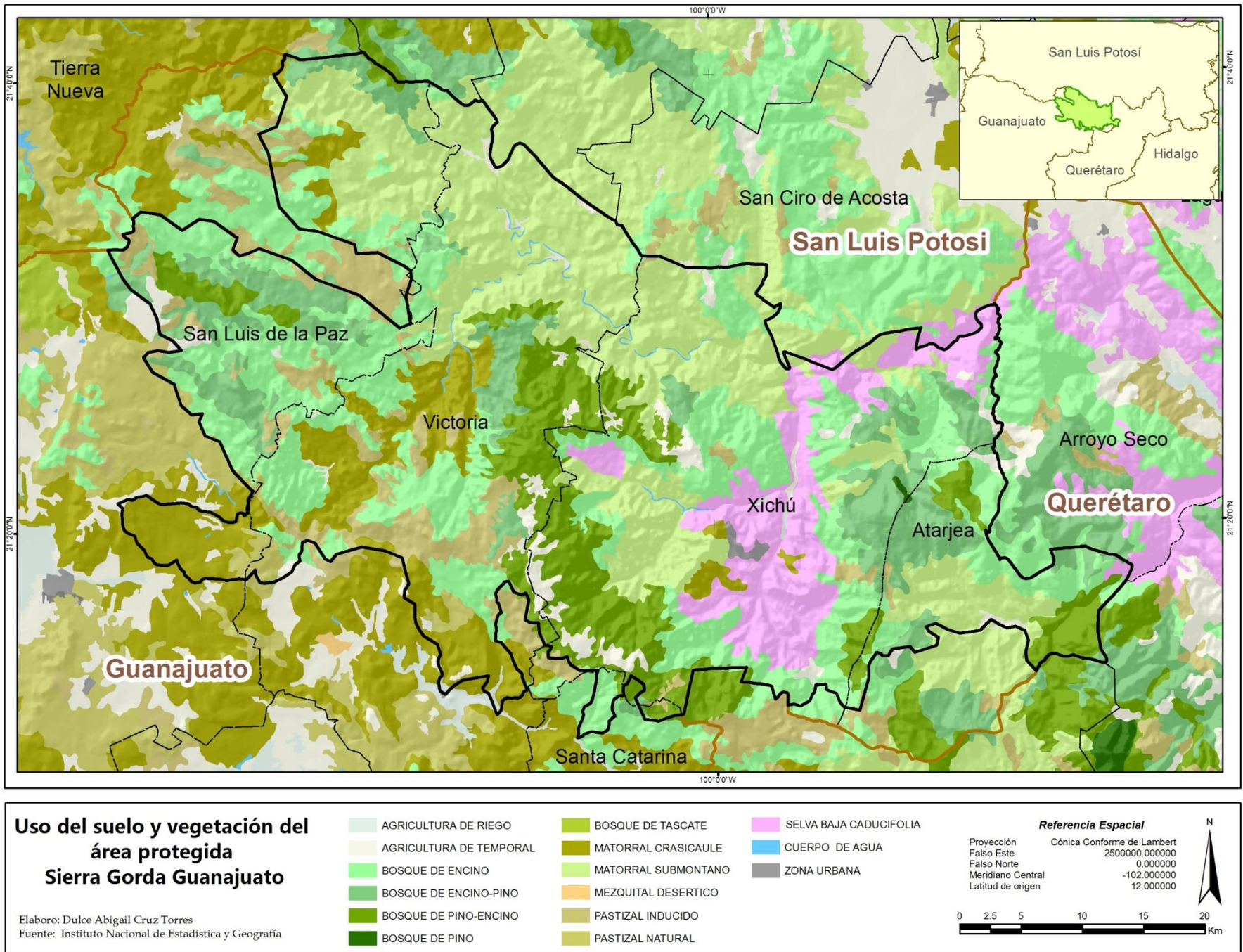


Figura 1.6. Uso del suelo y vegetación del área protegida Sierra Gorda Guanajuato

Los cinco municipios que conforman el APSGG son los más ricos en cactáceas de Guanajuato, ubicándolos como los centros más importantes de diversidad del estado (CONABIO, 2012b). Hay especies endémicas las cuáles son: *Beaucarnea compacta*, *Calibanus glassianus*, *Turbinicarpus alonsoi* (en categoría de amenazada por la International Union for Conservation of Nature UICN), *Mammillaria multihamata*, *Strombocactus disciformis*, *Stachys turneri* y *Potentilla butandae*, con potencial ornamental, motivo por el cual podría poner en riesgo su existencia llevando a la especie al peligro de la extinción (Carranza, 2005; citado en CONANP, 2012a).

En cuanto a la diversidad faunística, las áreas prioritarias son: el municipio de Atarjea con 90% o más de las especies, la parte norte y centro del municipio de Victoria y la parte central del municipio de Xichú. Existen registradas 420 especies, entre ellas se ha documentado la presencia de margay (*Leopardus wiedii*), ocelote (*L. pardalis*) y vampiro (*Diphylla ecaudata*), especies catalogadas en peligro de extinción, y vulnerables ante la pérdida de hábitat, el APSGG concentra una gran riqueza de aves residentes y migratorias, las especies presentes en esta zona, que se encuentran en alguna categoría de riesgo dentro de la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 son: la guacamaya verde (*Ara militaris*), como en peligro de extinción; la pava cojolita (*Penelope purpurascens*) y el pato mexicano (*Anas platyrhynchos diazi*) como amenazadas; y, el gavilán de Cooper (*Accipiter cooperii*) y el clarín jilguero (*Myadestes occidentalis*) como sujetas a protección especial (CONANP, 2012a).

1.3. ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS

Las características históricas y culturales de la región noreste de Guanajuato, la ubican como un espacio interétnico; al localizarse en los márgenes de Mesoamérica, tiene una importante historia que se ha plasmado en vestigios arqueológicos asociados a la tradición cultural Chupícuaro, y en las pinturas rupestres hechas por los Chichimecas, que fueron cazadores, recolectores y, guerreros, conocidos por los demás pueblos por su belicosidad; cuando los colonizadores españoles penetraron en Sierra Gorda, tuvieron que enfrentarse a una larga lucha en América, a partir de la mitad del siglo XVI, estalló la Guerra Chichimeca; el contexto de violencia generalizada duró más de dos siglos (CONABIO, 2012a).

Esta historia es en parte, responsable de que se haya mantenido un relativo grado de conservación, ya que los grupos oriundos fueron nómadas y cazadores que poco a poco fueron aniquilados, de manera que nunca fue posible el desarrollo de agricultura intensa ni desgaste de los recursos naturales; actualmente esta región es la única zona con población indígena chichimeca reconocida por el gobierno estatal (IEG, 2005), sin embargo, se ha perdido gran parte de la identidad cultural de este pueblo, ya que en la región del AP, solamente 22 personas hablan alguna lengua indígena y representan poco menos del 1 % del total de hablantes de los cinco municipios, las localidades con presencia de población indígena son: La Estancia, en el municipio de Victoria; Misión de Santa Rosa, Aurora, Llanetes, Palomas y El Rucio en el municipio de Xichú; y, El Carricillo, La Joya, El Piñonal y San Antón, en el municipio de Atarjea (SEDESHU s/a).

En el APSGG la concentración de la población es mayor en las cabeceras municipales, y su distribución es principalmente en la porción sur y este, presentándose localidades dentro de la zona núcleo (Figura 1.7).

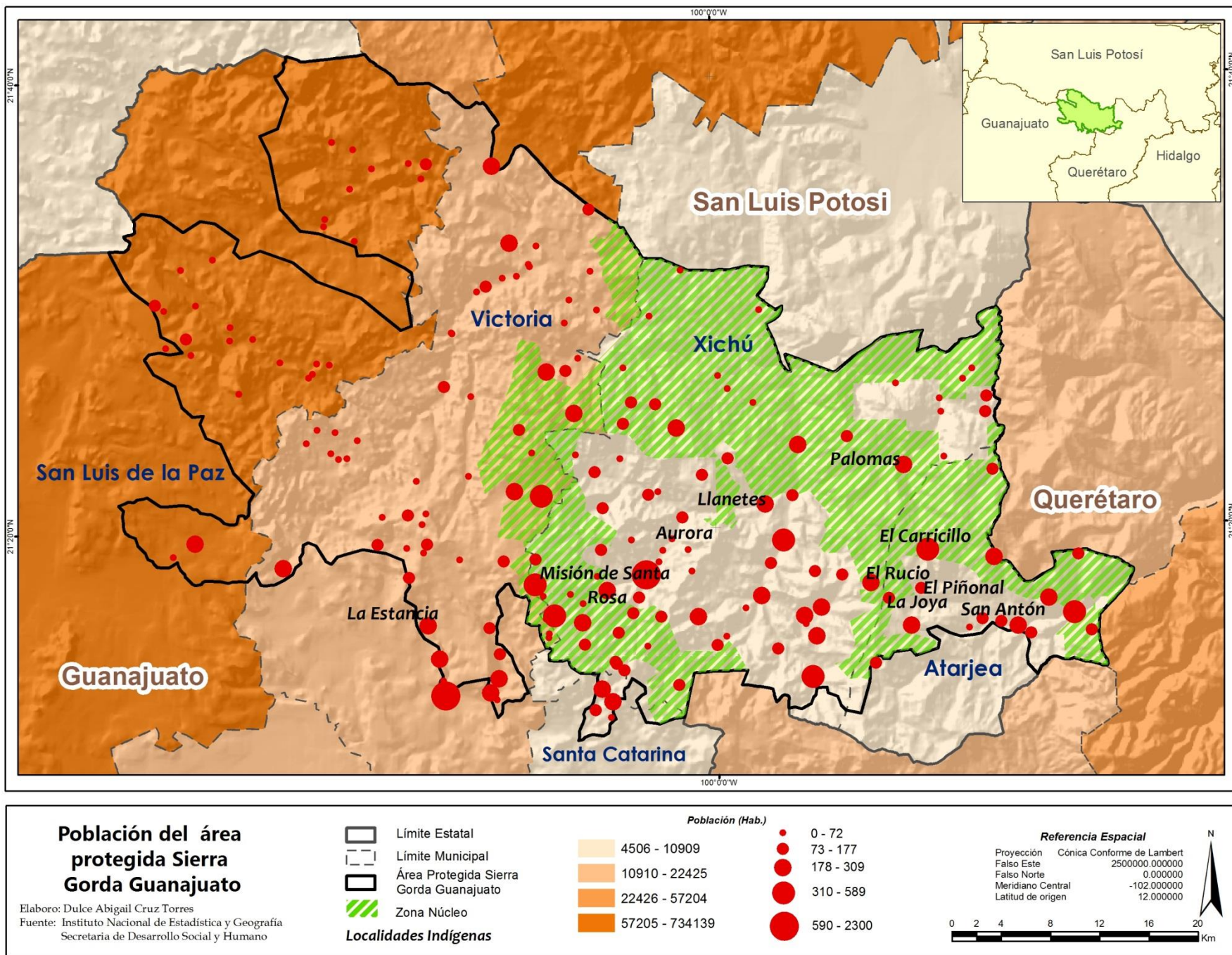


Figura 1.7. Población del área protegida Sierra Gorda Guanajuato

En cuanto al crecimiento de la población, se considera que es progresivo, en la Figura 1.8 se consideran las pirámides de población correspondientes a cada municipio; en general se presenta una base dilatada y una cúspide estrecha, lo cual es indicador de una estructura de población joven, los menores de 20 años representan entre el 40 y 50 % de toda la población y los ancianos representan menos del 5 % (CEDEM, s/a).

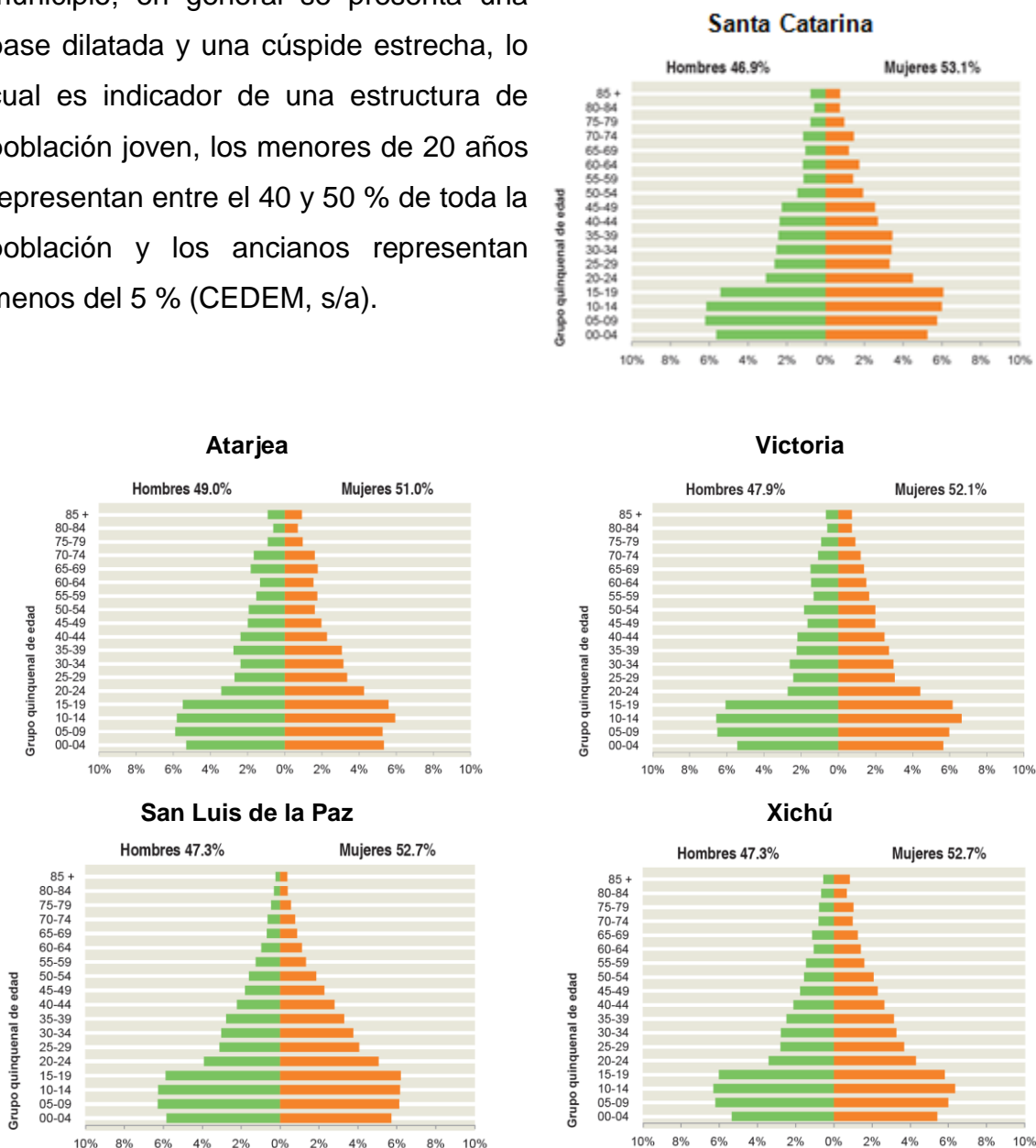


Figura 1.8. Pirámides de edad por grupos quinquenales
Fuente: INEGI (2010d)

Guanajuato es uno de los estados con mayor porcentaje de emigrantes a Estados Unidos, por ello es importante considerar este movimiento de la población dentro del APSGG (Figura 1.9).

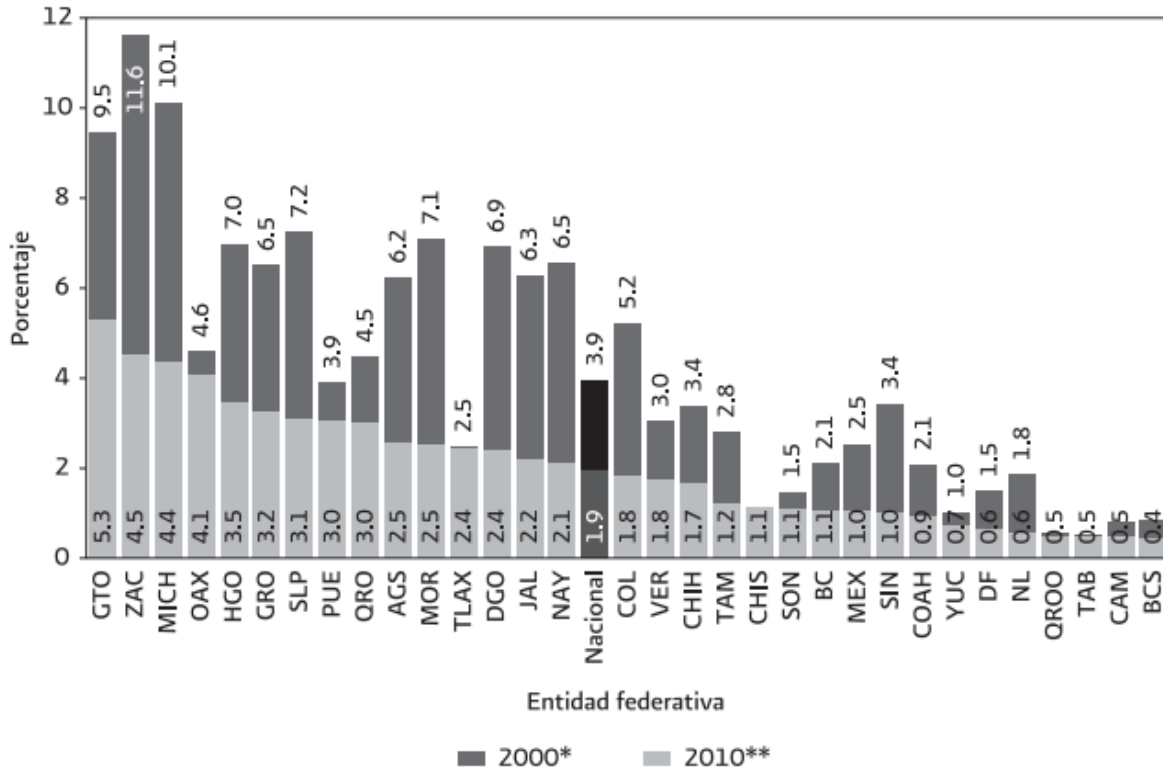


Figura 1.9. Porcentaje de viviendas con emigrantes a Estados Unidos por entidad federativa, 2000 y 2010
Fuente: CONAPO (2010b)

El total de la población emigrada representa el 2.61 % del total de la población de la región noreste de Guanajuato, por lo que una parte muy importante de la economía de la región está basada en las remesas que son enviadas por la población que emigra hacia los Estados Unidos (COPLADEG, 2002).

Xichú tiene un grado de intensidad migratoria muy alto, al no contar con una fuente de ingresos estable y suficiente para satisfacer las necesidades básicas, los pobladores de Xichú buscan empleo principalmente en Estados Unidos, cruzando la frontera de manera ilegal. En el caso de San Luis de la Paz, Santa Catarina, y Victoria manifiestan un grado de intensidad alto y únicamente Atarjea presenta un grado medio (CONAPO, 2010).

Los municipios que conforman el APSGG cuentan con un alto grado de marginación y un índice de desarrollo humano medio (Tabla 1.3), debido en parte a las condiciones fisiográficas y a la dispersión de población (COPLADEG, 2002).

Tabla 1.3. Índice de marginación y desarrollo humano

Municipio	Índice de Marginación	Grado de Marginación	Índice de Desarrollo Humano	Grado de Desarrollo Humano
Atarjea	0.9203	Alto	0.69	Medio
San Luis de la Paz	-0.1553	Medio	0.74	Medio
Santa Catarina	0.7841	Alto	0.7	Medio
Victoria	0.5863	Alto	0.72	Medio
Xichú	0.9873	Alto	0.67	Medio

Fuente: Elaboración propia con base en CONAPO (2000, 2010b)

La población económicamente activa (PEA) depende de factores demográficos, sociales y económicos, y aunque se encuentra muy relacionada con la cantidad de población total; el régimen demográfico y estructural por edad son también determinantes importantes. En las poblaciones jóvenes de rápido crecimiento, la PEA tiende a ser poca debido a que hay una dependencia juvenil fuerte (Clarke, 1972); esto ocurre en el APSGG, la PEA representa un 36.53 % del total de habitantes, del cual, un 85.77 % son hombres y el resto mujeres; el 96.74 % de la PEA es población ocupada en algún sector económico, principalmente en el sector primario y el 85.53 % de esta población corresponde al sexo masculino (CONANP, 2012a). San Luis de la Paz y Atarjea son los municipios que aportan la mayor y la menor PEA respectivamente (Figura 1.10).

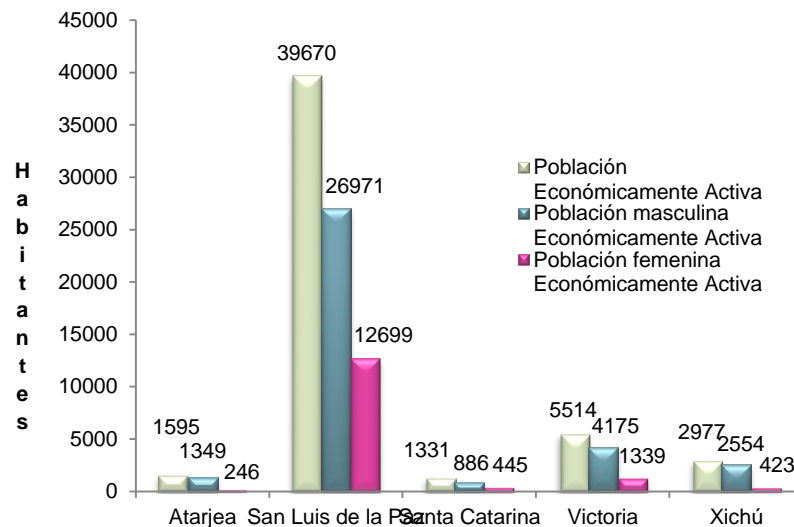


Figura 1.10. Población económicamente activa
Fuente: Elaboración propia con base en SEDESHU (2012)

En cuanto a las actividades económicas, la mayor parte de los habitantes tienen como principal fuente de ingresos el aprovechamiento de los recursos naturales, lo cual se complica en la zona núcleo, debido a que sólo se permiten actividades de preservación de los ecosistemas (Proceso, 2007).

La agricultura que se practica es de autoconsumo, destaca la producción de frijol, maíz y algunas hortalizas. La falta de programas de impulso al campo y las características deficientes del suelo para ésta actividad, no permiten el desarrollo de la región. Las actividades como producción artesanal, e industrial son de manufactura familiar (CONANP, 2012a).

Una de las actividades económicas que han caracterizado la historia del APSGG, es la minería, en El Realito hubo explotaciones de mercurio hasta los años cincuenta y de fluorita a principios de siglo XX, misma que continúa hasta hoy y que coloca a Guanajuato en el tercer lugar de producción de fluorita a nivel nacional; se ubican aproximadamente 68 concesiones mineras, y representa aproximadamente 13.4% de la superficie del APSGG (CONANP, 2012a).

También existe un ingreso proveniente del sector terciario, específicamente del ecoturismo. Por ejemplo, la organización de varios



*Figura 1.11. El Platanal, Xichú
Foto: Dianita Saenz*

pobladores dio como resultado la integración del “Grupo ecoturístico El Platanal” (Figura 1.11), que por medio de actividades de turismo de naturaleza buscan generar recursos económicos y evitar la contaminación de río Santa María, actualmente en esta región se busca una certificación verde, y recursos para gestionar y promocionar el sitio a nivel nacional e internacional (CONANP, 2012b).

1.4. PROBLEMÁTICA AMBIENTAL Y SOCIOECONÓMICA

PROBLEMÁTICA AMBIENTAL

- El APSGG es una zona con relieve montañoso, la topografía accidentada y el régimen de lluvias, hacen que la región sea susceptible de sufrir el efecto de la erosión. Se presenta el riesgo por inestabilidad de ladera, lo que deriva en el uso de mallas de protección para evitar la caída del material (Figura 1.12), sin embargo, hay



*Figura 1.12. Mallas de protección, Xichú, Gto.
Foto: Dulce Abigail Cruz Torres*

- diversos puntos en riesgo por deslizamiento, en especial durante la temporada de lluvias, dejando incomunicadas a las comunidades.
- El 54% del suelo es característico de tierras erosionadas, ésta condición natural es intensificada por la acción del hombre, especialmente por la pérdida de la cobertura vegetal, la cual se presenta en gran medida, por la expansión de la frontera agrícola y ganadera, en la Figura 1.13, se aprecian dos zonas erosionadas, presentándose este tipo de paisaje, continuamente en la región, siendo mayor la afectación en la temporada de estiaje.



a. San Luis de la Paz, Gto
Foto: Lourdes Bello



b. San Agustín, Gto.
Foto: Marisol Reyes García

Figura 1.13. Suelos erosionados dentro del APSGG

- El recurso hídrico es limitado, dificultando el abastecimiento a la población; ésta condición de aridez se ha presentado siempre y la disminución de la precipitación no representan una problemática apremiante para las autoridades del APSGG, ya que consideran que estas condiciones han prevalecido desde siempre, y ante tales amenazas no se puede hacer nada más que, adaptarse (Ing. A. Ildfonso, entrevista personal).
- La presencia del fenómeno El Niño en 1998, generó altas temperaturas, sequía e incendios forestales, lo cual incidió en la propagación de plagas forestales en la región; en caso particular, la presencia del descortezador mexicano (*Dendroctonus mexicanus*) ha afectado severamente los bosques de pino piñonero (*Pinus cembroides*) en los municipios de Atarjea y Xichú. Otro de los problemas presentes en la región, es la presencia de muérdagos (plantas parásitas); en los bosques de encino (*Quercus*) de San Luis de la Paz, se identifican afectaciones por *Phoradendron lanceolatum* y *P. longifolium*.

- En el caso de la diversidad faunística, ésta se ve afectada por las actividades humanas que han alterado el ecosistema, provocando que ciertas especies se vean amenazadas como el caso del *Leopardus. wiedii* y *L. pardalis*, especies en peligro de extinción, vulnerables ante la pérdida de su hábitat. Una amenaza que no ha sido estudiada para el APSGG, es la fauna feral, la cual rompe con la cadena alimenticia, amenazando la supervivencia, alterando y disminuyendo la población de la fauna silvestre, por ejemplo, el caso del armadillo y del venado, que han visto disminuida su población a causa de los “perros de rancho” (Ing. A. Ildfonso, entrevista personal).

PROBLEMÁTICA SOCIOECONÓMICA

- Cuando se decretó la Sierra Gorda de Guanajuato como área protegida, se presentó una mala información, la mayoría de los pobladores, miembros de diferentes ejidos, desconocían por completo esta situación, así como, el beneficio o perjuicio que ello implicaba, sin embargo, ahora se sabe la problemática de las personas y se está trabajando directamente con ellos para que puedan mantenerse sin afectar los recursos naturales, para ello se llevan a cabo talleres de comunicación social, en los que se instruye a la gente, en materia de ecología y aprovechamiento sustentable de los recursos (Mtra. M. Velázquez, entrevista personal).

También se ha trabajado directamente con los presidentes municipales, y se les ha explicado la ventaja de que sus municipios se encuentren dentro del AP, lo que representa más una ventaja que una desventaja; otra de las medidas que se plantea implementar, es la modificación de la zona núcleo, debido a que hay población concentrada en el área circundante y dentro de esta zona; la modificación tiene el fin de preservar lo que tenga un valor alto de conservación y al mismo tiempo, mejorar el desarrollo por medio del uso sustentable de los recursos (Ing. A. Ildfonso, entrevista personal).

- Los municipios que abarca el APSGG, son los más marginados del estado, lo cual implica una seria problemática social y una economía deprimida, en donde los ingresos económicos de la población en general son bajos y se presentan fuertes condiciones de pobreza, aunado a ello, debido a las actividades permitidas dentro de la reserva, la población tiene pocas posibilidades de ingreso económico, dentro de las cuales están los ingresos por remesas, el comercio, el ecoturismo, y algunos llevan a cabo actividades que están prohibidas, como la tala, al ser ésta, una fuente de trabajo ya que se venden los polines, las cortezas y tierra para macetas (F. Teherán, entrevista personal). La población complementa su ingreso mediante el aprovechamiento de recursos naturales con fines de autoconsumo, como la agricultura a traspatio (Figura 1.14).



*Figura 1.14. Agricultura a traspatio, Xichú, Gto.
Foto: Dulce Abigail Cruz Torres*

- En el APSGG se presenta una falta de infraestructura carretera, lo que implica inaccesibilidad al área, beneficiando la conservación de la biodiversidad, pero contribuyendo a la falta de comunicación de la población, convirtiendo las localidades en regiones aisladas, y dificultando las actividades económicas; uno de los factores es la pertenencia de la región al AP, siendo necesario presentar una manifestación de impacto ambiental cuando se ve la necesidad de implementar alguna construcción (carreteras, puentes, etc); otro factor, es lo abrupto de la topografía, motivo por el cual hay falta de planeación para la apertura de caminos, lo que conlleva a que la población abra brechas para poder acceder a los servicios básicos como la salud, el traslado de víveres, la escuela, entre otros.

- Debido a esta falta de oportunidades de desarrollo y al déficit de empleos, la migración se hace presente, Xichú es uno de los municipios con mayor cantidad de personas que emigran a Estados Unidos, algunos cabezas de familia buscan oportunidades como contratos para trabajar por medio año en Estados Unidos, y al regresar se dedican a la agricultura de traspatio, para autoconsumo, principalmente cosechan maíz y frijol (E. Hernández, entrevista personal). En otros casos, los integrantes de las familias se van a Estados Unidos pero después de un tiempo dejan de enviar apoyo económico, resultando complicado para los familiares que se quedan en su lugar de origen, que en su mayoría son mujeres, niños y adultos mayores (L. Liceo, entrevista personal).
- La práctica de la agricultura de temporal se presenta principalmente, en los límites municipales entre Victoria y Xichú (Figura 1.15), siendo una amenaza para la cubierta vegetal, ya que al expandir las fronteras agrícolas se va desmontando el área natural, lo que acelera el proceso erosivo del suelo.



a. Límites de Victoria y Xichú
Foto: Dulce Abigail Cruz Torres



b. Joya Fría, Victoria
Foto: Marisol Reyes García

Figura 1.15. Agricultura de temporal

- El pastoreo afecta la regeneración de los árboles y, en el caso de los matorrales desérticos, los daños producidos por las cabras son graves, ya que son animales capaces de devorar plantas de muy lento crecimiento, aunque estén provistas de espinas (Figura 1.16; Vázquez y Orozco, 1995).



a. Cabras Montesas, Xichú, Gto.
Foto: Dulce Abigail Cruz Torres



b. Ganadería, San Agustín, Gto.
Foto: Marisol Reyes García

Figura 1.16. Pastoreo en el APSGG

- La zona presenta características geológicas que permitieron la explotación de yacimientos mediante las minas a cielo abierto y de materiales usados para la construcción mediante los bancos de materiales, los cuales son una de las principales amenazas que atentan contra el ecosistema; en el caso de las minas históricas que estuvieron abiertas hace mucho tiempo, dejaron residuos tóxicos expuestos, contaminando los ecosistemas (Ing. A. Ildelfonso, entrevista personal).

Como ejemplo de ello, un informe de la Secretaría del Medio Ambiente revela que el APSGG está contaminada por residuos tóxicos cancerígenos;

hay presencia de jales en lo que fue la zona minera de Xichú (Figura 1.17), los elementos potencialmente tóxicos presentes son: plomo, cadmio, zinc, arsénico, selenio y mercurio; las afectaciones más importantes son: la



*Figura 1.17. Montaña de residuos tóxicos, APSGG
Foto: García (2013)*

contaminación de cuerpos de agua, la destrucción del paisaje -incluidas flora y fauna-, la contaminación del aire, la afectación del suelo y agua subterránea (García, 2013; Gutiérrez, 1997).

- La intención de parte de las autoridades del AP, es generar ingresos por medio de proyectos turísticos y ecoturísticos; sin embargo, hay una ausencia de programas que permitan aprovechar la riqueza del APSGG sin causarle afectaciones, las actividades de los visitantes generalmente se realizan de manera desordenada, utilizan cualquier superficie para acampar, prenden fogatas en lugares inapropiados y en muchas ocasiones no son bien manejadas y generan incendios forestales. La población, opina que una fuente de empleo importante, son los proyectos ecoturísticos, sin embargo, considera que hacen falta caminos y principalmente servicios, como promotores turísticos, guías turísticas a distintos lugares, y señalizaciones propias de un lugar turístico (F. Teherán, entrevista personal).

- Otra de las problemáticas identificadas en campo, fue la construcción de la presa El Realito, proyecto que se basa en la creación de infraestructura hidráulica para garantizar el suministro de agua potable a San Luis Potosí y a los municipios de la región noreste del estado de Guanajuato; debido a su establecimiento, los servicios ambientales son fuertemente disminuidos (Figura 1.18), en la zona donde se construye la cortina, hay un impacto directo al bosque de galería que se encuentra establecido a las márgenes del río Santa María (Figura 1.19; CONAGUA, s/a).



*Figura 1.18. Vegetación afectada por el establecimiento de la presa El Realito
Foto: Dulce Abigail Cruz Torres*



*Figura 1.19. Cortina de la presa El Realito
Foto: Dulce Abigail Cruz Torres*

CAPÍTULO 2

CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA ACTUAL Y FUTURA

2.1. IDENTIFICACIÓN CLIMÁTICA ACTUAL

Determinar la amenaza climática, implica identificar las características climáticas actuales de la zona de estudio. Para ello, se utilizó información climatológica del Servicio Meteorológico Nacional (SMN) y de la Comisión Nacional del Agua (CONAGU), con el objetivo de realizar un análisis espacial y temporal, que permita caracterizar el comportamiento de la temperatura máxima, la mínima, y la precipitación.

2.1.1. Análisis de la Información Climática

La disponibilidad de información climática de calidad es importante para el desarrollo de la investigación, por lo que se recabó información a partir de dos bases de datos climatológicas: Clima Computarizado (CLICOM) y Extractor Rápido De Información Climatológica V.3 (ERIC III), obteniendo datos de temperatura máxima, mínima y precipitación diarias.

El primer paso para asegurar la calidad de la información climática, fue generar un área de influencia (buffer) de 20 km alrededor del límite del APSGG (Figura 2.1), debido a que los datos de precipitación son representativos a una distancia de 10 km; sin embargo, se amplió la distancia por ser un territorio escarpado, y por la escasa cantidad de estaciones dentro de la zona de estudio. El buffer abarcó 22 estaciones (Tabla 2.1), en las que se aplicó el método de los polígonos de Thiessen¹¹, mediante el cual se verificó el área de influencia de cada estación, comprobando su representatividad.

¹¹ La metodología de Thiessen determina una serie de polígonos alrededor de un conjunto de puntos, de manera que el perímetro de los polígonos generados sea equidistante a los puntos vecinos, designando un área de influencia (INIA, 2008).

CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA ACTUAL Y FUTURA

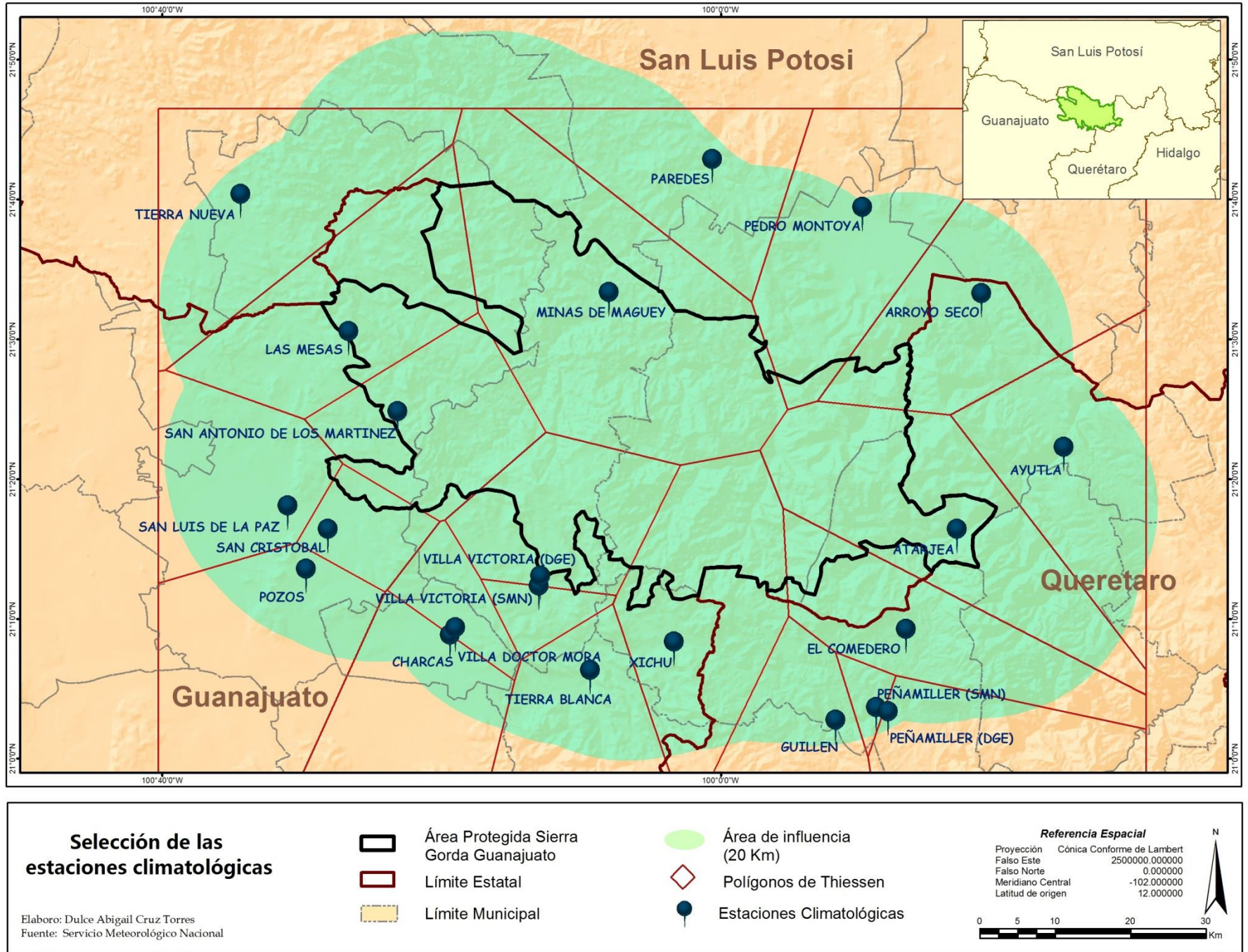


Figura 2.1. Selección de las estaciones climatológicas

Tabla 2.1. Estaciones climáticas, municipios y estados correspondientes

CLAVE	NOMBRE	MUNICIPIO	ESTADO	CLAVE	NOMBRE	MUNICIPIO	ESTADO
11015	Charcas	Doctor Mora	Guanajuato	11111	Atarjea	Atarjea	Guanajuato
11037	Las Mesas	San Luis De La Paz	Guanajuato	11119	Tierra Blanca	Tierra Blanca	Guanajuato
11046	Minas De Maguey	Victoria	Guanajuato	22002	Ayutla	Arroyo Seco	Querétaro
11053	Pozos	San Luis De La Paz	Guanajuato	22012	Peñamiller (SMN)	Peñamiller	Querétaro
11062	San Antonio De Los Martínez	San Luis De La Paz	Guanajuato	22036	Arroyo Seco	Arroyo Seco	Querétaro
11063	San Cristóbal	San Luis De La Paz	Guanajuato	22051	El Comedero	Peñamiller	Querétaro
11068	San Luis De La Paz	San Luis De La Paz	Guanajuato	22057	Peñamiller (DGE)	Peñamiller	Querétaro
11080	Villa Doctor Mora	Doctor Mora	Guanajuato	22062	Guillen	Peñamiller	Querétaro
11081	Villa Victoria (SMN)	Victoria	Guanajuato	24050	Paredes	Rio Verde	San Luis Potosí
11082	Villa Victoria (DGE)	Victoria	Guanajuato	24054	Pedro Montoya	San Ciro De Acosta	San Luis Potosí
11083	Xichú	Xichú	Guanajuato	24093	Tierra Nueva	Tierra Nueva	San Luis Potosí

Fuente: Elaboración propia con base en CLICOM

La información climatológica debe contar con un análisis previo a su utilización, debido a que a veces los datos son muy escasos o su calidad es dudosa como para permitir una aplicación importante. Por ejemplo, las deficiencias causadas por la imperfección de los instrumentos, los diferentes periodos de registro y la no representatividad de las estaciones (Boshell y León, 2011).

El análisis de la información incluye tres aspectos: la historia de la estación, la longitud de la serie climática, y el control de la calidad de los datos.

HISTORIA DE LAS ESTACIONES CLIMATOLÓGICAS

Se recaba la información referente, como el nombre, municipio, localización (latitud, longitud y altitud), fecha de inicio y fin de los registros, y situación en la que se encuentra (Tabla 2.2). Es importante conocer la historia de la estación, para poder entender la información.

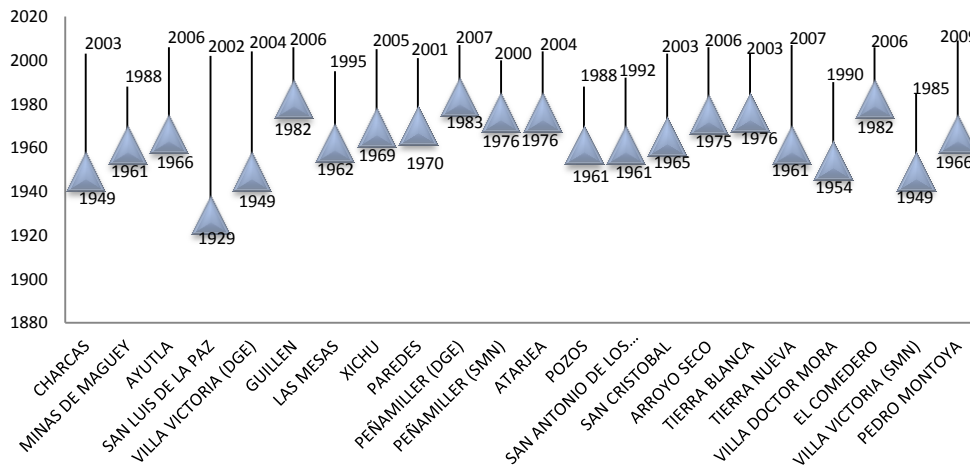
Tabla 2.2. Historia de las estaciones climatológicas

Clave	Nombre	Municipio	Lat	Long	Altitud	Inicio	Fin	Situación
11015	Charcas	Doctor Mora	21.14	-100.32	2114	01/04/1949	31/07/2008	Op.
11037	Las Mesas	San Luis De La Paz	21.50	-100.44	2290	01/01/1961	31/12/1995	Susp.
11046	Minas De Maguey	Victoria	21.55	-100.13	1000	01/01/1961	30/06/1988	Susp
11053	Pozos	San Luis De La Paz	21.21	-100.49	2203	01/04/1949	30/06/2009	Op.
11062	San Antonio De Los Martinez	San Luis De La Paz	21.40	-100.38	2280	01/01/1961	30/04/1992	Susp
11063	San Cristobal	San Luis De La Paz	21.26	-100.46	1935	01/09/1965	31/07/2008	Op.
11068	San Luis De La Paz	San Luis De La Paz	21.29	-100.51	1933	01/08/1924	31/12/2007	Op.
11080	Villa Doctor Mora	Doctor Mora	21.15	-100.31	2125	01/07/1953	30/11/1990	Susp
11081	Villa Victoria (Smn)	Victoria	21.20	-100.21	1800	01/01/1949	31/12/1985	Susp
11082	Villa Victoria (Dge)	Victoria	21.21	-100.21	1800	01/01/1986	31/07/2008	Op.
11083	Xichu	Xichu	21.13	-100.05	1310	01/01/1969	30/06/2009	Op.
11111	Atarjea	Atarjea	21.26	-99.71	1200	01/06/1976	31/07/2008	Op.
11119	Tierra Blanca	Tierra Blanca	21.09	-100.15	1760	01/07/1976	30/11/2008	Op.
22002	Ayutla	Arroyo Seco	21.36	-99.59	950	01/12/1965	31/05/2007	Op.
22012	Peñamiller (Smn)	Peñamiller	21.05	-99.81	1325	01/01/1944	31/12/1986	Susp
22036	Arroyo Seco	Arroyo Seco	21.54	-99.68	990	01/04/1944	31/12/2006	Op.
22051	El Comedero	Peñamiller	21.14	-99.77	1880	01/01/1982	31/12/2006	Op.
22057	Peñamiller (Dge)	Peñamiller	21.05	-99.80	1325	01/12/1982	30/09/2007	Op.
22062	Guillen	Peñamiller	21.04	-99.86	1370	01/02/1982	30/06/2007	Op.
24050	Paredes	Rioverde	21.70	-100.00	1300	01/04/1960	31/05/2007	Op.
24054	Pedro Montoya	San Ciro De Acosta	21.65	-99.83	830	01/12/1965	31/05/2007	Op.
24093	Tierra Nueva	Tierra Nueva	21.66	-100.57	1780	01/01/1961	31/07/2007	Op.

Fuente: Elaboración propia con base en CLICOM

LONGITUD DE LA SERIE CLIMÁTICA

Se ha considerado la longitud de la serie de los datos para la clasificación de las estaciones de acuerdo con el número de años de registros, haciendo referencia a la cantidad de años que la estación lleva operando, o bien, la cantidad de años que permaneció en operación en caso de que actualmente se encuentre en estado de inactividad. En la Figura 2.2 se presenta la longitud de la serie mediante una gráfica de cotizaciones, con base en ella se determinó que todas las estaciones cuentan con un mínimo de 20 años de registro de datos climáticos. (Méndez, 2003).



*Figura 2.2. Longitud de la serie climática
Fuente: Elaboración propia con base en CLICOM*

CONTROL DE LA CALIDAD DE LOS DATOS

Existen diversos métodos que se encargan de identificar si la información cuenta con una calidad apropiada para realizar el estudio, dentro de estos métodos se encuentra la Prueba de Homogeneidad, la cual consiste en contabilizar los cambios entre cada uno de los elementos de la serie en relación a la mediana y compara el número de rachas¹² con los umbrales correspondientes a una distribución de frecuencias de una serie aleatoria, cuyos valores son conocidos. En caso de que el número de rachas se encuentre dentro de un límite previamente

¹² Número de secuencias por encima o por debajo de algún valor central.

establecido por el Criterio de Doorenbos (Tabla 2.3), la serie es considerada homogénea, y en caso contrario, cuando las rachas sobrepasan dicho límite, indica una oscilación en la mediana durante el período de la muestra (Fernández, 1996), es decir, que la serie de datos presenta cambios bruscos en los valores, por lo que la serie se considera heterogénea¹³.

La prueba de homogeneidad comprende las siguientes etapas:

- Estimación del valor medio de la serie
 - Se obtiene la mediana, que es el valor de la variable de posición central en el conjunto de los datos ordenados.
- Cálculo de los desvíos de cada elemento respecto al valor medio – Se asigna a cada valor de la serie el signo correspondiente, (+) si está el valor de la serie por encima de la media y (-) si está por debajo.
- Cálculo del número de cambios de signo que presenta la serie – según el Criterio de Doorenbos; si el número de cambios está dentro del rango admitido, la serie analizada es homogénea.

Tabla 2.3 Criterio de Doorenbos

Nº observ.	Intervalo	Nº observ.	Intervalo
12	5-8	32	13-20
14	5-10	34	14-21
16	6-11	36	15-22
18	7-12	38	16-23
20	8-13	40	16-25
22	9-14	50	22-30
24	9-16	60	26-36
26	10-17	70	31-41
28	11-18	80	35-47
30	12-19	90	40-52
		100	45-57

Fuente: Fernández (1996)

Al momento de aplicar esta prueba, se determinan las series que son homogéneas y las que son heterogéneas. En el caso de que la estación sea heterogénea, ya no se aplican ninguna otra prueba, y la estación climatológica queda descartada; en caso contrario, con la estación homogénea, es considerada como una estación que puede proporcionar información con el menor número de errores.

A continuación se muestra la prueba de homogeneidad aplicada a las estaciones Charcas (11015) y Las Mesas (11037), seleccionadas por sus resultados homogéneo y heterogéneo respectivamente:

¹³ <http://meteo.fisica.edu.uy/Climatologia.html>

- Clave 11015 - Charcas, Doctor Mora

La serie de datos de la estación Charcas es de 54 años, comenzando en 1949 y terminando en el 2003; para esta cantidad de años, corresponde un intervalo de 22 a 30 años. Al aplicar la prueba de homogeneidad, se contó con 27 cambios con respecto al valor medio, por lo que se considera como estación homogénea (Figura 2.3).

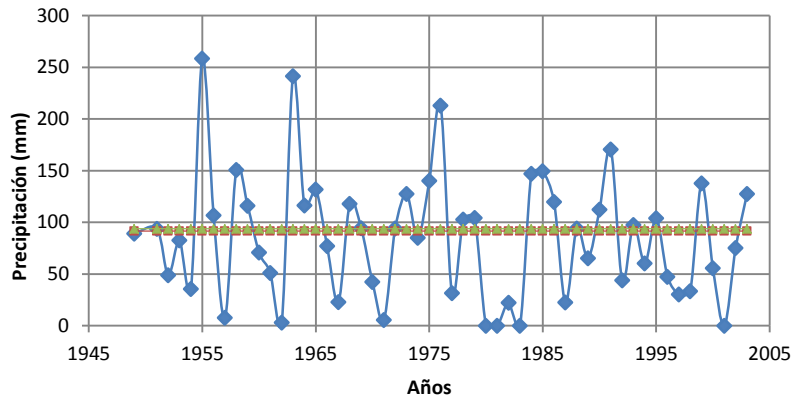


Figura 2.3. Prueba de homogeneidad de la estación 11015 – Charcas (Dr. Mora, Gto.)
Fuente: Elaboración propia

- Clave 11037 - Las Mesas, San Luis de la Paz

Para el caso de la estación Las Mesas, los datos son tomados de 1962 a 1995, dando un total de 34 años, el intervalo para esa cantidad de años, es de 14 a 21 límites significativos. La prueba da 13 límites significativos, por lo que es heterogénea (Figura 2.4).

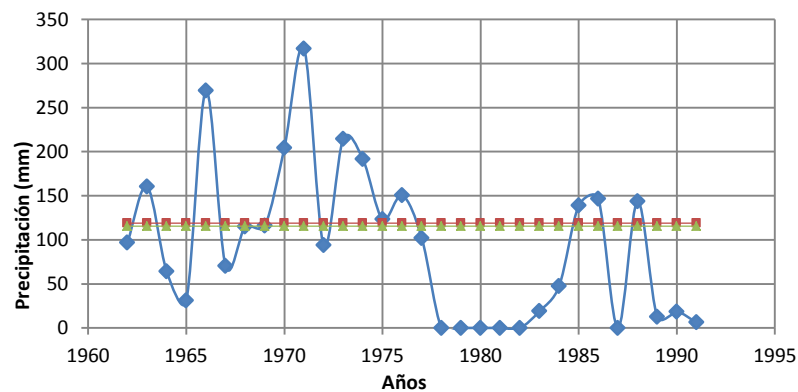


Figura 2.4. Prueba de homogeneidad de la estación 11037 – Las Mesas (San Luis de la Paz, Gto.)
Fuente: Elaboración propia

La prueba de homogeneidad, fué aplicada a las 22 estaciones; el resultado final se muestra en la Tabla 2.4, en donde se observa que, 20 estaciones fueron homogéneas, y 2 heterogéneas, las cuáles son, Las Mesas y San Antonio de los Martínez, ambas en el municipio de San Luis de la Paz, muy cercanas al límite del APSGG; la estación Xichú, Gto., también será excluida, debido a que se detectó un error en las coordenadas geográficas, ubicando a la estación en el municipio de Santa Catarina, error que viene desde la información de origen.

Tabla 2.4. Resultado de la prueba de homogeneidad

Clave	Nombre	Tiempo de recorrido	Situación	Prueba de homogeneidad
11015	Charcas	54	Operando	Homogénea
11037	Las Mesas	33	Suspendida	Heterogénea
11046	Minas de Maguey	16	Suspendida	Homogénea
11053	Pozos	27	Operando	Homogénea
11062	San Antonio de Los Martínez	31	Suspendida	Heterogénea
11063	San Cristobal	38	Operando	Homogénea
11068	San Luis de La Paz	73	Operando	Homogénea
11080	Villa Doctor Mora	36	Suspendida	Homogénea
11081	Villa Victoria (SMN)	36	Suspendida	Homogénea
11082	Villa Victoria (DGE)	55	Operando	Homogénea
11083	Xichú	36	Operando	Homogénea
11111	Atarjea	28	Operando	Homogénea
11119	Tierra Blanca	27	Operando	Homogénea
22002	Ayutla	40	Operando	Homogénea
22012	Peñamiller (SMN)	24	Suspendida	Homogénea
22036	Arroyo Seco	31	Operando	Homogénea
22051	El Comedero	24	Operando	Homogénea
22057	Peñamiller (DGE)	24	Operando	Homogénea
22062	Guillen	14	Operando	Homogénea
24050	Paredes	31	Operando	Homogénea
24054	Pedro Montoya	43	Operando	Homogénea
24093	Tierra Nueva	46	Operando	Homogénea

Fuente: Elaboración propia con base en CLICOM

2.1.2. Clima Actual

Se logró identificar el clima actual con base en el atlas de riesgo del estado de Guanajuato, en conjunto con el análisis de la información proporcionada por el monitor de sequía de América del Norte¹⁴, la investigación de los datos históricos obtenidos a través de información hemerográfica, el análisis de la información bibliográfica y el manejo de la información climática.

Guanajuato se localiza a una distancia media al Océano Pacífico y al Golfo de México de aproximadamente 260 a 450 km y de 230 a 480 km, respectivamente (CONABIO, 2012), lo que determina que el clima del estado contenga elementos continentales y tropicales, debido a ello, se presenta un régimen pluvio-térmico contrastado: inviernos muy fríos y secos, y veranos muy cálidos y húmedos (Cuadrat y Pita 2000; citado en CONABIO, 2012); es afectado por una gran variedad de sistemas meteorológicos, en verano por ondas tropicales, vaguadas y líneas de convergencia, y en invierno, por frentes fríos, ocasionando bajas temperaturas que tienen afectaciones significativas en la producción agrícola y en la salud de la población (CONABIO, 2012; COCLIMA, 2011).

En la región noreste, se presenta el fenómeno El Niño/Oscilación del Sur (ENOS), incrementando la intensidad en la anomalía e influyendo en la variación de la cantidad de precipitación registrada, así como, en la temperatura, la cual muestra mayores registros. En el 2009, la ocurrencia del fenómeno El Niño redujo considerablemente la formación de lluvias en el Océano Pacífico, por lo que las precipitaciones en Guanajuato fueron significativamente menores que años atrás, presentándose un periodo prolongado de sequía que afectó a todo el estado (SEIA, 2008).

¹⁴ Se utilizó el monitor de sequía de América del Norte, por proporcionar información respaldada por los expertos en sequía de Canadá, México y Estados Unidos. Los principales participantes de Estados Unidos son: el Centro Nacional de Datos Climáticos de la NOAA, el Centro de Predicción Climática de la NOAA, el Departamento de Agricultura de EE.UU., y el Centro Nacional de Mitigación de la Sequía; los participantes en Canadá y México incluyen la Agricultura y Agroalimentación de Canadá, el Servicio Meteorológico de Canadá y, el Servicio Meteorológico Nacional de México (NOAA, 2013).

Una de las principales afectaciones que perturba a los sistemas humano y social, es la sequía, ya que, de acuerdo con COCLIMA (2011), existen informes por parte del Monitor de Sequía de América del Norte, que refieren la ocurrencia de sequía en el estado, la cual se presentó como sequía anormal y sequía extrema entre los años 2005 y 2006. Para verificar este fenómeno, se utilizó información vectorial proporcionada por el SMN, analizando la ocurrencia espacio-temporal de la sequía en el APSGG.

A continuación se muestran las características de la temperatura y la precipitación en el área de estudio; para determinar estas variables meteorológica, se utilizó la información de las estaciones climatológicas que pasaron el control de calidad, con base en ella se construyeron los climogramas que presentan la precipitación, la temperatura media mensual y, la temperatura media y precipitación anual en el APSGG.

DISTRIBUCIÓN TEMPORAL DE LA PRECIPITACIÓN Y TEMPERATURA MEDIA

Los valores altos de la temperatura media se presentan en el mes de mayo, con 24°C, mostrando un comportamiento estacional, a partir de junio la temperatura comienza a disminuir, hasta llegar a 15.5°C en enero, que es el mes más frío; en cuanto a la precipitación media, ésta alcanza el valor máximo en el mes de septiembre con 98 mm, febrero es el mes más seco, presentando un valor de 7 mm. En este patrón de lluvias se registra una disminución en la intensidad durante agosto, período que se conoce como canícula, el cual normalmente ocurre del 15 de julio al 15 de agosto, aunque las fechas no siempre sean las mismas y la duración llega a variar ¹⁵ (Figura 2.5).

¹⁵ <http://www.miambiente.com.mx/?p=30674>

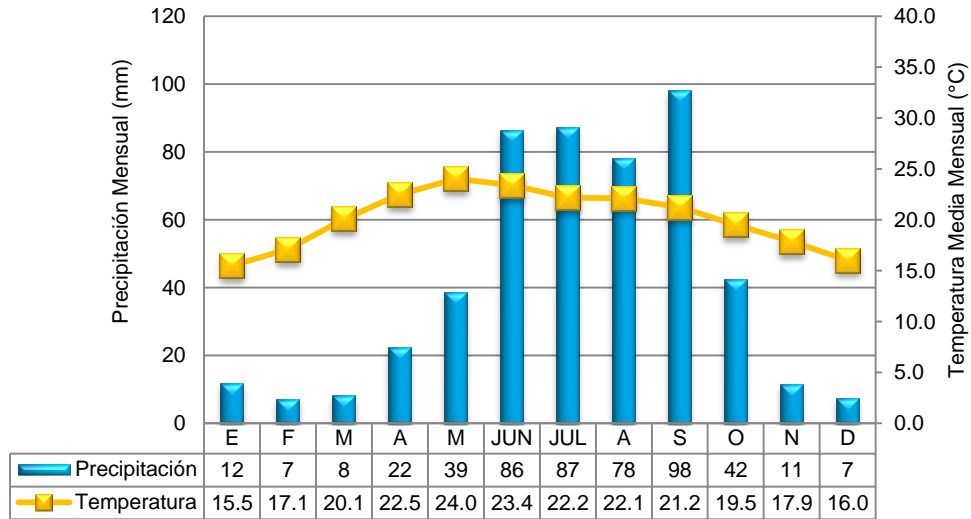


Figura 2.5. Precipitación y temperatura media mensual en el APSGG
Fuente: Elaboración propia con base en ERIC III

En la Figura 2.6, se muestra que la estación Ayutla, Qro. presenta los valores más altos de precipitación, registrando 732 mm anuales, mientras que el mínimo valor se presenta en la estación Peñamiller (DGE), con un valor de 280 mm.

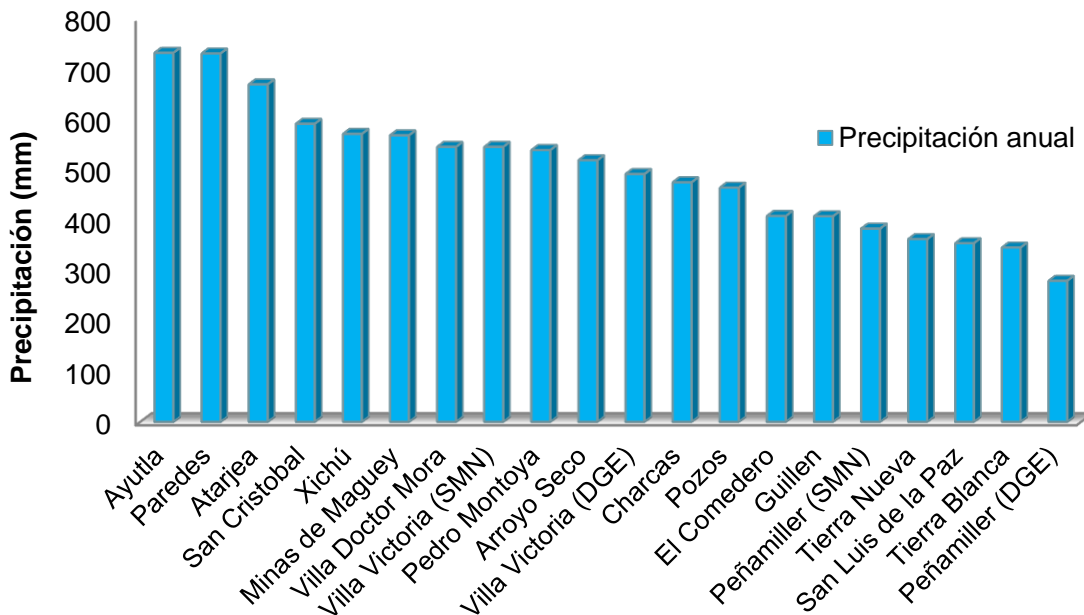




Figura 2.6. Precipitación anual
Fuente: Elaboración propia con base en los datos obtenidos del ERIC III

A continuación se describen a nivel municipal, los fenómenos meteorológicos y las afectaciones que han estado presentes en la región:

Tabla 2.5. Amenaza climática actual

Municipio	Afectaciones por fenómenos meteorológicos
Xichú	<p style="text-align: center;">Sequía</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Los meses de marzo a septiembre de 1997 se presentó la peor sequía en gran parte del municipio. ○ En el 2000 se presentó una sequía atípica, la cual duró de julio a septiembre; se publicó una declaratoria de desastre, y del 1 al 31 de julio del 2009 se emitió una declaratoria considerando la sequía como contingencia climatológica. ○ En el 2012 se publicó una declaratoria de desastre natural perturbador en el sector agropecuario, acuícola y pesquero, a consecuencia de sequía atípica, causando afectaciones en este municipio. <p style="text-align: center;">Inundaciones</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Se registró inundación en el municipio en los años 1955 y 1965. ○ Hay cuatro puntos de riesgo hidrometeorológico, siendo mayor la vulnerabilidad debido a la falta de infraestructura en cuanto a caminos se refiere; en la temporada de lluvias los caminos se ven obstruidos por la creciente de las corrientes, lo que deja incomunicadas a las localidades aledañas al río Organitos y al río La Laja. <p style="text-align: center;">Heladas</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Las heladas se intensificaron en 1997, durante los meses de diciembre a enero, presentándose en el mes de diciembre una nevada con una temperatura de -6°C.
San Luis de la Paz	<p style="text-align: center;">Sequía</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ El municipio se encuentra en una zona semiárida por lo que en los meses de agosto a mayo se presentan sequias, las cuales se han agravado en los últimos años debido a la deforestación y a la disminución de la precipitación. ○ De julio a septiembre del 2000 hubo declaratoria de desastre en el municipio por la sequía, y por ese mismo fenómeno, el mes de julio del 2009 se declaró en contingencia climatológica. ○ La Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) emitió la declaratoria de desastre natural por la sequía ocurrida entre enero y abril del 2013. <p style="text-align: center;">Inundaciones</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ En el área urbana, el paso de las corrientes, ocasionan encharcamiento de agua en algunas calles; en la parte más baja de la zona rural donde desembocan las aguas del río Colorado y aguas negras de la ciudad, se han presentado inundaciones. ○ Rumbo a la región de El Realito, se presentan inundaciones en temporadas de lluvias debido a la crecida de los ríos que pasan por la zona, incidiendo en que las comunidades aledañas queden incomunicadas.

<p>Cont...</p>	<p style="text-align: center;">Heladas</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Al noreste del municipio se presentan heladas de mayor intensidad, desde el mes de agosto hasta el mes de abril. ○ El 11 de diciembre de 1998 se presentó una helada negra, la cual afectó a toda clase de vegetación y redes hidráulicas. ○ La SAGARPA emitió una delcaratoria de desastre debido a los daños ocasionados por la helada ocurrida del 2 al 5 de marzo del 2013. <p style="text-align: center;">Nevadas</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ En 2010 en los meses de diciembre a febrero, se presentaron nevadas, en donde la temperatura descendió a -5°C ocasionando daños en la vegetación, en la fauna, y en las vías de comunicación, en donde se presentaron accidentes automovilísticos (Figura 2.7). <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">   </div> <p style="text-align: center;"><i>Figura 2.7. Nevada en San Luis de la Paz, 2010</i> Fuente: Red social de la Reserva de la Biosfera Sierra Gorda de Guanajuato</p>
<p>Atarjea</p>	<p style="text-align: center;">Sequía</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ En la mayor parte del municipio se presentan sequías, en los meses de noviembre a mayo (SSPEG, s/a). ○ En el 2000 se hace una declaratoria de desastre por sequía, afectando los meses de julio a septiembre, siendo reconocida como sequía atípica y en el 2009 se declara contingencia climatológica para el mes de julio, por este mismo fenómeno (CENAPRED, 2013). ○ En el 2012 se publicó una declaratoria de desastre natural perturbador en el sector agropecuario, acuícola y pesquero, a consecuencia de sequía atípica (DOF, 2012).

<p>Cont...</p>	<p style="text-align: center;">Precipitación</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ El 12 de abril del 2010 se presentó una precipitación atípica con fuerte intensidad, lo que ocasionó arrastres sólidos del arroyo El Pilón, afectando viviendas, tránsito vehicular debido a que se presentaron derrumbes los cuales interrumpieron el tránsito en la carretera Atarjea-Santa Catarina. <p style="text-align: center;">Heladas</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ En las zonas de mayor altitud, se presentan heladas severas e intensas, en comunidades como Aldama, El Torbellino, El Chilarito, La Lagunita, El Sauz, La Joya, El Piñonal, El Carrillo, Cerro Prieto y parte de San Juan de Dios. <p style="text-align: center;">Granizadas</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ El día 14 de mayo del 2004, se presentó una granizada fuera de lo común, afectando a 10 viviendas de la comunidad San Juan de Dios. <p style="text-align: center;">Nevadas</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ En cuanto a las nevadas, se presentan lo que se le denomina candelillas o helada negra, la cual acaba con la mayor parte de la vegetación en los meses de invierno.
<p>Santa Catarina</p>	<p style="text-align: center;">Sequía</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ En el 2012 se publicó una declaratoria de desastre natural perturbador en el sector agropecuario, acuícola y pesquero, a consecuencia de sequía atípica, causando afectaciones en este municipio. ○ Se presentó sequía atípica en los meses de julio a septiembre del 2000, y en julio del 2009.
<p>Victoria</p>	<p style="text-align: center;">Sequía</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ En el 2000 se presentó sequía atípica en los meses de julio a septiembre, motivo por el cual se declaró al municipio como zona de desastre; en el 2009 en el mes de julio se presenta sequía y la declaratoria que existe es por contingencia climatológica. <p style="text-align: center;">Heladas</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ En zonas altas, como en la colindancia con San Luis de la Paz, se presentan heladas intensas, principalmente en localidades como Cañada de Moreno, Las Trojes, Malinto, Mesita del Tigre y La Mora, afectando solamente los cultivos. <p style="text-align: center;">Nevadas</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ En cuanto a las nevadas, se presentaron en el año 1996 y 1997 registrando una temperatura de -5 °C, afectando tuberías de agua, gas, cultivos, árboles frutales, fauna y el sistema respiratorio principalmente de los niños. <p style="text-align: center;">Granizadas</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Existe el registro de las siguientes fechas: agosto de 1972 en la zona urbana y rural, sin afectaciones; julio de 1993, sin afectaciones; 26 de febrero del 2001, afectando plantaciones de durazno, aguacate y limón; marzo del 2001, afectando 40 viviendas de las localidades Los Remedio y Corralillos.

Fuente: Elaboración propia con base en SSPEG, (s/a); UGTO, (2008); Villalpando et al., (2010); DOF, (2012); CENAPRED, El Economista (2013).

2.2. IDENTIFICACIÓN CLIMÁTICA FUTURA

De acuerdo con el Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC, por su acrónimo en inglés), la mayor parte del aumento observado del promedio mundial de temperatura desde mediados del siglo XX se debe probablemente al aumento de las concentraciones antropogénicas de Gases de Efecto Invernadero (GEI).

En caso de que los GEI sigan incrementando, habrá un calentamiento de la Tierra y variaciones del comportamiento de otras variables climáticas. Para estimar el efecto que las emisiones de GEI tienen sobre el clima del planeta, se han utilizado modelos climáticos globales, y para detectar detalles meteorológicos regionales y locales, se utilizan los modelos regionales del clima con los cuales se hacen representaciones más detalladas tomando como marco de referencia los modelos globales (Boshell y León, 2011).

2.2.1. Escenarios de Cambio Climático

Para el estudio general del clima, se dispone del conjunto de Modelos de Circulación General de Atmósfera-Océano (MCGAO), que se basan en leyes físicas para simular los procesos que ocurren en los sistemas climáticos, describen la física y dinámica de los movimientos que tienen lugar en la atmósfera, el océano, el hielo y la superficie terrestre (CCA, 2008; Méndez, 2003).

Los MCGAO marcan la tendencia del clima futuro, sin embargo, están condicionados por diversas fuentes de incertidumbre, entre ellas, la evolución de las emisiones de GEI, las cuales pueden simularse con escenarios de emisiones (EE), que se refieren a las diferentes concentraciones de GEI y aerosoles que se utilizan para perturbar el sistema climático y generar estimaciones cuantitativas creíbles, llamadas escenarios del cambio climático futuro (Camargo y García, 2012).

El IPCC estableció un conjunto de EE, en función de diversos supuestos acerca del crecimiento de la población, de la evolución de las actividades socio-

económicas y del progreso tecnológico a lo largo del siglo XXI (Castro *et al.*, 2005).

Los escenarios son imágenes alternativas de lo que podría acontecer en el futuro, y constituyen un instrumento apropiado para analizar de qué manera influirán las fuerzas determinantes en las emisiones futuras (Parry y Carter, 1998; citado en Méndez, 2003; IPCC, 2000), están basados en las



Figura. 2.8. Familias de escenarios de emisiones
Fuente: Ministerio del Ambiente, (s/a)

condiciones climáticas observadas (generalmente durante un periodo de treinta años; actualmente se emplea el periodo 1961-1990) denominadas “escenario base”(CCA, 2008; IPCC, 2000), existen cuatro líneas evolutivas (A1, A2, B1 y B2), las cuales representan un cambio demográfico, social, económico, tecnológico y medioambiental (Figura 2.8; IPCC, 2000).

Los escenarios A, indican un alto crecimiento económico, lo que resulta en altas emisiones de CO2, los escenarios B, hablan del crecimiento económico moderado lo que se refleja en emisiones bajas; la línea 1 presenta un enfoque globalizado, poco comunicados con el medio ambiente, por lo que las emisiones son mayores y la línea 2, se enfoca a un desarrollo regional, en donde las políticas de sustentabilidad son aplicadas.

2.2.2. Escenarios de Cambio Climático Regionalizados

Los MCGAO, presentan limitantes para el estudio de impactos locales, debido a que su resolución espacial no es sensible a dichos impactos; normalmente la resolución de estos modelos globales es de 150-300 km, por lo que los procesos a escala pequeña no pueden ser representados explícitamente, ya que los modelos de impacto requieren información en escalas de 50 km o menos; por este motivo,

las salidas de los MCGAO requieren la aplicación de técnicas de reducción de escala (downscaling), las cuales funcionan como puentes entre los resultados obtenidos con los MCGAO y los modelos que analizan los potenciales impactos del cambio climático a nivel local (Amador y Alfaro, 2009; Camargo y García, 2012).

Las técnicas de reducción de escala se clasifican según la forma de regionalización: las dinámicas y las estadísticas, en el escalamiento dinámico se usan modelos atmosféricos de mesoescala o modelos climáticos globales de alta resolución y, el escalamiento estadístico, se refiere a los métodos en los que los cambios regionales o locales corresponden a procesos de menor tamaño que la resolución espacial de los MCGAO (Méndez, 2003; Camargo y García, 2012).

2.2.3. Aplicación del Generador Estocástico de Tiempo Meteorológico

La reducción de escala permite crear escenarios sobre la condición climática más probable, pero cada caso o región es diferente, por ello, el que sea seleccionado va a depender en gran medida de la situación y datos disponibles (Méndez, 2003).

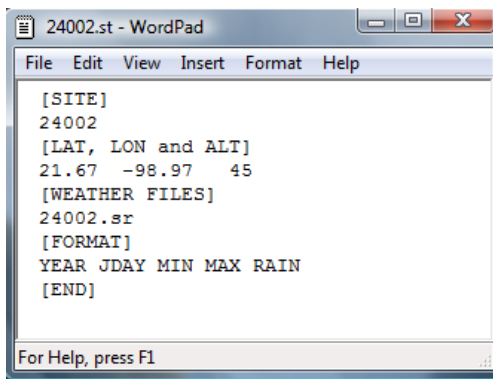
Uno de los objetivos de este trabajo es regionalizar, a partir de las proyecciones de los MCGAO, escenarios de temperatura máxima, mínima y precipitación bajo cambio climático, utilizando un escalamiento de tipo estadístico, para ello se empleo el Generador Estocástico de Tiempo Meteorológico Long Ashton Research Station Weather Generator (GETM LARS WG, por su acrónimo en inglés), el cual genera datos diarios de tiempo de un sitio particular con las mismas características estadísticas de la serie real de la estación, datos que van desde meses, hasta muestras tan grandes como cien años o más, lo cual asegura estabilidad a las estadísticas y a los resultados (Semenov y Barrow, 2002; Magaña, 2010).

La componente estocástica en un generador de tiempo es controlada por la selección de un número al azar llamado semilla. Cambiando ese número se obtienen secuencias de tiempo completamente diferentes, lo que significa que se pueden generar muchas secuencias de tiempo diario de un escenario en particular (Méndez, 2003).

El GETM LARS (Figura 2.9) usa como escenarios de salida los modelos utilizados por el cuarto informe de evaluación del IPCC, que utiliza las proyecciones de los SRES A2, A1B, B1 y COMMIT (Méndez, 2003). Genera datos sintéticos diarios de precipitación (mm), temperatura máxima y mínima (°C) y radiación solar (MJm-2day-1) para una estación a partir de condiciones mensuales pronosticadas o proyectadas de las mismas variables; funciona para generar series de tiempo meteorológico estadísticamente ‘idénticas’ a las observaciones (Méndez, 2003).



*Figura 2.9. Generador Estocástico de Tiempo Meteorológico LARS WG
Fuente: LARS WG*



*Figura 2.10. Formato del archivo de sitio (.st)
Fuente: LARS WG*

El método que se llevó a cabo para la generación de las series de tiempo es el siguiente:

CALIBRACIÓN

- Los datos de calibración deben ser simulaciones correspondientes a un periodo observado para cada una de las estaciones; para ello, se cuenta con el archivo del sitio (.st), el cual comprende

la información de ubicación de la estación que se está trabajando, como la clave de la estación y las coordenadas geográficas (Figura 2.10).

VALIDACIÓN

Para validar, es necesario seleccionar la estación que se va a trabajar, el número de series de tiempo (número de experimentos que indican lo que podría ocurrir en

un período de tiempo), y la semilla aleatoria, la cual se asigna por defecto; obteniendo un archivo de validación (.tst; Figura 2.11).

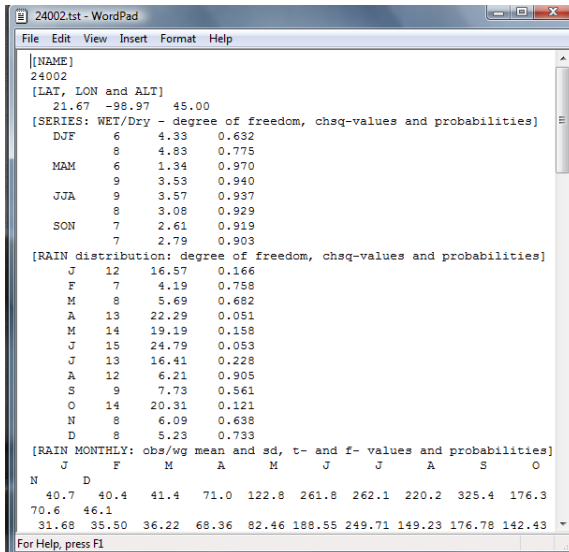


Figura 2.11. Archivo de validación (.tst)

Fuente: LARS WG

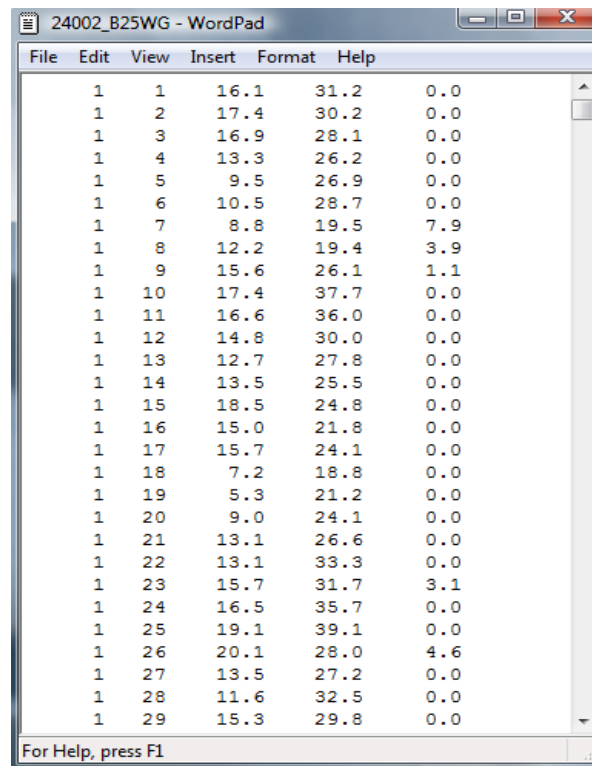
GENERACIÓN DE SERIES DE TIEMPO

Una vez validada la información de la estación, se obtienen las series de tiempo, en donde se seleccionan los escenarios (.sce), los cuales se encuentran nombrados con una clave compuesta de la siguiente manera:

- Coordenadas geográficas, latitud y longitud del punto de malla de LARS al que son regionalizados¹⁶ - para ello es importante conocer las coordenadas de nuestra estación y buscar el punto LARS más cercano a la estación seleccionada, con poca variación en cuanto a la altitud (Figura 2.13).
- Una letra que indica el escenario de salida que se va a seleccionar – B, corresponde al escenario A2: Muy altas emisiones y el C, corresponde al escenario A1B: Emisiones medias.
- Un número 25, 50, ó 75 – 25, indica el período de tiempo del 2010 al 2039; 50, del 2040 al 2069 y 75, que va del 2070 al 2099.

¹⁶ La malla del GETM LARS tiene 0.5° de latitud por 0.5° de longitud (Méndez J., 2003).

Como resultado se obtiene un archivo correspondiente al escenario regionalizado (.dat; Figura 2.12), que contiene información de temperatura máxima, mínima y precipitación, la cual se utilizó junto con los datos observados¹⁷, para realizar el análisis comparativo de las condiciones climáticas actuales con respecto a las futuras.



1	1	16.1	31.2	0.0	
1	2	17.4	30.2	0.0	
1	3	16.9	28.1	0.0	
1	4	13.3	26.2	0.0	
1	5	9.5	26.9	0.0	
1	6	10.5	28.7	0.0	
1	7	8.8	19.5	7.9	
1	8	12.2	19.4	3.9	
1	9	15.6	26.1	1.1	
1	10	17.4	37.7	0.0	
1	11	16.6	36.0	0.0	
1	12	14.8	30.0	0.0	
1	13	12.7	27.8	0.0	
1	14	13.5	25.5	0.0	
1	15	18.5	24.8	0.0	
1	16	15.0	21.8	0.0	
1	17	15.7	24.1	0.0	
1	18	7.2	18.8	0.0	
1	19	5.3	21.2	0.0	
1	20	9.0	24.1	0.0	
1	21	13.1	26.6	0.0	
1	22	13.1	33.3	0.0	
1	23	15.7	31.7	3.1	
1	24	16.5	35.7	0.0	
1	25	19.1	39.1	0.0	
1	26	20.1	28.0	4.6	
1	27	13.5	27.2	0.0	
1	28	11.6	32.5	0.0	
1	29	15.3	29.8	0.0	

Figura 2.12. Generación de series de tiempo (.dat)

Fuente: LARS WG

¹⁷ Los datos observados para el GETM LARS son tomados del Extractor Rápido de Información Climática versión 3, conocido como ERIC3, y contienen las variables de temperaturas mínima, máxima y precipitación (Méndez, 2003).

CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA ACTUAL Y FUTURA

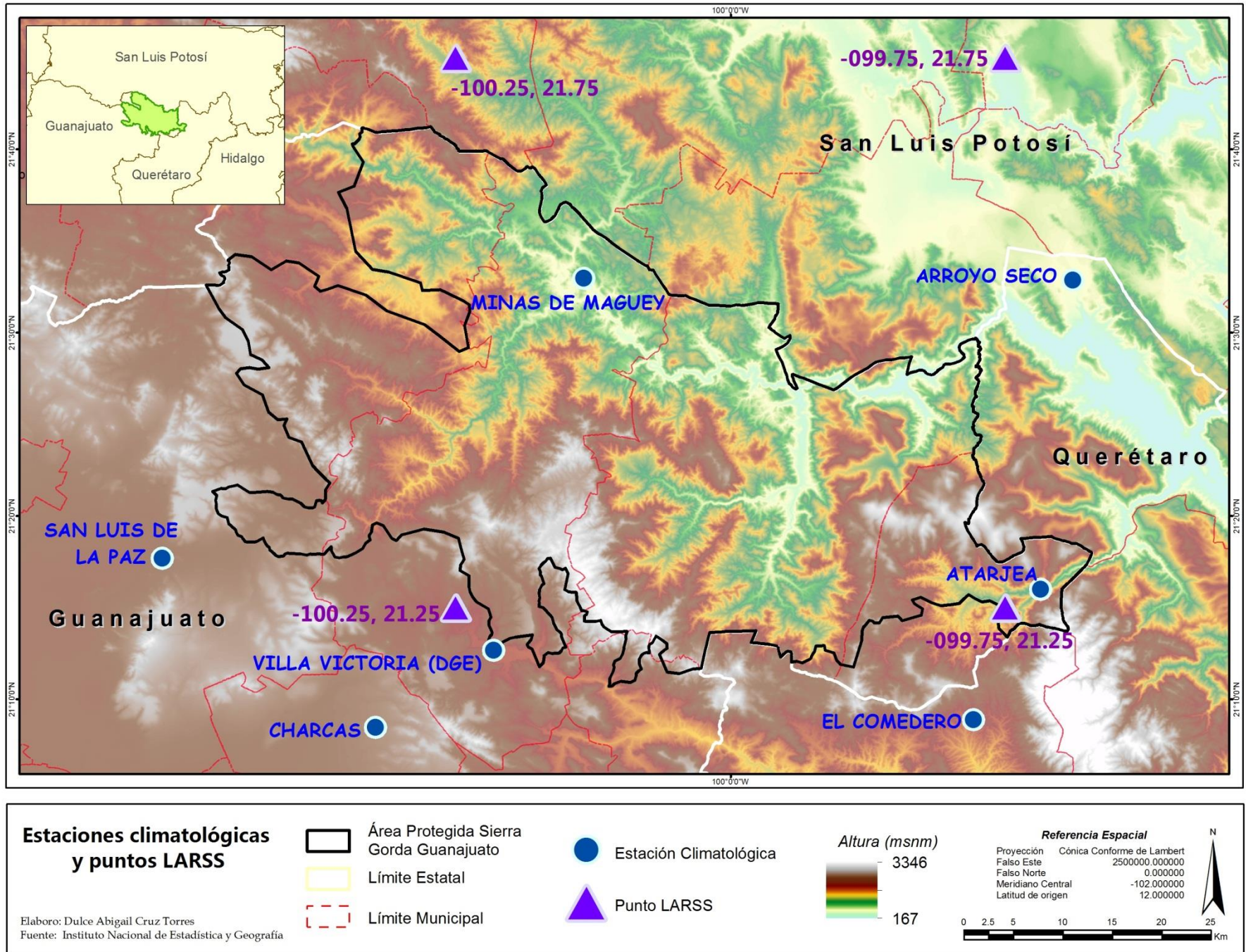


Figura 2.13. Estaciones climatológicas y puntos LARS

Para el análisis de los escenarios climáticos futuros, se seleccionaron siete estaciones, las cuales se eligieron por su distribución, al encontrarse ubicadas en zonas de características geográficas distintas (Figura 2.13; Tabla 2.6).

Tabla 2.6. Estaciones utilizadas para el análisis de la identificación climática futura

Clave	Nombre	Municipio	Estado	Altitud (msnm)	Situación	Cuencas hidrologicas
11015	CHARCAS	DOCTOR MORA	GUANAJUATO	2114	Fuera del AP	Río Laja
11068	SAN LUIS DE LA PAZ	SAN LUIS DE LA PAZ	GUANAJUATO	1933	Fuera del AP	Río Laja
22051	EL COMEDERO	PEÑAMILLER	QUERETARO	1880	Fuera del AP	Río Moctezuma
11082	VILLA VICTORIA (DGE)	VICTORIA	GUANAJUATO	1800	Fuera del AP	Río Moctezuma
11111	ATARJEA	ATARJEA	GUANAJUATO	1200	Dentro del AP	Río Tamuín
11046	MINAS DE MAGUEY	VICTORIA	GUANAJUATO	1000	Dentro del AP	Río Tamuín
22036	ARROYO SECO	ARROYO SECO	QUERETARO	990	Fuera del AP	Río Tamuín

Fuente: Elaboración propia en base a CLICOM

Con las series de tiempo obtenidas de los datos observados y de los escenarios regionalizados, se generaron diagramas de caja (box plot) y Funciones de Densidad de Probabilidad (PDF, por su acrónimo en inglés), con las cuales se identifica si el clima en la región presenta cambios en las series de tiempo que se desarrollan para los períodos 2010 al 2039, 2040 al 2069 y 2070 al 2099.

Mediante el diagrama de caja se visualiza un conjunto de datos; este tipo de gráfico está basado en cuartiles, y es compuesto por un rectángulo, la "caja", y dos brazos - los "bigotes"; suministra información sobre los valores mínimo y máximo, los cuartiles Q1, Q2 o mediana y Q3, y sobre la existencia de valores atípicos y extremos. El Q1 es el valor por debajo del cual queda un cuarto de los datos (25%), el Q2 es el valor de la mediana, y el Q3, es el valor por debajo del cual quedan las tres cuartas partes (75%) de los datos (Montenegro, 2009). Este diagrama es de gran utilidad en las proyecciones del clima futuro, debido a que representan variables que presentan una gran desviación de la distribución normal, logrando que los valores extremos y atípicos sobresalgan del conjunto de

los datos, lo que permite identificar el cambio en las condiciones extremas de cada una de las variables (Magaña, 2010).

La PDF se utiliza con el propósito de conocer como se distribuyen las probabilidades de un suceso o evento en relación al resultado del suceso (Acosta, s/a); aplicadas en las series de temperatura máxima, mínima y precipitación, permiten establecer los cambios en la actividad de eventos extremos, elemento importante al hacer proyecciones del clima futuro; las variantes presentadas, permiten estimar como serán los cambios en las condiciones extremas (Magaña, 2010).

En los diagramas de caja y las PDF se han utilizado los siguientes rangos, los cuales se considera necesario contextualizar para su debido análisis (Figura 2.14):

- Rango de normalidad – Es representado por la caja, conocido como rango intercuartílico, que contiene el 50% de los datos; los límites inferior y superior de la caja, corresponden a los cuartiles primero y tercero respectivamente.
- Mediana – Es representado por el cuadro intermedio de la caja, es el Q2, y representa el valor de la variable de posición central del conjunto de datos ordenados.
- Moderadamente atípicos – Son los bigotes que salen de la caja y corresponden a los valores por debajo del 25% de los datos, y los valores por encima del 75% de los datos, inferiores al primer cuartil y superiores al tercer cuartil respectivamente; los extremos de los bigotes son los valores mínimos y máximos de la variable representada.
- Atípicos – son aquéllos que se separan del cuerpo principal de datos y se indican individualmente, estos valores se apartan tanto del cuerpo de los datos que se representan como valores extraños.
- Extremos – Son los valores que se separan aun más del cuerpo de datos que los valores atípicos, y son considerados como valores extremos.

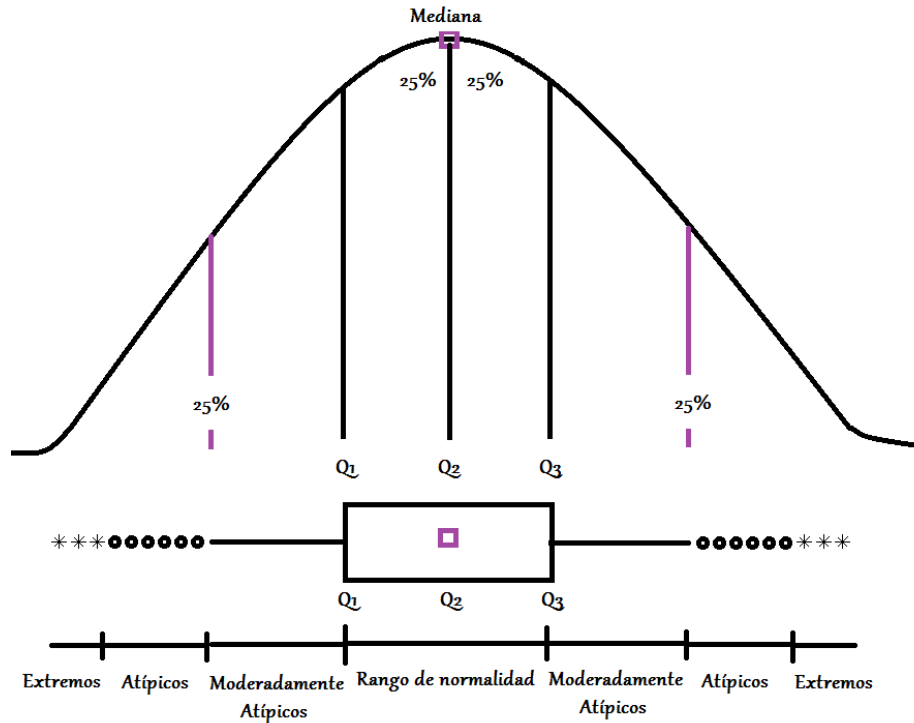


Figura 2.14. Representación del diagrama de caja y la función de densidad de probabilidad
Fuente: Elaboración propia

Las series de datos que se obtuvieron a partir de los escenarios de cambio climático regionalizados, se analizaron a través de los diagramas de caja y de PDF, con lo cual se llega a la conclusión de que en el APSGG hay una tendencia de aumento de temperatura que oscila entre 1 y 2 °C por cada serie de tiempo, siendo el incremento proporcional al aumento de los años proyectados, lo que indica que mientras más tiempo pase del escenario observado, se presenta mayor incremento en la temperatura, y una disminución en los valores extremos máximos y mínimos de la precipitación, siendo menos frecuentes e intensos.

A continuación, se muestran los resultados obtenidos de temperatura máxima, temperatura mínima y precipitación para la estación Atarjea, bajo el escenario B, analizando los box plot y las PDF.

Temperatura Máxima

- Datos
 - Temperatura máxima observada.
 - Series de tiempo 2010-2039, 2040-2069, y 2070-2099.
- Rangos obtenidos
 - Mediana.
 - Rango de normalidad (25-75%).
 - Moderadamente atípicos.
 - Valores atípicos.
 - Extremos.
- Resultados Box Plot (Figura 2.15)
 - El valor de la mediana incrementa 1°C (2010 al 2030) con respecto a la temperatura observada, que es de 28°C.
 - El incremento de la mediana va aumentando conforme se aleja de la serie observada, llegando a una temperatura máxima de 30.5°C (2070 al 2099).
 - En cuanto a las condiciones extremas, también se identifica un cambio, tanto en los valores máximos y mínimos atípicos como en los extremos, presentándose mayor intensidad y frecuencia en los máximos atípicos, aumentando de 44°C (observada) a 51.2°C (2070-2099).
 - Los valores mínimos extremos ya no se presentan en las series de tiempo proyectadas, lo que indica un desplazamiento a temperaturas más cálidas.

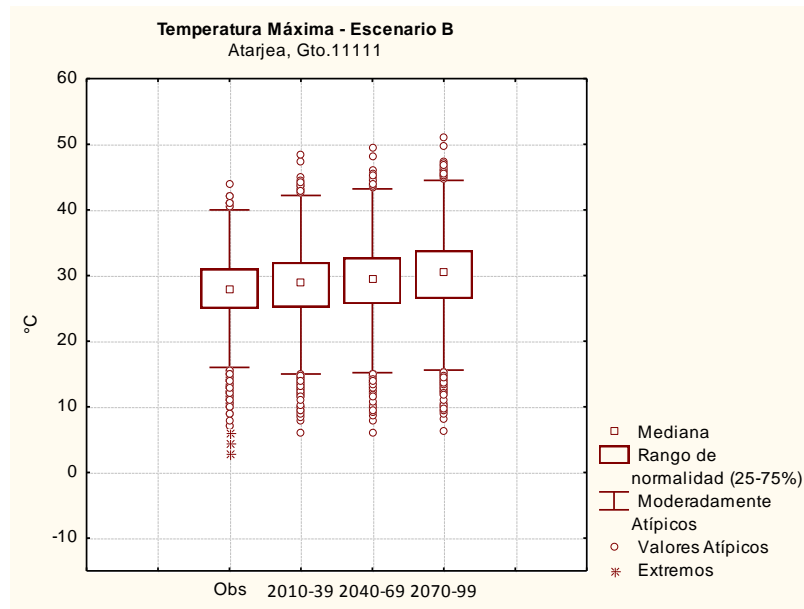


Figura 2.15. Box plot de temperatura máxima, Atarjea, Gto. escenario B
Fuente: Elaboración propia

- Resultados PDF
 - 2010-2039 (Figura 2.16)
 - Se presenta un desplazamiento de la curva, incrementando la temperatura y disminuyendo en frecuencia.
 - El valor de la media cambia, incrementando 1°C.
 - Los valores mínimos atípicos incrementan 7°C.
 - En los valores máximos extremos, se presentan nuevas frecuencias que van de los 47.5 a los 49.5°C, las frecuencias observadas van de los 40.5 a los 42.5°C.
 - La tendencia de la curva es desplazarse a temperaturas más cálidas, va a haber menos eventos de temperaturas mínimas extremas y se presentan nuevos eventos de temperaturas máximas con una frecuencia menor a los observados.

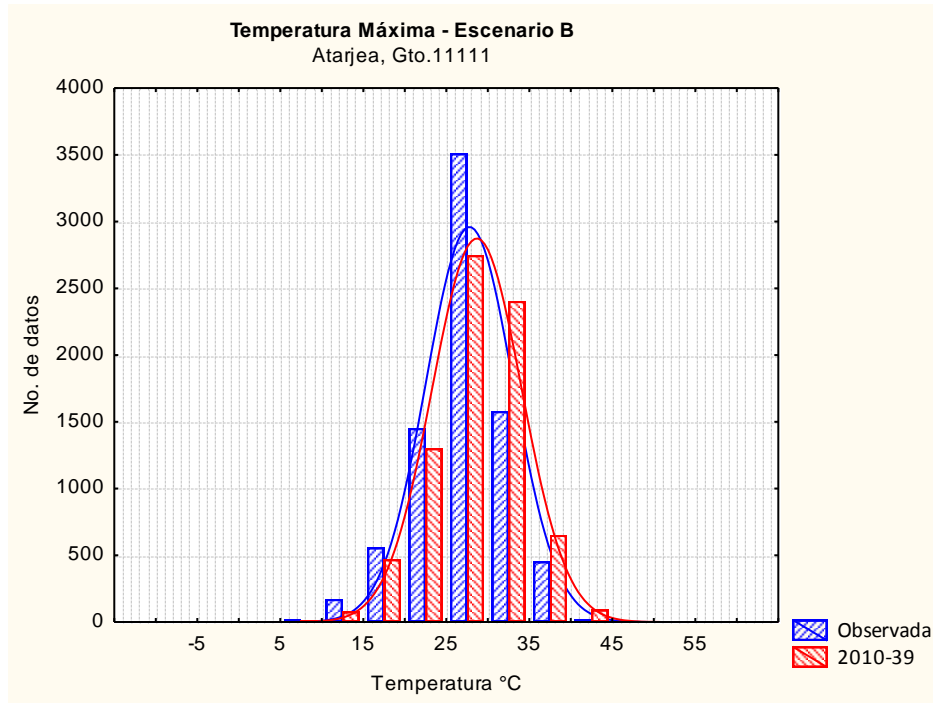


Figura 2.16. PDF de temperatura máxima, Atarjea, Gto. escenario B, (obs. vs 2010-2039)

Fuente: Elaboración propia

○ 2040-2069 (Figura 2.17)

- Se presenta un desplazamiento de la curva, incrementando la temperatura y disminuyendo en frecuencia.
- El valor de la media cambia, incrementando 1.3°C.
- Los valores mínimos atípicos aumentan 2°C y disminuyen su frecuencia.
- En los valores máximos atípicos, se presentan nuevas frecuencias que van de los 47.5 a los 49.5°C; las frecuencias observadas van de los 40.5 a los 42.5°C.
- La tendencia de la curva es desplazarse a temperaturas más cálidas; va a haber menos eventos de temperaturas mínimas extremas y se observan nuevos eventos de temperaturas máximas con una mayor intensidad y menor frecuencia.

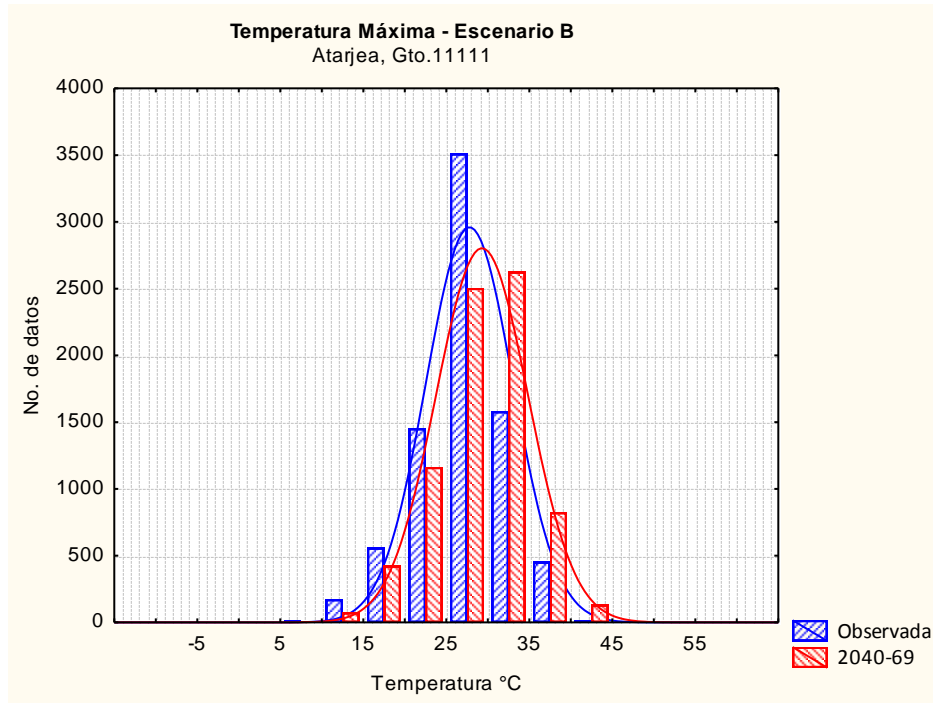


Figura 2.17. PDF de temperatura máxima, Atarjea, Gto. escenario B, (obs. vs 2040-2069)

Fuente: Elaboración propia

- 2070-2099 (Figura 2.18)
 - Se presenta un desplazamiento de la curva, incrementando la temperatura y disminuyendo en frecuencia.
 - El valor de la media aumenta 2.5°C.
 - Los valores mínimos atípicos incrementan 7°C.
 - En los valores máximos extremos, se presentan nuevas frecuencias que van de los 47.5 a los 49.5°C, las frecuencias observadas van de los 40.5 a los 42.5°C.
 - La tendencia de la curva es desplazarse a temperaturas más cálidas; va a haber menos eventos de temperaturas mínimas extremas y habrá nuevos eventos de temperaturas máximas, poco frecuentes y más intensos.

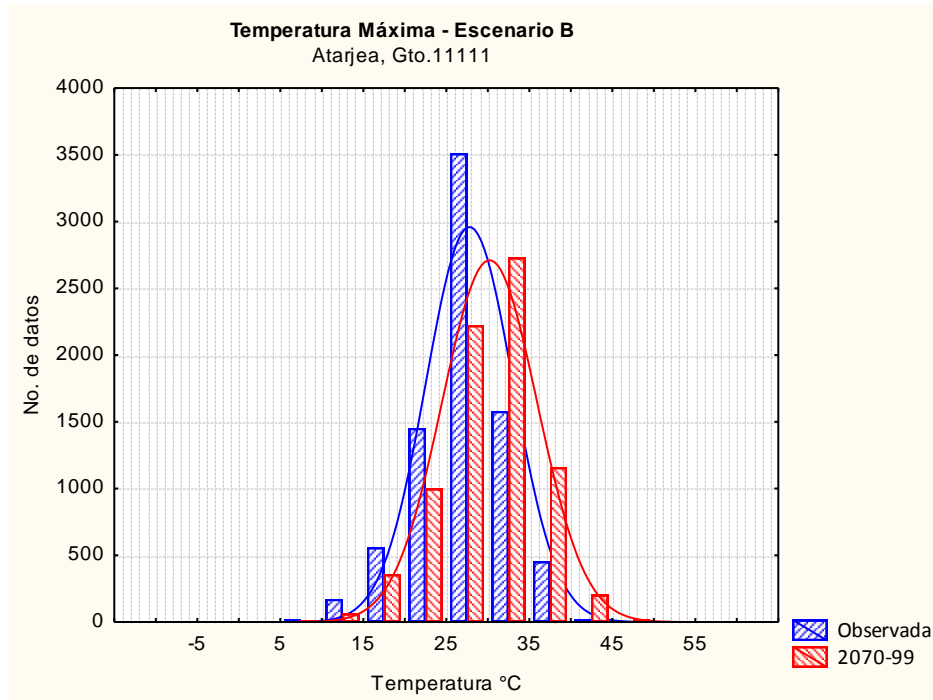


Figura 2.18. PDF de temperatura máxima, Atarjea, Gto. escenario B (obs. vs 2070-2099)

Fuente: Elaboración propia

Temperatura Mínima

- Datos
 - Temperatura mínima observada.
 - Series de tiempo 2010-2039, 2040-2069, y 2070-2099.
- Rangos obtenidos
 - Mediana.
 - Rango de normalidad (25-75%).
 - Moderadamente atípicos.
 - Valores atípicos.
 - Extremos.
- Resultados Box Plot (Figura 2.19)
 - El valor de la media aumenta 1°C (2010-2039) con respecto a la observada que corresponde a 14°C.
 - La temperatura se desplaza a temperaturas más cálidas conforme se recorren las series de tiempo.

- Los valores mínimos atípicos, presentan un decremento de la temperatura de 0.5°C (2010-2039) con respecto a los observados (-3°C).

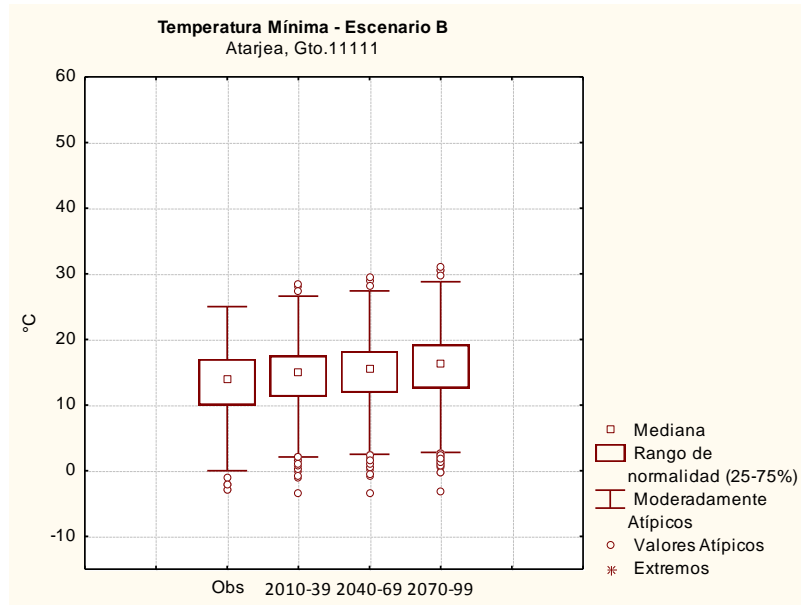


Figura 2.19. Box plot de temperatura mínima, Atarjea, Gto. escenario B
Fuente: Elaboración propia

- Resultados PDF

- 2010-2039 (2.20)

- Se presenta un desplazamiento de la curva, incrementando la temperatura y disminuyendo en frecuencia.
- El valor de la media cambia, incrementando 0.8°C .
- Los valores mínimos atípicos incrementan 2°C .
- En los valores máximos atípicos, se presentan nuevas frecuencias que van de los 27.5 a los 28.5°C .
- La tendencia de la curva es desplazarse a temperaturas más cálidas, va a haber menos eventos de temperaturas mínimas extremas y se presentan nuevos eventos de temperaturas máximas.

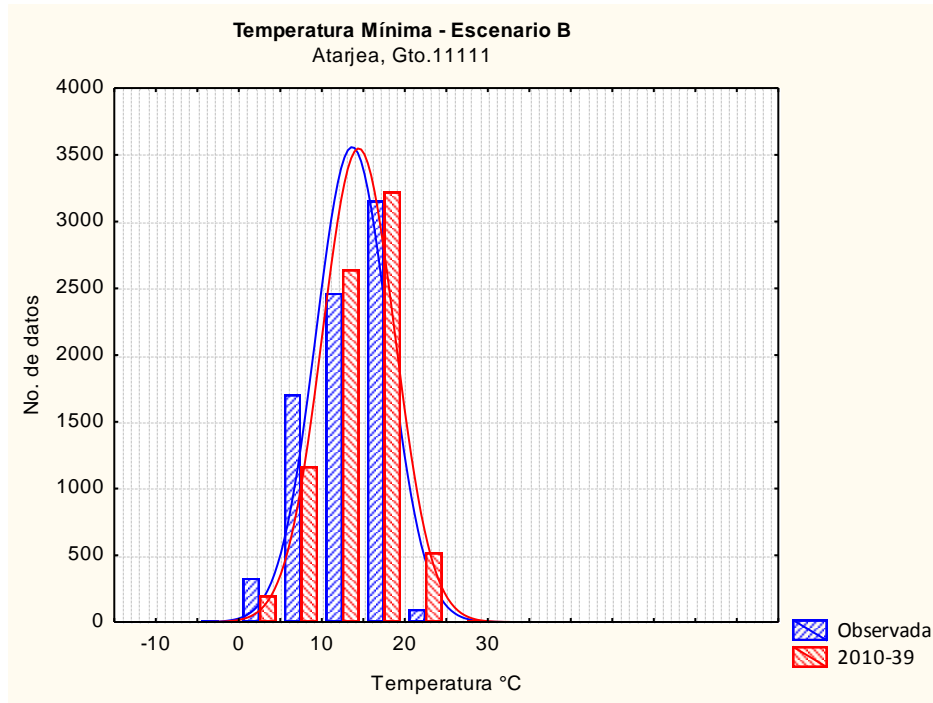


Figura 2.20. PDF de temperatura mínima, Atarjea, Gto. escenario B (obs. vs 2010-2039)

Fuente: Elaboración propia

- 2040-2069 (Figura 2.21)
 - Se presenta un desplazamiento de la curva, incrementando la temperatura y disminuyendo en frecuencia.
 - El valor de la media cambia, incrementando 1.5°C.
 - Los valores mínimos extremos aumentan 2°C y disminuyen su frecuencia.
 - En los valores máximos extremos, se presentan nuevas frecuencias que van de los 27.5 a los 29.5°C, las frecuencias observadas van de los 20.5 a los 22.5°C.
 - La tendencia de la curva es desplazarse a temperaturas más cálidas, va a haber menos eventos de temperaturas mínimas extremas y más eventos de temperaturas máximas.

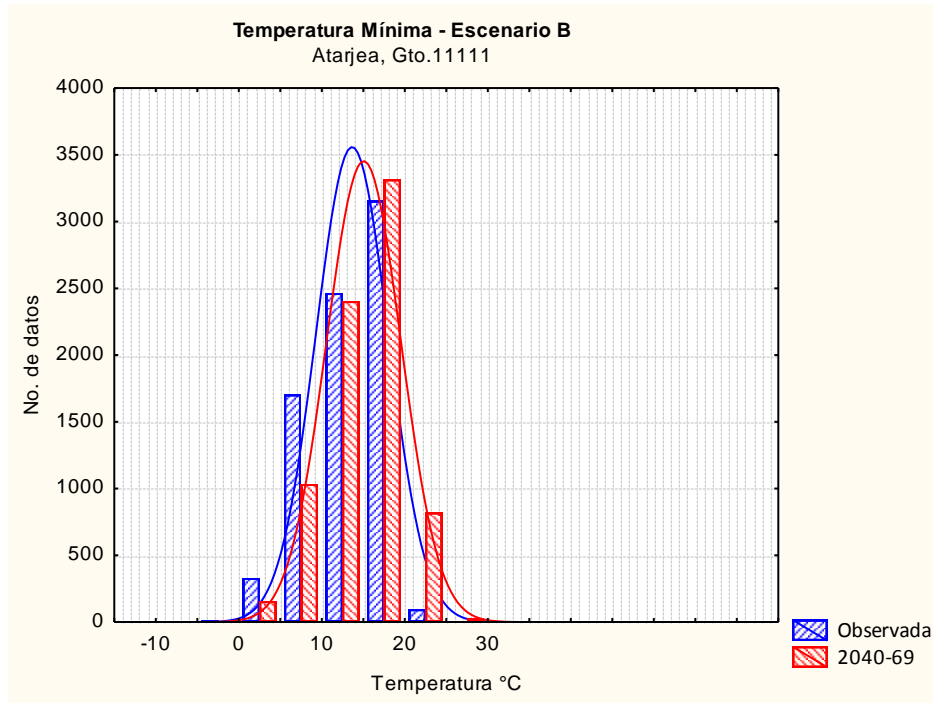


Figura 2.21. PDF de temperatura mínima, Atarjea, Gto. escenario B (obs. vs 2040-2069)

Fuente: Elaboración propia

- 2070-2099 (Figura 2.22)
 - Se presenta un desplazamiento de la curva, incrementando la temperatura y disminuyendo en frecuencia.
 - El valor de la media aumenta 2.5°C.
 - Los valores mínimos extremos incrementan 2°C.
 - En los valores máximos extremos, se presentan nuevas frecuencias que van de los 32.5 a los 34.5°C, las frecuencias observadas van de los 20.5 a los 22.5°C.
 - La tendencia de la curva es desplazarse a temperaturas más cálidas, va a haber menos eventos de temperaturas mínimas extremas y los eventos de temperaturas máximas serán poco frecuentes y más intensos.

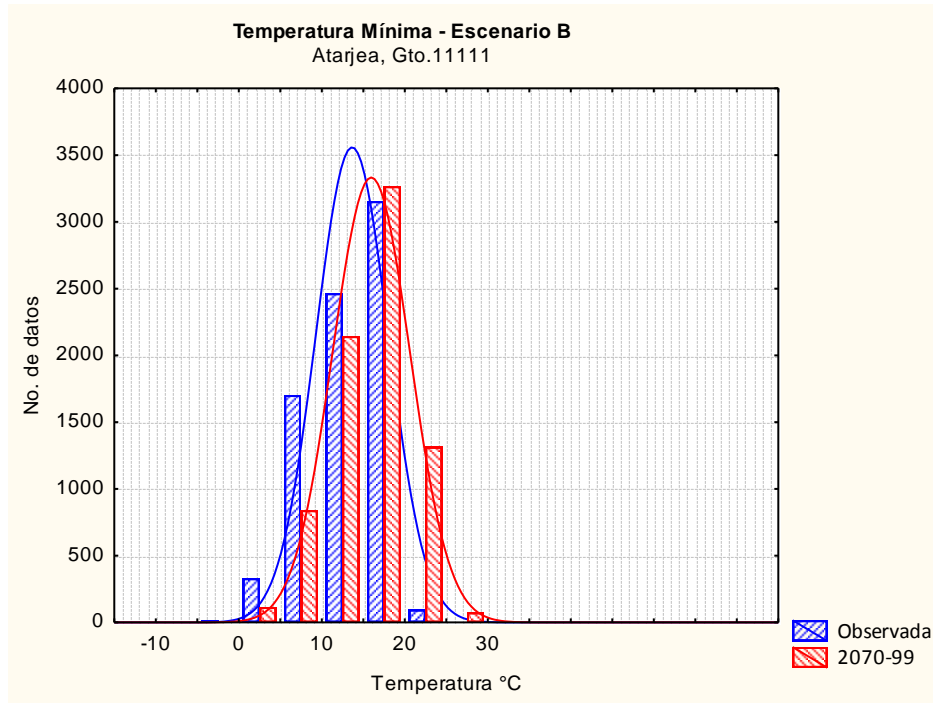


Figura 2.22. PDF de temperatura mínima, Atarjea, Gto. escenario B (obs. vs 2070-2099)

Fuente: Elaboración propia

Precipitación

- Datos
 - Precipitación observada.
 - Series de tiempo 2010-2039, 2040-2069, y 2070-2099.
- Rangos obtenidos
 - Mediana.
 - Rango de normalidad (25-75%).
 - Moderadamente atípicos.
 - Valores atípicos.
 - Extremos.
- Resultados Box Plot (Figura 2.23)
 - El valor de la mediana se conserva.
 - El cambio más representativo se observa en los valores atípicos y en los extremos.

- En el caso de los valores atípicos, hay un aumento en la intensidad que va de los 48 mm (observada) a los 50 mm (2070-2099).
- En cuanto a los extremos, se observa una disminución en la frecuencia y en la intensidad de 107 mm (observada) a 92 mm (2070-2099).

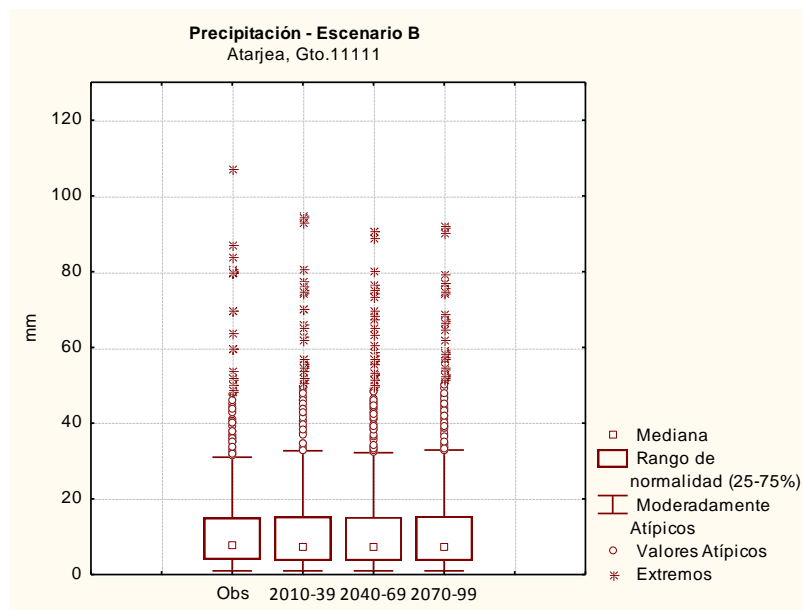


Figura 2.23. Box plot de precipitación, Atarjea, Gto. escenario B
Fuente: Elaboración propia

- Resultados PDF
 - 2010-2039 (Figura 2.24)
 - La curva del escenario se desplaza hacia menores frecuencias de los valores menores a 10 mm, en donde se concentra la media de los datos. La intensidad permanece como la observada.
 - La frecuencia de los valores que se encuentran bajo la media, permanece muy similar a la observada.
 - Las frecuencias extremas del escenario incrementan con respecto a las observadas y su intensidad aumenta 4 mm.

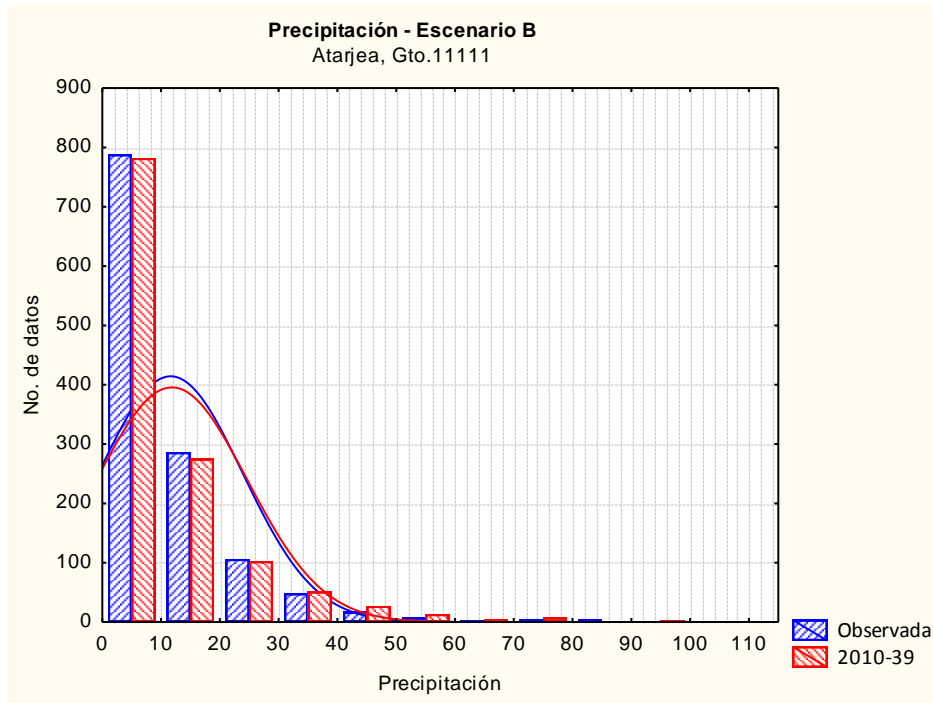


Figura 2.24. PDF de precipitación, Atarjea, Gto. escenario B (obs. vs 2010-2039)

Fuente: Elaboración propia

- 2040-2069 (Figura 2.25)
 - La curva del escenario se desplaza hacia menores frecuencias de los valores en donde se concentra la media de los datos. La intensidad permanece como la observada.
 - La frecuencia permanece al igual que la observada en los datos que se encuentran debajo de la curva.
 - Las frecuencias extremas del escenario incrementan con respecto a las observadas y su intensidad aumenta 4 mm.

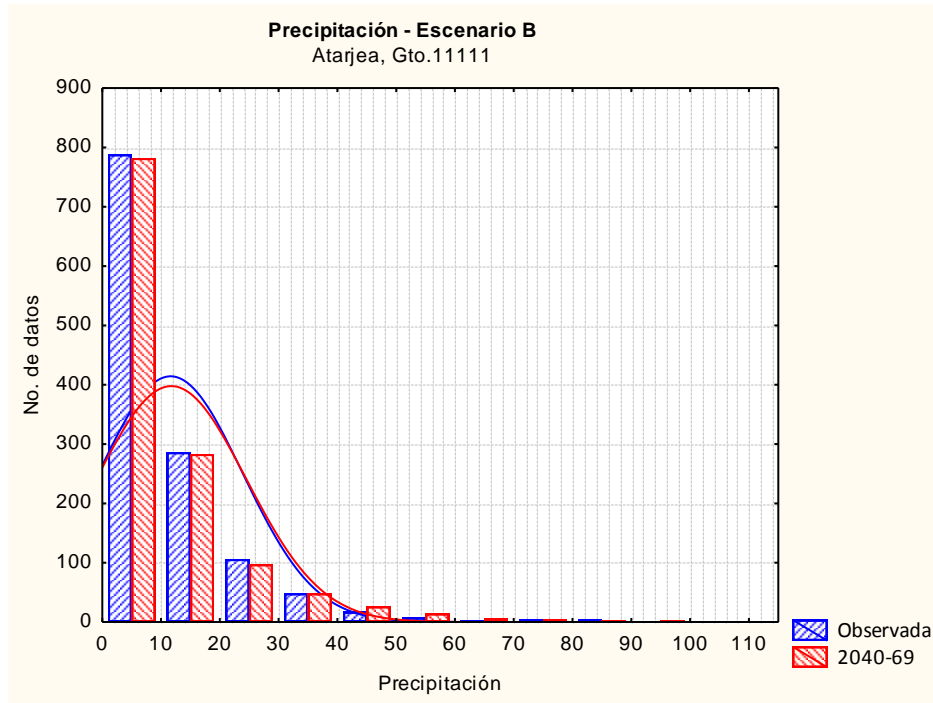


Figura 2.25. PDF de precipitación, Atarjea, Gto. escenario B (obs. vs 2040-2069)
 Fuente: Elaboración propia

- 2070-2099 (Figura 2.26)
 - La curva del escenario se desplaza hacia menores frecuencias de los valores menores a 10 mm, en donde se concentra la media de los datos. La intensidad permanece como la observada.
 - La frecuencia de los valores que se encuentran bajo la media, permanece muy similar a la observada.
 - Las frecuencias extremas del escenario incrementan con respecto a las observadas y su intensidad aumenta 4 mm.

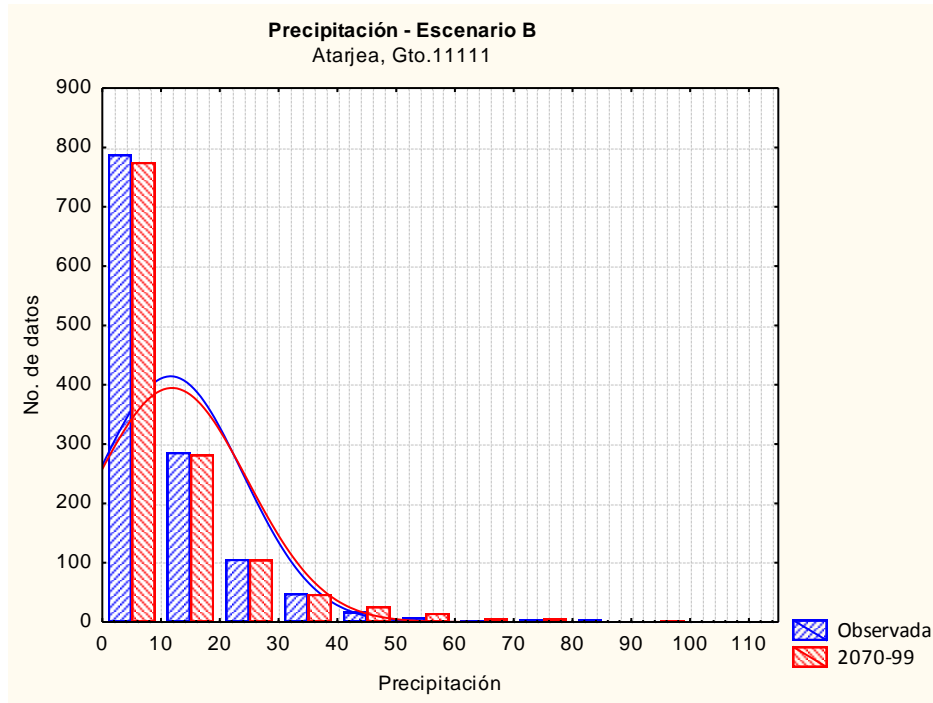


Figura 2.26. PDF de precipitación, Atarjea, Gto. escenario B (obs. vs 2070-2099)
Fuente: Elaboración propia

A continuación, se presenta el resultado del análisis de las ocho estaciones – cada una con los dos tipos de escenarios (B y C) incluyendo las tres variables para cada una (Temperatura máxima, temperatura mínima y precipitación), y las tres series de tiempo (2010-2039, 2049-2069, 2070-2099) – el cual muestra la tendencia de la temperatura y la precipitación en el APSGG, de acuerdo con el resultado de los Box Plot y los PDF.

- Temperatura máxima (Figura 2.27a)
 - Lo que corresponde a los valores de la mediana tienden a aumentar para todas las estaciones de 1 a 2°C con respecto a la temperatura observada; mientras que los valores mínimos moderadamente atípicos y atípicos en el caso de las estaciones 11068, 11083, 11111, y 22036 disminuyen la intensidad, mientras que para las estaciones restantes estos valores aumentan y se desplazan 1°C a temperaturas más cálidas, y en el caso de los valores extremos no presentan cambios.

- Temperatura mínima (Figura 2.27b)
 - Los valores tienden al aumento de la temperatura; en este caso hay un desplazamiento de 1°C hacia temperaturas cálidas; en el caso de los valores atípicos llegan a presentarse aumentos de 6°C con respecto a la temperatura observada; no se presenta cambio en la intensidad de los valores máximos extremos; sin embargo, sí presentan un aumento en la frecuencia de tales, lo que indica que habrá mayor cantidad de eventos máximos extremos con la misma intensidad que en la actualidad.

- Precipitación (Figura 2.27c)
 - Se observan diversos comportamientos para cada una de las estaciones; en el caso de la mediana, únicamente en la estación 11046 muestra un aumento en la intensidad de 2 mm; en el rango de normalidad, la mitad de las estaciones no presenta cambios, y en la otra mitad se observa un incremento tanto en la frecuencia como en la intensidad de 2 mm; para el caso de los valores moderadamente atípicos y atípicos el incremento se presenta en seis de las ocho estaciones, con un aumento de 5 mm aprox., a excepción de las estaciones 11015 y 11083 las cuales presentan en los valores máximos moderadamente atípicos una disminución de 1mm, mientras que en los valores atípicos no presentan cambios; y para los valores extremos en 7 de las 8 estaciones analizadas, se muestra una disminución en la intensidad, presentándose valores que oscilan entre 10 a 25 mm menos con respecto a la precipitación observada, con excepción de la estación 11083, que presenta un aumento de 3 mm.

Clave de estación	11015	11046	11068	11082	11083	11111	22036	22051
Mediana								
Rango de normalidad								
Moderadamente Atípicos								
Atípicos								
Extremos								

a. Temperatura mínima

Clave de estación	11015	11046	11068	11082	11083	11111	22036	22051
Mediana								
Rango de normalidad								
Moderadamente Atípicos					Mínimos	Mínimos	Mínimos	
Atípicos			Mínimos		Mínimos	Mínimos	Mínimos	
Extremos								

b. Temperatura máxima

Clave de estación	11015	11046	11068	11082	11083	11111	22036	22051
Mediana								
Rango de normalidad								
Moderadamente Atípicos	Máximos				Máximos			
Atípicos								
Extremos								

c. Precipitación

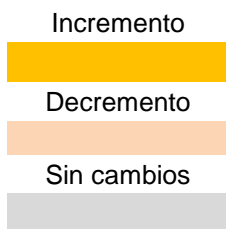


Figura 2.27. Comportamiento de la temperatura mínima, máxima y precipitación, con base en los escenarios regionalizados obtenidos por el GETM LARS

CAPÍTULO 3

ESTRATEGIA DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO

El Marco de Políticas de Adaptación al cambio climático (MPA) se refiere a la adaptación como el proceso por el cual son desarrolladas estrategias que hacen frente al cambio climático y a los impactos que éste tendrá en la sociedad; enfrentar el cambio climático involucra la responsabilidad de crear y fortalecer las condiciones que garanticen el bienestar de la sociedad y de los sistemas naturales bajo escenarios climáticos futuros, de forma que se puedan implementar estrategias para aliviar y hacerle frente a los efectos del cambio climático, incluyendo la variabilidad climática (PNUD, 2005; CICC, 2009).

La formulación de una estrategia de adaptación requiere de la creación de una serie de opciones y medidas de políticas, como respuesta a la vulnerabilidad actual y a riesgos futuros que están directamente relacionados con el clima y deben ser generadas con el objetivo reducir los impactos del cambio climático; para ello, se prepara a la sociedad y se sensibiliza con respecto a los impactos futuros en diversos sectores, identificando la vulnerabilidad de los sistemas naturales y sociales e intentando reducirla, comprendiendo los factores que aumentan o disminuyen su capacidad adaptativa (PNUD, 2005).

La aplicación del MPA implica identificar medidas para que las poblaciones con vulnerabilidad al cambio climático, generen capacidades de manera que puedan enfrentarlo. Dado que el proceso de adaptación va a incluir una serie de estrategias y medidas que necesariamente son de largo plazo, el enfoque participativo es fundamental para asegurar los esfuerzos y el compromiso de los actores clave.

3.1 IDENTIFICACIÓN DE LOS ACTORES CLAVE

El término actores clave, en el MPA se considera como “partes interesadas” y hace referencia a aquéllos que formulan las políticas, los científicos, los administradores, las comunidades y los gestores en los sectores económicos que estén más en riesgo (PNUD, 2005).

En el proceso de definición, priorización y ejecución de las medidas de adaptación tienen que participar los diferentes actores y sectores clave que estén de manera directa o indirecta vinculados al tema de los riesgos de sufrir impactos relacionados con el cambio climático. Esto incluye a las poblaciones directamente afectadas, a los funcionarios responsables de formular las políticas, a los responsables de la asignación de recursos del estado y, a todos aquellos actores y representantes de sectores socioeconómicos interesados, por diversos motivos y desde diferentes ámbitos, en la promoción, adopción y ejecución de las políticas y medidas de adaptación.

Es importante tener conocimiento de estos actores debido a que son los que tienen la experiencia al enfrentarse a las condiciones climáticas y, por ende, son los que pueden hacer frente a la problemática y adaptarse a la variabilidad y a los extremos climáticos, las mismas personas son el recurso principal para responder a los impactos del cambio climático; el que ellos incorporen sus conocimientos y experiencias locales de cambio, ayudará en el proceso de adaptación (PNUD, 2005).

Para la identificación de los actores clave y su participación, no hay una metodología definida, sino que se tienen que combinar herramientas y técnicas que se adapten a las condiciones del proyecto; en el caso del presente estudio, se consideró:

1. El uso del *documento técnico 1: Evaluación del alcance y diseño de un proyecto de adaptación* del MPA, que presenta una serie de preguntas que constituyen una guía en la identificación de los actores (Figura 3.1).

¿A quiénes en el sistema prioritario les afecta el cambio climático, incluyendo la variabilidad?

¿Quiénes, en este sistema, son los líderes potenciales en el gobierno, en las comunidades de investigación y en la sociedad civil (p. ej., organismos no gubernamentales [ONGs], asociaciones, comunidades locales)? ¿Quién está a cargo de facilitar e implementar políticas y medidas de adaptación?

¿Quién controla las mayores contribuciones financieras para los préstamos sectoriales o la inversión extranjera directa?

¿Quién está trabajando activamente en el sistema prioritario en temas pertinentes (p. ej., manejo de desastres, reducción de la pobreza, silvicultura o desarrollo de la comunidad)?

¿A quién le concierne el sistema prioritario y los resultados del proyecto? Algunas posibilidades incluyen: el gobierno nacional o local, científicos, proveedores de tecnología, economistas, universidades, empresas privadas, ONGs, cooperativas, sindicatos, comunidades y movimientos a favor de la mujer y la juventud.

¿Cuáles partes interesadas están a cargo de la difusión formal e informal de conocimientos? ¿Están presentes los medios de comunicación?

¿Cuáles partes interesadas se verán probablemente afectadas por la implementación de políticas y medidas de adaptación en el sistema prioritario?

Figura 3.1. Preguntas para ayudar a seleccionar a los actores clave
Fuente: PNUD (2005)

2. El análisis del Programa Operativo Anual (POA)¹⁸, el cual muestra la participación de las autoridades responsables que están involucradas en la conservación del APSGG (Tabla 3.1).

Tabla 3.1. Identificación de los actores clave a través del POA del APSGG

Actor Clave	Tipo de Institución	Participación
Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) - Reserva de la Biosfera sierra Gorda Guanajuato	Institución Gubernamental Federal	<ul style="list-style-type: none"> • Conservación del patrimonio natural del APSGG. • Difusión de la importancia del AP. • Integración de diversos actores en la conservación del AP. • Protección de zonas núcleo, sitios estratégicos de biodiversidad y áreas de alta sensibilidad ambiental. • Desarrolla instrumentos económicos directos e indirectos para el pago de servicios ambientales y de incentivos a gobiernos estatales y municipales, empresas privadas, organizaciones sociales, comunidades locales y particulares por la protección in situ, por el manejo de ecosistemas y por la incorporación de tierras privadas a modelos de conservación.
Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA)	Institución Gubernamental Federal	<ul style="list-style-type: none"> • Capacitación para la protección de los ecosistemas y su biodiversidad a través de la prevención, inspección y vigilancia. • Gestión en el fomento de la cooperación con los tres órdenes de gobierno y las instituciones gubernamentales y sociales en la aplicación conjunta de programas de conservación en el APSGG.

¹⁸ (CONANP, 2012c)

<p>Comisión Nacional Forestal (CONAFOR)</p>	<p>Institución Gubernamental Federal</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Capacitación, difusión y recursos humanos contra Incendios Forestales. • Financiamiento para las acciones de detección y control de plagas y enfermedades forestales, financiamiento para la restauración de los ecosistemas, orientado a revertir los procesos degradativos y organización de eventos de cultura para la conservación. • Gestión en el fomento de la cooperación con los tres órdenes de gobierno y las instituciones gubernamentales y sociales en la aplicación conjunta de programas de conservación en el APSGG.
<p>Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas (CDI)</p>	<p>Institución Gubernamental Federal</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Financiamiento y Recursos Humanos para promover actividades productivas alternativas y de conservación en las comunidades del APSGG. • Señalización y desarrollo de pueblos indígenas con la implementación de programas de inspección y vigilancia.
<p>Comisión Nacional del Agua (CONAGUA)</p>	<p>Institución Gubernamental Federal</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Financiamiento para el monitoreo biológico, ecosistémico y ambiental. • Financiamiento para elaborar productos basados en la tecnología SIG, los cuales den sustento en la toma de decisiones. • Señalización de diferentes herramientas de información con énfasis en niños, jóvenes y usuarios del APSGG.
<p>Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT)</p>	<p>Institución Gubernamental Federal</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Organización de eventos de cultura para la conservación.

Peace Corps México	Organismo Internacional	<ul style="list-style-type: none"> Recursos humanos que impulsan la reorientación de valores, conocimientos y comportamientos en la población y comunidades locales del AP.
Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP)	Institución Gubernamental Federal	<ul style="list-style-type: none"> Gestión en el fomento de la cooperación con los tres órdenes de gobierno y las instituciones gubernamentales y sociales en la aplicación conjunta de programas de conservación en el APSGG.
Secretaría de Desarrollo Agropecuario (SDA)	Institución Gubernamental Estatal	<ul style="list-style-type: none"> Gestión en el fomento de la cooperación con los tres órdenes de gobierno y las instituciones gubernamentales y sociales en la aplicación conjunta de programas de conservación en el APSGG.
Instituto de Ecología de Guanajuato (IEG)	Institución Gubernamental Estatal	<ul style="list-style-type: none"> Gestión en el fomento de la cooperación con los tres órdenes de gobierno y las instituciones gubernamentales y sociales en la aplicación conjunta de programas de conservación en el APSGG.
Suelo Feliz	Grupo Ambiental	<ul style="list-style-type: none"> Talleres que facultan a los participantes para el entendimiento y adquisición de prácticas que restablecen las condiciones naturales del suelo y recuperan la capacidad de fertilidad del mismo.
Asociación Municipal de Padres de Familia	Asociación municipal	<ul style="list-style-type: none"> Organización y participación de alumnos, profesores y padres de familia en eventos ambientales.
USDA Forest Service	Organismo Internacional	<ul style="list-style-type: none"> Asistencia técnica y capacitación sobre el monitoreo de insectos descortezadores de pinos

Fuente: Elaboración propia con base en CONANP (2012c)

3. La aplicación de entrevistas en el trabajo de campo (Tabla 3.2), para el reconocimiento de algunos de los actores clave y el papel que desempeñan dentro del manejo del AP

Tabla 3.2. Entrevistas aplicadas en campo para la identificación de los actores clave

Actor Clave	Nivel	Tipo de entrevista	Preguntas
Director del APSGG	Regional	Semies-estructurada	<ul style="list-style-type: none"> • ¿Qué programas aplican en el AP? • ¿Cuál es su percepción sobre el cambio climático? • ¿Qué cambios se han observado en la flora o fauna que puedan atribuirse a la variabilidad climática o cambio climático? • ¿Cuáles son las problemáticas presentes en el AP que vulneran los ecosistemas y la población? • ¿Cómo se están adaptando a cambio climático? • ¿Qué información general sobre el AP está disponible para consultar o que puedan proporcionar?
Promotor de la CONAFOR	Nacional	Semies-estructurada	<ul style="list-style-type: none"> • ¿Cuál es el principal problema de los bosques en la región de Sierra Gorda? • ¿Qué programas se aplican en los municipios y cuál es la participación de la gente? • ¿Qué tan frecuentes son los incendios en la región y cuáles son las causas? • ¿Cuáles plagas forestales afectan los bosques en la región? • ¿Cuáles son los recursos más utilizados por la población? (madera, leña, no maderables, etc.) • ¿Cómo participa la CONAFOR con el APSGG, en la conservación y restauración?
Directora del área de Desarrollo Económico	Local	Deses-estructurada	<ul style="list-style-type: none"> • ¿Cómo es la participación del municipio con el APSGG? • ¿Qué cambios perciben los habitantes relacionados con la variabilidad climática y/o cambio climático?
Población	Local	Deses-estructurada	<ul style="list-style-type: none"> • Historia de vida • Aplicada a personas de diferentes edades

Fuente: Elaboración propia con base en Reyes (2013)

Derivado de lo anterior, se identificaron los actores clave que pueden formar parte del proceso de adaptación (Figura 3.2), todos ellos tienen un papel importante que desempeñar, ya que son el recurso principal para dar respuesta a los impactos del cambio climático y, en conjunto con la comunidad de investigación pueden desarrollar estrategias de adaptación mediante la combinación de información científica y conocimientos y experiencias locales de cambio.

Involucrar a los actores en el proceso adaptativo, requiere de tiempo, ya que debe existir confianza entre los grupos, para que las soluciones se encuentren de manera conjunta, la importancia de ello radica en que la capacidad adaptativa se desarrollará en medida del tiempo para reforzar las redes, conocimientos, recursos, y la disposición de encontrar soluciones.

Algo indispensable para que la adaptación en el APSGG sea exitosa, es la comunicación entre todos los actores clave, siendo importante que, aunque estén en distintos niveles y etapas, escuchen los puntos de vista de los demás, porque únicamente de esa manera se va a poder desarrollar una comprensión mutua de la problemática regional. En dado caso de que se presente una iniciativa de adaptación sin una representación local, lo más probable es que las comunidades no lo acepten, y la implementación de dicha medida no tenga un progreso real; por ello, se considera oportuno desarrollar las estrategias de adaptación, después de una crisis, ya que en ese período el nivel de conciencia política y social sobre los cambios ambientales, es alto, y la resistencia a las estrategias de adaptación es baja (PNUD, 2005).

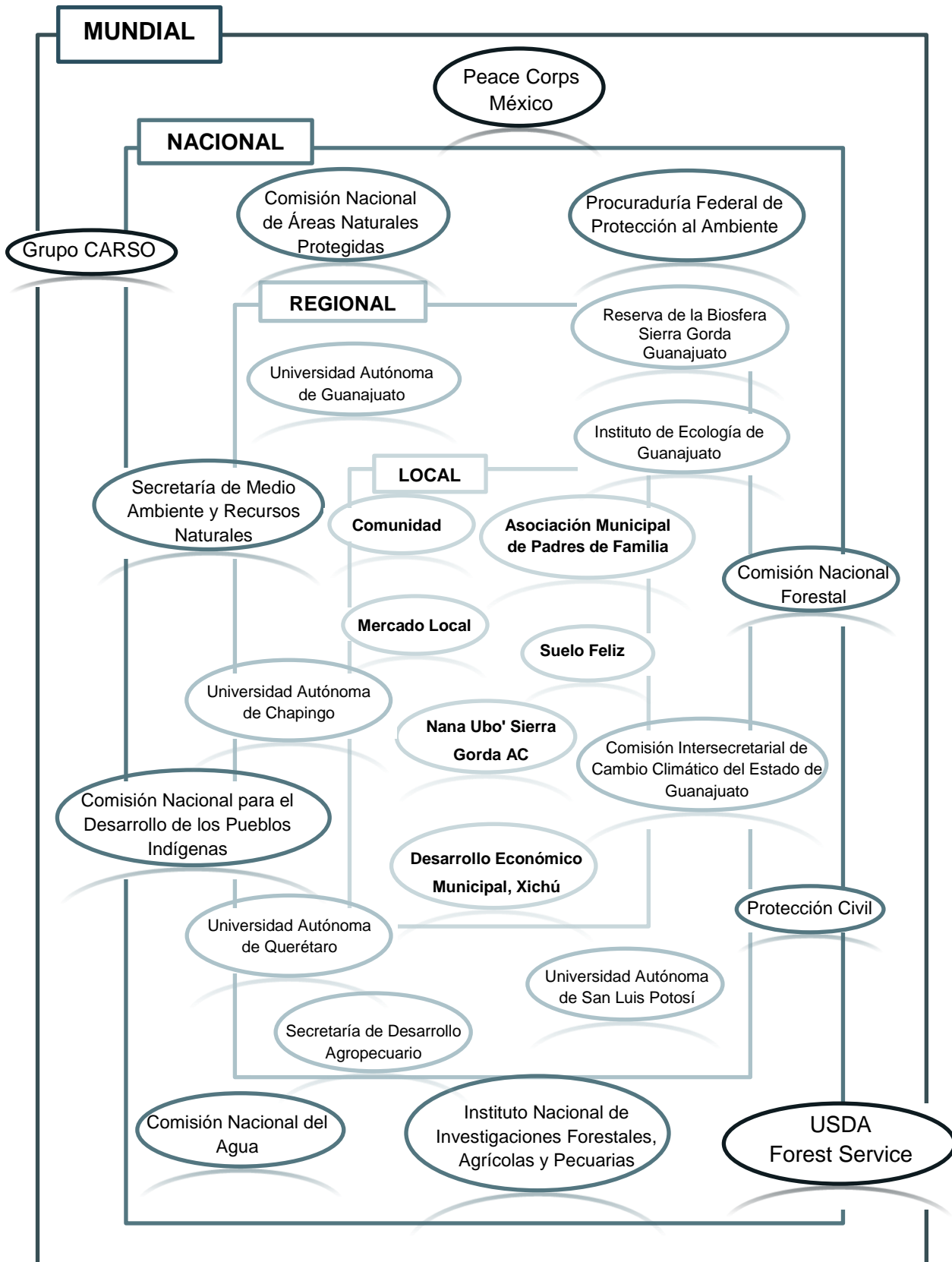


Figura 3.2. Mapa de actores clave
Fuente: Elaboración propia

3.2. ADAPTACIÓN EN EL ÁREA PROTEGIDA SIERRA GORDA GUANAJUATO

Es importante identificar la respuesta que dan los actores clave ante la problemática del APSGG, ya que a través de ésta, se van a definir las medidas de adaptación actuales.

Con base en el Programa Operativo Anual, se identificaron cinco líneas estratégicas de gestión (protección, manejo, restauración, cultura y gestión; Tabla 3.1), éstas fueron diseñadas en función a las problemáticas y necesidades de la región; por medio de ellas se implementan acciones específicas para enfrentar los diversos retos que se han presentado (CONANP, 2012b).

Tabla 3.1. Líneas estratégicas de gestión en el APSGG

Línea Estratégica	Subprograma	Objetivo
Protección	Vigilancia	Prevenir y disminuir los actos ilegales potenciales que atenten contra los recursos naturales del APSGG, a través de acciones coordinadas con la PROFEPA.
	Protección contra incendio forestales	Garantizar la integridad de los ecosistemas de la RBSGG ante los incendios forestales que se presenten, a través de una adecuada planeación, prevención y control.
	Sanidad Forestal	Controlar las plagas y enfermedades forestales mediante la ejecución de un programa de prevención y control.
Manejo	Desarrollo y fortalecimiento comunitario	Contribuir al desarrollo y fortalecimiento comunitario, a través del fomento y uso de ecotecnias en las comunidades de la RBSGG.
	Manejo y uso sustentable de agroecosistemas y ganadería	Contribuir al incremento de la producción de las actividades agropecuarias que se realizan en la RBSGG, mediante la implementación de mejoras tecnológicas en esquemas de desarrollo sustentable.
	Actividades productivas alternativas y tradicionales	Disminuir el impacto ambiental de las actividades económicas tradicionales, mediante la oferta de alternativas productivas sustentables que diversifican las actividades económicas en la RBSGG.
	Patrimonio arqueológico, histórico y cultural	Contribuir a la preservación del patrimonio arqueológico, histórico y cultural a través de la promoción de sus valores en coordinación con las dependencias competentes.
	Turismo, uso público y recreación al aire libre	Fortalecer las capacidades para el desarrollo de actividades turísticas, mediante la mejora de la infraestructura turística en la RBSGG.

Restauración	Conservación de agua y suelo	Favorecer la permanencia, conservación y retención de suelo y agua, como elementos clave para mantener los procesos ecológicos.
	Reforestación y restauración de ecosistemas	Recuperar la cobertura e incrementar la densidad de la vegetación forestal, mediante la aplicación de programas de reforestación y restauración de ecosistemas.
	Conocimiento	Fomentar la generación del conocimiento ambiental, socioeconómico y cultural para el manejo del área natural protegida mediante mecanismos de coordinación con instituciones de investigación.
	Inventarios y monitoreo ambiental y socioeconómico Objetivo	Contar con información actualizada sobre la biodiversidad y aspectos socioeconómicos que redunde en el manejo de los recursos naturales mediante la realización y actualización de inventarios y monitoreo en coordinación con universidades y centros de investigación.
Cultura	Fomento a la educación y cultura para la conservación	Promover la cultura de la conservación y modificar la concepción y percepción de los usuarios y de los pobladores sobre la manera de relacionarse con los recursos naturales y el ambiente, a través de la educación ambiental, difusión, capacitación y el fomento de la participación ciudadana.
	Capacitación para el desarrollo sostenible	Desarrollar y fortalecer habilidades y competencias de los pobladores mediante la capacitación y/o actualización permanente para lograr el manejo sustentable de los recursos naturales.
Gestión	Administración y operación	Asegurar la eficiencia administrativa de la Reserva de la Biosfera mediante el fortalecimiento de los recursos humanos, financieros y materiales e infraestructura.
	Procuración de recursos e incentivos	Fortalecer la administración y operación del área natural protegida mediante la obtención de recursos humanos y financieros adicionales.
	Infraestructura, señalización y obra pública	Consolidar la administración y protección del área natural protegida mediante el desarrollo de infraestructura de señalización.

Fuente: Elaboración propia con base en CONANP, (2012b)

Derivado de lo anterior y con base en el diagnóstico ambiental y socioeconómico, así como, de la caracterización climática, se identifican las respuestas que se han implementado para la conservación y el manejo del APSGG; para ello se utilizó el modelo de Presión Estado Respuesta (P.E.R.; Figura 3.3).

De acuerdo con Aguirre (s/a), el modelo P.E.R. está basado en una lógica de causalidad, que

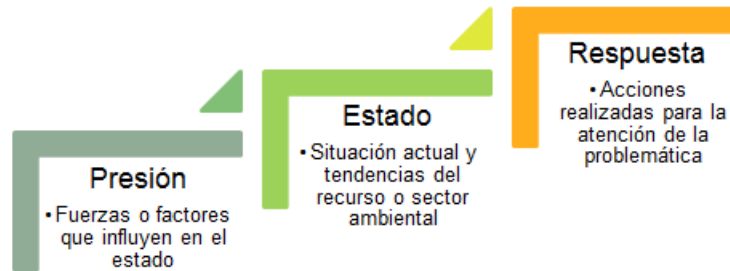


Figura 3.3. Modelo Presión-Estado-Respuesta
Fuente: Elaboración propia con base en Aguirre (s/a)

reconoce que las actividades humanas y ambientales ejercen **presiones** sobre los recursos naturales, afectando su condición inicial, causando un **estado** alterado; al mismo tiempo la sociedad identifica estas variaciones y **responde** a través de políticas ambientales, económicas y sociales, las cuales tratan de corregir la problemática, y se dirigen contra los mecanismos de presión o, bien, directamente sobre los factores afectados del medio; esta respuesta conlleva a la aplicación de acciones que atienden la problemática, lo cual contribuye a la identificación de medidas de adaptación actuales.

En la Tabla 3.4 se aplica éste modelo, priorizando las presiones que están directamente relacionadas con el clima, el ambiente y, con los factores sociales y económicos (**presión**), que ocasionan alteraciones al medio ambiente (**estado**) y, las acciones que se realizan a través de las líneas de gestión del APSGG, se identificaron como parte de la **respuesta**.

Tabla 3.4. Aplicación del Modelo P.E.R.

Presión	Estado	Respuesta
<ul style="list-style-type: none"> • Condiciones climáticas secas • Ausencia de corrientes de aire húmedo • Suelos carentes de humedad • Baja capacidad de retención de agua • Sombra Orográfica • Fenómeno ENOS (El Niño/Oscilación del Sur) • Cambio de uso de suelo • Alteración de la cubierta vegetal • Deforestación 	Sequía	<p>Conservación de agua</p> <ul style="list-style-type: none"> • Realización de obras que promueven la retención del agua. • Implementación de ecotécnicas para contribuir al desarrollo de la comunidad, por ejemplo, las cisternas de ferrocemento para la cosecha de agua pluvial. <p>Prevención, control y combate de incendios forestales</p> <ul style="list-style-type: none"> • Brigadas voluntarias para su combate. • Educación ambiental a población y turistas. • Patrullaje terrestre en la época seca. • Verificación de focos calientes detectados por el SMN y CONABIO. • Atención oportuna de emergencias. • Sistema de brechas cortafuego en áreas críticas para el control de incendios forestales.

<ul style="list-style-type: none"> • Condiciones climáticas secas • Inclinación de la pendiente • Inestabilidad de ladera • Presencia de suelos extremadamente delgados • Deforestación • Uso agrícola del suelo en pendientes • Cambio de uso de suelo • Expansión de la frontera agrícola y ganadera. 	Erosión	<p>Conservación de suelo</p> <ul style="list-style-type: none"> • Realización de obras en los puntos críticos que disminuyan la erosión, eviten la formación de cárcavas, establezcan el suelo y promuevan la infiltración del agua para favorecer la conservación y retención del suelo y agua. • Elaboración del diagnóstico del estado actual de las áreas forestales que presentan degradación. • Monitoreo de erosión. • Establecimiento de presas de piedra, obras de conservación de suelo, barreras vivas y de enramadas que constan de la poda y acomodo de material vegetativo muerto. • Seguimiento y valoración del estado actual que guardan las obras realizadas para el control de escorrentías. <p>Actividades productivas alternativas y tradicionales</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sustitución de la práctica de actividades productivas de alto impacto por actividades alternativas, como el uso de ecotécnicas, la producción a traspatio, y el establecimiento de viveros y huertos biointensivos. • Promover prácticas alternativas que restablezcan las condiciones naturales del suelo y recuperen su capacidad de fertilidad. • Proyectos de restauración de la fertilidad de suelos para producir más en menos superficie agrícola. <p>Manejo y uso sustentable de agroecosistemas y ganadería</p> <ul style="list-style-type: none"> • Establecimiento de sistemas agroforestales • Promoción de la diversificación productiva del campo y el uso de técnicas y tecnologías alternativas que causen menor impacto en el medio ambiente, una producción más eficiente, mejores esquemas de comercialización. • Promoción de un sistema de pastoreo con rotación del ganado. • Promoción del uso sustentable de los pastizales nativos. • Fomento del uso de la labranza mínima.
---	----------------	--

<ul style="list-style-type: none"> • Condiciones climáticas secas • Plagas forestales y especies invasoras • Susceptibilidad del suelo a la erosión • Degradación del suelo • Cambio de uso del suelo • Explotación de los bosques • Fragmentación de la vegetación • Aprovechamiento ilícito de la flora y fauna • Expansión de la frontera agrícola y ganadera • Contaminación de los ecosistemas por residuos de las minas 	Pérdida de la biodiversidad	<p>Inspección y vigilancia</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aplicación del programa de vigilancia comunitaria (PROVICOM), con el objetivo de supervisar y vigilar las actividades como la tala, el aprovechamiento ilícito de la flora y fauna, el pastoreo y el turismo desordenado, para proteger los recursos naturales del AP. <p>Inventarios y monitoreo ambiental</p> <ul style="list-style-type: none"> • Contar con información actualizada sobre la biodiversidad que redunde en el manejo de los recursos naturales mediante la realización y actualización de inventarios y monitoreo en coordinación con universidades y centros de investigación. • Inventario de especies de flora y fauna silvestres actualmente utilizadas. • Inventario de especies de flora y fauna silvestre con potencial de ser aprovechadas mediante UMA's. • Fomentar la realización de estudios sobre dinámica poblacional de aquellas especies con potencial de aprovechamiento sustentable, especialmente aquellas que se encuentra en riesgo de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. <p>Manejo y uso sustentable de ecosistemas terrestres y recursos forestales</p> <ul style="list-style-type: none"> • Conservar los recursos forestales mediante programas de manejo forestal bajo esquemas sustentables como una alternativa productiva para las comunidades. • Aplicación de un diagnóstico de los recursos forestales, un ordenamiento de actividades de aprovechamiento. • Fomento del uso sustentable de estos recursos.
---	------------------------------------	---

Continuación...	Pérdida de la biodiversidad	<p>Sanidad forestal</p> <ul style="list-style-type: none"> • Controlar las plagas y enfermedades forestales mediante la ejecución de un programa de prevención y control • Identificación de las plagas forestales, sus rutas de introducción o proliferación, y determinación del tratamiento y/o control. • Desarrollo y actualización de un programa de sanidad forestal permanente para prevenir, detectar y controlar plagas y enfermedades forestales, mediante recorridos en campo, formulación de diagnósticos fitosanitarios que presenten algún daño, cursos de capacitación sanitaria a la población, para desarrollar y fortalecer las capacidades comunitarias. <p>Reforestación y restauración de ecosistemas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Continuo monitoreo y plantaciones de especies nativas que apoyen el restablecimiento de la cubierta vegetal y con esto se disminuya la erosión de los suelos. • Reconversión productiva, la inducción a la regeneración natural y la reforestación. • Se llevan a cabo programas de reforestación y de restauración en las superficies afectadas por las actividades antropogénicas en ámbitos locales. <p>Estudios de ordenamiento territorial comunitario.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Elaboración de estudios del territorio ejidal o comunal, mediante los cuales se construye de manera participativa, un plan de uso del territorio que oriente los procesos productivos y socioeconómicos para el desarrollo sustentable de los beneficiarios.
-----------------	------------------------------------	---

Fuente: Elaboración propia con base en CONANP, (2012c)

Una vez que se identificaron las presiones, el estado actual del sistema y las respuestas de parte de los actores clave que se han implementado mediante la aplicación de las líneas estratégicas de gestión, se determinó su factibilidad institucional, derivada del análisis del POA (2009-2012) y del documento *línea estratégica de gestión del APSGG* (CONANP, 2012b, 2012c), el cual además de identificar a las instituciones responsables, detalla la forma de colaboración, la participación financiera de éstas y los programas implementados, a través de los cuales, se otorga el recurso económico (CONANP, 2012c),

Con base en la consideración anterior, se determina que existe una factibilidad institucional (Tabla 3.5), lo que convierte a las actuales respuestas implementadas en medidas de adaptación presentes, las actuales sientan la base para la conformación de un portafolio de medidas viables con miras a integrar una estrategia de adaptación.

Tabla 3.5. Factibilidad de las respuestas ante la presión actual

Presión	Línea Estratégica/Medida de adaptación actual	Factibilidad				Actor clave /Programa
		Política	Económica	Administrativa	Social	
Sequía	Restauración/ Conservación del agua	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	CONANP/PROCODES Desarrollo económico municipal, Xichú
	Protección/ Prevención, control y combate de incendios y contingencias ambientales	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	CONAFOR SEMARNAT/PET CONANP/PROCODES Protección civil
Erosión	Restauración/ Conservación del suelo	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	CONANP/PROCODES SEMARNAT/PET Desarrollo económico municipal, Xichú
	Manejo/ Actividades productivas alternativas y tradicionales	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	CONANP/PROCODES Suelo feliz
	Manejo/ Manejo y uso sustentable de agrosistemas y ganadería	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	CONANP/PROMAC, PROCODES Suelo feliz Desarrollo Económico Municipal, Xichú
Pérdida de la biodiversidad	Protección/ Inspección y vigilancia	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	PROFEPA Reserva de la biosfera SGG
	Conocimiento/ Inventarios y monitoreo ambiental	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	CONANP/PROCODES
	Protección/ Sanidad forestal	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	CONAFOR
	Manejo/ Manejo y uso sustentable de ecosistemas terrestres y recursos forestales	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	CONANP/PROMAC, PROCODES SEMARNAT/PET Desarrollo económico municipal, Xichú
	Restauración/ Reforestación y restauración de ecosistemas	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	CONANP/PROCODES Nana Ubo' Sierra Gorda AC
	Estudios de ordenamiento territorial comunitario	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	CONAFOR

Fuente: Elaboración propia

3.3. HACIA UNA ESTRATEGIA DE ADAPTACIÓN

A partir de las presiones identificadas se hizo una hipótesis sobre las probables consecuencias del cambio climático en un supuesto de que continúen las tendencias ambientales, sociales y económicas del APSGG:

- **Sequía** - De acuerdo con los resultados de los escenarios de cambio climático regionalizados, se verá un incremento de los eventos de temperaturas máximas extremas de 1 a 2°C con respecto a la temperatura actual, mientras que se presentará un decremento de los eventos de temperaturas mínimas extremas, lo que, aunado a las condiciones ambientales y socioeconómicas, se espera que este fenómeno sea más intenso, y que los períodos en los que se presenta sean más frecuentes y duraderos.

Los impactos a la población serán severos. Al permanecer las mismas condiciones sociales y económicas que se presentan en la actualidad, e incluso si éstas se acentúan, la seguridad social se pondrá en riesgo, debido a que la población marginada es más vulnerable a los cambios, ya que dependen de los recursos naturales para su medio de vida, y con la sequía presente se pone en riesgo su seguridad alimentaria, su acceso al abastecimiento del agua, y es más propensa a enfermedades; todo ello, no sólo tendrá impactos en la población sino que estos impactos se traducen en daños económicos, al ser necesario implementar acciones para enfrentar la problemática que se presente en ese momento.

La sequía también afectará al recurso hídrico, tanto las aguas superficiales como las subterráneas, debido a que este fenómeno ocasiona impactos potenciales en lugares donde hay menos agua; esto es de seria consideración, ya que en la actualidad, debido a las condiciones climáticas, edáficas y topográficas de la región, el recurso hídrico es limitado, presentándose dificultades en el suministro y el abastecimiento del agua; por lo que en el futuro, bajo el aumento de las temperaturas extremas y el

aumento de la evapotranspiración, la disponibilidad de este recurso será aún más limitada lo que, en conjunto con otros factores, ocasionará problemas como la degradación ambiental, la fragilidad ecológica, la alteración del ciclo hidrológico, estrés hídrico, y pérdida de la biodiversidad, ya que el hábitat natural va a sufrir alteraciones, y habrá especies que no tengan la capacidad de adaptarse al cambio.

- **Erosión** – En el APSGG la temperatura se incrementará, la humedad disminuirá, las condiciones climáticas de aridez que caracterizan a la región se intensificarán por la sequía que será más recurrente e intensa; condiciones que aunadas a las características físicas de los suelos que conforman el AP, y a las actividades humanas que modifican el espacio, cambiando la vocación de las tierras y sobre explotando los recursos, contribuirán a que la erosión que se presenta en la actualidad sea cada vez mayor, llegando a la degradación de la tierra y a la desertificación, y generando un empobrecimiento del ecosistema.

Esta condición tendrá consecuencias socioeconómicas; cuando la tierra ya no rinde ni es productiva, la capacidad de resiliencia que tiene la población y los apoyos que da en este caso el gobierno federal lo compensa, pero si estas condiciones no mejoran y, por el contrario, persisten, los umbrales de la sociedad llegan a verse sobrepasados y el apoyo económico también llega a ser insuficiente para compensar la pérdida de la productividad de la tierra, lo que va a generar grandes cambios socioeconómicos, como la migración de las poblaciones, fenómeno que en la actualidad ya se presenta.

En cuanto a las afectaciones ambientales, se perderán los nutrientes del suelo, lo que a su vez conlleva a la disminución de la cobertura vegetal, a los cambios en la distribución de las especies, y a la pérdida de la biodiversidad.

- **Pérdida de la Biodiversidad** – Las condiciones climáticas futuras ejercen una fuerte presión para la biodiversidad, comenzando con que se presentarán menos noches frías, lo que contribuye a que las larvas del gusano descortezador sobrevivan, aspecto que afectará los bosques de pino, en el caso de Atarjea, disminuyendo su población, o en el caso más extremo, eliminándola por causa de este tipo de plagas, a las cuales les son benéficas las nuevas condiciones climáticas.

El cambio en las condiciones climáticas, presentándose temperaturas más cálidas, puede influir de manera negativa a la distribución de la biodiversidad ya que no todas las especies tienen la capacidad de adaptación necesaria para poder tolerar el cambio del clima, tal es el caso de especies como *Pinus rudis*, *P. chihuahua*, *P. occarpa*, *P. culminicola*, *Quercus crispipilis*, *Q. peduncularis* y *Q. acutifolia*, las cuales son más sensibles a una futura distribución potencial, lo que implica que su distribución se verá reducida en la medida que el clima cambie (Gómez *et al.* 2010, citado en Reyes, 2013).

La biodiversidad se verá afectada por las actividades humanas, principalmente por el cambio de uso del suelo; al deforestar, se pierde la condición natural de los ecosistemas, lo que contribuye a que sean más vulnerables a los cambios del clima y pierdan paulatinamente su capacidad de brindar servicios ecosistémicos, de manera que se alteren los procesos que contribuyan a la generación o regeneración de éstos.

De acuerdo con las consideraciones anteriores, y con base en los resultados que se han obtenido al desarrollar este trabajo, se proponen las siguientes medidas, para la continuidad del proceso de adaptación en el APSGG:

Tabla 3.6. Medidas de adaptación al cambio climático

Medida	Descripción	Aplicación
<p>Realizar un análisis detallado de los sectores, áreas o poblaciones más vulnerables ante el cambio climático.</p>	<p>Un aspecto de gran importancia para definir las estrategias de adaptación, es la identificación de los sectores, áreas, o poblaciones que son vulnerables; se deben analizar detalladamente para conocer a qué son vulnerables e identificar los impactos relacionados a dicha amenaza.</p> <p>En caso de no contar con el análisis detallado de vulnerabilidad, se puede caer en el peligro de establecer la mala adaptación, ya que puede haber estrategias no probadas o que no sean sustentadas en un conocimiento profundo de las presiones, resultando en daños al medio ambiente, y agravando el problema.</p>	<p>El estudio realizado por Reyes (2013), muestra un análisis a detalle de la vulnerabilidad de los bosques en el APSGG, detectando el cambio de uso del suelo, la tala clandestina, el saqueo de especies, la tenencia de la tierra y los incendios, como actividades que los hacen vulnerables a otras amenazas como, el cambio climático; en este estudio se localizaron áreas en donde los bosques se ven vulnerados, a continuación se muestran las localidades en donde se identificó la pérdida de los bosques por el cambio de uso del suelo.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cambio por la agricultura: <ul style="list-style-type: none"> ○ Pérdida del bosque por el establecimiento de campos agrícolas en, Ojo de Agua, Guadalupe, Pinalito de Palomas, el Guamúchil, Buenavista y el Roblar en Xichú; en el Toro, Atarjea; y entre los municipios de Victoria y Xichú. ○ El cambio de bosque a pastizal se presenta en el Rincón de Tejocote, los Patos y Cabezas en San Luis de la Paz; los Corrales en Victoria; en Calabazas, la Mazamorra, Romerillos, el Rucio, en Xichú; y la Joya en Atarjea. • Cambio por actividad de pastoreo: en El Platanal, Xichú. • Cambio por la construcción de infraestructura: en Xichú y Atarjea por la construcción de caminos, El Realito, San Luis de la Paz por la construcción de la presa mismo nombre. • Posible cambio por la exploración para actividades mineras: en Mina Majadas del Espíritu Santo, Mina del Espíritu Santo, Cañada de Cocos (ampliación Guijas), la Yesca, el Roblar; el Pinito, el Gato, y Puerto Alejandría.

Medida	Descripción	Aplicación
<p>Continuación...</p> <p>Monitorear y fortalecer las medidas de adaptación actuales</p>	<p>Lograr que el AP conserve y recupere los elementos naturales necesarios para la reducción de su vulnerabilidad y el aumento de su capacidad adaptativa.</p> <p>Al implementar las líneas estratégicas, los tomadores de decisiones se percatan de los resultados favorables o desfavorables que se presentan; en esta evaluación, se debe incluir la experiencia de la comunidad, para que las acciones sean ajustadas dependiendo de las necesidades, de manera que haya una contribución tanto de los tomadores de decisión como de parte de la población.</p>	<p>En la Figura 3.4, se observan las localidades en donde se han aplicado, al menos una de las cinco líneas estratégicas (protección, manejo, restauración, cultura y gestión).</p> <ul style="list-style-type: none"> • A partir de este análisis, una prioridad a la implementación de las medidas, en las localidades que se encuentran en la zona núcleo del AP, siendo la línea estratégica de protección, la más aplicada, lo que incluye los subprogramas de vigilancia, protección contra incendios forestales y sanidad forestal. <ul style="list-style-type: none"> ○ Se ve la necesidad de continuar con el monitoreo de las medidas aplicadas y fortalecer la implementación de éstas, en el resto de las localidades, incluso las que se encuentran en la zona de amortiguamiento ya que son áreas en donde las presiones sociales y económicas son más intensas, lo que altera las condiciones del sistema, incidiendo en una presión mayor en el área núcleo.

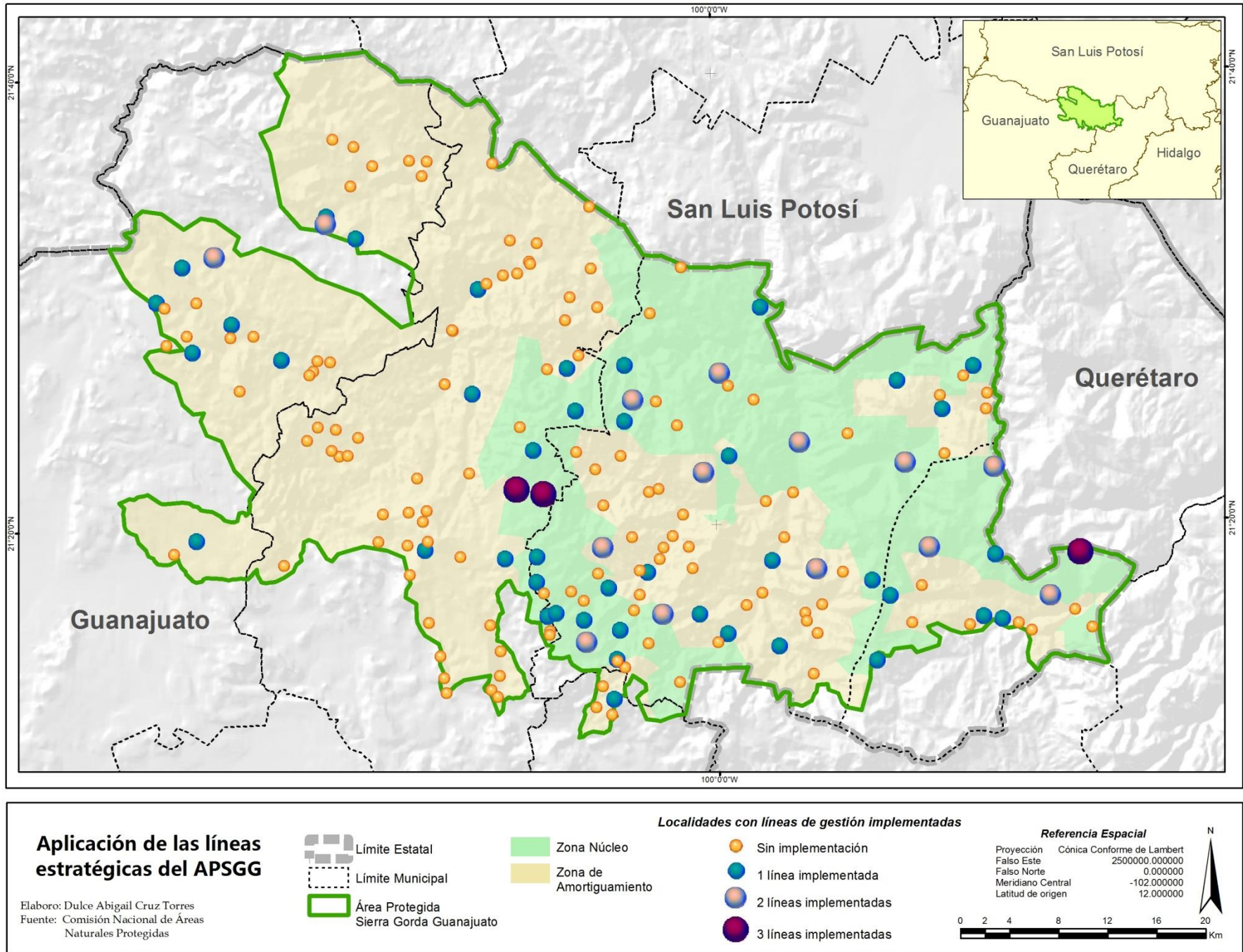


Figura 3.4. Aplicación de las líneas estratégicas del APSGG

Medida	Descripción	Aplicación
<p>Continuación...</p> <p>Prestar atención a la variabilidad climática y establecer acciones específicas para mejorar la capacidad de adaptación al clima actual</p>	<p>Para entender la variabilidad climática se tienen que comprender las tendencias en valores medios del clima, sus variaciones y extremos, de manera que las medidas que se establezcan disminuyan la vulnerabilidad frente a las variaciones naturales del clima, sentarán las bases para enfrentar el cambio climático.</p>	<p>Para prestar atención a la variabilidad, es importante abordar el uso de la información climática en general, la cual es parte fundamental en la toma de decisiones, debido a que su correcta interpretación puede aminorar los impactos negativos de la de condiciones extremas como sequías e inundaciones.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Derivado de lo anterior, se considera necesario conocer las tendencias actuales del clima y analizar las implicaciones de ello en los sectores vulnerables de la región. Por ejemplo en : <ul style="list-style-type: none"> ○ la biodiversidad vegetal ○ la biodiversidad animal ○ los recursos hídricos ○ los recursos edáficos ○ el sector forestal ○ el sector agrario ○ el sector turístico ○ la salud humana, entre otros.

Medida	Descripción	Aplicación
<p>Continuación...</p> <p>Incorporar estudios sobre escenarios de cambio climático regionalizados, e identificar zonas de mayor afectación</p>	<p>Los modelos climáticos globales son una alternativa cuando se quieren realizar evaluaciones en escalas muy amplias, sin embargo, en la escala local se requiere información sobre escenarios de cambio climático en escalas de 50 km o menos.</p> <p>Para los estudios de impacto a escala regional se necesitan implementar acciones concretas de adaptación.</p>	<p>Es importante conocer el escenario de cambio para priorizar las amenazas actuales de manera que se puedan determinar áreas o sectores en donde sea necesario fortalecer la capacidad adaptativa.</p> <ul style="list-style-type: none"> • El contar con escenarios regionalizados disminuye el nivel de incertidumbre en la determinación del cambio en el clima, lo cual contribuirá al desarrollo de estudios específicos, por ejemplo, la evaluación de umbrales de tolerancia de las especies vulnerables y la implementación de acciones que contribuyan a aumentar su capacidad de resiliencia. <ul style="list-style-type: none"> ○ Los objetos de conservación del APSGG, identificados por Reyes (2013), son los bosques de pino-encino y el bosque tropical caducifolio, sin embargo, las condiciones de temperatura y humedad en las que se encuentran cambiarán, siendo Atarjea la región más vulnerable ya que hay presencia de <i>Pinus oocarpa</i>, el cual, bajo un análisis más detallado presentado por Gómez (<i>et al.</i> 2010), es identificado por ser una de las especies más sensibles a una futura distribución potencial, viendo reducida su distribución en la medida que el clima cambie.

Medida	Descripción	Aplicación
<p>Continuación...</p> <p>Implementar acciones en cuanto al manejo del recurso hídrico</p>	<p>La sensibilidad de los recursos hídricos al aumento de la temperatura y a la disminución de la precipitación es muy alta, en especial, en zonas con temperaturas medias, altas y con precipitaciones bajas; bajo un escenario de cambio climático con condiciones de sequía prolongada, se incrementa la escasez de este recurso, lo que puede poner en riesgo la seguridad de los ecosistemas y de la población.</p>	<p>El APSGG, siempre ha visto limitado el recurso hídrico, con base en el diagnóstico ambiental y la caracterización climática, una de las condiciones climáticas adversas relacionadas a ésta escases, es la sequía.</p> <ul style="list-style-type: none"> • De acuerdo con el estudio realizado por Bello (2013), debido a las condiciones de aridez en el APSGG, se presentan períodos persistentes de sequía, con déficit en el balance de agua y ciclos ocasionales o irregulares en la lluvia. • Con base en los resultados de los escenarios regionalizados, la intensidad en la precipitación será similar a la tendencia actual, sin embargo el aumento en la temperatura contribuye a la evapotranspiración, reduciendo a su vez, el recurso hídrico, debido a ello, es recomendable implementar acciones que se centren en el manejo sustentable de este recurso, por ejemplo; <ul style="list-style-type: none"> ○ Potenciar la recarga de los acuíferos. ○ Vigilar y promover las medidas de manejo de pozos. ○ Captación y almacenamiento de agua de lluvia. ○ Reutilización del agua. ○ Siembra de cultivos y variedades con bajos requerimientos de agua, entre otras.

Medida	Descripción	Aplicación
<p>Continuación...</p> <p>Integrar la adaptación basada en ecosistemas</p>	<p>La Adaptación basada en Ecosistemas (AbE) es definida como la utilización de la biodiversidad y los servicios de los ecosistemas, para ayudar a las personas a adaptarse a los efectos adversos del cambio climático; la AbE puede ser implementada en proyectos específicos o como parte de programas de adaptación. Es más eficaz cuando se implementa como complemento a una cartera amplia de medidas de adaptación.¹⁹</p>	<p>A través del manejo sostenible, la conservación y, la restauración de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos, las poblaciones humanas fortalecen sus capacidades de adaptación e incrementan su resiliencia; implica la protección y restauración de los sistemas naturales para apoyar los esfuerzos de la sociedad para adaptarse al cambio climático.</p> <ul style="list-style-type: none"> • La AbE comprende acciones que contribuyen al fortalecimiento de la capacidad adaptativa. En función a la problemática ambiental y socioeconómica, se proponen algunas de ellas: <ul style="list-style-type: none"> ○ Manejo integrado del recurso hídrico reconociendo el papel de las cuencas hidrográficas, los bosques y la vegetación asociada en la regulación de los flujos de agua. ○ Pagos por almacenamiento de carbono. ○ Pagos basados en indicadores indirectos o representativos de la biodiversidad. ○ Reconocimiento público a la buena administración del medio ambiente. ○ Aclaración de la tenencia y los derechos sobre la tierra, para mejorar la conservación, restauración y manejo sostenible de los ecosistemas. ○ Aprovechar las buenas prácticas existentes en la gestión de recursos naturales, entre otras.

¹⁹ (Lhumeau y Córdero, 2012).

Medida	Descripción	Aplicación
<p>Continuación...</p> <p>Proponer zonas prioritarias de conservación para implementar corredores biológicos</p>	<p>Los corredores biológicos surgen como un mecanismo que procura brindar mayor viabilidad a la conservación y aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y el medio ambiente.</p>	<p>Para el APSGG, Reyes (2013) identifica las siguientes zonas para el establecimiento de corredores biológicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • La Región Terrestre Prioritaria Cerro Zamorano en Querétaro y Guanajuato, debido a su buen estado de conservación con vegetación de bosque de galería y encino con endemismos importantes. Funciona como corredor biológico por la presencia de bosques de pino y encino bosques de <i>Abies</i>, <i>Pinus cembroides</i> y <i>Quercus</i>. • La Región Terrestre Prioritaria Sierra Gorda-Río Moctezuma cubre parte del estado de Guanajuato, Hidalgo, Querétaro y San Luis Potosí. Cuenta con gran diversidad de tipos de vegetación rica en endemismos. Muestra buen grado de conservación, funciona como corredor biológico por la continuidad de bosques y selvas. • El corredor Ecológico de la Sierra Madre Oriental el cual cubre los estados de Tamaulipas, San Luis Potosí, Querétaro, Hidalgo, Puebla y Veracruz. Posee altos niveles de diversidad, endemismos de especies vegetales y animales. Incluye las siguientes ANP, Reserva de la Biósfera Sierra del Abra Tanchipa, Región Prioritaria para la conservación Xilitla, Área de Protección de Recursos Naturales Cuenca Hidrográfica del Río Necaxa y el Proyecto de decreto Corredor Biológico Bosque Mesófilo de Montaña Hidalgo, Veracruz y Puebla.

Medida	Descripción	Aplicación
<p>Continuación...</p> <p>Impulsar el desarrollo ecoturístico</p>	<p>Para que haya un desarrollo integral sustentable del turismo en las AP, es necesario contar con medidas para aprovechar de manera óptima las oportunidades, así como, establecer reglas e implementar acciones para enfrentar las amenazas del turismo, de manera que el impacto se pueda mitigar.</p>	<p>Las actividades turísticas de bajo impacto y de manera organizada y planificada, son una opción autosustentable para los pobladores del APSGG. Sin embargo, no hay programas turísticos que controlen el aprovechamiento de los recursos sin causar daño al ecosistema, incidiendo en que las actividades que se presenten no sean controladas. Se tiene registro de que Vergel de Bernalejo, Charco Azul y El Platanal, sitios en donde se desarrollan actividades turísticas, pero, no hay estudios sobre la cantidad de visitantes ni el impacto que éstos ocasionan, especialmente durante semana santa.</p> <p>Se recomienda impulsar el desarrollo ecoturístico con el objetivo de ser una actividad autosustentable, sin embargo, para implementando es necesario que se realicen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Inventarios y estudios del paisaje. • Un diagnóstico del potencial turístico. • Un programa de ordenamiento de las actividades. • Un programa de desarrollo turístico que incluya la capacitación. • Tener infraestructura, señalamientos y personal de la comunidad capacitado para esos fines.

Medida	Descripción	Aplicación
<p>Continuación...</p> <p>Mantener comunicación con los actores clave de los distintos niveles</p>	<p>Necesario para la oportuna aplicación y desarrollo de las medidas de adaptación.</p>	<p>La relación efectiva que ha tenido el APSGG, ha sido con los siguientes actores clave:</p> <ul style="list-style-type: none"> • SEMARNAT, CONAFOR, PROFEPA, CONAGUA, CDI, INIFAP, IEG, SAGARPA, Universidad Autónoma Chapingo, Universidad Autónoma de Querétaro, Universidad de Guanajuato, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Suelo Feliz, Peace Corps y USDA Forest Service. • Con base en lo anterior, se considera importante generar la comunicación con la Comisión Intersecretarial de Cambio Climático del Estado de Guanajuato (COCLIMA), debido a que éste es un organismo encargado de coordinar que las dependencias y entidades del poder ejecutivo estatal promuevan y ejecuten acciones de prevención, mitigación y adaptación al cambio climático, a fin de lograr un desarrollo regional sustentable en el estado. Al ser la dependencia estatal más cercana al tema de cambio climático, es recomendable establecer comunicación, para generar en conjunto con los demás actores clave, medidas de adaptación viables al cambio del clima.

Fuente: Elaboración propia

CONCLUSIONES

El cambio climático es uno de los elementos que más desafíos presenta, al ser un tema de ámbito global y abarcar a todos los sectores y niveles de la sociedad, ya que el planeta entero afrontará los desafíos y las consecuencias mundiales que el cambio en el clima presente.

Existe una gran cantidad de estudios sobre el cambio climático, que presentan sus resultados con base en las proyecciones globales, dentro de las cuales consideran que los eventos extraordinarios actuales de precipitación y temperatura, serán condiciones normales en el futuro, lo cual tendrá graves consecuencias, no sólo para la salud de la población, sino también para los ecosistemas. A raíz de ello, se consideró apropiado el estudio de la relación hombre-naturaleza, motivo por el cual se analiza el caso del Área Protegida Sierra Gorda Guanajuato, bajo el enfoque de adaptación, reconociéndola como una región con una fuerte problemática ambiental, social y económica; factores esenciales para conocer la capacidad de adaptación, con la cual se determina lo preparada que se encuentra la sociedad y el sistema natural para enfrentar el cambio climático y los impactos que éste tendrá, de manera que pueda reducir su vulnerabilidad.

Con este trabajo se muestra la necesidad de identificar los elementos que forman parte del conjunto de información necesaria para conocer la adaptación al cambio climático, fenómeno que en el caso particular se considera de carácter geográfico, debido a que se presenta una distribución, la cual está en función a la necesidad del sistema social y natural a adaptarse a los impactos de la variabilidad climática actual y los impactos del cambio climático, que están fuertemente influenciados por el entorno físico, social, económico y político.

El trabajo desarrollado aporta un avance en cuanto a la identificación de la vulnerabilidad climática futura en el APSGG, ya que se generaron escenarios climáticos regionalizados, por medio del Generador Estocástico de Tiempo Meteorológico LARS, el cual proporciona información de una resolución fina, necesaria para los estudios de evaluación de impactos regionales; a partir de

estos escenarios regionalizados se logró comprobar el cambio en el clima para el período del 2010 al 2099, y con base en ellos, se explica que habrá un impacto debido al cambio climático, el cual conlleva a un incremento de los eventos de temperaturas máximas extremas, y a un decremento de los eventos de temperaturas mínimas extremas.

Además de la identificación climática actual y futura, se evaluó la adaptación existente con base en las condiciones ambientales y sociales; dando como resultado que el AP sea considerada una zona con una baja capacidad de adaptación al cambio climático, debido a que la población vive en condiciones de pobreza y marginación, por lo que la fragilidad económica y social son las principales fuentes de vulnerabilidad. Esta vulnerabilidad se traduce en una baja capacidad de adaptación, ya que el cambio climático ocasionará graves consecuencias para aquéllos que dependen de los servicios ambientales que proveen los ecosistemas.

Por el incremento de 1 a 2° C con respecto a la temperatura observada, habrá consecuencias en tres presiones que se presentan en la reserva, las cuales son: *sequía, erosión y pérdida de la biodiversidad*; debido al incremento de la temperatura, se hace más recurrente e intensa la sequía lo cual puede reducir la productividad de los suelos, especialmente en las zonas secas del AP; también la erosión afecta los suelos llevándolos a un punto crítico de desertificación, y los efectos de primera instancia se verán en la pérdida de la biodiversidad y en el bienestar de las familias que se encuentran dedicadas a la agricultura de subsistencia, poniendo en riesgo su propia seguridad alimenticia. Por estas condiciones, se ve la importancia de establecer medidas de adaptación que sean óptimas y realmente cumplan con el nivel de compromiso para poder reducir los impactos adversos del cambio climático, sólo por medio de la implementación de las estrategias de adaptación al cambio climático, la población que habita el APSGG podrá reducir la vulnerabilidad, además de fortalecer e impulsar medidas que favorezcan una mayor resiliencia de los ecosistemas. Es importante considerar que para implementar una estrategia de adaptación,

independientemente de las medidas que se incorporen, siempre va a tener un costo; sin embargo, el costo de la acción se debe comparar con el costo de la inacción, para poder valorar la importancia de las medidas de adaptación al cambio climático, y comprobar la eficacia de su incorporación dentro de las políticas de manejo del APSGG.

Como conclusión de este trabajo se cumplieron los objetivos particulares, los cuales fueron desarrollados a nivel capitular. En el capítulo 1 se desarrolló el primer objetivo, el cual trató de diagnosticar la problemática ambiental, social y económica del APSGG, en el capítulo 2, se identificó la amenaza climática actual y futura, correspondiente al segundo objetivo particular, y por último, en el capítulo 3 de identificaron las medidas de adaptación actuales que se presentan en el AP y se identificaron las medidas futuras, para contribuir en el avance de una estrategia de adaptación; los tres objetivos particulares fueron elegidos como parte de un proceso necesario para lograr el objetivo general, que fue identificar medidas de adaptación al cambio climático en el APSGG.

En cuanto a la hipótesis, no se cumplió lo esperado con la precipitación, ya que los modelos climáticos regionalizados mostraron una variación casi imperceptible (2 mm), sin embargo, sí se cumplen las afirmaciones sobre el aumento de la temperatura (+1°C, +2°C), aumento por los riesgos provenientes de la sequía, procesos de desertificación, reducción de la disponibilidad de agua y contaminación de la misma. Esta última afirmación, es de consideración ya que se presenta una contaminación de las aguas por materiales de desecho de las minas que existieron en lo que ahora forma parte del AP; este es un problema ambiental, que se presenta por factores antropogénicos, y que tiene fuertes implicaciones en la salud de la población, en la contaminación del recurso hídrico, y en la contaminación de la vegetación, alterando, a su vez, a la biodiversidad. Todo ello sirve de reflexión para considerar la importancia del análisis geográfico sobre los elementos del espacio, lo que motiva a seguir buscando medidas para poder conservar los recursos naturales que, a su vez, tienen ventajas para nosotros al proporcionarnos servicios ecosistémicos necesarios para la vida.

REFERENCIAS

- Acosta, J., (s/a) *Medidas Descriptivas*, Trabajando la Estadística, [En línea], disponible en <http://www.ematematicas.net/estadistica/medidas/?tipo=cuartil> [Consultado el 12 de marzo de 2012].
- Aguirre, M., (s/a) *Los Sistemas de Indicadores Ambientales y su Papel en la Información e Integración del Medio Ambiente*, Punto Focal Nacional de la Agencia Europea de Medio Ambiente, [En línea], disponible en http://www.ciccp.es/webantigua/icitema/Comunicaciones/Tomo_II/T2p1231.pdf [Consultado el 25 de agosto de 2012].
- Amador, J. y E. Alfaro, (2009) “Métodos de reducción de escala: aplicaciones al tiempo, clima, variabilidad climática y cambio climático”, en *Revista Iberoamericana de Economía Ecológica*, Vol. 11: 39-52, Universidad de Costa Rica, [En línea], disponible en <http://ddd.uab.cat/pub/revibec/13902776v11p39.pdf> [Consultado el 4 de julio de 2011].
- Arriaga, L. y L. Gómez, (2004) *Posibles efectos del cambio climático en algunos componentes de la biodiversidad de México*, Instituto Nacional de Ecología, [En línea], disponible en <http://www2.ine.gob.mx/publicaciones/libros/437/arriaga.html> [Consultado el 11 de abril de 2012].
- Banco Mundial, (2010) *Informe sobre el Desarrollo Mundial, Desarrollo y Cambio Climático, Panorama General, un Nuevo Clima para el Desarrollo*, Banco Mundial Washington, DC.
- Bello, L., (2013) *Escenarios de Cambio Climático para la Reserva de la Biósfera Sierra Gorda Guanajuato con el modelo LARS-WG*, Tesis de Licenciatura (no publicada), Facultad de Filosofía y Letras, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Boshell, J. y G. León, (2011) *Metodologías para generar y utilizar Información Meteorológica a nivel Subnacional y Local frente al Cambio Climático*, Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo, Perú, GIZ GmbH–Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit.

- Buenfil, J., (comp.), (2009) *Adaptación a los Impactos del Cambio Climático en los Humedales Costeros del Golfo de México*, Vol. II, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales – Instituto Nacional de Ecología, México.
- Camargo, A. y R. García, (2012) “Evaluación de dos modelos de reducción de escala en la generación de escenarios de cambio climático en el Valle de Mexicali en México” en *Información Tecnológica*, Vol. 23 no. 3 La Serena.
- Castro, M., Martín-Vide, J., S., Alonso, (2005) *El clima de España: pasado, presente y escenarios de clima para el siglo XXI*, Ministerio de Medio Ambiente.
- CCA, (2008) *Guía para la Generación de Escenarios de Cambio Climático a Escala Regional*, Centro de Ciencias de la Atmósfera, México, UNAM.
- CCE, (2009) *Libro Blanco, Adaptación al Cambio Climático: Hacia un Marco Europeo de Actuación*, Comisión de las Comunidades Europeas, Bruselas.
- CDI-PNU, (2009) *Panorama socioeconómico de la Población Indígena del Estado de Guanajuato, Indicadores e información sobre los pueblos indígenas de Guanajuato*, Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas – Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo México, México.
- CEAG, (2000) *Estudio de Prospección Hidrogeológica del Acuífero de Xichú, Gto.* Comisión Estatal del Agua, México, [En línea], disponible en <http://seia.guanajuato.gob.mx/panel/document/phpver.php?Id=2891> [Consultado el 10 de marzo de 2012].
- CEDEM, (s/a) *Curso: Población y Desarrollo*, Centro de Estudios Demográficos, Universidad de la Habana, [En línea], disponible en <http://www.cedem.uh.cu/> [Consultado el 11 de abril de 2013].
- CENAPRED, (2013) *Base de datos sobre Declaratorias de Emergencia de Desastre y Contingencias Climatológicas*, [En línea], disponible en http://atl.cenapred.unam.mx/index.php?option=com_docman&task=cat_view&gid=51&Itemid=215 [Consultado el 27 de junio de 2013].
- CEPAL, (2000) *Un Tema del Desarrollo: La Reducción de la vulnerabilidad frente a los Desastres*, Comisión Económica para América Latina, México.

- CICC, (2009) *Programa Especial de Cambio Climático 2009-2012*, Comisión Intersecretarial de Cambio Climático, México.
- Clarke, J., (1972) *Geografía de la Población*, Universidad Durham, segunda versión traducida por la Universidad Nacional Autónoma de México, México, UNAM.
- COCLIMA, (2011) *Programa Estatal de Cambio Climático Guanajuato*, Comisión Intersecretarial de Cambio Climático del Estado de Guanajuato, México.
- CONABIO, (2008) *Áreas Protegidas*, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, [En línea] disponible en: http://www.conabio.gob.mx/institucion/cooperacion_internacional/doctos/areas_protegidas.html [Consultado el 19 de agosto de 2012].
- CONABIO, (2012a) *La Biodiversidad en Guanajuato, Estudio de Estado, Vol. 1*, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.
- CONABIO, (2012b) *La Biodiversidad en Guanajuato, Estudio de Estado, Vol. II*, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.
- CONACULTA (2006) “Chichimeca Jonaz” en *Sistema de Información Cultural*, [En línea] disponible en: http://sic.conaculta.gob.mx/ficha.php?table=grupo_etnico&table_id=39 [Consultado el 10 de octubre de 2013].
- CONAGUA, (s/a) *Estudio Técnico Justificativo – Construcción de la Presa “El Realito” y sus Acueductos*, Comisión Nacional del Agua, México.
- CONANP, (s/aa) *Las Áreas Naturales Protegidas, Introducción para comunicadores y Educadores ambientales*, Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, [En línea] disponible en: <http://cambioclimatico.conanp.gob.mx/documentos/folleto.pdf> [Consultado el 13 de septiembre de 2012].
- CONANP, (s/ab) *¿Por qué las Áreas Naturales Protegidas son una Solución frente al Cambio Climático y Cuáles son sus Ventajas?*, [En línea] disponible en: http://cambioclimatico.conanp.gob.mx/documentos/index/anps_soluciones_frente%20al_cc.pdf [Consultado el 27 de agosto de 2011].

- CONANP, (2010a) *Estrategia de Cambio Climático para Áreas Protegidas*, Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, SEMARNAT, México.
- CONANP, (2010b), *10 Años Sembrando Semillas, Cosechando Logros*, Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, México, [En línea] disponible en: <http://www.conanp.gob.mx/contenido/pdf/Logros%202010.pdf> [Consultado el 18 de mayo de 2012].
- CONANP, (2012a) *Borrador del Programa de Manejo de la Reserva de la Biosfera Sierra Gorda de Guanajuato* (No publicado). Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, México.
- CONANP, (2012b) *Reserva de la Biosfera Sierra Gorda de Guanajuato, Línea Estratégica de Gestión, Logros 2007-2012*, Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, México.
- CONANP, (2012c) *Sistema General de Programas Operativos Anuales POA 2012, RB Sierra Gorda de Guanajuato*, Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, México.
- CONAPO, (2000) *Índice de Desarrollo Humano 2000*, Consejo Nacional de Población, México.
- CONAPO, (2010a) *Índice de Intensidad Migratoria México-Estados Unidos 2010*, Colección: Índices sociodemográficos, Consejo Nacional de Población, México.
- CONAPO, (2010b) *Índice de Marginación por Localidad 2010*, Consejo Nacional de Población, México.
- Conde, C., (2006) *México y el Cambio Climático Global*, Universidad Nacional Autónoma de México – Centro de Ciencias de la Atmósfera, México.
- CONEVAL, (2010) *Análisis y Medición de la Pobreza, Índice de Rezago Social 2010 a nivel municipal y por localidad*. Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social, [En línea] disponible en: <http://www.coneval.gob.mx/Medicion/Paginas/%C3%8Dndice-de-Rezago-social-2010.aspx> [Consultado el 23 de abril de 2012].

- COPLADEG, (2002) *Programa de desarrollo regional, región I Noreste*, Consejo de Planeación para el Desarrollo de Guanajuato.
- CSVA, (s/a) *Elaboración del Programa Hidráulico Preliminar*, Consejo del Sistema Veracruzano del Agua, México, [En línea] disponible en: <http://www.csva.gob.mx/biblioteca/estudiosProyectos/terminados/ProgHPre/Anexo1/Anexo1.pdf> [Consultado el 21 de marzo de 2013].
- DOF, (2007) *Decreto por el que se declara Área Natural Protegida, con el carácter de reserva de la biosfera, la zona conocida como Sierra Gorda de Guanajuato localizada en los municipios de Atarjea, San Luis de la Paz, Santa Catarina, Victoria y Xichú, en el Estado de Guanajuato*, Diario Oficial de la Federación, 2 de febrero de 2007, México, [En línea] disponible en: <http://www.conanp.gob.mx/sig/decretos/reservas/GordaGto.pdf> [Consultado el 13 de julio de 2011].
- DOF, (2012) *Declaratoria de Desastre Natural Perturbador en el sector agropecuario, acuícola y pesquero, a consecuencia de sequía atípica*, Diario Oficial de la Federación, 15 de febrero de 2012, México [En línea] disponible en: http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5233999&fecha=15/02/2012 [Consultado el 02 de noviembre de 2012].
- Dunn, K., (2010) *Interviewing. Qualitative Research Methods in Human Geography*, Edited by Iain Hay, Editorial Oxford. Third Edition.
- Echeverría, Y.; March, I. y H. Cabral (2011) *Guía para la Elaboración de Programas de Adaptación al Cambio Climático en Áreas Naturales Protegidas*, Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas - Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza A.C. - The Nature Conservancy, México.
- El Economista, (2013a) "Guanajuato y Michoacán reciben declaratorias de desastre natural", en *El Economista*, 9 de abril, 2013 [En línea] disponible en: <http://eleconomista.com.mx/sociedad/2013/04/09/guanajuato-michoacan-reciben-declaratorias-desastre-natural> [Consultado el 24 de agosto de 2013].
- El Economista, (2013b) "SLP recibe declaratoria de desastre natural tras sequía", en *El Economista*, 21 de mayo, 2013 [En línea] disponible en:

<http://eleconomista.com.mx/sociedad/2013/05/21/sequia-afecta-slp-recibe-declaratoria-desastre-natural> [Consultado el 24 de agosto de 2013].

García, J., (2013) “Contaminan Tóxicos Reserva de la Biosfera”, *Periódico am*, 30/07/2013, [En línea] disponible en: <http://www.am.com.mx/leon/local/contaminan-toxicos-reserva-de-biosfera-35586.html> [Consultado el 18 de agosto de 2013].

García, L., (s/a) *La Sequía y el Clima*, Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación, Madrid, España.

Gómez, L., (2000) *Continuidad de Series Climatológicas a partir de la instalación de Estaciones Meteorológicas Automáticas en los Observatorios Sinópticos de la República Mexicana*, Tesis de Maestría, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad Nacional Autónoma de México.

Gutiérrez, M., (1997) *Los residuos en la minería mexicana*, en Garfias, J., y L. Weber, (ed.) *Residuos peligrosos*, Instituto Nacional de Ecología, México.

Ibáñez, J., (2010) “Leptosoles” en *Un Universo invisible bajo nuestros pies, los suelos y la vida*, 6 de julio, 2010 [En línea] disponible en: <http://www.madrimasd.org/blogs/universo/2010/07/06/136490> [Consultado el 21 de marzo de 2013].

IEG, (2005) *Estudio Previo Justificativo Para el Establecimiento del Área Natural Protegida, Reserva de la Biosfera “Sierra Gorda de Guanajuato”*, Instituto de Ecología de Guanajuato, México.

IEG, (2008) *Hacia una Estrategia Estatal de Cambio Climático en Guanajuato*, Instituto de Ecología de Guanajuato, México.

INAFED, (s/a) *Tabulados Básicos Municipales*, Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal, México, [En línea] disponible en: http://www.inafed.gob.mx/wb/ELOCAL/ELOC_SNIM [Consultado el 10 de febrero de 2012].

INE, (2007) *Pronóstico climático estacional regionalizado para la República Mexicana como elemento para la reducción de riesgo, para la identificación de opciones de adaptación al cambio climático y para la alimentación del sistema: cambio climático por estado y por sector*, Instituto Nacional de Ecología, México.

- INE-UV-CCA, (2009) *Guía para la Elaboración de Programas Estatales de Acción ante el Cambio Climático (PEACC)*, Instituto Nacional de Ecología- Universidad Veracruzana, Centro de Ciencias de la Atmósfera, México, UNAM.
- INEC – PNUD, (2013) *Guía Metodológica para la Evaluación de la Vulnerabilidad ante Cambio Climático*, Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático – Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, México.
- INEGI, (2005a) *Anuario Estadístico de Guanajuato*, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, México.
- INEGI, (2005b) *Conteo de Población y Vivienda 2005*, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, México.
- INEGI, (2005c) *Guía para la Interpretación de Cartografía, Uso de Suelo y Vegetación Serie III*, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, México.
- INEGI, (2009) *Prontuario de Información Geográfica Municipal de los Estados Unidos Mexicanos*, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, México, [En línea] disponible en: <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/default.aspx?src=487&e=11> [Consultado el 27 de marzo de 2013].
- INEGI, (2010a) *Catálogo de Claves de Entidades Federativas, Municipios y Localidades*, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, México, [En línea] disponible en: <http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/geoestadistica/catalogoclaves.aspx> [Consultado el 02 de abril de 2013].
- INEGI, (2010b) *Censo de Población y Vivienda 2010*, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, México [En línea] disponible en: <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/TabuladosBasicos/Default.aspx?c=27302&s=est> [Consultado el 04 de abril de 2013].
- INEGI, (2010c) *México en Cifras, Información Nacional, por Entidad Federativa y Municipios*, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, México, [En línea] disponible en:

- <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/default.aspx?e=11> [Consultado el 02 de abril de 2013].
- INEGI, (2010d) *Panorama Sociodemográfico de Guanajuato*, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, México.
- INIA, (2008) “Precipitaciones acumuladas por estación meteorológica” en *Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria*, [En línea] disponible en: <http://www.inia.org.uy/online/site/77452011.php> [Consultado el 28 de octubre de 2013].
- IPCC, (2000) *Informe Especial del IPCC Escenarios de Emisiones, resumen para responsables de políticas*, Panel Intergubernamental de Cambio Climático.
- IPCC, (2001) *Appendix I: Glossary*. [En línea] disponible en: <http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg2/ar4-wg2-app.pdf> [Consultado el 01 de febrero de 2013].
- IPLANEG, (s/a) *El Estado de Guanajuato*, Instituto de Planeación del Estado de Guanajuato, [en línea] disponible en: http://www.sre.gob.mx/coordinacionpolitica/images/stories/documentos_gobiernos/pguanajuato.pdf [Consultado el 09 de abril de 2013].
- ITDT, (2006) *Comunicación Nacional: Programa Nacional de Adaptación y Planes Regionales de Adaptación*, Fundación e Instituto Torcuato Di Tella, Argentina.
- IUSS Grupo de Trabajo WRB, (2007) *Base Referencial Mundial del Recurso Suelo, Un Marco Conceptual para Clasificación, Correlación y Comunicación Internacional*. Informes sobre Recursos Mundiales de Suelos No. 103. FAO, Roma.
- Ize, I., (s/a) *El Cambio Climático y la Salud Humana*, Instituto Nacional de Ecología, México, [En línea] disponible en: http://www2.ine.gob.mx/publicaciones/gacetitas/367/cambioysalud.html?id_pub=367&id_tema=13&dir=Consultas [Consultado el 23 de noviembre de 2011].
- Landa, R.; Magaña, V. y C. Neri, (2008) *Agua y clima: elementos para la adaptación al cambio climático*, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México.

- León, C.; Munguía, N.; Rodríguez, P.; Gómez, L.; Graizbord, B. y V. Magaña, (2009), *Medidas de adaptación por sitio piloto*, en Buenfil, J., (comp.), *Adaptación a los Impactos del Cambio Climático en los Humedales Costeros del Golfo de México*, Vol. II, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales – Instituto Nacional de Ecología, México.
- Lhumeau, A. y D. Córdero, (2012) *Adaptación basada en Ecosistemas: una respuesta al cambio climático*, Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y de los Recursos Naturales, Quito, Ecuador.
- Magaña, V., (2010) *Guía para Generar y Aplicar Escenarios Probabilísticos Regionales de Cambio Climático en la toma de decisiones*, Centro de Ciencias de la Atmósfera, México, UNAM.
- Magaña, V.; Conde C.; Sánchez, O. y C. Gay, (2000) *Evaluación de Escenarios Regionales de Clima Actual y de Cambio Climático futuro para México*, en Gay, C. (comp.) *México: Una Visión hacia el Siglo XXI. El Cambio Climático en México*, México, Instituto Nacional de Ecología/ Universidad Nacional Autónoma de México/ US Country Studies Program, México.
- Magaña, V.; Gómez, L.; Neri, C.; Landa, R.; León, C. y B. Ávila, (2011) *Medidas de Adaptación al Cambio Climático en Humedales del Golfo de México*, Centro de Especialistas y Gestión Ambiental, México.
- Magaña, V.; Graizbord, B.; Buenfil, J. y L., Gómez, (2009) *Escenarios de Cambio Climático y Tendencias en la zona del golfo de México*, en Buenfil, J., (comp.), *Adaptación a los Impactos del Cambio Climático en los Humedales Costeros del Golfo de México*, Vol. II, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales – Instituto Nacional de Ecología, México.
- Magaña, V.; Pérez, J.; Conde, C.; Gay, C. y M. Socorro, (1997) *El Fenómeno de El Niño y la Oscilación del Sur (ENOS) y sus Impactos en México*, Centro de Ciencias de la Atmósfera, México, UNAM.
- Magaña, V. y C. Gay, (2002) *Vulnerabilidad y Adaptación Regional ante el Cambio Climático y sus Impactos Ambiental, Social y Económico*, Instituto Nacional de Ecología, México.

- MARM, (2007) *Generación de Escenarios Regionalizados de Cambio Climático para España*, Ministerio de Medio Ambiente, España.
- Martínez, J.; Fernández, A. y P. Osnaya, (comp.), (2004) *Cambio climático: una visión desde México*, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales – Instituto Nacional de Ecología, México.
- Méndez, E., (2012), “Modificarán decreto de Reserva de la Biósfera la Sierra Gorda (avance)”, en *Periódico Correo*, [En línea] disponible en: <http://www.periodicocorreo.com.mx/comunidades/regionnoreste/58022-modificaran-decreto-de-reserva-de-la-biosfera-la-sierra-gorda-avance.html> [Consultado el 25 de abril de 2013].
- Méndez, J., (s/aa), *Generación de Escenarios de Cambio Climático mediante la herramienta LARS-WG 4.0, Generador Estocástico de Tiempo Meteorológico*, México.
- Méndez, J., (s/ab), *Generación y Aplicación de Escenarios Probabilísticos regionales de Cambio Climático en la toma de decisiones*, Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM.
- Méndez, J., (2003) *Un estudio de Eventos Hidrometeorológicos Extremos en la República Mexicana*, Tesis de Maestría, México, Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM.
- Mendoza, C., (2010) *Acciones de Adaptación y Vulnerabilidad en el Sector Forestal ante el Cambio Climático en el Estado de México*, Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Meyer, F., (1998) *La Minería en Guanajuato (1892-1913)*, El Colegio de Michoacán - Universidad de Guanajuato, México.
- MINEM, (s/a) *Estudio de Impacto Ambiental de la Prospección Sísmica 2D y Perforación Exploratoria, Lote 138*. Ministerio de Energía y Minas, Perú.
- Ministerio del Ambiente, (s/a) “A nivel de escenarios climáticos” en *Portal de cambio climático*, Ministerio del Ambiente, Perú, [En línea] disponible en: <http://cambioclimatico.minam.gob.pe/adaptacion-al-cc/avances-en-el-peru-en->

- [adaptacion/a-nivel-de-escenarios-climaticos/](#) [Consultado el 29 de septiembre de 2012].
- Montenegro, E., (2009) *Diagramas de Caja o Box Plot*, Estadística y Probabilidades, Perú, [En línea] disponible en: <http://curso-estadistica-probabilidades.blogspot.mx/2009/10/diagrama-de-caja-o-boxplot.html> [Consultado el 18 de septiembre de 2012].
- NOAA, (2013) “*North American Drought Monitor*”, en *National Oceanic and Atmospheric Administration*, [En línea] disponible en: <http://www.ncdc.noaa.gov/temp-and-precip/drought/nadm/index.php> [Consultado el 26 de octubre de 2013].
- NUMA – UFPA, (2008) *Hacia la Evaluación de Prácticas de Adaptación ante la Variabilidad y el Cambio Climático*, Núcleo de Medio Ambiente, Universidade Federal do Pará, Brasil.
- ONU, (1992) Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, Organización de las Naciones Unidas.
- Pardo, M., (2010) “Cambio climático más pobreza: Una mala combinación”, en *Daphnia*, invierno 2010, Número 51, [En línea] disponible en: <http://www.istas.net/daphnia/articulo.asp?idarticulo=965> [Consultado el 6 de agosto de 2012].
- PNUD, (2005) *Marco de Políticas de Adaptación al Cambio Climático: Desarrollo de Estrategias, Políticas y Medidas*, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, Estados Unidos.
- PNUD, (2007) *Informe Sobre Desarrollo Humano 2007-2008, La Lucha contra el Cambio Climático: Solidaridad frente a un Mundo Dividido*, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, Estados Unidos.
- PNUD, (2009) *Glosario corto de términos y conceptos importantes relacionados con el cambio climático*, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Colombia.
- PNUMA, (s/a) *Resiliencia a un Clima Cambiante*, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, [En línea] disponible en:

- <http://www.unep.org/spanish/unite/30ways/flagship.aspx?id=1> [Consultado el 16 de febrero de 2012].
- PNUMA, (2005) *Proyecto de Ciudadanía Ambiental Global*, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, México.
- PO, (2010) "Presidencia Municipal – Xichú, Gto. Plan de Gobierno 2009-2012", en *Periódico Oficial*, 23 de marzo 2010, pág. 65.
- Proceso, (2007) "La Sierra Gorda de Guanajuato, el Área Natural Protegida más Importante de México", en *Proceso*, 27 de marzo 2007, [En línea] disponible en: <http://www.proceso.com.mx/?p=206619> [Consultado el 02 de abril de 2013].
- PRONATURA, (s/aa) *Consultoría para la Identificación de un Portafolio de Medidas de Adaptación al Cambio Climático para el Sector Forestal, mediante la Evaluación del Riesgo Actual y Proyectado al 2030*, México [En línea] disponible en: http://www.inecc.gob.mx/descargas/cclimatico/2012_t5cn_evacc_09_aordonez.pdf [Consultado el 14 de mayo de 2013].
- PRONATURA, (s/ab) *Monitoreo Satelital a Nivel Estatal para el Control de Suelos Erosionados por Pérdida de Cobertura Vegetal y Procesos de Urbanización*, México.
- Rentería, L., (s/a) *Servicios Ecosistémicos y Biodiversidad*, Ficha Pedagógica No. 5, Chile.
- Reyes, M., (2013) *Vulnerabilidad de los bosques en la reserva de la biosfera Sierra Gorda Guanajuato, bajo escenarios de cambio climático*, Tesis de Licenciatura (no publicada), Facultad de Filosofía y Letras, Universidad Nacional Autónoma de México.
- SEDESHU, (s/a) *Monografías Indígenas, Padrón de Pueblos y Comunidades Indígenas del Estado de Guanajuato*, Secretaría de Desarrollo Social y Humano, [En línea] disponible en: <http://desarrollosocial.guanajuato.gob.mx/monografias-indigenas.php> [Consultado el 23 de abril de 2013].
- SEDESHU, (2012) *Perfil Económico de Atarjea*, Secretaría de Desarrollo Social y Humano, [En línea] disponible en:

- http://portalsocial.guanajuato.gob.mx/sites/default/files/documentos/2012_SEDESH_U_Perfil%20Economico%20Atarjea.pdf [Consultado el 16 de enero de 2013].
- SEIA, (2008) *Variabilidad Climática en Guanajuato*, Sistema Estatal de Información del Agua, [En línea] disponible en: http://seia.guanajuato.gob.mx/document/EXPO2008/cambio/Pres_MarcosEsquivel.pdf [Consultado el 26 de diciembre de 2013].
- SEMARNAT – INE, (2010) *Adaptación al Cambio Climático en el Ámbito Nacional*, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales – Instituto Nacional de Ecología, México.
- Semenov, M. y E. Barrow (2002) *LARS-WG, A Stochastic Weather Generator for Use in Climate Impact Studies*, [En línea] disponible en: <http://www.rothamsted.ac.uk/mas-models/download/LARS-WG-Manual.pdf> [Consultado el 29 de octubre de 2013].
- SGM, (2011) *Panorama Minero del Estado de Guanajuato*, Servicio Geológico Mexicano, México.
- Soberón J.; Halffter G. y J. Llorente-Bousquets, (2008) *Capital Natural de México, Conocimiento actual de la biodiversidad Vol. I*, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.
- SSPEG, (s/a) *Atlas de Riesgos, Guanajuato*, Secretaría de Seguridad Pública del Estado de Guanajuato, México, [En línea] disponible en: <http://proteccioncivil.guanajuato.gob.mx/index.php> [Consultado el 14 de mayo de 2012].
- Thompson, I., (2012) “Biodiversidad, Umbrales Ecosistémicos, Resiliencia y Degradación Forestal” en *Unasylva: revista internacional de silvicultura e industrias forestales*, No. 238, 2012, Canadá, [En línea] disponible en: <http://www.fao.org/docrep/015/i2560s/i2560s05.pdf> [Consultado el 15 de octubre de 2012].
- UGTO, (2008) *Manifiesto de Impacto Ambiental, Proyecto: Estudios Ambientales del Camino de Acceso a Atarjea, en el Municipio de Atarjea*, Universidad de Guanajuato, México.

- UICN-CMAP, (s/a) *Soluciones Naturales, Las Áreas Protegidas ayudan a las personas a enfrentar el Cambio Climático*, La Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza – La Comisión Mundial de Áreas Protegidas.
- UNAM – COLSON, (2004) *Adaptación al Cambio Climático: Hermosillo, Sonora, Un Caso de Estudio*. Universidad Nacional Autónoma de México - Colegio de Sonora, México.
- UNDP, (2003) *Términos de Referencia para la Evaluación del Proyecto Regional PNUD-GEF - Creación de Capacidad para la Etapa II Adaptación al Cambio Climático en Centroamérica, México y Cuba.*, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, Panamá.
- UR, (2012) *Curso Básico de Análisis de Datos con Statistica*, Universidad de la Rioja- Departamento de Matemáticas y Computación, [En Línea] disponible en: http://www.unirioja.es/cu/zehernan/docencia/Curso_basico_analisis_%20datos_con_STATISTICA-2012/Apuntes_PDI_Ene2012.pdf [Consultado el 21 de mayo de 2013].
- Uzeta, J., (2005) “El Agua como Cultura, disputas en torno a un Recurso Escaso en el Noreste de Guanajuato” en *Nueva Antropología*, vol. XIX, núm. 64, enero-abril 2005, pp. 31-51, México.
- Vázquez, C. y A. Orozco, (1995) *La Destrucción de la Naturaleza*, quinta reimpresión, Fondo de Cultura Económica, México.
- Vázquez, J., (2006) *Datos climáticos de la República Mexicana: panorama actual y requerimientos inmediatos*. 1er Foro del Medio Ambiente Atmosférico en el Estado de Veracruz Xalapa, Veracruz, 9 y 10 de febrero de 2006, [En Línea] disponible en: http://www.csva.gob.mx/foro_medioambiente/MA/pdf/ForoMA%209%20Datos.pdf [Consultado el 17 de marzo de 2013].
- Villalpando, R.; Breach, M.; Partida, J.; García, C.; Morales, A.; Valadez, A.; Dávila, I.; Maldonado, S.; Argüelles, E.; Bañuelos, C. y L. Ramos, (2010) “Clima gélido cobra la vida de 4 personas en tres entidades”, en *La Jornada*, Sábado 16 de enero de 2010, p. 26 [En línea], disponible en

<http://www.jornada.unam.mx/2010/01/16/estados/026n1est> [Consultado el 19 de mayo de 2013].

Villers, L. y I. Trejo, (2004) *Evaluación de la Vulnerabilidad en los Ecosistemas Forestales*, en Martínez, J., Fernández, A., P. Osnaya, (comp.), *Cambio climático: una visión desde México*, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales – Instituto Nacional de Ecología, México.

WWF-Reino Unido, (2010) *Qué son los Riesgos Hídricos, Guía sobre las Consecuencias de la Escasez de Agua para el Gobierno y las Empresas*, World Wide Fund for Nature (Inicialmente World Wildlife Fund), traducción por Ana Lucía Block, México.

Páginas de Internet

<http://hdrstats.undp.org/es/indicadores/103106.html>

http://www.imn.ac.cr/educacion/enos/a_nino6.html

http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ensoyears.shtml

http://www.uam.es/personal_pdi/ciencias/ortega/docencia/0910Estadistica/Apuntes0910.pdf