



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
DE AGUASCALIENTES**

Centro de Ciencias Agropecuarias.

Posgrado en Ciencias y Tecnologías Agrícolas, Pecuarias y de los Alimentos.

Área de Manejo de Agroecosistemas y Recursos Naturales.

**Evaluación de la condición actual y tendencias del ecosistema de la
cuenca de la Presa Calles en la Sierra Fría de Aguascalientes.**

Bases ecológicas para un manejo sostenible.

Tesis que presenta

Biol. Carlos Rodrigo Martín Clemente

para obtener el grado de:

**DOCTOR EN CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS AGRÍCOLAS, PECUARIAS Y DE
LOS ALIMENTOS**

Comité Tutorial

Dr. Joaquín Sosa Ramírez (Director de Tesis)

PhD. José de Jesús Luna Ruiz

Dr. Antonio de Jesús Meráz Jiménez

Dr. José Manuel Maass Moreno

Dr. Ernesto Flores Ancira

Jesús María, Aguascalientes, septiembre de 2017.



DR. EN FARM. RAÚL ORTIZ MARTÍNEZ
DECANO DEL CENTRO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
P R E S E N T E.

Con fundamento en el artículo 175, apartado II del Reglamento General de Docencia, le comunico que he revisado el trabajo de tesis que presenta el **Biol. Carlos Rodrigo Martín Clemente** denominado:

“Evaluación de la condición actual y tendencias del ecosistema de la cuenca de la presa Calles en la Sierra Fría de Aguascalientes. Bases ecológicas para un manejo sostenible”

Como requisito parcial para obtener el grado de Doctor en Ciencias y Tecnologías Agrícolas, Pecuarias y de los Alimentos dentro del *Programa del Posgrado en Ciencias y Tecnologías Agrícolas, Pecuarias y de los Alimentos (PCTAPA)* en la modalidad Doctorado Directo.

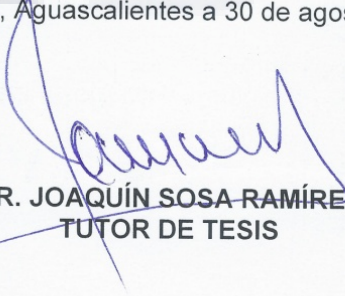
Considero que el trabajo cumple con los requisitos para ser presentado y discutido en el examen de grado correspondiente.

Por lo anterior no tengo inconveniente en otorgar mi *voto aprobatorio* para la impresión de la tesis y se proceda con la programación del examen de grado.

Se extiende la presente con el fin de continuar con los trámites administrativos.

ATENTAMENTE

Jesús María, Aguascalientes a 30 de agosto del 2017



DR. JOAQUÍN SOSA-RAMÍREZ
TUTOR DE TESIS



DR. EN FARM. RAÚL ORTIZ MARTÍNEZ
DECANO DEL CENTRO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
P R E S E N T E.

Con fundamento en el artículo 175, apartado II del Reglamento General de Docencia, le comunico que he revisado el trabajo de tesis que presenta el **Biol. Carlos Rodrigo Martín Clemente** denominado:

“Evaluación de la condición actual y tendencias del ecosistema de la cuenca de la presa Calles en la Sierra Fría de Aguascalientes. Bases ecológicas para un manejo sostenible”

Como requisito parcial para obtener el grado de Doctor en Ciencias y Tecnologías Agrícolas, Pecuarias y de los Alimentos dentro del *Programa del Posgrado en Ciencias y Tecnologías Agrícolas, Pecuarias y de los Alimentos (PCTAPA)* en la modalidad Doctorado Directo.

Considero que el trabajo cumple con los requisitos para ser presentado y discutido en el examen de grado correspondiente.

Por lo anterior no tengo inconveniente en otorgar mi *voto aprobatorio* para la impresión de la tesis y se proceda con la programación del examen de grado.

Se extiende la presente con el fin de continuar con los trámites administrativos.

ATENTAMENTE

Jesús María, Aguascalientes a 31 de agosto del 2017

DR. JOSE DE JESUS LUNA RUIZ
INTEGRANTE DEL COMITÉ TUTORAL



DR. EN FARM. RAÚL ORTIZ MARTÍNEZ
DECANO DEL CENTRO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
P R E S E N T E.

Con fundamento en el artículo 175, apartado II del Reglamento General de Docencia, le comunico que he revisado el trabajo de tesis que presenta el **Biol. Carlos Rodrigo Martín Clemente** denominado:

“Evaluación de la condición actual y tendencias del ecosistema de la cuenca de la presa Calles en la Sierra Fría de Aguascalientes. Bases ecológicas para un manejo sostenible”

Como requisito parcial para obtener el grado de Doctor en Ciencias y Tecnologías Agrícolas, Pecuarias y de los Alimentos dentro del *Programa del Posgrado en Ciencias y Tecnologías Agrícolas, Pecuarias y de los Alimentos (PCTAPA)* en la modalidad Doctorado Directo.

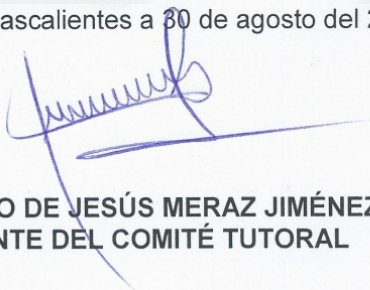
Considero que el trabajo cumple con los requisitos para ser presentado y discutido en el examen de grado correspondiente.

Por lo anterior no tengo inconveniente en otorgar mi *voto aprobatorio* para la impresión de la tesis y se proceda con la programación del examen de grado.

Se extiende la presente con el fin de continuar con los trámites administrativos.

ATENTAMENTE

Jesús María, Aguascalientes a 30 de agosto del 2017



DR. ANTONIO DE JESÚS MERAZ JIMÉNEZ
INTEGRANTE DEL COMITÉ TUTORAL

Dra. en Admón. María del Carmen Martínez Serna
Directora General de Investigación y Posgrado
PRESENTE.

Por medio de la presente me permito comunicarle a usted que la tesis titulada "EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN ACTUAL Y TENDENCIAS DEL ECOSISTEMA DE LA CUENCA DE LA PRESA CALLES EN LA SIERRA FRÍA DE AGUASCALIENTES. BASES ECOLÓGICAS PARA UN MANEJO SOSTENIBLE", del alumno **CARLOS RODRIGO MARTÍN CLEMENTE**, egresado del Programa de Posgrado en Ciencias y Tecnologías Agrícolas, Pecuarias y de los Alimentos, respeta las normas y lineamientos establecidos institucionalmente para su elaboración y su autor cuenta con el voto aprobatorio de su tutor y comité tutorial.

Sin más por el momento aprovecho la ocasión para enviarle un cordial saludo.

ATENTAMENTE
Jesús María, Ags., 04 de Septiembre del 2017
"SE LUMEN PROFERRE"


Dr. Raúl Ortiz Martínez
Decano del Centro

c.c.p. Jefa del Departamento de Control Escolar
c.c.p. Sección de Certificados y Títulos
c.c.p. Secretario Técnico
c.c.p. Estudiante
c.c.p. Archivo

COMPARACIÓN DE MÉTODOS PARA ESTIMAR DISPONIBILIDAD HÍDRICA EN CUENCAS FORESTALES

Comparison of Methods to Estimate Water Availability on Forest Watersheds

Carlos Rodrigo Martín Clemente¹, Joaquín Sosa Ramírez^{2†}, Manuel Maass Moreno³,
José de Jesús Luna Ruíz², Antonio de Jesús Meráz Jiménez² y Ernesto Flores Ancira²

RESUMEN

La cuenca de la Presa Calles se ubica dentro de la Sierra Fría, en el estado de Aguascalientes, México. Pese a ser la principal fuente de agua del acuífero interestatal “Ojocaliente-Aguascalientes-Encarnación” no existen estudios sobre la dinámica hídrica en este ecosistema. Este trabajo compara la disponibilidad hídrica de la cuenca de la Presa Calles, estimada a partir del modelo de balance hídrico de Thornthwaite y Mather (B.H.), corregido en función de la latitud y ponderado mediante polígonos de Thiessen, asociado a las fórmulas para el cálculo de evapotranspiración potencial de Thornthwaite, Blaney-Criddle y Hargreaves-Samani. La comparación se realizó aplicando la prueba de diferencia significativa honesta de Tukey (Tukey DSH), con $\alpha = 0.05$. Como referente se calculó la disponibilidad hídrica de la cuenca con el Método directo registros hidrométricos (MDRH) propuesto por la NOM-011-CNA-2000. La disponibilidad hídrica se estimó en 28.52 Mm³ (B.H. + Thornthwaite), 51.30 Mm³ (B.H. + Hargreaves-Samani), 133.92 Mm³ (B.H. + Blaney-Criddle) y 50.66 Mm³ (MDRH). La prueba de Tukey DHS indicó que no existe una diferencia significativa entre los valores obtenidos mediante el MDHR y el B.H. + Hargreaves-Samani ($P = 0.999031$), en oposición a la diferencia significativa encontrada para los otros dos métodos ($P = 0.000164$, $P = 0.000335$). La mejor estimación de la disponibilidad hídrica de

la cuenca se obtuvo usando el método B.H. + Hargreaves-Samani, por lo que este puede ser utilizado en sitios donde no puedan obtenerse mediciones directas, para recabar información base para el establecimiento de acciones primarias de manejo.

Palabras claves: *Blaney-Criddle, escorrentía, Hargreaves-Samani, Thornthwaite y Mather.*

SUMMARY

The Calles watershed is located in Sierra Fría, Aguascalientes, Mexico. Although it is the main water resource of the interstate aquifer “Ojocaliente-Aguascalientes-Encarnación”, there are no studies on the water dynamics of this ecosystem. This work compares the water availability of the Calles watershed estimated through the Thornthwaite & Mather water balance model (W.B.), latitude adjusted and weighted by Thiessen polygons, associated to the potential evapotranspiration formulas of Thornthwaite, Blaney-Criddle and Hargreaves-Samani. The comparison was done through the Tukey HSD (Honest Significant Difference) test, with $\alpha = 0.05$. The watershed's water availability was calculated through the Hydrometric records direct method (HRDM) proposed by the NOM-011-CNA-2000 as a reference. Water availability was estimated at 28.52 Mm³ (W.B. + Thornthwaite), 51.30 Mm³ (W.B. + Hargreaves-Samani), 133.92 Mm³ (W.B. + Blaney-Criddle) and 50.66 Mm³ (HRDM). The Tukey HSD test results shows that there was no significant difference between the values obtained through the HRDM and the W.B. + Hargreaves-Samani ($P = 0.999031$), contrasting with the significant differences found between the other pairs of methods ($P = 0.000164$, $P = 0.000335$). Therefore, the W. B. + Hargreaves-Samani produced the best watershed water availability value. It can thus be used to obtain basic information to establish primary management actions in places where direct measurements cannot be obtained.

¹ SEMARNAT, Delegación Federal en Aguascalientes. Av. Francisco I. Madero no. 344 Zona Centro. 20000 Aguascalientes, Ags., México.

² Universidad Autónoma de Aguascalientes. Depto. de Disciplinas Agrícolas. Av. Universidad no. 940, Cd. Universitaria. 20131 Aguascalientes, Ags., México.

[†] Autor responsable (jsosar@correo.uaa.mx)

³ CIEco UNAM Campus Morelia. Antigua Carretera a Pátzcuaro no. 8701, Col. Ex-Hacienda de San José de la Huerta. 58190 Morelia, Michoacán, México.

Recibido: mayo de 2014. Aceptado: febrero de 2015.

Publicado en Terra Latinoamericana 33: 17-26.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología de Aguascalientes por el apoyo económico para la realización de los estudios doctorales.

A la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales por las facilidades otorgadas para la realización del estudio, tanto para el análisis de la información como para la obtención de datos.

Al Instituto del Medio Ambiente del Estado de Aguascalientes por el apoyo para la realización de las actividades complementarias previstas por el programa doctoral.

A la Universidad Autónoma de Aguascalientes, mi *alma mater*, por el respaldo, apoyo y facilidades para el desarrollo de los estudios doctorales y la obtención del grado.

A los Doctores Joaquín Sosa, Manuel Maass, José Luna, Jesús Meraz y Ernesto Flores por su orientación, consejos, paciencia y sobre todo por permitirme desarrollar libremente el estudio sólo interviniendo para enderezar el camino cuando era necesario.

Un agradecimiento particular al Dr. Joaquín Sosa, quien no sólo aceptó dirigir mi tesis, sino que me ha brindado su amistad. Un agradecimiento especial al Dr. Meraz por esas agradables pláticas acompañadas de un buen café y las inigualables galletas "populares".

Un agradecimiento especial a Manuel Maass por su invaluable orientación en todo lo relacionado con los estudios hidrológicos realizados y por sus consejos no sólo en lo relativo al estudio, sino también en el ámbito personal para afrontar los retos y problemas que se presentaron durante la realización del doctorado.

A los investigadores del Centro de Investigaciones en Ecosistemas de la UNAM, en especial al Dr. Víctor Jaramillo Luque por su apoyo en la definición de los alcances del estudio y en la acotación de los objetivos y escalas de trabajo.

Al Dr. Catarino Perales Segovia por sus consejos y observaciones los cuales ayudaron a darle una mejor forma al estudio.

Al Dr. Francisco Javier Hernández Dueñas por su apoyo en campo y sus valiosos consejos en etapas tempranas del estudio.

A Francisco Javier Torres Rojas por su apoyo en campo durante la corroboración de la información documental y el levantamiento de nueva información.

A mis "compañeritos de banca" Jorge Berni, Mario Pérez y Jorge Martínez por las largas tertulias y discusiones que permitieron enriquecer la tesis.

DEDICATORIAS

A mis padres Irene de los Dolores Clemente Sánchez y Jesús Eduardo Martín Jáuregui, quienes siempre han fomentado mi curiosidad y deseo de saber.

A Vianney Beraud Macías, mi compañera de vida, por su apoyo y paciencia durante el desarrollo del estudio.

A mi abuelo Teodoro Jesús Martín González y a mi tío Fernando Clemente Sánchez, quienes de alguna manera influyeron en mi decisión de dedicarme a las ciencias naturales.

Al Dr. José Sarukhán Kermez, quien no solo 'me hizo el día' sino 'me hizo la vida' cuando después de una plática que sostuvimos me dijo que yo era algo así como su "nieto profesional".

A Jules Verne, cuyas narraciones despertaron y siguen avivando mi interés por la investigación científica.

Al Dr. Emeet Lathrop Brown (Christopher Lloyd) y al Oceanólogo Matt Hooper (Richard Dreyfuss), quienes durante mi infancia despertaron mi interés por la investigación científica.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE TABLAS.....	4
ÍNDICE DE MAPAS.....	5
RESUMEN	7
ABSTRACT	10
INTRODUCCIÓN	13
I. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO.....	15
I.2. ANTECEDENTES	18
I.3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	20
I.4. OBJETIVOS.....	21
I.5. REFERENCIAS.	22
II. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	30
II.1. DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	30
II.2. MEDIO FÍSICO	33
II.2.1. UNIDADES DE PAISAJE.....	33
II.2.2. CLIMA	33
II.2.3. EDAFOLOGÍA.....	35
II.2.4. GEOLOGÍA	35
II.2.5. GEOMORFOLOGÍA	35
II.2.6. HIDROLOGÍA	38
II.2.7. FAUNA	38
II.2.8. USO DE SUELO Y VEGETACIÓN.....	38
II.3. REFERENCIAS.	40
III. BALANCE HÍDRICO DE LA CUENCA DE LA PRESA CALLES.....	42
III.1. INTRODUCCIÓN	42
III.2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	47
III.2.1. DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	47
III.2.2. DESCRIPCIÓN DEL MODELO DEL BALANCE HÍDRICO DE THORNTHWAITE Y MATHER	47
III.2.4. ADQUISICIÓN DE INSUMOS	52
III.2.5. GENERACIÓN DE INFORMACIÓN BASE PARA EL MODELO	53
III.2.5.1. EVAPOTRANSPIRACIÓN.....	53

III.2.5.2. RETENCIÓN DE HUMEDAD EN EL SUELO	56
III.2.6. SELECCIÓN DEL DESCRIPTOR DEL BALANCE HÍDRICO DE LA CUENCA	56
III.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	57
III.3.1. BALANCE HÍDRICO DE LA CUENCA	57
III.3.1.1. DESCRIPTOR DEL BALANCE HÍDRICO DE LA CUENCA	60
III.3.2. DESCRIPCIÓN DEL CICLO HIDROLÓGICO.	64
III.3.3. ANÁLISIS HIDROLÓGICO ESPACIAL.	68
III.4. CONCLUSIONES	69
III.5. FUENTES DE INFORMACIÓN	70
IV. DISTURBIOS PRESENTES EN LA CUENCA.	75
IV.1. INTRODUCCIÓN	75
IV.2. MATERIALES Y MÉTODOS	81
IV.2.1. DISTURBIOS ANTRÓPICOS	81
IV.2.1.1. ADQUISICIÓN DE INFORMACIÓN BASE	81
IV.2.1.2. DETECCIÓN DE DISTURBIOS	83
IV.2.2. DISTURBIOS NATURALES.	85
IV.2.2.1. ADQUISICIÓN DE INSUMOS.....	85
IV.2.2.2. DETECCIÓN DE DISTURBIOS	85
IV.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	86
IV.3.1. DISTURBIOS ANTRÓPICOS	86
IV.3.1.1. TALLERES SEMARNAT-CONANP-UAA.....	86
IV.3.1.2. ESPACIALIZACIÓN DE LOS DISTURBIOS ANTRÓPICOS DETECTADOS.	91
IV.3.1.2.1. REESTRUCTURACIÓN FÍSICA DEL AMBIENTE.....	91
IV.3.1.2.2. INTRODUCCIÓN DE ESPECIES EXÓTICAS.....	118
IV.3.1.2.1. SOBREEXPLOTACIÓN DE RECURSOS.	119
IV.3.2. DISTURBIOS NATURALES	120
IV.3.1.3. APROVECHAMIENTO DE AGUAS SUPERFICIALES.	120
IV.3.2.1. INSECTOS FITÓFAGOS.	120
IV.3.2.2. PLANTAS EPÍFITAS.	122
IV.3.2.3. HONGOS FITOPATÓGENOS.....	122
IV.4. CONCLUSIONES	128
IV.5. FUENTES DE INFORMACIÓN.....	129

V. ESTADO DE SALUD DEL ECOSISTEMA LA CUENCA DE LA PRESA CALLES.....132

V.1. INTRODUCCIÓN.....132

V.2. METODOLOGÍA.....134

V.2.1. SELECCIÓN DE CRITERIOS E INDICADORES.....134

V.2.2. EVALUACIÓN DEL ESTADO DE SALUD DE LA CUENCA.....135

V.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....135

V.3.1. DEFINICIÓN DE CRITERIOS E INDICADORES.....135

V.3.2. ESTADO DE SALUD.....140

V.4. CONCLUSIONES.....142

V.5. FUENTES DE INFORMACIÓN.....142

VI. POLÍTICAS DE MANEJO PARA LA CONSERVACIÓN DE LA CUENCA DE LA PRESA CALLES.....144

VI.1. INTRODUCCIÓN.....144

VI.2. MATERIALES Y MÉTODOS.....147

VI.2.1. ANÁLISIS DEL MARCO NORMATIVO.....147

VI.2.2. ADQUISICIÓN DE INSUMOS Y DEFINICIÓN DE CRITERIOS.....147

VI.2.3. SELECCIÓN DE POLÍTICAS Y ACCIONES.....148

VI.2.4. ZONIFICACIÓN DE POLÍTICAS Y ESPACIALIZACIÓN DE ACCIONES DE MANEJO.....149

VI.3. RESULTADOS.....149

VI.3.1. RESTRICCIONES Y LIMITACIONES LEGALES.....149

VI.3.2. CRITERIOS SELECCIONADOS.....155

CRITERIOS NATURALES.....155

CRITERIOS ANTRÓPICOS.....155

VI.3.3.1. ZONIFICACIÓN DE POLÍTICAS.....157

VI.3.4. ACCIONES DE MANEJO.....159

VI.3.5. ZONIFICACIÓN DE USOS DEL TERRITORIO PROPUESTOS.....162

VI.4. FUENTES DE INFORMACIÓN.....163

CONCLUSIONES GENERALES.....169

GLOSARIO.....171

BIBLIOGRAFÍA.....175

ANEXOS.....191

Índice de tablas

TABLA II.1.- ESPECIES DE FAUNA SILVESTRE PRESENTES EN LA ZONA.....38

TABLA III.1.- ESTACIONES CLIMATOLÓGICAS UTILIZADAS PARA EL MODELO.....51

TABLA III.2.- FACTORES DE CORRECCIÓN POR LATITUD PARA EL CÁLCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL USANDO LA ECUACIÓN PROPUESTA POR THORNTHWAITE Y MATHER53

TABLA III.3A. BALANCE HÍDRICO. ET CON BASE EN THORNTHWAITE (1948). PERÍODO 1987-2006.....58

TABLA III.3B. BALANCE HÍDRICO. ET CON BASE EN HARGREAVES-SAMANI (1985). PERIODO 1987-2006.....58

TABLA III.3C. BALANCE HÍDRICO. ET CON BASE EN BLANEY-CRIDDLE (1970). PERIODO 1987-2006.....58

TABLA III.4.- VALORES PROMEDIO DE LA DISPONIBILIDAD HÍDRICA ANUAL DE LA CUENCA DE LA PRESA CALLES PARA EL PERIODO 1980-2006.....60

TABLA III.5. DIFERENCIA HONESTAMENTE SIGNIFICATIVA DE TUKEY.....60

TABLA III.6. VALORES PROMEDIO DEL CICLO HIDROLÓGICO PARA LA CUENCA DE LA PRESA CALLES.....67

TABLA IV.1. TASAS DE APROVECHAMIENTO DE FAUNA SILVESTRE AUTORIZADAS POR LA SEMARNAT.....91

TABLA V.1. CATEGORÍAS DEL ESTADO DE SALUD.....135

TABLA V.2. ESTADO DE SALUD DE LA CUENCA DE LA PRESA CALLES.....140

Índice de mapas

MAPA II.1.- CUENCA DE LA PRESA PRESIDENTE CALLES.....	27
MAPA II.2.- CUENCA ALTA Y CUENCA BAJA, PRESA PRESIDENTE CALLES.....	28
MAPA II.3.- DELIMITACIÓN DE LA PRINCIPALES MICROCUENCAS DE LA CUENCA DE LA PRESA CALLES.....	30
MAPA II.4.- UNIDADES DE PAISAJE DENTRO DE LA CUENCA.....	31
MAPA II.5.- EDAFOLOGÍA (TIPO DE SUELO), PRESA PRESIDENTE CALLES.....	35
MAPA II.6.- USO DE SUELO Y VEGETACIÓN.....	36
MAPA III.1.- ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS CON INFLUENCIA EN LA CUENCA DE LA PRESA CALLES.....	45
MAPA III.2.- DISTRIBUCIÓN DE ESTACIONES CLIMÁTICAS DENTRO DE LA CUENCA.....	49
MAPA III.3.- POLÍGONOS DE THIESSEN ASOCIADOS A ESTACIONES CLIMÁTICAS.....	57
MAPA IV.1.- ZONAS DE INCIDENCIA DE INCENDIOS FORESTALES DENTRO DE LA CUENCA.....	94
MAPA IV.2.- DISTURBIOS POR PÉRDIDA DE HÁBITAT DENTRO DE LA CUENCA.....	95
MAPA IV.3.- UNIDADES PARA LA CONSERVACIÓN DE LA VIDA SILVESTRE DENTRO DE LA CUENCA.....	96
MAPA IV.4.- DISTRIBUCIÓN DE APROVECHAMIENTOS DE MADROÑO DENTRO DE LA CUENCA.....	97
MAPA IV.5.- DISTRIBUCIÓN DE APROVECHAMIENTOS DE ENCINO Y TIERRA DENTRO DE LA CUENCA.....	98
MAPA IV.6.- DISTRIBUCIÓN DE APROVECHAMIENTOS DE MANZANITA DENTRO DE LA CUENCA.....	99
MAPA IV.7.- DISTRIBUCIÓN DE APROVECHAMIENTOS DE PINO DENTRO DE LA CUENCA.....	100
MAPA IV.8.- DISTRIBUCIÓN DE APROVECHAMIENTOS DE TÁSCATE DENTRO DE LA CUENCA.....	101
MAPA IV.9.- DISTRIBUCIÓN DE BORDOS PARA LA CAPTACIÓN DE AGUA DENTRO DE LA CUENCA.....	102
MAPA IV.10.- BORDOS PARA LA CAPTACIÓN DE AGUA (MICROCUENCA RÍO BLANCO).....	103
MAPA IV.11.- BORDOS PARA LA CAPTACIÓN DE AGUA (MICROCUENCA RÍO PRIETO).....	104
MAPA IV.12.- BORDOS PARA LA CAPTACIÓN DE AGUA (MICROCUENCA RÍO AGUA ZARCA).....	105
MAPA IV.13.-DISTRIBUCIÓN DE CAMINOS DENTRO DE LA CUENCA.....	106
MAPA IV.14.- DISTRIBUCIÓN DE CAMINOS (MICROCUENCA RÍO AGUA ZARCA).....	107
MAPA IV.15.- DISTRIBUCIÓN DE CAMINOS (MICROCUENCA RÍO BLANCO).....	108
MAPA IV.16.- DISTRIBUCIÓN DE CAMINOS (MICROCUENCA RÍO PRIETO).....	109
MAPA IV.17.- INTRODUCCIÓN DE ESPECIES EXÓTICAS (FAUNA) DENTRO DE LA CUENCA.....	110
MAPA IV.18.- CACERÍA FURTIVA DENTRO DE LA CUENCA.....	111

MAPA IV.19.- CAPTURA ILEGAL DE ESPECIES DENTRO DE LA CUENCA.....112

MAPA IV.20.- DISTURBIOS POR TALA INMODERADA DENTRO DE LA CUENCA.....113

MAPA IV.21.- DISTURBIOS POR SOBREPASTOREO DENTRO DE LA CUENCA.....114

MAPA IV.22.- REGISTROS DE INFESTACIÓN POR DESCORTEZADORES DENTRO DE LA CUENCA.....123

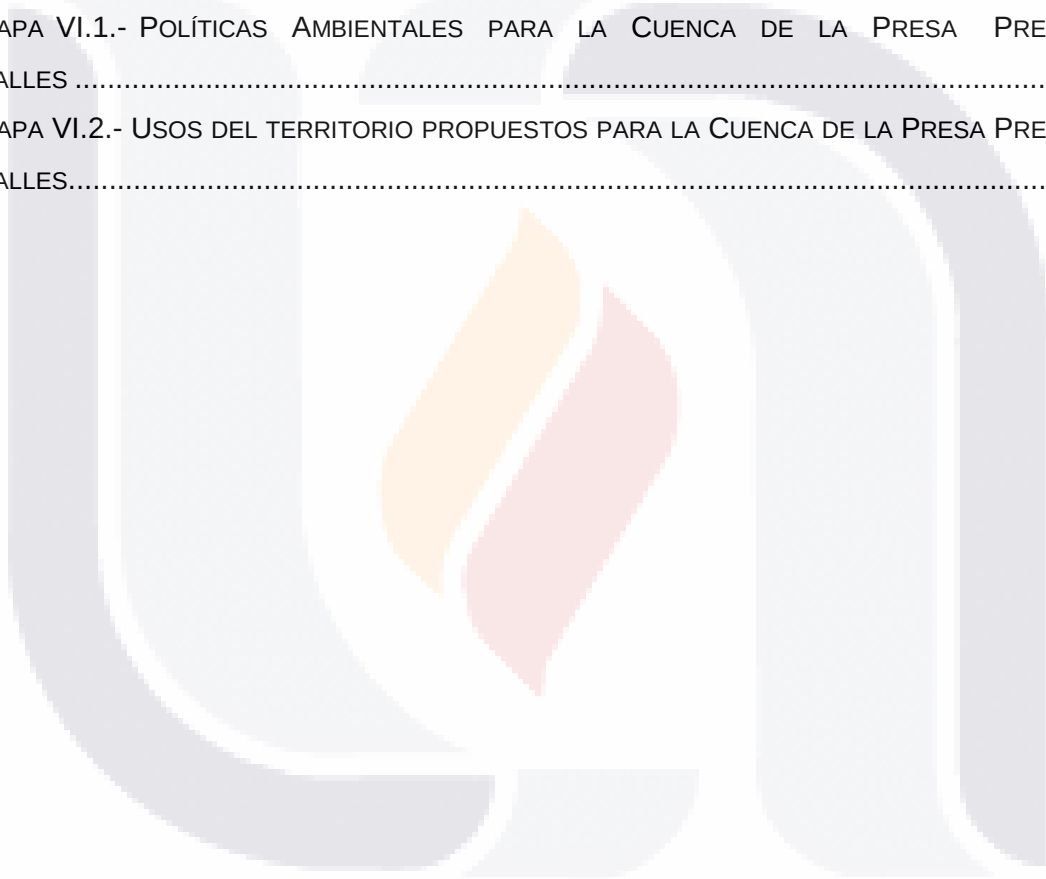
MAPA IV.23.- REGISTROS DE INFESTACIÓN POR BARRENADORES DENTRO DE LA CUENCA.....124

MAPA IV.24.- REGISTROS DE INFESTACIÓN POR MUÉRDAGO DENTRO DE LA CUENCA.....125

MAPA IV.25.- REGISTROS DE HONGOS FITOPATÓGENOS DENTRO DE LA CUENCA.....126

MAPA VI.1.- POLÍTICAS AMBIENTALES PARA LA CUENCA DE LA PRESA PRESIDENTE CALLES157

MAPA VI.2.- USOS DEL TERRITORIO PROPUESTOS PARA LA CUENCA DE LA PRESA PRESIDENTE CALLES.....161



RESUMEN

Las cuencas hidrológicas son unidades territoriales donde funciona la combinación de un sistema hidrológico, con un subsistema económico y social. En ellas se producen bienes y servicios agrícolas, pecuarios, forestales, recreativos y ecosistémicos; es por eso que se vuelve necesario el conocer el comportamiento de éstas y el proponer sistemas de manejo que permitan su conservación.

La Sierra Fría es un macizo montañoso ubicado al noroeste del estado de Aguascalientes, el cual, según el Comité Técnico de Aguas Subterráneas (COTAS) del Acuífero Interestatal de Ojocaliente-Aguascalientes-Encarnación, constituye la principal fuente de recarga de este acuífero. Pese a esto, no existen estudios formales sobre el funcionamiento de las cuencas (independientemente de la escala) de la zona. En este sentido es necesario contar con estudios que proporcionen una base técnica para el establecimiento de políticas de manejo que permitan la conservación de los sistemas asociados y el acrecentar los servicios que proporcionan.

El presente trabajo tuvo por objetivo evaluar la situación actual y las tendencias del ecosistema de la cuenca de la Presa Calles, en la Sierra Fría de Aguascalientes, e identificar los principales problemas presentes en la misma, a fin de proponer políticas y estrategias de manejo y conservación, que permitan el mantener su integridad funcional para aportar servicios ambientales (ecosistémicos) a la sociedad, y asimismo, sentar las bases para un estudio de largo plazo para evaluar su capacidad de resiliencia. El documento fue estructurado y dividido en seis capítulos a fin de facilitar su desarrollo y facilitar la estructuración de artículos científicos.

El primer capítulo corresponde a una descripción general del proyecto, el segundo a una descripción general del área de estudio, el tercero aborda lo relativo al Balance Hídrico de la Cuenca, el cuarto presenta la descripción de los disturbios presentes en el área de estudio, en el quinto se realiza una evaluación de la salud de la cuenca y por último en el capítulo sexto se proponen políticas y acciones de manejo para la cuenca.

Para conseguir el objetivo propuesto se delimitó la zona de influencia mediante el uso de sistemas de información geográfica; se generaron balances hídricos para la zona mediante la ecuación de Thornthwaite y Mather, calculando la precipitación, evapotranspiración real y la escorrentía. Se identificaron las fuentes de ingreso de agua, los usuarios del agua y los principales problemas de la cuenca, esto mediante el uso de cartas, imágenes satelitales, fotografías aéreas y recorridos en campo. Se realizó una

caracterización de la zona en función de aspectos edafológicos, hidrológicos, florísticos, de uso de suelo y socio-culturales, y se determinaron indicadores de calidad ambiental que permitan estimar la salud de la cuenca, a través de un modelo matemático, y compararla con otras cuencas de la región.

Como resultado del estudio se determinó que la precipitación acumulada anual de la cuenca es de 588 ± 35 mm, así también se estimó su evapotranspiración real en 516.9 ± 29.2 mm y su escorrentía en 59.7 ± 3.3 mm ($33.6\text{-}37.6$ Mm³). La mayor parte de la escorrentía proviene de la parte alta de la cuenca, por lo que la disponibilidad general del agua de la cuenca depende del estado de salud de esta.

La dinámica hidrológica de la cuenca se ve alterada por disturbios tales como bordos de captación, extracción de agua, sobrepastoreo, cambio de uso de suelo por tala clandestina, aprovechamiento de leñas muertas, fragmentación del paisaje por la red de brechas, caminos y veredas e infestación por insectos fitófagos y hongos fitopatógenos.

Los disturbios causados por el hombre se encuentran más ampliamente distribuidos y causan mayores afectaciones que los causados por agentes naturales, por lo que es necesario el realizar mayores esfuerzos para su control.

La cuenca de la Presa Calles es saludable, sin embargo se encuentra en el umbral bajo de la categoría, por lo cual es necesario implementar políticas y acciones de manejo que permitan que la cuenca se conserve saludable. Para esto se propusieron políticas de: Aprovechamiento, Restauración, Conservación y Protección. Como acciones de manejo se propusieron las siguientes:

1. Rehabilitar y desazolver bordos a fin de mantener la capacidad de almacenamiento de los mismos y sus distintas funciones.
2. Aumentar la cobertura vegetal de las zonas altas, donde se tiene una mayor precipitación, a fin de mejorar la captación de agua en el suelo por la acción del sistema radicular de la vegetación, permitiendo una liberación paulatina del recurso hídrico y aumentando el tiempo en que este se encuentre disponible para el ecosistema.
3. Realizar obras para el mantenimiento y conservación de suelos, y para el control de la erosión hídrica laminar severa y la prevención de cárcavas.

4. Realizar el saneamiento forestal y control de especies invasoras utilizando medios mecánicos y control biológico. Sólo en casos muy extremos la utilización de químicos.
5. Limitar la ganadería tradicional extensiva reduciendo el pastoreo por debajo de los índices de agostadero, descansando en temporadas críticas y durante la estación de crecimiento.
6. Trazo de senderos y brechas naturales para la observación de la biota y recorridos de recreación y así limitar los sitios de aprovechamiento no extractivo para reducir la presión sobre el sistema.
7. Realizar aprovechamientos de leñas muertas con regularidad para evitar o reducir la acumulación de materiales combustibles, y disminuir la ocurrencia y severidad de incendios.

Para implementar las políticas y acciones de manejo se propuso una zonificación de la cuenca con seis categorías: Agricultura, Aprovechamiento de recursos naturales, Ecoturismo, Ganadería de bajo impacto, Pesca deportiva y Turismo rural

Por último como resultado colateral del estudio, se determinó que el balance hidrológico basado en el modelo de Thornthwaite y Mather, con la EtP calculada mediante la fórmula de Thornthwaite, proporciona un buen panorama del comportamiento del agua en la cuenca, partiendo de una limitada disponibilidad de información, lo que lo hace útil para la toma de decisiones.

ABSTRACT

Watersheds are territorial units where it works the combination of a hydrological system, with a economic and social subsystem. They produce agricultural, livestock, forestry, recreational, and ecosystem goods and services; that is why it becomes necessary to know the behavior of these and the proposal of management systems that allow their conservation.

The Sierra Fría is a mountainous massif located northwest of the state of Aguascalientes, which, according to the Technical Committees of Groundwater (known in Spanish as COTAS) of the Interstate aquifer of Ojocaliente-Aguascalientes-Encarnación, is the main source of recharge of this aquifer. In spite of this, there are no formal studies on the functioning of watersheds (regardless of the scale) of the area. In this sense, it is necessary to have studies that provide a technical basis for the establishment of management policies that allow the conservation of associated systems and increase the services they provide.

The objective of the present thesis was to evaluate the current situation and trends of the ecosystem of the Presa Calles watershed in the Sierra Fría of Aguascalientes, and to identify the main problems present in it, in order to propose policies and management strategies and conservation, to maintain their functional integrity to provide ecosystem services to society, and to lay the foundations for a long-term study to assess their resilience. The document was structured and divided into six chapters in order to facilitate its development and facilitate the structuring of scientific articles.

The first chapter corresponds to a general description of the project, the second to a general description of the study area, the third addresses the watershed Water Balance, the fourth presents the description of the disturbances present in the study area, in the fifth is an assessment of the health of the watershed, and finally, chapter six proposes policies and management actions for the watershed.

To achieve the proposed objective, the area of influence was delimited by the use of geographic information systems; water balances were generated for the area using the Thornthwaite and Mather equation, calculating precipitation, actual evapotranspiration and runoff. Water sources, water users and main problems of the basin were identified through the use of charts, satellite images, aerial photographs and field trips. A characterization of the area was carried out according to soil, hydrological, floristic, soil-use and socio-cultural

aspects, and environmental quality indicators were determined to estimate the basin's health through a mathematical model and compare it with other basins in the region.

As a result of the study, it was determined that the cumulative annual rainfall of the basin is 588 ± 35 mm, and its actual evapotranspiration was estimated at 516.9 ± 29.2 mm and its runoff was 59.7 ± 3.3 mm (33.6-37.6 Mm³). Most of the runoff comes from the upper part of the watershed, so the general availability of the water in the watershed depends on the state of health of the watershed.

The hydrological dynamics of the watershed are altered by disturbances such as catchment, water extraction, overgrazing, change of land use by clandestine logging, harvesting of dead logs, fragmentation of the landscape by the network of gaps, roads and paths, and infestation by phytophagous insects and phytopathogenic fungi.

Man-made disturbances are more widely distributed and cause more damage than those caused by natural agents, so it is necessary to make greater efforts to control them.

The Presa Calles basin is healthy, however it is in the low threshold of the category, so it is necessary to implement policies and management actions that allow the basin to remain healthy. Therefore, the following policies were proposed: Harvesting, Restoration, Conservation and Protection. As management actions, the following were proposed:

1. Rehabilitate and undo the edges in order to maintain the storage capacity of the same and their different functions.
2. Increase the vegetation coverage of the high zones, where there is a greater precipitation, in order to improve the uptake of water in the soil by the root system of the vegetation, allowing a gradual release of the water resource and increasing the time in which it is available for the ecosystem.
3. To carry out actions for the maintenance and conservation of soils, and for the control of severe water erosion and the prevention of gullies.
4. To carry out the forest sanitation and control of invasive species using mechanical means and biological control. Only in very extreme cases the use of chemicals.

- TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS
5. Limit extensive traditional cattle ranching, reducing grazing below rangeland rates, resting in critical seasons and during the growing season.
 6. Trace natural trails for biota observation and recreation tours, and thus limit activities in non-extractive sites to reduce pressure on the system.
 7. Make use of dead firewood regularly to avoid or reduce the accumulation of combustible materials, and decrease the occurrence and severity of fires.

To implement the policies and management actions, a basin zoning was proposed with six categories: Agriculture, Natural Resource Utilization, Ecotourism, Low Impact Livestock, Sport Fishing and Rural Tourism.

Finally, as a collateral result of the study, it was determined that the hydrological balance based on the Thornthwaite and Mather model, with the EtP calculated by the Thornthwaite formula, provides a good overview of the water behavior in the watershed, based on a limited availability of information, which makes it useful for decision-making.

INTRODUCCIÓN

El trabajo de tesis doctoral Evaluación de la Condición Actual y Tendencias del Ecosistema de la Presa Calles se encuentra dividido en seis capítulos. Los dos primeros abordan información general sobre el proyecto y el área de estudio propuestos y los otros cuatro buscan resolver los objetivos particulares que han sido planteados. Al final del documento se incluye un apartado de conclusiones generales sobre la tesis.

Los capítulos derivados de los objetivos particulares planteados han sido desarrollados de acuerdo a la estructura de un artículo científico para una revista indexada.

El primer capítulo corresponde a una descripción general del proyecto en la que se presentan antecedentes, información general sobre la temática que será abordada y una panorámica general del mismo, señalando su justificación y objetivos generales, particulares y metas específicas.

El segundo capítulo corresponde a una descripción general del área de estudio. En él se incluyen datos sobre clima, edafología, geología, geomorfología, regionalización ecogeográfica, uso de suelo y vegetación, precipitación, temperatura y fauna silvestre. Asimismo, en él se muestran los criterios utilizados para la delimitación del área de estudio.

En el tercer capítulo se aborda lo relativo al Balance Hidrológico de la Cuenca, caracterizando sus distintos componentes, señalando su comportamiento espacial y describiendo en general el ciclo hidrológico en la zona.

El cuarto capítulo considera una descripción de los distintos disturbios presentes dentro del área de la cuenca, naturales y antrópicos, los cuales pueden influir en el comportamiento de la misma y por ende en la disponibilidad del recurso hídrico. En él se ubican geográficamente los distintos disturbios detectados para facilitar su análisis.

En el quinto capítulo, tomando como base la información generada en los capítulos sobre el Balance Hídrico y los Disturbios detectados se presenta una evaluación de la salud de la cuenca en función de indicadores que permiten describir su integridad.

El sexto capítulo conjunta la información obtenida en los capítulos previos de la tesis a fin de proponer políticas de manejo para la cuenca, en función de las características físicas de la misma, las perturbaciones o disturbios a que está sujeta.

Considerando los intereses de los diversos usuarios de la misma y teniendo como alcances y limitaciones los consignados en la normatividad ambiental vigente.



I. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

“Lo importante no es aprender, si no saber el por qué y el para qué de lo que aprendimos.”

Anónimo.

I.1. INTRODUCCIÓN

Las cuencas hidrográficas son unidades territoriales donde funciona la combinación de un sistema hídrico que produce agua, simultáneamente con un subsistema económico y social, activado por el hombre, el capital el trabajo y la tecnología. En ellas se producen bienes y servicios agrícolas, pecuarios, forestales y recreativos que demandan principalmente las poblaciones localizadas aguas abajo (Maldonado-De-León *et al.* 2001). En México, como resultado de la compleja orografía del país, se cuenta con cuencas hidrográficas en las que múltiples ríos originados en sus partes altas, recorren lo largo y ancho del país y desembocan, la mayoría de las veces, en las zonas costeras, lo que ha permitido el desarrollo de una amplia diversidad de ecosistemas estrechamente interconectados a través del ciclo del agua.

El agua, dadas sus propiedades físicas y químicas, controla, en gran medida, la dinámica funcional de los ecosistemas (Aber y Melillo 2001, Baird y Wilby 1999, Bruijnzeel 2004). Los nutrientes entran, salen y se reciclan por procesos mediados por el agua: la lluvia incorpora nutrientes disueltos en ella; el agua al infiltrarse y percolarse en el suelo, disuelve y acarrea nutrientes a horizontes más profundos; las plantas absorben del suelo nutrientes que son arrastrados por el torrente de transpiración; los procesos de escorrentía superficial y subterránea acarrean nutrientes hacia afuera del ecosistema, ya sea disueltos en el agua de escorrentía o formando parte de partículas de suelo arrastrados por efecto de la erosión; los procesos de descomposición y mineralización de nutrientes están controlados por la dinámica del agua en el suelo, etc. La dinámica energética del ecosistema está también mediada por el agua, pues uno de los procesos que más energía consume en un ecosistema es la evaporación del agua (Roberts 1999).

De igual forma, el agua es un recurso indispensable para el desarrollo social y económico (Barkin y King 1970). De hecho, históricamente las sociedades humanas se han establecido en sitios próximos a cuerpos de agua (ríos, lagos, mares) lo que les permite sostener tanto los aspectos de su vida cotidiana, como sus principales actividades productivas (riego, pesca, industria) y el transporte de mercancías y personas (Baron *et*

al. 2003). El hombre, a través de estos procesos productivos, ha ido desarrollado técnicas cada vez más eficientes para apropiarse de los recursos que la naturaleza le brinda, compitiendo, de manera muy exitosa, con otros componentes de los ecosistemas naturales por el agua disponible en el ambiente (Gleick 1993, Jackson *et al.* 2001). El impacto de las actividades humanas sobre los cuerpos de agua y sobre sus regímenes hídricos se refleja en alteraciones en la cantidad (derivación de aguas superficiales o extracción de aguas subsuperficiales), en la calidad (contaminación puntual, i.e. por descargas; y dispersa, i.e. ingreso de fertilizantes a mantos freáticos y agua superficiales) y en la alteración de la temporalidad natural a la cual ocurren los flujos de entrada y salida de agua del sistema (i. e., construcción de bordos y presas), (Cunningham *et al.* 2003, Hornung y Reynolds 1995, Nilsson y Bergren 2000, Reiners 1992, Swank *et al.* 1988).

El impacto de las actividades humanas ha alcanzado escalas globales, lo que está provocando alteraciones en la estructura y funcionamiento de los ecosistemas que conforman la biosfera y con ello una agudización de los problemas ambientales que afectan actualmente los sistemas económicos y sociales (Folke *et al.* 2002). El problema radica en el deterioro y perturbación de los ecosistemas naturales, y con ello una disminución de los servicios ecológicos que estos ofrecen al hombre (Costanza *et al.* 1997). En su gran mayoría, estos servicios ecosistémicos operan a gran escala y no pueden ser reemplazados por la tecnología (Balmford *et al.* 2002). Aun cuando las consecuencias son evidentes ante la disminución o exceso del flujo de agua se tiene muy poca información cuantitativa sobre el impacto de la disminución de la cantidad y calidad del agua en las cuencas bajas de los ríos, así como del cambio en su régimen hidrológico como resultado de eventos tales como la captura de agua en presas, la desviación de flujo para usos directos en las cuencas altas, la construcción de obras civiles no hidráulicas, la disminución de la cobertura vegetal o la modificación de los usos de suelo en la zona.

De esta manera las sociedades humanas necesitan establecer políticas prioritarias que aseguren la conservación, restauración y uso sustentable de los ecosistemas naturales. Sobre todo porque la cuantificación de los servicios ecosistémicos y la diseminación de la información a los gestores de recursos y al público es crítico para el manejo responsable de los recursos naturales (Meyerson *et al.* 2005, Millennium Ecosystem Assessment 2005). El desarrollo social y económico de México está basado históricamente en la utilización de estos recursos hídricos, los cuales han permitido una

rápida expansión de la agricultura y de la generación de energía eléctrica la cual, a su vez, mantiene otras actividades productivas ligadas al desarrollo industrial y urbano del País.

La resiliencia ecológica es una propiedad emergente de los ecosistemas que determina el comportamiento de sistemas dinámicos. La resiliencia se define como la cantidad de disturbio que un sistema puede absorber permaneciendo dentro del mismo estado o dominio de atracción, siendo capaz de auto-organización y de adaptación a las condiciones de cambio (Holling 1973, Gunderson y Holling 2002). La resiliencia opera mediante procesos/mecanismos de resistencia a las perturbaciones y de recuperación que le permite al ecosistema regresar al estado previo a la perturbación (Aber y Melillo 2001). Cada vez más frecuentemente y de manera más extendida, las actividades humanas perturban los procesos ecológicos más allá del umbral de resistencia del ecosistema, lo que “erosiona” su resiliencia y desencadenan cambios de un estado “deseable”, en el que el ecosistema provee amplios servicios ecosistémicos, a uno “no deseable”, en el que su capacidad para proveer estos servicios se deteriora severamente. Si el tamaño de la cuenca de atracción es mínima, la resiliencia es también mínima, por lo que una perturbación moderada puede conducir el sistema hacia una cuenca alternativa de atracción (Deutsch *et al.* 2003). Se ha propuesto que el manejo de la resiliencia es crítico para enfrentar la incertidumbre resultante de un paisaje donde el hombre ha alterado los regímenes de disturbio natural (Folke *et al.* 2002).

En México se han iniciado, en fechas relativamente recientes, estudios sobre varias de las cuencas hidrológicas que se encuentran dentro del territorio nacional. Dentro de tales estudios podemos señalar los realizados por la Pacific Northwest Research Station del USDA Forest Service, en la Reserva de la Biosfera Sierra Gorda, Querétaro, Méx. (GESG 2006, USDA Forest Service 2006) buscando tener un diagnóstico situacional de las mismas, el cual incluyó la caracterización de los recursos y las condiciones de la Reserva, esto a fin de proponer medidas de manejo, protección de las cuencas incluidas dentro de la misma. Asimismo se tiene una serie de estudios realizados por diversos investigadores en la Reserva de la Biosfera de Chamela, la mayor parte de los cuales han sido conducidos o coordinados por Manuel Maass; tales estudios se han venido realizando desde 1988 (García-Oliva *et al.* 2002, Maass *et al.* 2002, Maass *et al.* 2005), tratando de describir el comportamiento de las cuencas y los ecosistemas asociados a estos, abordando aspectos tanto hidrológicos, florísticos, edafológicos y socio-culturales.

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

Durante el año de 2006 se han iniciado, por parte de la RED Mexicana de Investigación Ecológica a Largo Plazo (Red MexLTER, por sus siglas en ingles), una serie de estudios a largo plazo en 10 cuencas del país (*Alchicha, El Salado, Río Ameca, Llanos de Ojuelos, Río Marabasco y Arroyo Seco, Río Celestum, Cuitzmala, Tacolapilla, Laguna de Palomas, Ayuquila-Armería*); tales estudios buscan evaluar la resiliencia de los ecosistemas asociados a las cuencas en términos de su funcionamiento hidrológico, permitiendo con esto identificar los requerimientos hidrológicos de los ecosistemas naturales que les permite mantener una integridad funcional y, con ello, aportar servicios ecosistémicos a la sociedad.

I.2. ANTECEDENTES

Sierra Fría es un nombre genérico que se utiliza para nombrar un macizo montañoso ubicado al noroeste del Estado de Aguascalientes, compuesto por la Sierra de Guajolotes, la Sierra de San Blas de Pabellón, la Sierra del Pinal y la Sierra de Zacatecas (De la Cerda-Lemus 1989, Siqueiros-Delgado 1989). Dentro de esta zona se han realizado numerosos estudios, tanto por tesisistas e investigadores de la UAA, como por investigadores de la UNAM y otros centros de investigación y educativos tanto nacionales como extranjeros. El grueso de tales estudios se ha limitado a describir las especies presentes en la zona, proporcionando listados que han servido para la ejecución de estudios posteriores. Dentro de tales estudios encontramos los trabajos de De la Cerda – Lemus (1982, 1989, 1996), de Siqueiros-Delgado (1989, 1996) y de De la Cerda-Lemus y Siqueiros-Delgado (1985), los cuales describen la riqueza florística de la zona; tenemos también los trabajos de De la Riva (1993) y de Ayala y Zamarripa (1983), quienes trabajaron con aves en general.

A últimas fechas, se han realizado estudios más complejos que involucran relaciones interespecíficas entre los organismos estudiados o cuestiones tales como la fisiología o genética de los mismos. Dentro de estos últimos encontramos el trabajo de Martín-Clemente (2002) quien estudio la relación existente entre la infestación por insectos descortezadores en el género *Pinus* y la abundancia de pájaros carpinteros; así tenemos también el de Díaz-Núñez (2005) quien realizó estudios sobre la respuesta del descortezador *Dendroctonus mexicanus* ante diversos semioquímicos buscando nuevas formas para su control; Sánchez-Martínez *et al.* (2010) quienes trabajaron distribución del

barrenador *Crioprosopus magnificus* y el realizado por Alfonso-Corrado (2004), quien trabajo con la diversidad genética de dos especies de encino, *Quercus eduardii* y *Q. potosina*. Martínez-Martínez (2005), realizó estudios sobre la estructura de las comunidades vegetales en la estación biológica “Agua Zarca” y las asociaciones presentes entre las diferentes especies de la zona. Díaz *et al.* (2012) trabajaron con abundancia y distribución de especies arbóreas en la zona. Moreno-Rico *et al.* (2010), Clark-Tapia *et al.* (2011) y Sosa-Ramírez *et al.* (2011) realizaron estudios de fitosanidad en encinos (*Quercus* sp.). Además de los anteriores tenemos un gran número de investigaciones conducidas en esta zona las cuales no han sido referidas en este documento. Tiscareño-Silva *et al.* (2008), evaluaron las características estructurales y funcionales de los ecosistemas de la estación biológica “Agua Zarca”, a fin de determinar si era factible su incorporación al Sistema de Pago por Servicios Ambientales de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, a través de la Comisión Nacional Forestal. Recientemente Sosa-Ramírez *et al.* (2015), realizaron estudios sobre la diversidad y productividad del estrato herbáceo de las sabanas de la zona.

Varios de los estudios realizados en la Sierra Fría han sido apoyados por asociaciones como el Consejo Nacional de la Fauna y la Asociación Sierra Fría A.C., quienes han demostrado un especial interés en la conservación y recuperación de esta zona, tanto con el programa de reintroducción del guajolote silvestre, *Melleagris gallopavo*, iniciado en la década de los 90's, como con diferentes acciones a fin de controlar la infestación en árboles del género *Pinus* causada por el escarabajo descortezador *Dendroctonus mexicanus*.

Si bien se ha realizado un considerable número de estudios dentro de la Sierra Fría y sus áreas cercanas, pocos de ellos han abordado la problemática asociada a los impactos producidos por las actividades humanas; dentro de estos tenemos los trabajos realizados por Minnich *et al.* (1994) y Chapa-Bezanilla *et al.* (2008), en los cuales realizan un análisis de los impactos producidos por la extracción de leña, madera y la producción de carbón, los incendios forestales y pastoreo intensivo, esto mediante el análisis de fotografías aéreas de distintas fechas (1942, 1956, 1970, 1993, las del primer año utilizadas únicamente por Minnich *et al.*), donde señalan además el desarrollo de brechas y caminos que permitían el manejo de los materiales aprovechados.

Pese a la importancia de la Sierra Fría en la recarga del Acuífero del Valle de Aguascalientes, cuestión que ha sido del dominio público desde hace varios años y que es avalada por el Comité Técnico de Aguas Subterráneas (COTAS) del Acuífero Interestatal de Ojocaliente-Aguascalientes-Encarnación (2006), no existen estudios formales sobre el funcionamiento de las cuencas (independientemente de la escala) de la zona; sin embargo se tiene estimada la recarga del Acuífero del Valle de Aguascalientes producto de las Serranías que circundan el valle y la precipitación en 140 hm^3 , lo que es una cantidad considerable si tomamos en cuenta que la recarga total de este acuífero es de 234 hm^3 , incluidas las que se dan naturalmente en los estados de Zacatecas (57 hm^3) y Jalisco (10 hm^3) y las inducidas a través de embalses como la presa Presidente Calles, la presa Abelardo Rodríguez y el Niágara y los sistemas de riego (27 hm^3) (COTAS, 2006). En este sentido es necesario contar con estudios más finos sobre el escurrimiento y recarga producto de las distintas cuencas del estado.

I.3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

A fin de proponer políticas de estado que permitan el adecuado desarrollo de los asentamientos humanos garantizando la conservación de los cuerpos de agua presentes en el estado y sus sistemas asociados, es necesario conocer las características de las cuencas en las que se encuentran inmersos a fin poder conocer su funcionamiento en todos sentidos y de esta forma establecer políticas viables y sustentables que puedan llevarse a la práctica en el corto y mediano plazos. Esto obedece además, a la necesidad imperiosa de conservar la integridad, tanto estructural como funcional, de los ecosistemas naturales presentes en estas cuencas a fin de mantener y acrecentar, en la medida de lo posible, los *servicios ambientales* (ecosistémicos) que estos brindan, tales como la regulación del ciclo hidrológico, la captura de carbono, hábitat para la vida silvestre en general, entre muchos otros. Siendo prioritaria la conservación de aquellas cuencas, y sus ecosistemas asociados, que se encuentran dentro del área conocida como Sierra Fría, ya que esta constituye el principal centro de recarga de la Presa Presidente Calles que abastece el Distrito de Riego 001 de Pabellón de Arteaga, y del acuífero del Valle de Aguascalientes en general.

Si bien se han desarrollado varios estudios sobre las características biológicas de la Sierra Fría de Aguascalientes, principalmente listados florísticos y faunísticos y a

últimas fechas estudios ecológicos un poco más complejos, se carece de estudios formales sobre la problemática, en la más amplia extensión de la palabra, presente en la zona, y más especialmente en la subcuenca del río Santiago; se cuenta con información sobre problemas tales como pérdida de cubierta vegetal, aprovechamiento de materiales pétreos, sobrepastoreo, siendo la mayor parte de tal información oral y la poca documental se encuentra desagregada.

Dado lo anterior, se vuelve necesario un estudio de esta naturaleza en la zona, a fin de brindar información para la toma de decisiones por parte de los gobiernos tanto estatal y municipales, y sentar base para estudios posteriores más específicos o de largo plazo.

Además, el presente trabajo brindará información sobre los indicadores de salud o calidad ambiental que pueden ser aplicados en el Estado, para su posterior uso en la toma de decisiones.

I.4. OBJETIVOS

Generales.

1. Evaluar la situación actual y las tendencias del ecosistema de la Presa Calles, en la Sierra Fría de Aguascalientes, e identificar los principales problemas presentes en la misma, a fin de proponer políticas y estrategias de manejo y conservación, que permitan mantener su integridad funcional para aportar servicios ambientales (ecosistémicos) a la sociedad.
2. Sentar las bases para un estudio de largo plazo para evaluar la capacidad de resiliencia de la Cuenca de la Presa Caliente hidrológico.

Particulares.

1. Estimar el rango de variación intra e inter anual de las principales variables (precipitación, evapotranspiración y escurrimiento) que conforman el balance hídrico de la cuenca.

2. Detectar que tipo de disturbios naturales y antrópicos integran o afectan la dinámica hidrológica del sistema en estudio y ubicando geográficamente los puntos o áreas donde se presentan.
3. Estimar la salud de la cuenca en función de una serie de indicadores de salud ambiental.
4. Proponer políticas y estrategias de conservación y restauración de la cuenca, en función de las características edafológicas, hidrológicas, florísticas, socio-culturales y los disturbios generados.

I.5. REFERENCIAS.

- ABER, J.D. y J. M. MELILLO. 2001. Terrestrial Ecosystems. 2th. ed. Saunder College Publishing. 429 pp.
- ALFONSO-CORRADO, C., R. ESTEBAN-JIMÉNEZ, R. CLARK-TAPIA, D. PIÑEIRA, J. CAMPOS y A. MENDOZA. 2004. Clonal and Genetic Structure of two Mexican Oaks: *Quercus eduardii* y *Quercus potosina* (Fagaceae). Evolutionary Ecology 18: 585-599.
- ASOCIACIÓN SIERRA FRÍA (A. S. F.). 2002. Situación contra la lucha del descortezador del pino (*Dendroctonus* spp.) en la Sierra Fría, Aguascalientes (informe sometido a embajada estadounidense en México). 18 pp. (Documento no publicado)
- AYALA, G. V. y J. ZAMARRIPA. 1983. Estudio preliminar de la ornitofauna del Estado de Aguascalientes, México. Tesis Profesional del Centro Básico. Universidad Autónoma de Aguascalientes.
- BAIRD, A.J. y R. L. WILBY (Eds.). 1999. Eco-Hydrology: Plants and water in terrestrial and aquatic environments. Routledge, N.Y. 402 pp.
- BALMFORD, A., A. BRUNER, P. COOPER, R. COSTANZA, S. FARBER, R. E. GREEN, M. JENKINS, P. JEFFERISS, V. JESSAMY, J. MADDEN, K. MUNRO, N. MYERS, S. NAEEM, J. PAAVOLA, M. RAYMENT, S. ROSENDO, J. ROUGHGARDEN, K. TRUMPER, y R. K. TURNER. 2002. Economic Reasons for Conserving Wild Nature. Science 297:950-953.

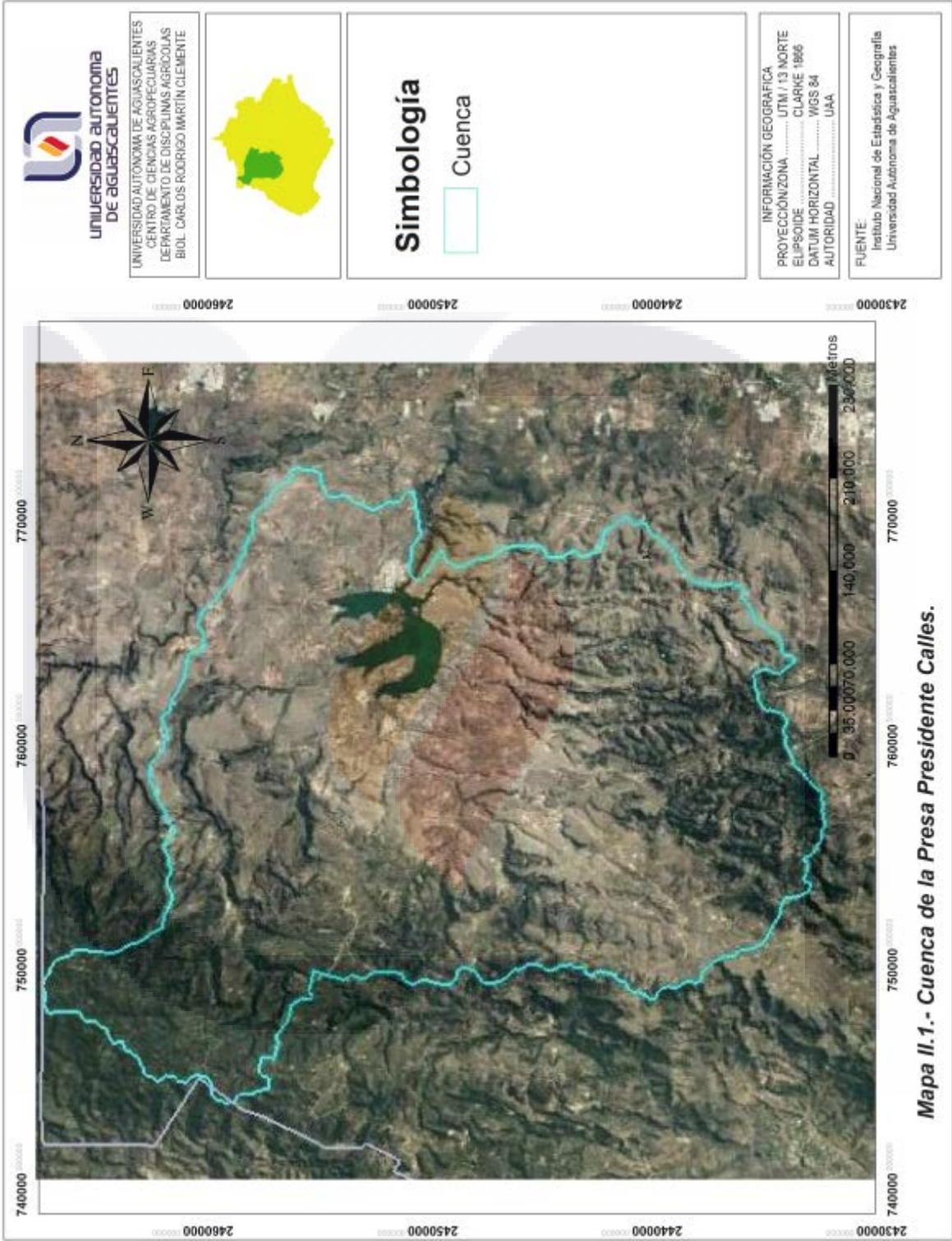
- BARKIN, D. y T. KING 1970. Desarrollo Económico Regional: (enfoque por cuencas hidrológicas de México). México, D.F. Siglo XXI. 109 pp.
- BARON, J.S., POFF, N.L., ANGERMEIER, P.L., DAHM, C.N., GLEICK, P.H., HAIRSTON, N.G., JR., JACKSON, R.B., JOHNSTON, C.A., RICHTER, B.D., STEINMAN, A.D. 2003. Sustaining Healthy Freshwater Ecosystems. *Issues in Ecology* 10: 2-16.
- BRUIJNZEEL, L.A. 2004. Hydrological functions of tropical forests: not seeing the soil for the trees? *Agriculture, Ecosystems and Environment* 104: 185–228.
- CHAPA-BEZANILLA, D., J. SOSA-RAMÍREZ y A. DE ALBA-ÁVILA. 2008. Estudio Multitemporal de Fragmentación de los Bosques en la Sierra Fría, Aguascalientes, México. *Madera y Bosques* 14(1):37-51.
- CLARK-TAPIA, R., B. TORRES-BAUTISTA, C. ALFONSO-CORRADO, J. I. VALDEZ-HERNÁNDEZ, G. GONZÁLEZ-ADAME, J. BRETADO-VELAZQUEZ y J. CAMPOS-CONTRERAS. 2011. Análisis de la abundancia e infección por muérdago en Sierra Fría, Aguascalientes, México. *Madera y Bosques* 17(2):19-33.
- COMITÉ TÉCNICO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS (COTAS) DEL ACUÍFERO INTERESTATAL DE OJOCALIENTE-AGUASCALIENTES-ENCARNACIÓN, A.C. 2006. Escenarios del Agua 2015 y 2030 en el Acuífero Interestatal de Ojocaliente-Aguascalientes-Encarnación: acciones para un desarrollo con sostenibilidad ambiental. Informe Final. México. 60 pp.
- COSTANZA, R., R. D'ARGE, y R. DE GROOT. 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* 387:253-260.
- CUNNINGHAM, W., M.A. CUNNINGHAM y B. WOODWORTH. 2003. *Environmental Science. A global Concern*. Mc. Graw Hill. New York. 646 pp.
- DE-LA-CERDA-LEMUS, M.E. 1982. Inventario y Distribución de la Gimnospermas y Angiospermas del estado de Aguascalientes. Estudio Taxonómico Ecológico de la Flora y Fauna del estado de Aguascalientes. Universidad Autónoma de Aguascalientes, México. 116 pp.
- DE-LA-CERDA-LEMUS, M.E. 1989, Encinos de Aguascalientes, Universidad Autónoma de Aguascalientes. 12-88.

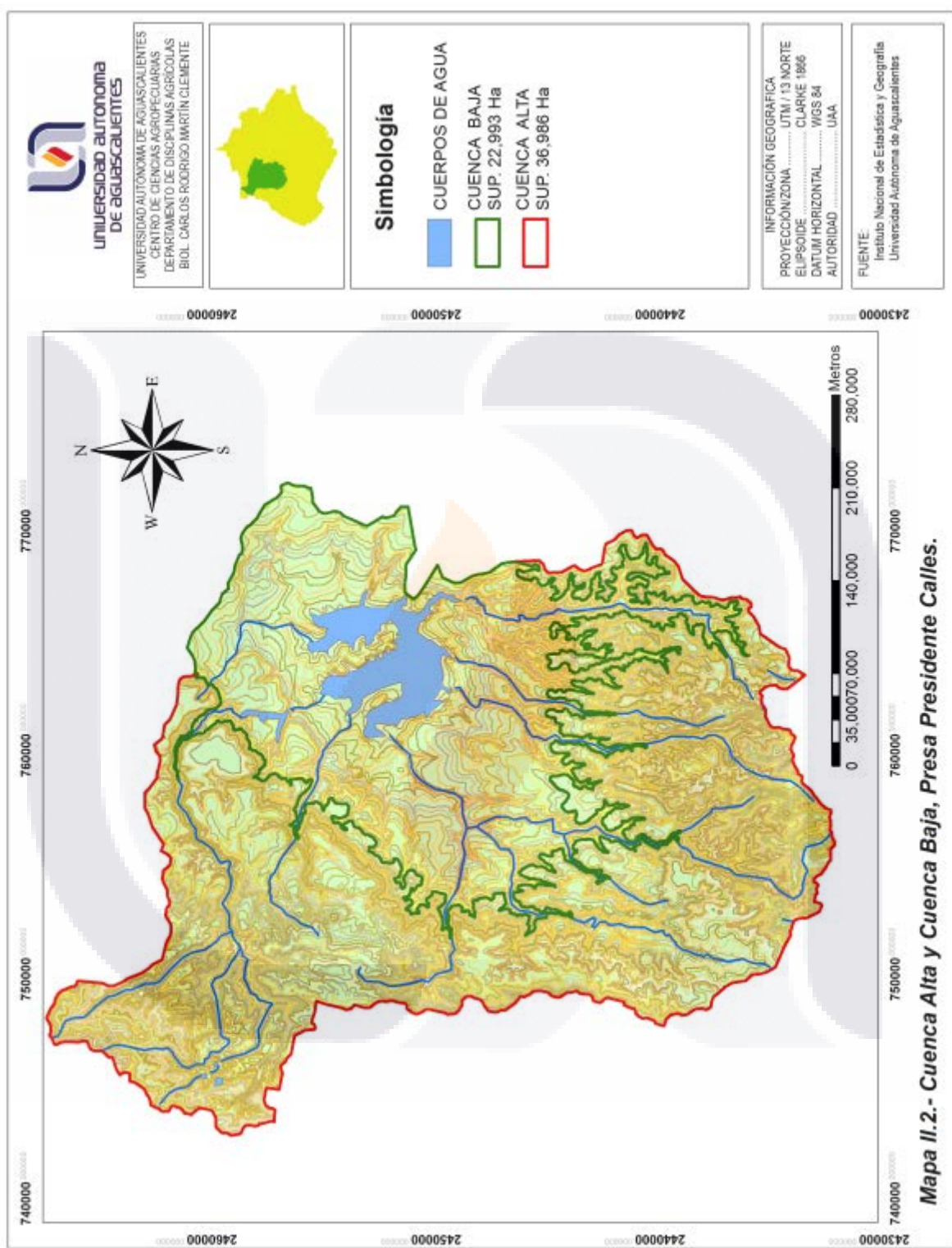
- DE-LA-CERDA-LEMUS, M.E. 1996. Las Gramíneas de Aguascalientes, Universidad Autónoma de Aguascalientes, 1-212.
- DE-LA-CERDA-LEMUS, M.E. y M.E. SIQUEIROS-DELGADO, 1985. Estudio Ecológico y Florístico del estado de Aguascalientes. Programa de Investigaciones Biológicas Centro Básico, Universidad Autónoma de Aguascalientes, Ags. México. 69 pp.
- DE LA RIVA, H. G. 1993. Recursos Faunísticos: Ornitofauna, en: Biodiversidad y conservación de los recursos bióticos de Sierra Fría Ags. Investigación y Ciencia Núm. 10, noviembre. Dirección General de Asuntos Académicos. Departamento de Apoyo a la Investigación y Educación Continua. Universidad Autónoma de Aguascalientes.
- DEUTSCH, L., C. FOLKE, AND K. SKANBERG. 2003. The critical natural capital of ecosystem performance as insurance for human well-being. *Ecological Economics* 44:205-217.
- DÍAZ-NÚÑEZ, V. 2005. Uso de Semioquímicos para el Manejo y Monitoreo de Escarabajos Descortezadores (*Dendroctonus* spp.) del Pino, en La Sierra Fría, Aguascalientes. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de Aguascalientes. México.
- DÍAZ, V., J. SOSA-RAMÍREZ, J. y D.R. PÉREZ-SALICRUP. 2012. Distribución y Abundancia de las Especies Arbóreas y Arbustivas en la Sierra Fría, Aguascalientes, México. *Polibotánica*. 34:99-126. ISSN 1405-2768.
- FOLKE, C., S. R. CARPENTER, y T. ELMQVIST. 2002. Resilience and sustainable development: building adaptive capacity in a world of transformations. *Ambio* 31:437-440.
- GARCIA-OLIVA, F., L. BARAJAS, M. NAVA-MENDOZA y J. M. MAASS. 2002. Long Term C, N and P Losses by Sediment Yield in five Watershed in a Mexican Tropical Deciduous Forest Ecosystems. 12th ISCO Conference. Beijing: 251-255.
- GLEICK, P.H. (Ed.) 1993. *Water in Crisis: a guide to the World's fresh water resources*. Oxford University Press. 473 pp.
- GRUPO ECOLÓGICO SIERRA GORDA (GESG). 2006. Conservación de la Biodiversidad en la Reserva de la Biosfera Sierra Gorda. Boletín Informativo.

- GUNDERSON, L. H., AND C. S. HOLLING. 2002. Panarchy: understanding transformations in systems of humans and nature. Island Press, Washington, D. C.
- HOLLING, C. S. 1973. Resilience and stability of ecological systems. Annual Review of Ecology and Systematics 4:1-23.
- HORNUNG, M. y REYNOLDS, B. 1995. The effects of natural and anthropogenic environmental changes on ecosystem process at the catchment scale. Trends in Ecology & Evolution 10(11): 443-449.
- MAASS, J. M., V. JARAMILLO, A. MARTÍNEZ-YRÍZAR, F. GARCÍA-OLIVA, A. PÉREZ-JIMÉNEZ y J. SARUKHÁN. 2002. Aspectos funcionales del ecosistema de selva baja caducifolia en Chamela, Jalisco. En: F. Noguera, R. Ayala, M. Quezada, J. Vega y N. García Alderete. Historia Natural de Chamela. Instituto de Biología, UNAM. Pp. 525-542.
- MAASS, J. M., P. BALVANERA, A. CASTILLO, G. C. DAILY, H. A. MOONEY, P. EHRLICH, M. QUESADA, A. MIRANDA, V. J. JARAMILLO, F. GARCÍA-OLIVA, A. MARTÍNEZ-YRIZAR, H. COTLER, J. LÓPEZ-BLANCO, J. A. PÉREZ-JIMÉNEZ, A. BÚRQUEZ, C. TINOCO, G. CEBALLOS, L. BARRAZA, R. AYALA y J. SARUKHÁN. 2005. "Ecosystem services of tropical dry forests: insights from long-term ecological and social research on the Pacific Coast of Mexico." Ecology and Society 10: 17 (online).
- MALDONADO-DE-LEÓN, O. A., O. L. PALACIOS-VELEZ, J. L. OPOREZA-MOTA, R. SPRINGALL-GALINDO y D. S. FERNÁNDEZ-REYNOSO. 2001. Empleo del modelo SWRRB para generar alternativas de manejo de la cuenca Itzapa, Guatemala. Agrociencia 35(3): 335-345.
- MARTÍN-CLEMENTE, C. R. 2002. Densidad Poblacional de Pájaros Carpinteros e Infestación por Insectos Descortezadores en Árboles del Género *Pinus* del Área Natural Protegida "Sierra Fría", Aguascalientes, México. Universidad Autónoma de Aguascalientes. México.
- MARTÍNEZ-MARTINEZ, J. 2005. Fitodiversidad, Estructura y Conservación de la Vegetación de la Estación Biológica UAA "Rancho Agua Zarca", Mpio. San José

- de Gracia, Aguascalientes. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de Aguascalientes. 109 pp.
- MEYERSON, L. A., J. BARON, J. M. MELILLO, R. J. NAIMAN, R. I. O'MALLEY, G. ORIAN, M. A. PALMER, A. S. P. PFAFF, S. W. RUNNING, y O. E. SALA. 2005. Aggregate measures of ecosystem services: can we take the pulse of nature? *Frontiers in Ecology* 3: 56-59.
- MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT, M. E. 2005. *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. Washington, D.C., Island Press.
- MINNICH, R., J. SOSA-RAMÍREZ, E. FRANCO-VIZCAÍNO, W. J. BARRY y M.E. SIQUEIROS-DELGADO. 1994. Reconocimiento preliminar de la vegetación y de los impactos de las actividades humanas en la Sierra Fría, Aguascalientes, México. *Investigación y Ciencia*: 23-29.
- MORENO-RICO, O., R. VELASQUEZ-VALLE, G. SÁNCHEZ-MARTÍNEZ, M.A. SIQUEIROS-DELGADO, M. DE LA CERDA-LEMUS y R. DIAZ-MORENO. 2010. Diagnóstico Fitopatológico de las Principales Enfermedades en Diversas Especies de Encinos y su Distribución en la Sierra Fría de Aguascalientes, México. *Polibotánica*. 29:165-189. ISSN 1405-2768.
- NILSSON, CH. y BERGREN, K. 2000. Alterations of riparian Ecosystems caused by river regulation. *Bioscience* 50(9): 783-792.
- REINERS, W. 1992. Twenty years of ecosystems reorganization following experimental deforestation and regrowth suppression. *Ecological Monograph* 62 (4): 503-523.
- ROBERTS, J. 1999. Plants and water in forests and woodlands. In: Baird, A.J. & Wilby, R.L. (Ed.) *Eco-Hidrology: plants and water in terrestrial and aquatic environments*. Routledge, London, England. Pp: 181-236
- SÁNCHEZ-MARTÍNEZ, G., O. MORENO-RICO Y M.E. SIQUEIROS-DELGADO. 2010. *Crioprosopus magnificus* LeConte (Coleoptera: Cerambycidae) in Aguascalientes, Mexico: biological observations and geographical distribution. *Coleopterists Bulletin* 64:319-328.
- SIQUEIROS-DELGADO, M.E. 1996. Leguminosas de Aguascalientes, Universidad Autónoma de Aguascalientes, 1-193.

- SIQUEIROS-DELGADO, M.E. 1989. Coníferas de Aguascalientes, Universidad Autónoma de Aguascalientes, 13-67.
- SOSA RAMÍREZ J., V. DÍAZ NÚÑEZ y A. PONCE MONTOYA. 2015. Diversidad y productividad del estrato herbáceo en una sabana de la Sierra Fría, Aguascalientes. Áreas Naturales Protegidas Scripta. Vol. I (2): 51-66 DOI:10.18242/ANPScripta.2015.01.01.02.0003
- SOSA-RAMÍREZ, J., O. MORENO-RICO, G. SÁNCHEZ-MARTÍNEZ, M.A. SIQUEIROS-DELGADO y V. DÍAZ-NÚÑEZ. 2011. Ecología y Fitosanidad de los encinos (*Quercus* spp.) en la Sierra Fría, Aguascalientes, México. Madera y Bosques 17(3):49-63
- SWANK, W.T., LW SWIFT, JR, y D JE DOUGLAS. 1988. Streamflow changes associated with forest cutting, species conversions, and natural disturbances. In: Forest Hydrology and Ecology at Cowetta. Swank, W.T, & Crossley Jr, D.A. (Eds.) Ecological Studies 66. Springer Verlag, New York. Pp. 297 – 312.
- TISCAREÑO-SILVA, R., C.R. MARTÍN-CLEMENTE y A. SALADO RODRÍGUEZ. 2008. Determinación de la Factibilidad de la Estación Biológica Agua Zarca, para ser considerada dentro del concepto de Pago de Servicios Ambientales. Memoria de resúmenes Noveno seminario de Investigación. Universidad Autónoma de Aguascalientes. Aguascalientes, México. Pp. 45-47. (ISSN: 1870-4921)
- USDA FOREST SERVICE. 2006. Internacional Programs. Latin America & The Caribbean: México. http://www.fs.fed.us/global/globe/l_amer/mexico.htm Fecha de consulta: 6 de diciembre de 2006.





II. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

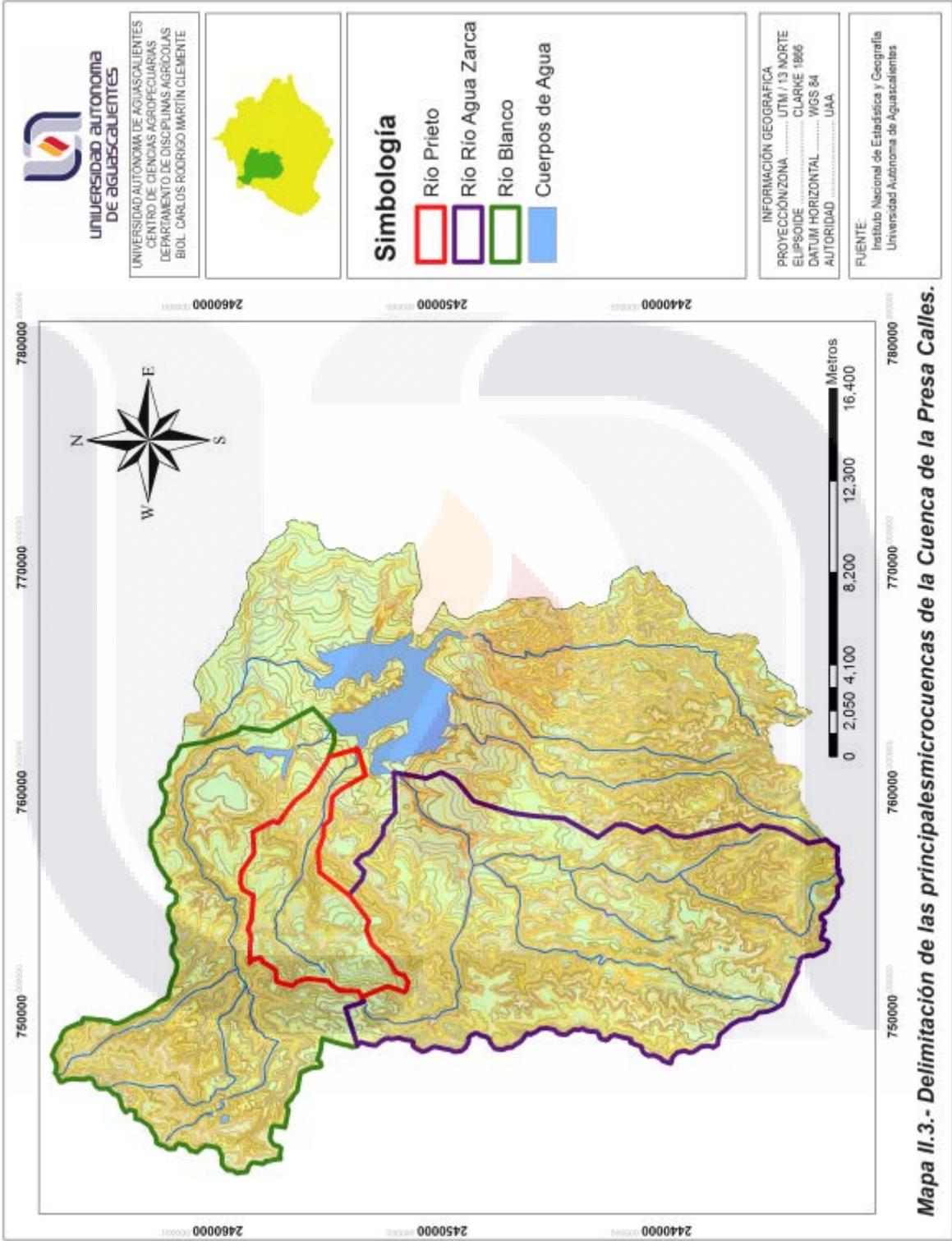
*“Hay un libro abierto siempre para todos
los ojos: la naturaleza. “*

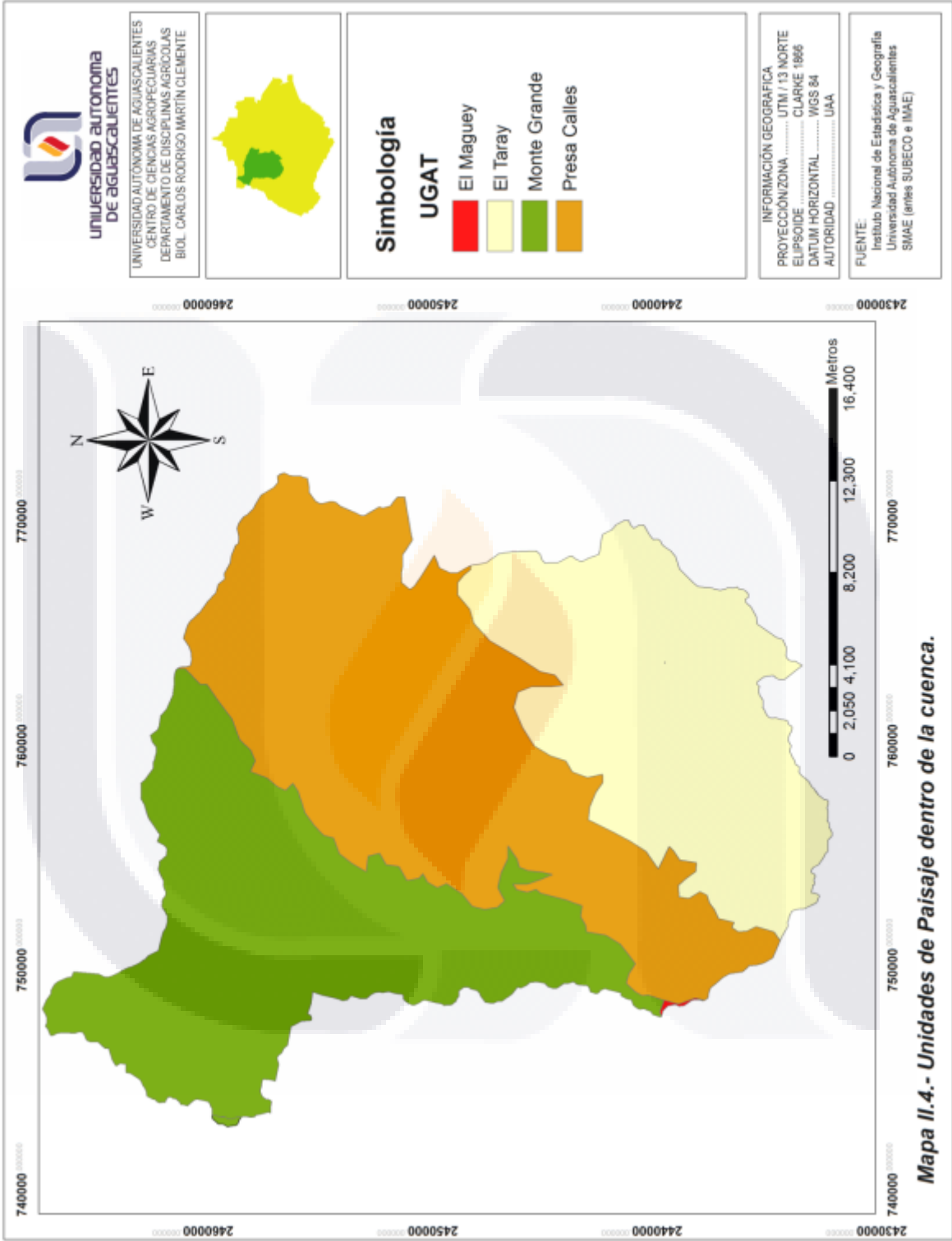
Jean Jacques Rousseau.

II.1. DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

A fin de delimitar la zona de influencia de la cuenca de la Presa Calles y estimar la superficie de la misma, se obtuvo información cartográfica de la región, la cual consistió en fotografías aéreas ortorrectificadas y georreferidas correspondientes al año 1993, un modelo digital de elevación (MDE) escala 1:50 000 generado por el INEGI en 2003 e información vectorial sobre curvas de nivel, sobre ríos y arroyos y cuerpos de agua escala 1:1 000 000. Con estos insumos se identificaron los parteaguas de la cuenca en principio con la información vectorial 1:1 000 000, después con el MDE 1:50 000 y por último se afinaron los detalles con las ortofotos de la zona para tenerlo a una escala 1:20 000.

Además para facilitar algunos análisis más puntuales, se realizó la delimitación de las tres microcuencas principales del área de estudio (Agua Zarca, Río Blanco y Río Prieto), así como una delimitación funcional en la parte alta y baja de la cuenca. Para delimitar las tres microcuencas, al igual que se hizo para delimitar el área de influencia de la cuenca, se utilizó información cartográfica de la región previamente obtenida. Para hacer la división entre la cuenca alta y la baja se utilizó la cota de los 2210 metros, la cual es el punto medio entre las altitudes extremas en que se encuentran las estaciones meteorológicas que fueron utilizadas para el balance hídrico, y que corresponde al punto medio del flujo de escorrentía (altitudinal) de la cuenca. La delimitación de la cuenca alta y la cuenca baja de la Presa Calles se muestra en el mapa II.2. y la delimitación de las microcuencas se presenta en el mapa II.3.





II.2. MEDIO FÍSICO

El área de estudio propuesta (cuenca de la Presa Calles), se ubica al noroeste del estado de Aguascalientes, en las coordenadas geográficas 22° 11' latitud N y 102° 31' longitud W, con altitudes entre los 2,100 y 2,500 msnm, correspondiendo, en su mayor parte, a un macizo montañoso conocido como Sierra Fría.

La Sierra Fría tiene una orientación del nor-noroeste hacia el sur-suroeste. Forma una abrupta serranía que cae hacia la corriente del Río Agua Blanca en el sur de Zacatecas y una planicie de baja pendiente que se inclina hacia el este-sureste. La planicie está compuesta por extensas mesetas cubiertas por rocas volcánicas de riolita y quebradas por grandes barrancas que descienden hacia el este hasta la planicie de la Presa Presidente Calles (Minnich *et al.*, 1994).

II.2.1. UNIDADES DE PAISAJE

Dentro de la cuenca de la Presa Calles podemos distinguir cuatro sistemas o regiones: Calles, Montegrande, El Taray y El Maguey. Estos sistemas corresponden a una regionalización hecha por la Dirección de Ordenamiento Territorial de la Subsecretaría de Ecología del Gobierno del Estado de Aguascalientes (hoy Secretaría de Medio Ambiente) en el año 2001. Sólo tres de estos sistemas tienen relevancia para la cuenca dado que El Maguey sólo ocupa una pequeñísima parte al suroeste del área de interés. Los tres sistemas ocupan superficies similares en tamaño dentro de la cuenca (Mapa II.4.).

II.2.2. CLIMA

Se distinguen tres diferentes climas los cuales se anuncian a continuación:

Semiseco templado con lluvias en verano con porcentaje de lluvia invernal de 5 a 10.2 mm. BS1kw

Se encuentra en las partes bajas de la cuenca. Su porcentaje de lluvia invernal (ocurrida en los meses de enero, febrero y marzo) varía entre 5 y 10.2 mm. Su temperatura media anual muestra un rango de 14.0° a 18.0°C (Instituto Nacional de Estadística y Geografía 1980). La temperatura media del mes más frío va de -3.0° a

18.0°C, mientras que la del mes más caliente es mayor que este último valor. La precipitación total anual varía entre 400 y 700 mm. En los meses de julio y agosto se presenta la mayor precipitación, con valores entre 90 y 150 mm; en los meses de febrero y marzo se presenta la época de menor precipitación (menos de 10 mm). La temporada más cálida se presenta en los meses de mayo y junio, con temperaturas medias entre 20.0° y 23.0°C; mientras que la más fría ocurre en diciembre y enero, con valores entre 12.0° y 14.0°C.

Templados subhúmedos con lluvias en verano, de menor humedad. C(w0)

Se localizan entre los 2 200 y 2 500 m de altitud. Son los de menor humedad dentro de los templados subhúmedos; su temperatura media anual varía entre 12.0° y 18.0°C y la precipitación total anual, entre 600 y 700 mm. La temporada de lluvias se presenta en el verano, específicamente en el periodo que va de mayo a octubre (Instituto Nacional de Estadística y Geografía 1989), el mes más seco recibe menos de 40 mm de precipitación (García 1981). En las laderas de la Sierra Fría se localizan los terrenos donde la lluvia invernal representa entre 5 y 10.2% de la precipitación total anual, mientras que en la Sierra del Laurel, reciben menos de 5%.

Templados subhúmedos con lluvias en verano, de humedad media (C(w1)

Se encuentran por arriba de los 2 500 m de altitud. La lluvia invernal en la primera sierra es mayor (entre 5 y 10.2% de la lluvia total anual) que en la segunda (menor de 5%). La temperatura media anual varía entre 12.0° y 18.0°C; la precipitación total anual, entre 600 y 800 mm, la lluvia se concentra en el verano y el mes más seco recibe menos de 40 mm de precipitación. En estos terrenos la estación meteorológica La Tinaja, localizada en el municipio de San José de Gracia, muestra una temperatura media anual de 14.5°C, en ella, el mes más frío es enero, con 10.6°C; el mes más caliente del año es mayo, con una temperatura media de 18.1°C. La precipitación total anual es de 671.4 mm, el mes más seco es abril, con 9.4 mm; el mes más húmedo es julio con una precipitación de 150.1 mm (Instituto Nacional de Estadística y Geografía 2006) y el porcentaje de lluvia invernal es de 7.3.

II.2.3. EDAFOLOGÍA

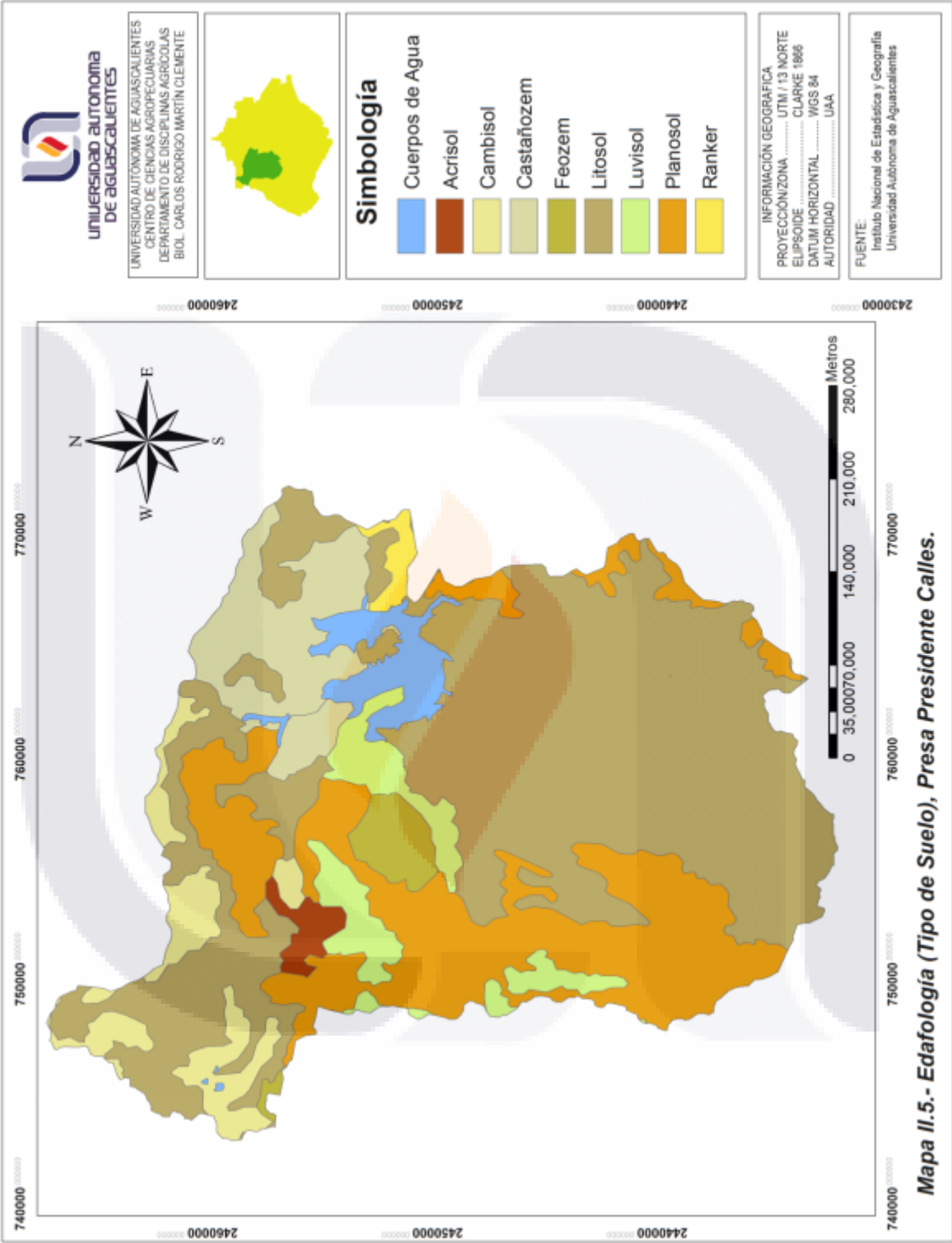
De acuerdo a la información edafológica de INEGI (2010), dentro de la cuenca de la Presa Calles encontramos ocho tipos diferentes de suelos, siendo estos Litosol, Planosol, Castañozem, Luviosol, Cambiosol, Feozem, Acrisol y Ranker. Siendo todos suelos someros que no superan los 50 cm de profundidad. En el mapa II.5. se muestra la distribución de estos suelos dentro del área de interés. El Acrisol, el Feozem y el Ranker tienen una distribución restringida dentro del área de la cuenca, si los comparamos con el resto de los tipos de suelo, a quienes encontramos cubriendo gran parte del área de la misma. El Litosol es el tipo de suelo que tiene mayor distribución dentro de la cuenca, tanto en la parte baja y alta cuenca; el Planosol se distribuye principalmente en la parte alta de la cuenca, aunque también se le encuentra en la parte baja. El Cambiosol sólo lo encontramos en la parte más alta de la cuenca, mientras que el Castañozem sólo lo encontramos en la parte baja de la cuenca.

II.2.4. GEOLOGÍA

Geológicamente hablando la cuenca de la Presa Calles es muy homogénea, compuesta casi en su totalidad por rocas ígneas extrusivas del periodo terciario. En la parte norte de la Presa Calles y colindando con ella, podemos encontrar dos grupos de rocas diferentes al resto de las presentes en la cuenca: Rocas sedimentarias de origen continental del terciario que quedan comprendidas entre los “brazos” de la presa y una muy pequeña porción de suelos de origen aluvial del cuaternario.

II.2.5. GEOMORFOLOGÍA

La geomorfología de la cuenca se encuentra dominada por la premontaña en la franja central de la cuenca y por laderas moderadas en sus extremos. Esta morfología sirvió de base para los sistemas descritos anteriormente para las regiones ecogeográficas, teniendo la premontaña asociada al sistema Calles y las laderas moderadas a Montegrande y el Taray. Asociados a los cauces de ríos y arroyos encontramos valles estructurales, valles intermontanos y valles aluviales. En las zonas cercanas a la Presa Calles y asociados a las rocas sedimentarias de origen continental encontramos elevaciones bajas y lomeríos de plegamiento.



II.2.6. HIDROLOGÍA

El área de estudio se ubica dentro de la Región Hidrológica número dos correspondiente a la cuenca del río Lerma-Santiago, subcuenca del río Verde-Grande.

Su hidrología superficial presenta represas, bordos permanentes y arroyos en temporada de lluvias, entre los que se encuentran la represa “50 Aniversario” y los arroyos “Río Prieto”, “Río Blanco” y “Agua Zarca”. Los escurrimientos temporales de segundo y tercer orden, no existiendo cuerpos lóticos permanentes.

II.2.7. FAUNA

La fauna en el ANP se conforma de diferentes grupos de especies de animales entre los que se cuenta la entomofauna con trece órdenes y 65 familias; hasta la fecha, se han registrado 228 especies de fauna vertebrada en el área, dentro de las cuales, el 14 % corresponde a la herpetofauna, el 47.8 % aves y el 38.1 % a mamíferos.

La tabla II.1. muestra las especies de fauna más representativas de la zona. En ella se señala si la referencia es bibliográfica, a través de rastros o indicios, o por observación directa. Asimismo, se indicaca su categoría de protección, si la tuviere, conforme a la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010.

II.2.8. USO DE SUELO Y VEGETACIÓN

Las especies vegetales presentes en las zonas altas son *Arctostaphylos pungens* K., Kunth, *Arbutus* spp., *Bouteloa chondrosoides* Kunth, *Juniperus deppeana*, *Lycurus phleoides* Kunth, *Microchloa kuntii* Desv, *Muhlenbergia rigida* Kunth, *Pinus teocote*, *P. leiophylla*, *Quercus grisea*, *Q. resinosa*, *Q. eduardii*, *Q. laeta*, *Q. potosina*, *Q. sideroxyla*, *Q. rugosa*, *Sporobolus trichodes* Hitch. (Siqueiros-Delgado 2008, De la Cerda-Lemus 2008, Sosa-Ramírez *et al.* 2015). En las zonas bajas encontramos áreas de cultivo con especies domesticadas como el maíz (*Zea mays* L.), así como leguminosas de talla arbórea y arbustiva como el huizache (*Acacia* spp.) y cactáceas tales como nopales (*Opuntia* spp.) y el cardenche (*Opuntia imbricata* Haw.), ya sea aislados o constituyendo asociaciones o conglomerados. El 41.06% de la superficie de la Cuenca la ocupan zonas forestales, el 48% zonas donde se practica alguna forma de ganadería, el 6.86% por agricultura, el 3.37 por cuerpos de agua y el 0.31% por asentamientos humanos.

Tabla II.1. Especies de Fauna Silvestre presentes en la zona.				
No.	Especie	Nombre Común	Categoría de Protección*	Referencia
1	<i>Pipilo fuscus</i>	Viejita	Ninguna	Bibliográfica
2	<i>Aphelocoma ultramarina</i>	Azulejo, pájaro azul	Ninguna	Observación
3	<i>Toxostoma curvirostre</i>	Cuitlacoche	Ninguna	Observación
4	<i>Campylorhynchus brunneicapillus</i>	Matraca	Ninguna	Bibliográfica
5	<i>Cathartes aura</i>	Aura común	Ninguna	Observación
6	<i>Carpodacus mexicanus</i>	Gorrión común	Ninguna	Bibliográfica
7	<i>Zenaida asiática</i>	Paloma de alas blancas	Ninguna	Bibliográfica
8	<i>Tyrannus vociferans</i>	Tirano	Ninguna	Observación
9	<i>Sayornis saya</i>	Mosquero llanero	Ninguna	Bibliográfica
10	<i>Dendroica coronata</i>	Chipe coronado	Ninguna	Bibliográfica
11	<i>Meleagris gallopavo</i>	Guajolote silvestre	Ninguna	Huellas y observación
12	<i>Melanerpes formicivorus</i>	Pájaro carpintero.	Ninguna	Nidos
13	<i>Oidocoileus virginianus couesi</i>	Venado cola blanca	Ninguna	Huellas, excretas y observación
14	<i>Sciurus nayaritensis</i>	Ardilla nayarita	Ninguna	Bibliográfica
15	<i>Sigmodon hispidus</i>	Rata hispida del algodón	Ninguna	Bibliográfica
16	<i>Peromyscus spp.</i>	Ratón de patas blancas	Ninguna	Bibliográfica
17	<i>Urocyon cinereoargenteus</i>	Zorra gris	Ninguna	Bibliográfica
18	<i>Canis latrans</i>	Coyote	Ninguna	Bibliográfica
19	<i>Mephitis macroura</i>	Zorrillo listado	Ninguna	Observación
20	<i>Lepus californicus asselus</i>	Liebre cola negra	Ninguna	Bibliográfica
21	<i>Sylvilagus audubonii</i>	Conejo cola blanca	Ninguna	Observación
22	<i>Puma concolor</i>	Puma	Ninguna	Huellas
23	<i>Linx rufus</i>	Gato montés	Ninguna	Bibliográfica
24	<i>Bassariscus astutus</i>	Cacomixtle	Ninguna	Bibliográfica
25	<i>Pecarí tayacu</i>	Pecarí de collar	Ninguna	Bibliográfica
26	<i>Barisia imbricata</i>	Escorpión (reptil)	Ninguna	Bibliográfica
27	<i>Phrynosoma orbiculae</i>	Camaleón	Ninguna	Bibliográfica
28	<i>Sceloporus scalaris</i>	Lagartija llanera	Ninguna	Bibliográfica
29	<i>S. torquatus</i>	Lagartijo escamudo	Ninguna	Observación
30	<i>Conopsis nasus</i>	Culebra borreguera	Ninguna	Bibliográfica
31	<i>Crotalus lepidus</i>	Víbora de cascabel	Sujeta a protección especial	Bibliográfica

* Categorías de Protección según la NOM-059-SEMARNAT-2010

Como puede observarse en el mapa II.6., la mayor parte de la cobertura vegetal de la cuenca pertenece al bosque de encino con cerca de 26,232 Ha, seguido del pastizal natural con 23,347 Ha. En las zonas cercanas al vaso de la Presa Calles encontramos agricultura de temporal con una superficie de 4,387 Ha y una pequeña porción de agricultura de Riego 235 Ha. Dentro de las zonas boscosas de la cuenca encontramos manchones consolidados de pastizal inducido las cuales cubren una superficie de 3,186 Ha producto del posible desmonte del arbolado de la zona para la introducción de ganado. Al sur de la Presa Calles encontramos el matorral crasicaule, el cual tiene una distribución restringida en la zona, cubriendo una superficie de 732 Ha.

II.3. REFERENCIAS.

- DE LA CERDA-LEMUS, M.E. 2008. 3.4. Pastizal. En: *La Biodiversidad en Aguascalientes: Estudio de Estado*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), Instituto del Medio Ambiente del Estado de Aguascalientes (IMAE), Universidad Autónoma de Aguascalientes (UAA). México. Pp: 92-96.
- GARCÍA, E. 1981. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. Instituto de Geografía UNAM. México. 246 pp.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA, GEOGRAFÍA E INFORMÁTICA. 1980. Continuo Nacional del Conjunto de Datos Geográficos de la Carta de Temperaturas Medias Anuales, 1:1 000 000, serie I.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA, GEOGRAFÍA E INFORMÁTICA. 1980. Continuo Nacional del Conjunto de Datos Geográficos de la Carta de Precipitación Total Anual, 1:1 000 000, serie I.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICA, GEOGRAFÍA E INFORMÁTICA. 1989. Guía para la Interpretación de Cartografía, Climatología. Aguascalientes. 50 pp.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICA Y GEOGRAFIA. 2006. Sistema de Consulta de Variables Climatológicas "Mixcoac". <http://10.15.3.225/mixcoac>, 26 de junio de 2007.
- LA BIODIVERSIDAD EN AGUASCALIENTES: ESTUDIO DE ESTADO. 2008. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), Instituto

del Medio Ambiente del Estado de Aguascalientes (IMAE), Universidad Autónoma de Aguascalientes (UAA). México.

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, o cambio-lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación, 30 de diciembre de 2010.

SIQUEIROS-DELGADO, M.E. 2008. 3.1. Bosque. En: *La Biodiversidad en Aguascalientes: Estudio de Estado*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), Instituto del Medio Ambiente del Estado de Aguascalientes (IMAE), Universidad Autónoma de Aguascalientes (UAA). México. Pp: 82-84.

SOSA RAMÍREZ J., V. DÍAZ NÚÑEZ y A. PONCE MONTOYA. 2015. Diversidad y productividad del estrato herbáceo en una sabana de la Sierra Fría, Aguascalientes. *Áreas Naturales Protegidas Scripta*. Vol. I (2): 51-66 DOI:10.18242/ANPScripta.2015.01.01.02.0003

VÁSQUEZ-DÍAZ, J. Y G.E. QUINTERO-DÍAZ. 1997. Anfibios y Reptiles de Aguascalientes. Centro de Investigación y Estudios Multidisciplinarios de Aguascalientes, A.C.

III. BALANCE HÍDRICO DE LA CUENCA DE LA PRESA CALLES.

“No deseo copiar a la naturaleza. Me interesa más ponerme a la par de ella..”

Georges Braque.

III.1. INTRODUCCIÓN

Desde la perspectiva del manejo del agua, las cuencas hidrográficas son unidades territoriales donde se combinan procesos hidrológicos simultáneamente con procesos económicos y sociales, en donde el recurso hídrico es captado y transformado como parte de un sistema socio-ambiental activado por el hombre, el capital el trabajo y la tecnología. En ellas se producen bienes y servicios agrícolas, pecuarios, forestales y recreativos que demandan principalmente las poblaciones localizadas aguas abajo (Maldonado-De-León *et al.* 2001). En México, como resultado de la compleja orografía del país, se cuenta con cuencas hidrológicas en las que múltiples ríos, originados en sus partes altas, recorren lo largo y ancho del país y desembocan, la mayoría de las veces, en las zonas costeras. Ello ha permitido el desarrollo de una amplia diversidad de ecosistemas estrechamente interconectados a través del ciclo del agua.

El agua, dadas sus propiedades físicas y químicas, controla, en gran medida, la dinámica funcional de los ecosistemas (Aber y Melillo 2001, Baird y Wilby 1999, Bruijnzeel 2004). Los nutrientes entran, salen y se reciclan por procesos mediados por el agua. La dinámica energética del ecosistema está también mediada por el agua, pues uno de los procesos que más energía consume en un ecosistema es la evaporación del agua (Roberts 1999). De igual forma, el agua es un recurso indispensable para el desarrollo social y económico (Barkin y King 1970). De hecho, históricamente las sociedades humanas se han establecido en sitios próximos a cuerpos de agua (ríos, lagos, mares) lo que les permite sostener tanto los aspectos de su vida cotidiana, como sus principales actividades productivas (riego, pesca, industria) y el transporte de mercancías y personas (Baron *et al.* 2003).

El impacto de las actividades humanas sobre los cuerpos de agua y sobre sus regímenes hídricos se refleja en alteraciones en la cantidad (derivación de aguas superficiales o extracción de aguas subsuperficiales), en la calidad (contaminación puntual, i.e. por descargas; y dispersa, i.e. ingreso de fertilizantes a mantos freáticos y agua superficiales) y en la alteración de la temporalidad natural a la cual ocurren los flujos de entrada y salida de agua del sistema mediante la construcción de bordos y presas

(Cunningham *et al.* 2003, Hornung y Reynolds 1995, Nilsson y Bergren 2000, Reiners 1992, Swank *et al.* 1988).

La alteración de la estructura y el funcionamiento de los ecosistemas naturales, al ser estos transformados mediante las actividades humanas, ya ha alcanzado escalas globales, lo que está agudizando los problemas ambientales que, a su vez, repercuten en los sistemas económicos y sociales (Folke *et al.* 2002). El problema radica en que al deteriorar los ecosistemas naturales, disminuye la provisión de los servicios ecológicos que estos ofrecen al hombre (Costanza *et al.* 1997). Es por ello, que las sociedades humanas necesitan establecer políticas prioritarias que aseguren la conservación, restauración y uso sustentable de los ecosistemas naturales. Sobre todo, porque la cuantificación de los servicios ecosistémicos y la diseminación de la información a los gestores de recursos y al público en general es crítico para el manejo responsable de los recursos naturales (Meyerson *et al.* 2005, Millennium Ecosystem Assessment 2005). El desarrollo social y económico de México está basado históricamente en la utilización de estos recursos hídricos, los cuales han permitido una rápida expansión de la agricultura y de la generación de energía eléctrica la cual, a su vez, mantiene otras actividades productivas ligadas al desarrollo industrial y urbano del País. La cantidad, calidad y temporalidad del recurso hídrico está determinada por procesos funcionales del ecosistema. Reconocer el carácter integrador del agua del ecosistema es de suma importancia en cualquier intento por apropiarse del recurso hídrico. El manejo sustentable del agua lleva implícito el manejo sustentable del ecosistema (Maass 2003a). Este manejo sustentable debe ser un manejo adaptativo basado en procesos científico-políticos, a fin de permitir realizar esfuerzos proactivos para mantener a los ecosistemas dentro de los límites de la seguridad hídrica (Scott *et al.* 2013).

Grey y Sadoff (2007) definen la seguridad hídrica como la disponibilidad de agua en una cantidad y calidad aceptable para la salud, satisfacción de necesidades, ecosistemas y producción, aparejada con un aceptable nivel de riesgo hídrico para las personas, el ambiente y la economía. Así pues puede entenderse como la capacidad de la sociedad para garantizar: a) una adecuada cantidad y calidad de agua para el funcionamiento de los ecosistemas, b) la producción y autosuficiencia alimentaria, c) la satisfacción de las necesidades básicas de la población, d) la reducción y el manejo adecuado de los conflictos y disputas por el agua; y e) la capacidad para prevenir y

enfrentar desastres como sequías, inundaciones y epidemias asociadas con enfermedades hídricas como el cólera (Ávila-García 2008)

En 2002, la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales de México (SEMARNAT) a fin de tener un marco claro para determinar la disponibilidad hídrica de una cuenca y establecer políticas sobre el uso de este recurso, publica la Norma Oficial Mexicana NOM-011-CNA-2000 Conservación del recurso agua, la cual establece, en su Apéndice A, el Método directo registros hidrométricos 'MDRH' y el Método indirecto precipitación-escurrimiento 'MIPE'.

El Balance Hídrico es una herramienta muy útil en el análisis de los problemas de agua en una región determinada ya que es el equilibrio existente entre todos los recursos hídricos que ingresan a un sistema y los que salen del mismo en un intervalo de tiempo determinado. Su importancia radica en que puede ser utilizado para evaluar los patrones de demanda de irrigación, estacionales y geográficos, estrés de la humedad en el suelo bajo condiciones de cultivos y vegetación natural, predicción de flujos superficiales, elevaciones en la columna de agua y las variaciones de los flujos que alimentan a los cuerpos de agua (Escolero-Fuentes y Moreno-Miranda 2010).

El modelo de balance hídrico propuesto por Thornthwaite y Mather (1957) y retomado por Dunne y Leopold (1978), pese a ser de los primeros desarrollados, sigue siendo ampliamente utilizado en sitios donde se carece de información detallada. Este considera la precipitación como entrada de agua al sistema y la evapotranspiración y la escorrentía como salidas; así, el diferencial entre la precipitación y la evapotranspiración resulta ser la disponibilidad hídrica, equiparada con el escurrimiento natural superficial y subsuperficial de la cuenca.

Se han desarrollado diferentes métodos para el cálculo empírico de la evapotranspiración, entre los que se encuentran los de temperatura como los de Thornthwaite (1948), Blaney – Criddle (citado por Dunne y Leopold 1978), Turc (1961), Hargreaves - Samani (1985), y los de radiación como el Penman modificado (Doorenbos y Pruitt 1977). Para su cálculo, todos ellos se basan en diferentes variables climáticas, algunas coincidentes por lo que permiten su comparación.

Dos decretos declaran a la Sierra Fría área natural protegida (ANP), uno federal (Zona de Protección de la Cuenca Alimentadora del Distrito Nacional de Riego 001 de Pabellón Arteaga) y otro estatal (Área Silvestre Estatal, antes Zona Sujeta a Conservación

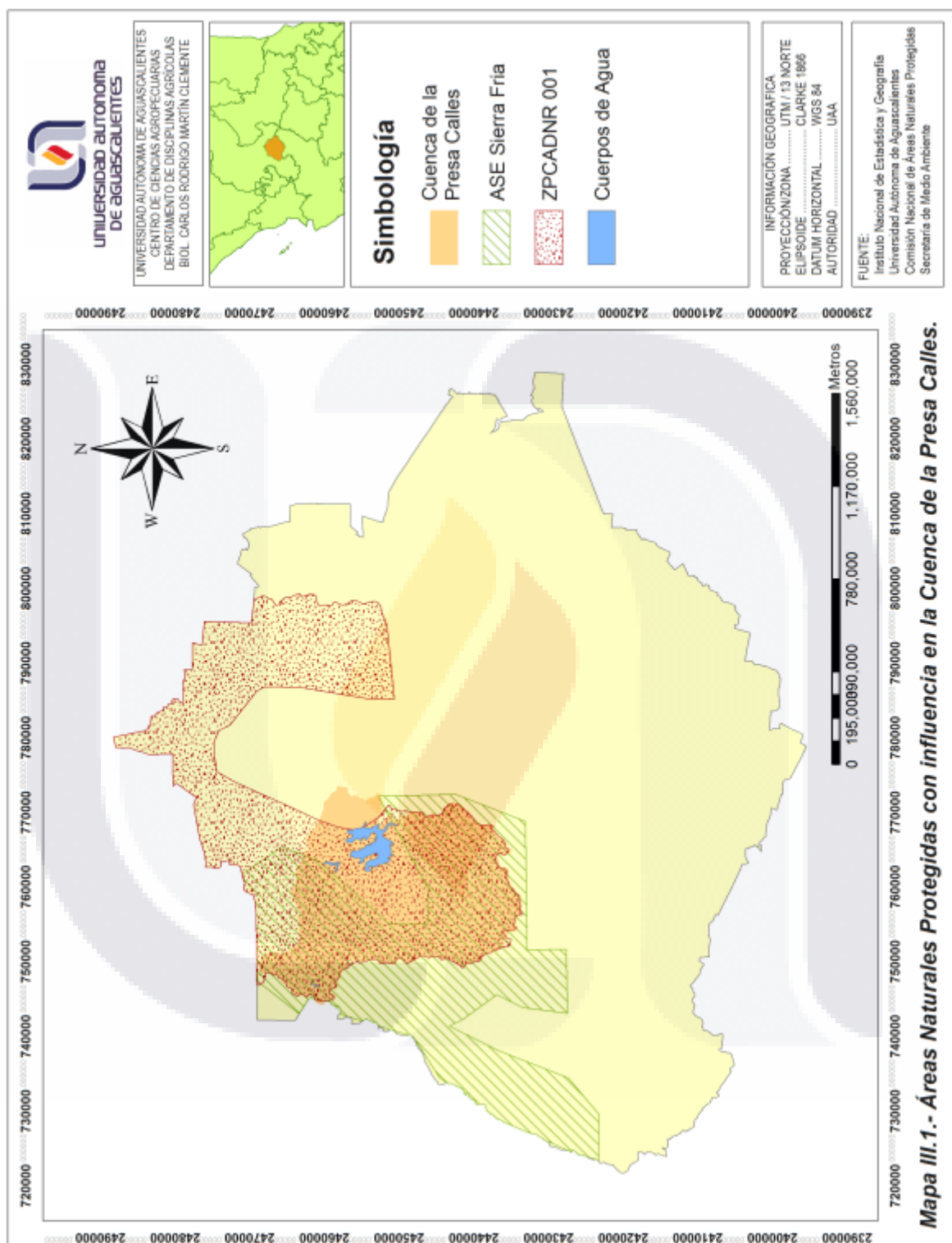
TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

Ecológica, Sierra Fría); además se encuentra dentro de las Regiones Terrestres Prioritarias de la CONABIO (RTP-66). A pesar de su importancia, a la fecha no se ha publicado un plan de manejo para el ANP de carácter federal y el plan de manejo de carácter estatal fue publicado recientemente el 9 de mayo de 2016.

Desde la perspectiva hidrológica, la Sierra Fría en el estado de Aguascalientes es un ecosistema de suma importancia, particularmente para la recarga del Acuífero del Valle de Aguascalientes, cuestión que ha sido del dominio público desde hace varios años y que es avalado por el Comité Técnico de Aguas Subterráneas (COTAS) del Acuífero Interestatal de Ojocaliente-Aguascalientes-Encarnación (2006). Pese a ello, no existen estudios formales sobre el funcionamiento de las cuencas en la zona, independientemente de la escala. A lo más que se ha llegado, es a una gruesa estimación de la recarga del Acuífero del Valle de Aguascalientes, en aproximadamente 234 hm³, incluidas las recargas que se dan naturalmente en los estados de Zacatecas (57 hm³) y Jalisco (10 hm³) y las inducidas a través de embalses como la presa Presidente Calles, la presa Abelardo Rodríguez y el Niágara y los sistemas de riego (27 hm³) (COTAS, 2006). En este sentido, es necesario contar con estudios más finos sobre el escurrimiento y recarga producto de las distintas cuencas del estado, en especial sobre la cuenca de la Presa Calles, ya que ésta abastece al Distrito de Riego 001 de Pabellón de Arteaga, proporcionando el agua para el riego de 3,820 Ha (Hernández-Dueñas y Maciel-Pérez 2004).

Los trabajos más cercanos a la zona de estudio se han realizado en Jalisco, México, siendo estos el de Cervantes *et al.* (1988) para Chamela a través de medición directa, el de Benavides-Solorio *et al.* (2008) para Tapalpa utilizando el modelo SWAT (Soil & Water Assessment Tool) y el de Piña-Poujol (2007) para Cuitzmala, utilizando el modelo de Thornthwaite y Mather.

El objetivo de este trabajo fue el estimar el balance hídrico de la cuenca de la Presa Calles mediante tres métodos de análisis a partir de información limitada y su posterior evaluación, a fin de determinar cuál de ellos proporciona datos que se ajusten mejor a la realidad de la misma. La información generada servirá para la modelación y generación de estrategias de manejo del ecosistema.



III.2. MATERIALES Y MÉTODOS

III.2.1. DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio para la estimación del Balance Hidrológico de la cuenca de la Presa Calles corresponde a las planicies aledañas al vaso de la presa y sus serranías asociadas, limitadas por el polígono definido en el Capítulo II del presente estudio, ocupando una superficie de 59,680 Ha. Se trata de una cuenca endorreica puesto que todos los arroyos tributan al vaso de la presa.

Considerando las variaciones de la cubierta vegetal dentro de la cuenca (Ver Capítulo II, Descripción del área de estudio), el gradiente altitudinal presente y las variaciones climáticas (tanto en precipitación como en temperatura), y a fin de hacer un análisis especial de la cuenca, ésta fue subdividida en dos unidades nombradas Cuenca Alta y Cuenca Baja. La distribución de las dos subcuencas se presenta en el mapa II.2.

La Cuenca Alta se encuentra cubierta en su mayor parte por bosques de encino (*Quercus* sp.), asociaciones de éste con otros árboles de porte alto y pastizales inducidos producto del desmonte para ganadería extensiva, mientras que la parte baja se encuentra cubierta por sabanas o pastizales naturales y zonas agrícolas, tanto temporaleras como de riego.

III.2.2. DESCRIPCIÓN DEL MODELO DEL BALANCE HÍDRICO DE THORNTHWAITHE Y MATHER

El término Balance Hídrico fue utilizado por primera vez en 1944 por el meteorólogo C. Warren Thornthwaite para referirse al balance que existe entre la entrada de agua por precipitación y riego, y la salida por evapotranspiración, flujo de agua subterránea (recarga de mantos freáticos) y escorrentía (flujo superficial).

El balance hídrico fue realizado utilizando el modelo de Thornthwaite y Mather (propuesto en 1955) descrito por Dunne y Leopold (1999). Este modelo considera a la precipitación como la única entrada de agua al sistema y a la evapotranspiración y la escorrentía como únicas salidas. Así mismo, el modelo incorpora un algoritmo para el cálculo de la retención de agua en el suelo basado en sus propiedades estructurales y considerando sólo la zona radicular. El modelo también parte del supuesto de que el cambio anual en la humedad en el suelo es mínimo (i.e. no se acumula agua de un año a otro). El contenido de agua puede ser evaluado a través del perfil del suelo o una cuenca

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

hidrográfica. Este modelo puede ser utilizado en un amplio rango de suelos y tipos de vegetación.

El método a seguir requiere un continuo de datos meteorológicos de la humedad en el suelo, evapotranspiración real, flujo subterráneo (recarga) y superficial (escorrentía), así como algunas observaciones sobre el suelo y la vegetación del sitio estudiado.

El modelo del Balance Hídrico propuesto por Thornthwaite y Mather (1955) se define mediante la siguiente ecuación:

$$BH = Pp - EVT_{pot} - Esc - \Delta HS$$

Donde:

BH : Balance Hidrológico

Pp : Precipitación pluvial

EVT_{pot}: Evapotranspiración potencial

ESC: Escorrentía

ΔHS : Cambio en la Humedad del Suelo

Supuestos del Modelo de Thornthwaite y Mather

- 1.- La única entrada de agua al sistema es a través de la precipitación pluvial.
- 2.- El total del agua disponible en el sistema es evaporada hasta llegar a la tasa potencial (en función de la energía disponible).
- 3.- El suelo se encuentra a su capacidad máxima de almacenamiento de agua al término de la estación húmeda.
- 4.- Una vez teniendo el suelo en capacidad de campo, la diferencia entre la precipitación y la evapotranspiración es el agua disponible para el sistema.
- 5.- La mitad del agua disponible durante un mes determinado escurre durante ese mes, la cuarta parte durante el mes siguiente, la octava en el que le sigue y así hasta que escurre toda el agua.
- 6.- Los valores de los distintos parámetros durante el mes de diciembre constituyen los valores base para el mes de enero.

Adecuaciones al modelo para zonas muy secas.

En zonas muy secas el suelo nunca llega a su capacidad de carga, por lo que es necesario hacer un ajuste en el modelo para poder correrlo, este ajuste consiste en calcular el déficit acumulado al término de la estación húmeda y a partir de este dato hacer el cálculo de la humedad en el suelo en la forma normal que establece el modelo.

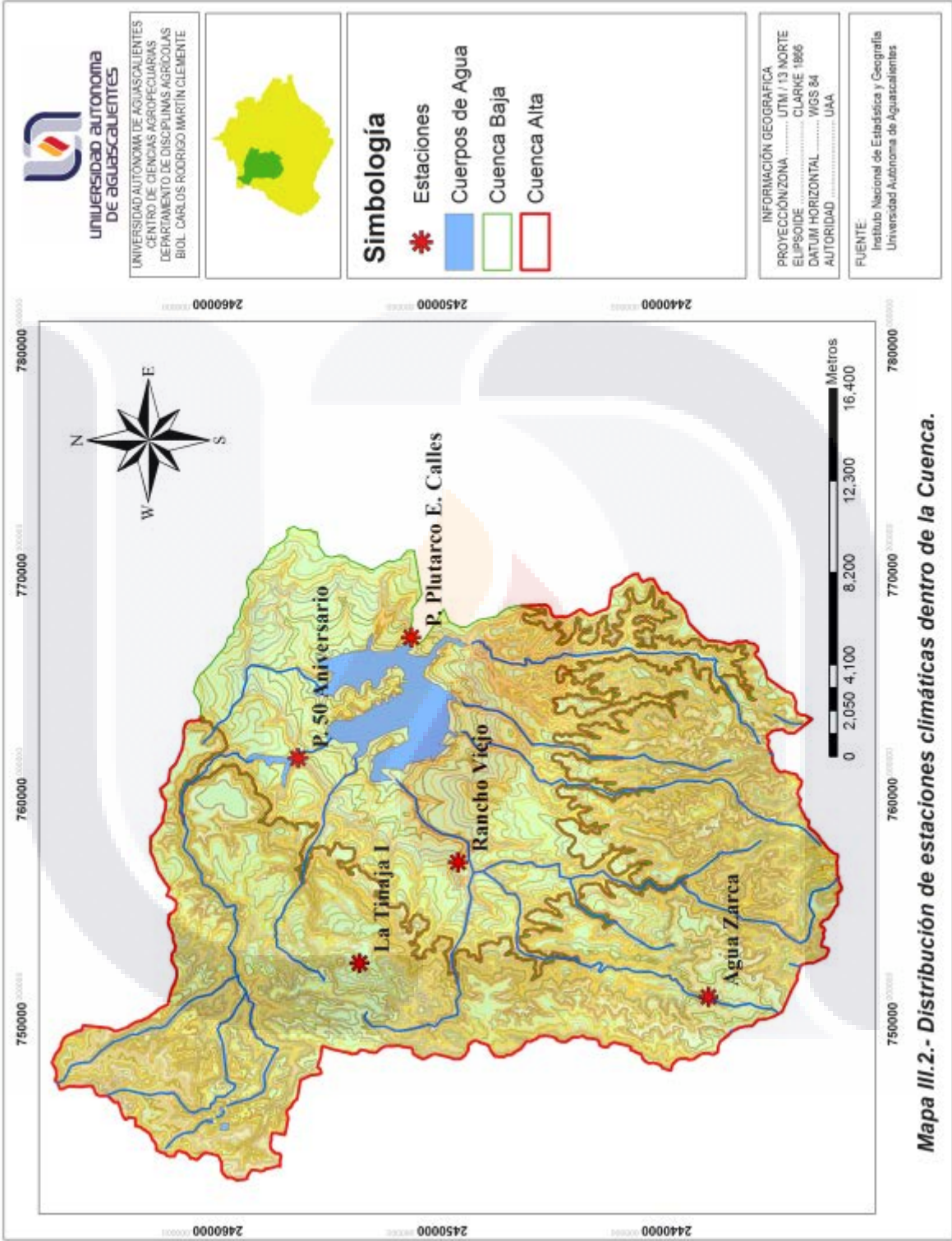
Para hacer el cálculo se suma el total del déficit de la estación seca. Este valor corresponde a una pérdida potencial de agua acumulada (PPAA). Se calcula su valor correspondiente para agua retenida en suelo (ARS).

Al valor obtenido para ARS se le suma el déficit de la estación húmeda y se obtiene el valor correspondiente para PPAA. Al nuevo valor obtenido se le adiciona el déficit de la estación seca y se obtiene su correspondiente ARS, a este se le adiciona el déficit de la estación húmeda y se obtiene su valor en PPAA. Esto se hace iterativamente hasta que los valores del ARS y PPAA ya no varíen. El valor a utilizar será el del PPAA.

Los valores calculados para el ARS siempre se redondean al entero inmediato superior.

III.2.2.1 CÁLCULO DE LOS BALANCES HÍDRICOS

Los Balances Hídricos fueron estimados a partir del modelo propuesto por Thornthwaite y Mather (1957), en base al diferencial entre la precipitación pluvial, la evapotranspiración actual y la retención de humedad en el suelo. Los valores de la lámina en mm fueron transformados en millones de metros cúbicos (Mm^3) refiriéndolos a la superficie de la cuenca, para facilitar su manejo posterior. Los métodos empleados fueron asociaciones del método de balance hídrico de Thornthwaite y Mather con tres métodos para el cálculo de la evapotranspiración potencial, siendo éstas B.H.+Thornthwaite, B.H.+Blaney-Criddle y B.H.+Hargreaves-Samani.



III.2.3. VOLUMEN DE ESCURRIMIENTO ANUAL MEDIO DE LA CUENCA.

A fin de contrastar los valores de escurrimiento obtenidos mediante el balance hídrico se calculó el volumen del escurrimiento anual medio, con base en el Apéndice A de la Norma Oficial Mexicana NOM-011-SEMARNAT-2000. Tanto los valores de escurrimiento como el volumen del escurrimiento anual medio corresponden a la disponibilidad hídrica de la cuenca.

Substituyendo los diferentes componentes de las fórmulas por literales para facilitar manejo, quedan las siguientes expresiones:

a) Método directo registros hidrométricos (MDRH):

$$Q = Q_{abajo} + VC + Q_{arriba} + E + I + R$$

Donde:

Q = Volumen anual de escurrimiento natural de la cuenca,

Q_{abajo} = Volumen anual de escurrimiento aforado de la cuenca hacia aguas abajo,

VC = Volumen anual concesionado de agua superficial,

Q_{arriba} = Volumen anual de escurrimiento aforado de la cuenca aguas arriba,

E = Volumen anual de exportaciones,

I = Volumen anual de importaciones,

R = Volumen anual de retornos;

b) Método indirecto precipitación-escurrimiento (MIPE):

$$Q = p * a * Ce \quad Ce = \frac{k(p - 250)}{2000} + \frac{(k - 0.15)}{1.5},$$

Donde:

Q = Volumen anual de escurrimiento natural de la cuenca,

p = Precipitación anual de la cuenca,

a = Área de la cuenca

Ce = Coeficiente de escurrimiento,

k = Constante obtenida a partir de tablas, para el caso del estudio corresponde al valor de 0.26 (suelo medianamente permeable bajo pastizal sujeto a un alto nivel de pastoreo y un bosque abierto).

La información sobre el volumen de agua superficial concesionada y del escurrimiento hacia aguas abajo fue obtenida de la Dirección local Aguascalientes de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), no existen importaciones, exportaciones ni retornos; asimismo no hay aportación de otras cuencas. El volumen de escurrimiento hacia aguas abajo fue tomado a partir del diferencial del almacenamiento anual en el vaso de la presa.

III.2.4. ADQUISICIÓN DE INSUMOS

Los datos climáticos fueron obtenidos de la Red de Estaciones Climatológicas del Servicio Meteorológico Nacional. Fueron seleccionadas las 5 estaciones climatológicas que se encontraban dentro del territorio que comprende la Cuenca de la Presa Calles. La información de identificación de las estaciones utilizadas se reporta en la tabla III.1., mientras que la distribución espacial de las mismas puede observarse en la mapa III.2. Los datos utilizados corresponden al menos al promedio de 21 años. La información climática es pública y está disponible para consulta de cualquier persona. Esta información fue obtenida a partir de la Comisión Nacional del Agua a través del portal electrónico INFOMEX del Instituto Federal de Acceso a la Información Pública (IFAI).

Tabla III.1. Estaciones climatológicas utilizadas para el modelo.

N°	Estación	Nombre	Latitud (N)	Longitud (O)	Altitud (msnm)
1	00001047	Agua Zarca	22°01'30"	102°34'22"	2 300
2	00001089	Presa 50 Aniversario	22°11'19"	102°28'01"	2 050
3	00001010	La Tinaja	22°09'55"	102°33'21"	2 425
4	00001018	La Presa Calles	22°08'32"	102°24'56"	2 020
5	00001021	Rancho Viejo	22°07'30"	102°30'47"	2 090

Todas las estaciones se ubican en el municipio de San José de Gracias, Ags.

III.2.5. GENERACIÓN DE INFORMACIÓN BASE PARA EL MODELO

Se calcularon polígonos de Thiessen para establecer las áreas de influencia de las estaciones climatológicas de la Tabla III.1. y determinar la proporción de cada una de ellas con respecto a la superficie total de la cuenca. Esta proporción se utilizó para el resto de los cálculos a fin de tener promedios ponderados de la información climática y no promedios simples. Los polígonos de Thiessen se muestran en el mapa III.3.

III.2.5.1. EVAPOTRANSPIRACIÓN

El cálculo de la evapotranspiración potencial se realizó utilizando las fórmulas de Thornthwaite (1948), Blaney – Criddle (citado por Dunne y Leopold 1978) y Hargreaves - Samani (1985).

Evapotranspiración potencial según Thornthwaite (1948). Esta fórmula considera la temperatura media del aire y un índice de calor anual. Se encuentra definida por las siguientes ecuaciones:

$$E_t = 1.6 \left[\frac{10T_\alpha}{I} \right]^\alpha$$

Donde:

E_t = evapotranspiración potencial en cm/mo;

T_α = temperatura media mensual del aire (°C);

I = índice de irradiación anual el cual a su vez se describe por la siguiente ecuación

$$I = \sum_{i=1}^{12} \left[\frac{T_{ai}}{5} \right]^{1.5}$$

$$\alpha = 0.49 + 0.0179I - 0.000771I^2 + 0.000000675I^3.$$

Para el cálculo usando esta ecuación es necesario hacer una corrección en función de la latitud; dado que los factores de corrección brindados por Dunne y Leopold (1978) sólo se presentan para decenas de grados, se hizo un ajuste a fin de obtener un factor de corrección para la latitud 22° N. Para esto se obtuvo de la diferencia de los

valores reportados para 20° y 30°, dividiéndola entre 10 (diferencia en unidades entre ambos valores) y multiplicándola por 2. El valor así obtenido fue restado al valor de 20°. Esto se hizo para todos los meses del año. Los valores de los factores de corrección calculados se presentan en la tabla III.2.

Tabla III.2.- Factores de corrección por latitud para el cálculo de la evapotranspiración potencial usando la ecuación propuesta por Thornthwaite y Mather

	Lat	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Reportado en la literatura	30°	0.87	0.93	1	1.07	1.14	1.17	1.16	1.11	1.03	0.96	0.89	0.85
	20°	0.92	0.96	1	1.05	1.06	1.05	1.1	1.07	1.02	0.98	0.93	0.91
Calculado	22°	0.91	0.954	1	1.054	1.076	1.074	1.112	1.078	1.022	0.976	0.922	0.898

Fuente: Adaptaciones de la información proporcionada por Dunne y Leopold (1999).

Evapotranspiración de referencia según Blaney – Criddle (citado por Dunne y Leopold 1978). Esta fórmula considera el fotoperiodo y la temperatura promedio del aire. Se define por la siguiente ecuación:

$$ET_0 = p((0.46 \cdot T_{med}) + 8)$$

Donde:

T_{med} =temperatura promedio del aire (°C)

p =porcentaje diario de horas de luz del mes, con respecto al total anual.

Evapotranspiración de referencia según Hargreaves - Samani (1985). Esta fórmula considera la radiación solar incidente y la temperatura, tanto máxima, mínima y media. En su forma simplificada se encuentra definida por la ecuación (Samani 2000):

$$ET_0 = 0.0135KT \cdot R_a (TD + 17.8)(TC)^{HE}$$

Donde:

TD = promedio diario de la temperatura del aire (°C)

TC = diferencial entre la temperatura máxima y mínima diaria (°C)

R_a =radiación extraterrestre (mm/día)

KT =coeficiente empírico

HE =exponente empírico.

El valor de K_T fue establecido originalmente en 0.17 para regiones interiores (continentales) y el de H_E , en 0.5 (Samani 2000); sin embargo, dado que esta fórmula tiende a sobreestimar la evapotranspiración bajo condiciones climáticas extremas se optó por utilizar las calibraciones propuestas por Allen (1995) para K_T y por Kelso-Bucio et al. (2012) para H_E . La calibración propuesta por Allen (1995) está definida por la ecuación:

$$K_T = 0.17 \left(\frac{P}{P_o} \right)^{0.5}$$

Donde:

P =promedio mensual de la presión atmosférica en el sitio

P_o =promedio mensual de la presión atmosférica a nivel del mar.

La calibración propuesta por Kelso-Bucio et al. (2012) está definida por la expresión:

$$H_E = \frac{\log \left[\frac{PM}{0.0023 R_a \left(\frac{T_{\max} + T_{\min}}{2} + 17.8 \right)} \right]}{\log [T_{\max} - T_{\min}]}$$

Donde:

$T_{\min}$ =temperatura mínima del aire (°C)

$T_{\max}$ =temperatura máxima del aire (°C)

R_a =radiación extraterrestre

PM = evapotranspiración de referencia según el método Penman Monteith (mm día⁻¹)

Los valores de la radiación extraterrestre y de la presión atmosférica fueron obtenidos de las tablas de la FAO. Dado que la premisa es que en la cuenca en estudio se carece de información suficiente para utilizar el método Penman Monteith, el valor de PM puede obtenerse a partir de los datos de una cuenca cercana con características similares, ya sea través del método Penman Monteith o del de cubeta tipo A. Para este estudio, el valor de PM se obtuvo a través de la aplicación en línea 'Cálculo de ET_0 (Método Penman-Monteith)' del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales,

Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), utilizando como referencia la información de la estación Piletas para el periodo 2002-2006, al ser la más representativa y con mayor información dentro del área de estudio (Se ubica en las coordenadas 22.21567° N y 102.60367° O).

Para la calibración de la fórmula de Hargreaves-Samani se calcularon los coeficientes de calibración KT y HE. El valor obtenido para KT empleando la ecuación propuesta por Allen (1995) fue de 0.14, resultando más bajo que el valor propuesto originalmente por Hargreaves (0.17). Para el caso de la calibración de HE propuesta por Kelso-Bucio *et al.* (2012), se obtuvo el valor de PM = 2.9 mm día⁻¹ y HE=0.34. El valor de HE también resultó menor al propuesto originalmente por Hargreaves (0.5).

III.2.5.2. RETENCIÓN DE HUMEDAD EN EL SUELO

Fue determinada en función de las características edafológicas reportadas por INEGI (2008) para la zona considerando 50 cm de profundidad en la tabla que relaciona capacidad hídrica, textura del suelo y vegetación reportada por Dunne y Leopold (1978). Las coberturas vegetales consideradas fueron bosques maduros, pastizales y cultivos con profundidades de raíz moderada y media. El valor de retención de humedad obtenido para todas las coberturas vegetales presentes en la cuenca resultó de 100 mm.

Para obtener los diferentes valores de la humedad del suelo para el modelo se utilizó la siguiente función, derivada de las curvas presentadas por Dune y Leopold:

$$y = 0.003534(x) + 2$$

Donde “y” es la humedad que puede ser retenida en el suelo en mm y “x” es el déficit hídrico en mm.

III.2.6. SELECCIÓN DEL DESCRIPTOR DEL BALANCE HÍDRICO DE LA CUENCA

Una vez obtenidos los balances hídricos para la cuenca de la Presa Calles, se buscó determinar cuál de ellos era el mejor descriptor del comportamiento hidrológico de la misma. Para lo cual se compararon los valores de disponibilidad hídrica obtenidos de los balances hídricos realizados con las diferentes fórmulas de evapotranspiración, contra el almacenamiento de agua en el vaso de la presa calculado mediante el Método directo registros hidrométricos propuesto por la Norma Oficial Mexicana NOM-011-CNA-2000.

Dicha comparación se realizó a través de la prueba de 'Diferencia Honestamente Significativa' (DSH) de Tukey. Para lo cual se utilizó el programa STATISTICA 10 (StatSoft, Inc.), considerando un nivel de confianza $\alpha=0.05$.

Se calcularon ocho valores de disponibilidad hídrica para cada uno de los métodos (Balances hídricos y Norma), correspondiendo estos a promedios de 20 años de la información recabada, siendo los periodos utilizados: 1980-1999, 1981-2000, 1982-2001, 1983-2002, 1984-2003, 1985-2004, 1986-2005, 1987-2006. El utilizar promedios que comparten entre si más de la mitad de las observaciones reduce el sesgo por años atípicos, ya sean secos o lluviosos.

III.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

III.3.1. BALANCE HÍDRICO DE LA CUENCA

Los balances hídricos (escenarios) generados a partir de los datos obtenidos, mediante los métodos de Thornthwaite, Hargreaves-Samani y Blaney-Criddle se presentan en las tablas III.3a, III.3b y III.3c. Las tablas muestran la información de las categorías más importantes del ciclo hidrológico, siendo estas la precipitación, la evapotranspiración y la escorrentía.

La escorrentía bajo distintos escenarios para la superficie de la cuenca fue de 28.52 Mm^3 con el método de Thornthwaite, de 51.3 Mm^3 con el método de Hargreaves-Samani y de 133.9 Mm^3 con el método de Blaney-Criddle.

A partir del MDRH se obtuvo un volumen promedio de 50.66 Mm^3 para el escurrimiento anual natural de la cuenca, para lo cual se consideró un volumen promedio anual concesionado de 37.87 Mm^3 y un volumen promedio anual de escurrimiento aforado hacia aguas debajo de 12.79 Mm^3 .

En base al MIPE se estimó un volumen de escurrimiento natural anual de 44.31 Mm^3 , considerando una precipitación anual promedio de 589.68 mm y un valor calculado de 0.1258 para el coeficiente de escurrimiento (Ce).

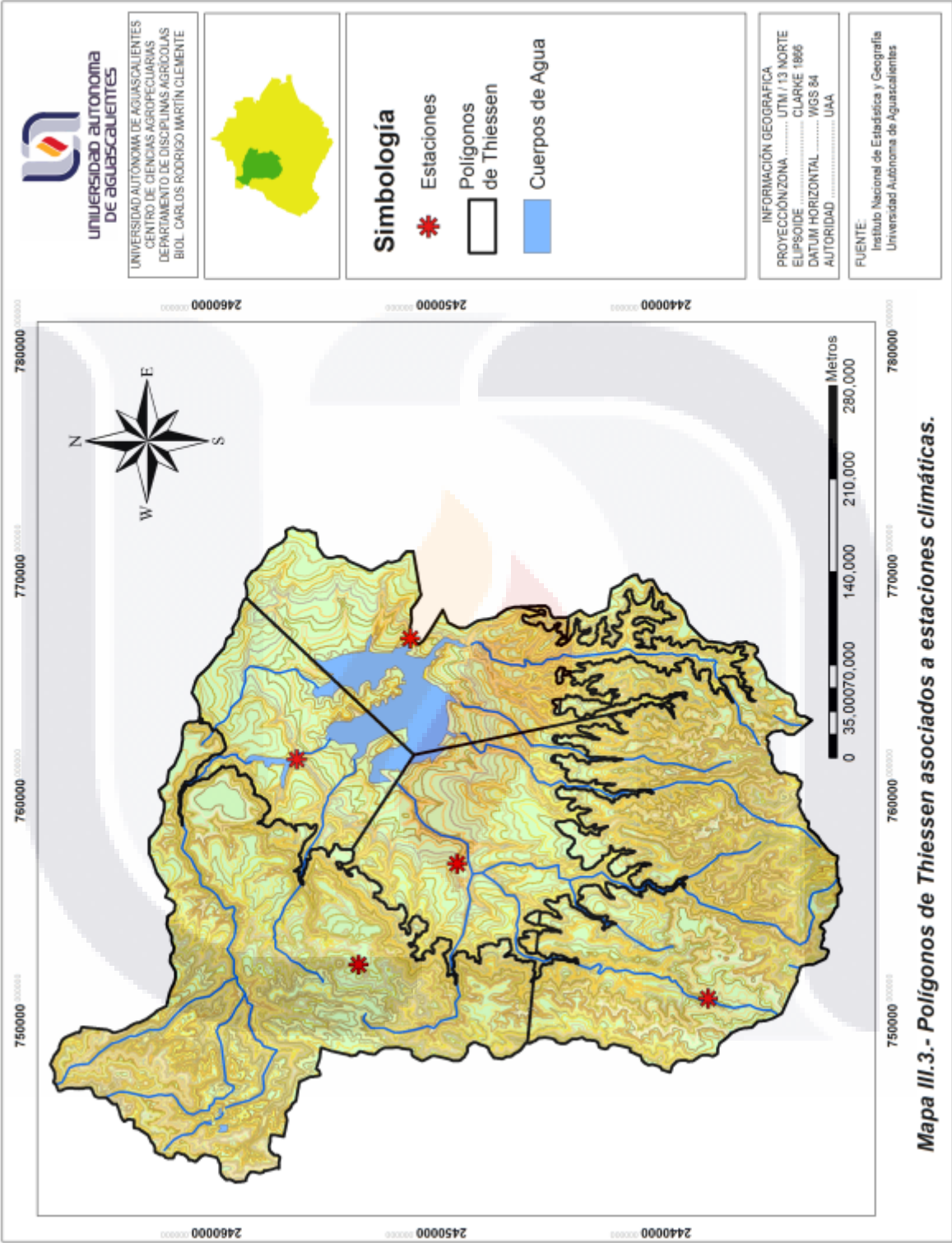


Tabla III.3a. BALANCE HÍDRICO. ET con base en Thornthwaite (1948). Período 1987-2006.

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
P	24.2	12.2	6.3	7.2	28.2	100.9	155.0	124.5	105.9	45.6	8.1	9.1	627.0
EtR	28.1	17.6	11.3	10.4	29.7	88.9	101.2	89.8	78.2	60.3	34.6	22.3	572.5
R	16.7	11.3	6.2	3.0	1.4	13.4	67.1	75.0	75.0	60.3	33.8	20.6	
Es	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	13.8	20.8	10.0	5.0	3.0	54.6
BH	-4.9	-6.4	-5.0	-3.2	-1.6	11.9	53.8	20.9	7.0	-24.7	-31.5	-16.1	-0.1

Datos en mm. Pp: Precipitación, EtR: Evapotranspiración real, R: Retención de agua en suelo, Es: Escorrentía, BH: Balance hídrico

Tabla III.3b. BALANCE HÍDRICO. ET con base en Hargreaves-Samani (1985). Período 1987-2006.

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
P	24.2	12.2	6.3	7.2	28.2	100.9	155.0	124.5	105.9	45.6	8.1	9.1	627.0
EtR	29.2	16.8	9.8	8.7	28.8	86.5	99.2	89.2	76.9	63.4	35.9	22.8	567.1
R	10.7	6.1	2.6	1.1	0.5	14.9	70.6	75.0	75.0	57.1	29.4	15.7	
Es	1.0	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	15.9	22.0	11.0	5.0	3.0	59.9
BH	-5.9	-5.6	-4.5	-1.5	-0.6	14.4	55.8	19.4	7.0	-28.9	-32.8	-16.7	0.0

Datos en mm. Pp: Precipitación, EtR: Evapotranspiración real, R: Retención de agua en suelo, Es: Escorrentía, BH: Balance hídrico

Tabla III.3c. BALANCE HÍDRICO. ET con base en Blaney-Criddle (1970). Período 1987-2006.

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
P	24.2	12.2	6.3	7.2	28.2	100.9	155.0	124.5	105.9	45.6	8.1	9.1	627.0
EtR	28.4	19.2	16.3	13.6	31.3	46.4	50.8	47.6	41.3	40.1	27.6	25.6	388.1
R	35.0	27.9	18.0	11.5	8.4	62.8	75.0	75.0	75.0	75.0	55.6	39.1	
Es	4.0	2.0	1.0	1.0	0.0	0.0	45.9	61.8	62.6	34.5	17.0	9.0	238.8
BH	-8.2	-9.0	-11.0	-7.4	-3.1	54.4	58.2	15.0	2.0	-29.0	-36.4	-25.4	0.1

Datos en mm. Pp: Precipitación, EtR: Evapotranspiración real, R: Retención de agua en suelo, Es: Escorrentía, BH: Balance hídrico

Se aprecian variaciones importantes entre las *EtP* calculadas por los distintos métodos, y por ende en el volumen de los escurrimientos. La mayor *EtP* se obtuvo con el método de Thornthwaite cuya escorrentía fue igual a 28.52 Mm³. La menor *EtP* y la mayor escorrentía se obtuvieron con el método de Blaney-Criddle. Comparando la relación precipitación-escurrimiento (*P-Es*) de los diferentes escenarios propuestos, contra los valores obtenidos a través de la metodología establecida por la Norma, tenemos que la razón obtenida a partir de la fórmula de Hargreaves-Samani (0.1451) es la más cercana al

Ce calculado a partir de la Norma ($C_e = 0.1258$) y a la razón del volumen almacenado en el vaso de la presa (0.1438). Los valores obtenidos de los escenarios de Blaney-Criddle (0.3800) y Thornthwaite (0.0805) tienen una variación muy grande, mayor al propio valor de la razón del almacenamiento. De lo anterior puede inferirse que para el caso particular de la cuenca de la presa Calles la fórmula de Blaney-Criddle subestima los valores de EtP , mientras que la de Thornthwaite los sobreestima.

El diferencial entre los escurrimientos medidos y estimados a partir de las fórmulas de la Norma (6.7 Mm^3) puede explicarse a partir de la intercepción del flujo hídrico realizada por los bordos de captación de aguas pluviales que se encuentran distribuidos en toda el área de la Cuenca. Según señala Martín-Clemente *et al.* (2009), la presencia de tales bordos, representa los principales disturbios antrópicos que modifican la dinámica hidrológica de la Cuenca. Con base en las estimaciones realizadas por estos autores, la bordería distribuida en la cuenca tiene una capacidad máxima de almacenamiento de 4.4 Mm^3 , que podría alojar el volumen de agua estimado que no está siendo almacenado en el vaso de la presa. Aguas arriba, dentro de la misma cuenca, se encuentra la Presa 50 Aniversario, la cual también participa de la intercepción del agua captada en el vaso de la Presa Calles. Este reservorio tiene una capacidad de almacenamiento de 4.1 Mm^3 según los datos de la Comisión Nacional del Agua (Datos no publicados). Otro fenómeno que puede abonar a esta diferencia son las extracciones irregulares que pudieran presentarse y de las cuales no se tiene registro.

III.3.1.1. DESCRIPTOR DEL BALANCE HÍDRICO DE LA CUENCA

Los valores de la disponibilidad hídrica anual calculados para determinar el mejor descriptor del comportamiento hidrológico de la cuenca se muestran en el Cuadro 2. De su simple observación puede inferirse que los obtenidos del balance hídrico asociado a las fórmulas de Thornthwaite y Blaney-Criddle, difieren enormemente de los obtenidos mediante el MDRH y el balance hídrico asociado a la fórmula de Hargreaves-Samani.

Los resultados presentados en la Tabla III.4., sugieren que para el caso particular de la cuenca, el método B.H.+Thornthwaite subestima la disponibilidad hídrica, mientras que el B.H.+Blaney-Criddle la sobreestima. Esta situación podría presentarse de manera similar en otras cuencas o zonas forestales con características parecidas de latitud, altitud, suelo y cubierta vegetal, por lo que deben usarse de manera restringida. Por el

contrario, el método B.H.+Hargreaves-Samani calibrado según lo propuesto por Kelso-Bucio *et al.* (2012) resultó ser el que más se ajusta a la disponibilidad hídrica del sistema obtenida a partir del almacenamiento registrado en la Presa Calles (MDRH).

Tabla III.4.- Valores promedio de la disponibilidad hídrica anual de la cuenca de la Presa Calles para el periodo 1980-2006
Métodos para el cálculo de la disponibilidad hídrica

Periodo	B.H.+ Thornthwaite	B.H.+ Hargreaves- Samani	B.H.+ Blaney- Criddle	MDRH
1980-1999	17.66	37.48	120.02	47.59
1981-2000	18.08	38.26	120.73	47.58
1982-2001	21.54	42.44	124.73	48.15
1983-2002	27.99	50.55	132.07	50.31
1984-2003	33.54	56.82	139.17	51.71
1985-2004	41.18	65.59	148.96	55.24
1986-2005	35.57	61.05	143.17	53.79
1987-2006	32.59	58.19	142.52	50.90
Promedio	28.52	51.30	133.92	50.66

Valores expresados en Mm^3 .

En el Tabla III.5. se presentan los resultados de la prueba DHS de Tukey. El valor $P>0.999$ obtenido para B.H.+Hargreaves-Samani –(MDRH), indica que no puede rechazarse la H_0 por lo cual se determina que no existe suficiente evidencia para afirmar que existe una diferencia significativa entre los valores obtenidos por ambos métodos.

Tabla III.5. Diferencia Honestamente Significativa de Tukey
Probabilidades aproximadas para pruebas *Post Hoc*
 $\alpha=0.5$, Error: MS=81.092, df=28

Modelo	B.H.+Thornthwaite	B.H.+Blaney-Criddle	B.H.+Hargreaves-Samani
MDRH	<0.001	<0.001	>0.999

El diferencial entre los escurrimientos estimados y medidos a partir de la fórmula de la Norma (8 Mm^3 en promedio) puede explicarse a partir de la intercepción del flujo hídrico realizada por los bordos de captación de aguas pluviales que se encuentran distribuidos en toda el área de la Cuenca. Según señala Martín-Clemente *et al.* (2009), la presencia de tales bordos, representa los principales disturbios antrópicos que modifican

la dinámica hidrológica de la Cuenca. Con base en las estimaciones realizadas por estos autores, la bordería distribuida en la cuenca tiene una capacidad máxima de almacenamiento de 4.4 Mm^3 , que podría alojar parte del volumen de agua estimado que no está siendo almacenado en el vaso de la presa. Aguas arriba, dentro de la misma cuenca, se encuentra la Presa 50 Aniversario, la cual también participa de la interceptación del agua captada en el vaso de la Presa Calles. Este reservorio tiene una capacidad de almacenamiento de 4.1 Mm^3 según los datos de la Comisión Nacional del Agua (Datos no publicados). Otro fenómeno que puede abonar a esta diferencia son las extracciones irregulares que pudieran presentarse y de las cuales no se tiene registro.

La similitud entre los valores medidos directamente y los estimados a partir del método B.H.+Hargreaves-Samani nos permite afirmar que éste puede emplearse para estimar la disponibilidad hídrica del resto de las cuencas presentes dentro del macizo de Sierra Fría, donde no existen reservorios para hacer una medición directa. Así también, este método podría emplearse en otras cuencas y ecosistemas forestales con características afines.

Campos-Aranda (2005) al comparar los métodos para estimar la evapotranspiración potencial de Makkink, Turc y Hargreaves-Samani, encontró que el más recomendable para la República Mexicana es este último, toda vez que el coeficiente de correlación (r) entre los valores obtenidos a través del método de Hargreaves-Samani ($\text{ETP}=1575 \text{ mm}$) y los obtenidos a través del método de Penman ($\text{EtP}=1492$), usado como referencia, fue superior a 0.96. Lo anterior es coincidente con nuestros resultados. Por otro lado, Rodríguez-Zayas (2001) a partir de su evaluación de los métodos propuestos por la FAO, indica que la evapotranspiración de referencia estimada por el de Penman-Monteith es el que mejor comportamiento presenta debido a que sólo sobre estima la ET_0 en un 16% al compararlo con valores obtenidos a partir del evaporímetro de cubeta, teniendo un índice de concordancia de 17. En este mismo sentido, González-Cervantes *et al.* (2011) en su comparación de métodos para estimar la evapotranspiración de referencia, sitúa en último lugar al de Hargreaves-Samani frente a los de Penman-Monteith y Doorembos-Pruit, esto en virtud de que al correlacionar los distintos métodos con los valores del tanque evaporímetro tipo A, se obtuvieron los coeficientes de correlación 0.72, 0.93 y 0.89, respectivamente. Cabe señalar que al revisar las curvas de ET_0 por González-Cervantes *et al.* (2011), los valores obtenidos por el método de

Doorembos-Pruit resultan por encima de los obtenidos a través de los de Penman-Monteith y Hargreaves-Samani, siendo estos dos aparentemente más similares.

Si bien los trabajos de Campos-Aranda, González-Cervantes *et al.* y Rodríguez-Zayas, se centraron en el cálculo de la evapotranspiración, ya sea potencial o de referencia, y el presente estudio en el de la disponibilidad hídrica, el hecho de que la variación entre los métodos propuestos estribara en las fórmulas para obtener la evapotranspiración permite su comparación.

Hay que tener presente que en los trabajos de González-Cervantes *et al.* y Rodríguez-Zayas, se utilizaron métodos de distinta naturaleza (radiación y temperatura del aire), mientras que en el de Campos-Aranda y el presente estudio se utilizaron métodos empíricos basados en temperatura del aire. Se considera que el uso del método de Penman-Monteith para el cálculo de la ET_0 en los otros trabajos es lo que determina que la formula Hargreaves-Samani sea el mejor indicador de la EtP o ET_0 . Esto dado que el método de Penman-Monteith, más complicado para su aplicación por los parámetros involucrados, resulta más robusto y es reconocido mundialmente por la FAO como el que mejor estima la evapotranspiración.

Ahora bien, retomando los datos obtenidos en el presente estudio y lo señalado por Campos-Aranda, y considerando que González-Cervantes *et al.* no desestima la utilidad del método de Hargreaves-Samani, éste resulta un buen predictor de la evapotranspiración y a su vez, de la disponibilidad hídrica.

Kelso-Bucio *et al.* (2012), retomando a Campos-Aranda, sugiere que el método más recomendado para estimar la evapotranspiración potencial cuando no existe suficiente información para utilizar el de Penman-Monteith, es el de Hargreaves-Samani. Sin embargo señala que para mejorar su precisión es necesario hacer la calibración de HE. Esto dado que los valores obtenidos de la aplicación de la fórmula original tienden a sobreestimar los valores de la evapotranspiración. En trabajos previos realizados para la cuenca de la Presa Calles (no publicados) encontramos que la aplicación de la fórmula de Hargreaves-Samani en su forma original sobreestimaba la evapotranspiración de la zona, a tal grado que esta sobrepasaba en todos los meses la precipitación pluvial. Con esto se obtuvo una nula escorrentía la cual no correspondía con la realidad ya que se contaba con agua dentro de los diferentes reservorios, confirmando que el modelo puede sobreestimar la evapotranspiración.

Pese a la sobreestimación que puede presentar la aplicación de la fórmula de Hargreaves-Samani en su forma original, al realizar la calibración de KT y HE, los valores obtenidos son muy apegados a la realidad según el presente trabajo y el realizado por Kelso-Bucio *et al.* (2012).

Si bien existen variaciones entre la disponibilidad hídrica calculada a partir de la Norma (en base al almacenamiento dentro de la presa Calles) y los datos obtenidos mediante el método B.H.+ Hargreaves-Samani, éste nos permite conocer la disponibilidad hídrica y de una manera general el comportamiento del ciclo hidrológico de la cuenca. Al ser relativamente sencillo, e involucrar pocas variables cuya información puede ser recopilada sin mucho problema, resulta una buena opción para el conocimiento hidrológico básico en cuencas con poca o virtualmente nula información, pudiendo estimar la disponibilidad hídrica en cuencas donde no se cuente con reservorios que permitan la medición directa.

El 29 de noviembre de 2010, la Comisión Nacional del Agua, CONAGUA, (Acuerdo 2010) publica un Acuerdo en el cual se actualiza la disponibilidad media anual de aguas superficiales de diversas cuencas hidrológicas, entre ellas la cuenca hidrológica Presa Calles. En éste señala que el volumen anual de escurrimiento de la cuenca (disponibilidad hídrica) es de 57.63 millones de metros cúbicos, valor muy similar al calculado mediante B.H.+Hargreaves-Samani. Si bien la CONAGUA señala que la estimación se realizó conforme a la NOM-011-CNA-2000, no establece cuál de los métodos ni la serie de datos climáticos, en su caso, que fueron utilizados. Pese a esto, hay coincidencia en los resultados obtenidos, pudiendo afirmarse que se está estimando de manera correcta la disponibilidad hídrica de la cuenca.

Así pues el mejor estimador de Balance Hídrico para la cuenca de la Presa Calles es el realizado utilizando la fórmula de evapotranspiración propuesta por Hargreaves-Samani ajustándola con los coeficientes KT y HE.

III.3.2. DESCRIPCIÓN DEL CICLO HIDROLÓGICO.

La precipitación media anual en la parte alta de la cuenca es de 574 mm, mientras que en la parte baja de ésta es de 495 mm. Pese a que se presentan lluvias durante todo el año, se pueden distinguir dos periodos en función de la cantidad de agua disponible en el sistema. El primero correspondiente a la temporada de lluvias, comenzando en el mes

de mayo terminando en octubre, y el segundo al de seca, que inicia en noviembre para terminar en abril.

La mayor precipitación la encontramos durante el mes de julio, esto tanto en la parte alta como en la baja de la cuenca; la precipitación más baja se presenta en el mes de marzo. El diferencial de precipitación entre el más y el menos lluvioso de los meses es de 145 mm en la parte alta y de 121 mm en la parte baja.

La Evapotranspiración Potencial es muy variable a través del año. Su nivel más bajo lo tenemos durante el mes de enero, llegando a su máximo durante el mes de mayo. La ETP describe un patrón estacional definido por la entrada de energía al sistema. Durante los meses de invierno, la entrada de energía al sistema disminuye considerablemente, disminuyendo en consecuencia la EtP. Durante los meses de primavera la energía en el sistema aumenta sensiblemente, aumentando la EtP, llegando a su máximo en el mes de mayo. Contrario a lo que pudiera pensarse, durante los meses de verano comienza a disminuir la EtP, ya que las nubes tienen un albedo muy alto, lo que reduce la radiación a nivel del dosel de la vegetación.

En este punto se vuelve necesario el traer a colación el hecho de que la tasa de evapotranspiración de un sitio dado depende básicamente de dos factores: la cantidad de agua disponible en el sistema y la energía presente en él (Dunne y Leopold 1999). El sistema evapotranspirará tanta agua como tenga disponible, teniendo como límite la cantidad de energía que pueda destinar a esto.

Durante todos los meses del año se presenta evapotranspiración. De enero a mayo la tasa se mantiene en niveles bajos, aumentando hasta las tasas potenciales durante la temporada de lluvias. Durante los meses de octubre a diciembre hay una reducción paulatina en la tasa de ET, la cual poco a poco se separa de la tasa potencial, manteniéndose por el agua almacenada en el suelo. El hecho de que durante todo el año se presente la evapotranspiración indica que se tiene agua almacenada en el suelo, la cual es accesible para el sistema. Sin embargo, la baja disponibilidad de agua durante los primeros meses del año genera un gran déficit hídrico, reflejado en un importante diferencial entre las tasas de evapotranspiración potencial y actual.

Al principio de la temporada de lluvias, una vez que el sistema se encuentra evapotranspirando a las tasas potenciales, se empieza a restituir la humedad del suelo utilizada por la vegetación durante la estación seca. Una vez que el suelo alcanza sus

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

niveles de máxima retención de humedad, el excedente escurre cuenca abajo. En la parte alta de la cuenca, existe una mayor precipitación que evapotranspiración, lo que resulta en un flujo de escorrentía durante un periodo de casi ocho meses.

Si comparamos estos valores con los obtenidos por Cervantes *et al.* (1988) para las cuencas situadas en la región de Chamela (Jalisco, México), cuyo valor promedio es de 0.0157, (0.0029 – 0.0278), encontramos que el porcentaje de precipitación que se transforma en escorrentía es superior en la cuenca de la Presa Calles, esto en función de la diferencia existente en latitud, 19° 32' N para Chamela y 22° 11' N para la Presa Calles, y en el tipo de vegetación presente en cada una, selva baja caducifolia y selva mediana subperennifolia en Chamela, y bosque de encino y pastizal en la Presa Calles. Si bien la precipitación es mayor en la región de Chamela, también lo es la temperatura (dado que se encuentra más cerca del ecuador y en un rango de altitud de 20 a 250 msnm) y por ende la evapotranspiración, por lo que se reduce drásticamente el agua disponible para escurrimiento. Cabe señalar que Cervantes *et al.*, también refieren un escurrimiento máximo por evento del 0.196% de la precipitación.

Ahora bien, si comparamos la razón P-Es de la cuenca de la Presa Calles con el obtenido por Lledó y Piñol (1989) para Serra de Prades (Tarragona, España) los cuales promedian 0.0769 (0.0297-0.157), puede apreciarse que el valor obtenido para la cuenca de la Presa Calles se encuentra dentro del intervalo por ellos reportado. Es justo suponer que tal similitud se deba al tipo de vegetación presente en esta zona es muy similar a la de nuestro estudio, ya que se tratan de bosques de encino (*Quercus* spp.). El aumento en la escorrentía se explica por la latitud a la que se encuentra Serra de Prades, 41° 13' lat N; al encontrarse más al norte del globo, la temperatura es menor y también la incidencia de la radiación, lo que se traduce en una menor evapotranspiración, permitiendo con esto una mayor cantidad de escorrentía.

Benavides-Solorio *at al* (2008) al realizar el balance hídrico para la cuenca de Tapalpa (Jalisco, México), utilizando el modelo SWAT (Soil & Water Assessment Tool) interfase ArcView, encontraron una razón P-Es de 0.25, lo cual corresponde a más del doble del valor para la presa Calles, esto pese a que ambas cuencas presentan especies similares en su zona boscosa (*Pinus* sp., *Quercus* sp. y *Arbutus* sp.), una superficie con cobertura arbórea forestal similar (44% en Tapalpa y 41.06% en Sierra Fría) y se encuentran a una altura promedio de 2,300 msnm. La diferencia encontrada en este caso

no puede explicarse por acción de la latitud, ya que Tapalpa se encuentra sobre el paralelo 20°, más al sur y en teoría con una mayor disponibilidad de energía para evapotranspiración. Esta variación puede deberse a la relativa cercanía de la cuenca de Tapalpa con el océano Pacífico, quien podría aumentar mayor humedad al sistema, funcionando como un amortiguador y reductor de temperatura, ya que su temperatura máxima promedio es de 18° C, mientras que para la Presa Calles es de 20° C (21° C en la parte baja y 19° C en la parte alta). La cuenca de Tapalpa además tiene una gran extensión de tierras de uso agrícola (26%) cuyo riego puede ayudar también a mantener la humedad del ambiente y evitar pérdidas; en la cuenca de la Presa Calles ocupan apenas el 6.86% y son temporaleras. Piña-Poujol (2007) para la cuenca del río Cuitzmala estimó una razón de 0.24, valores similares a los encontrados por Benavides-Solorio *et al.* La cuenca del río Cuitzmala tiene una altitud promedio de 1450 msnm, casi 800 metros por debajo de Tapalpa, encontrándose a latitud de 19° 51'. La disminución en la escorrentía y el aumento en la evapotranspiración puede ser resultado de las diferencias altitudinales, situación que también se presenta al comparar los datos con los de Chamela, que se encuentra muy cercano al nivel del mar.

Franco-Vizcaíno *et al* (2002) reportan para la Sierra de San Pedro Mártir (Baja California, México) una razón P-Es de 0.19. Estos valores claramente difieren de los obtenidos para la Presa Calles. Para este caso vuelve a presentarse el fenómeno de la latitud, ya que esta sierra se encuentra sobre el paralelo 31°.

Si bien existen variaciones entre el almacenamiento dentro de la presa Calles, el cálculo a partir de la Norma y los datos obtenidos mediante el modelo de Thornthwaite y Mather, éste nos permite conocer de una manera general el comportamiento del ciclo hidrológico de la cuenca. Al ser relativamente sencillo, al involucrar pocas variables cuya información puede ser recopilada sin mucho problema, por lo que resulta una buena opción para el conocimiento hidrológico en cuencas con poca o virtualmente nula información. La bondad de este modelo radica en poder generar información básica que oriente la toma de decisiones dentro del área de la cuenca mediante una limitada cantidad de recursos.

El contar con un panorama general del ciclo hidrológico que nos indique la distribución del agua en sus diferentes componentes, permite generar estrategias para su

manejo, de tal forma que sus usuarios o beneficiarios (ecosistemas y sociosistemas) vean satisfechas sus necesidades sin comprometer las de los otros.

III.3.3. ANÁLISIS HIDROLÓGICO ESPACIAL.

Además del balance hídrico general para la cuenca se realizaron balances para la parte alta y baja de la cuenca, utilizando la fórmula de Thornthwaite. Las láminas de precipitación, evapotranspiración y escorrentía obtenida a través del modelo y los volúmenes de agua que pudieran ser captados en cada parte de la cuenca, espacializándolos y refiriéndolos a cada subunidad. Hay que recordar que la superficie total de la cuenca es de 59,680 Ha, de las cuales 36,802 corresponden a la Cuenca Alta y 22,878 a la Cuenca baja; asimismo, hay que tener presente que los valores de las unidades laminares están referidos a una superficie de 1 m².

Tabla III.6. Valores promedio del Ciclo hidrológico para la cuenca de la Presa Calles.

Variables	Cuenca		
	Presa Calles	Alta	Baja
Superficie (Ha)	59,680	36,802	22,878
Precipitación (m ³)	325'558,214	236'416,048	120'292,524
Evapotranspiración (m ³)	292'172,454	193'468,114	114'458,634
Escorrentía (m ³)	51'300,000	45'186,149.3	6'113,850.7

Los volúmenes estimados para las partes alta y baja, y la cuenca en su conjunto se presentan en la Tabla III.6. Se calculó una precipitación anual de 325'558,214 m³, una evapotranspiración de 292'172,454 m³ y 51'300,000 m³.

La información obtenida nos muestra que en la parte alta de la cuenca se presenta una mayor precipitación y una menor evapotranspiración, lo que da origen a un diferencial que se traduce en agua para escurrimiento superficial. En la parte baja, además de que se presenta una menor precipitación esta es muy similar a la evapotranspiración, produciendo una muy baja escorrentía, ya que la mayor parte del agua que entra al sistema por la lluvia sale de éste por evaporación. Atendiendo a lo anterior, podemos afirmar que el principal aporte de escorrentía, por no decir el único, al sistema proviene de la parte alta de la cuenca, de la zona serrana. Esto soporta la afirmación del COTAS (2006) de que esta área es la principal zona de captación para la recarga del acuífero.

Ante eventos de lluvia muy intensos, los suelos someros como los de la Cuenca llegan a saturarse y generan escurrimientos de tormenta, los cuales no son estimados por el modelo de Thornthwaite y Mather, ya que éste no es sensible a tales escurrimientos al no incorporar variables que permitan su medición. Pese a ésta salvedad, el modelo permite explicar de una forma bastante sencilla y aceptable la dinámica hidrológica de la zona. Así pues el hecho de que no se vea reflejado en el modelo, no indica que no pueda presentarse cierto escurrimiento superficial en la parte Baja de la Cuenca, además del proveniente de la parte Alta a través de los cauces principales.

III.4. CONCLUSIONES

La precipitación acumulada anual de la cuenca es de 608.8 mm, su evapotranspiración real se calcula en 559.7 mm y su escorrentía en 49.04 mm (51.3 Mm³).

El balance hidrológico basado en el modelo de Thornthwaite y Mather, con la EtP calculada mediante la fórmula de Hargreaves-Samani, proporciona un buen panorama del comportamiento del agua en la cuenca, partiendo de una limitada disponibilidad de información, lo que lo vuelve útil para la toma de decisiones.

La mayor parte del agua disponible, en forma de escorrentía, para el sistema ambiental y los humanos que conviven con él, proviene de la parte alta de la cuenca, por lo que la disponibilidad general de agua en la cuenca depende del estado de salud que está presente.

La dinámica hidrológica de la cuenca se ve alterada por disturbios tales como los bordos de captación, los cuales pueden ser manipulados para mejorar la distribución del recurso.

Es necesario el establecimiento de políticas de manejo de cuenca que permitan un más eficiente uso del recurso agua, tanto por parte de los usuarios del Distrito de Riego 001 de Pabellón como por las personas que habitan en el interior de la Cuenca, de tal forma que no se comprometa la estabilidad del sistema, ni el gasto ecológico.

III.5. FUENTES DE INFORMACIÓN

ACUERDO POR EL QUE SE RECATEGORIZAN COMO ÁREAS DE PROTECCIÓN DE RECURSOS NATURALES, LOS TERRITORIOS A QUE SE REFIERE EL DECRETO PRESIDENCIAL DE FECHA 8 DE JUNIO DE 1949, PUBLICADO EL 3 DE AGOSTO DEL MISMO AÑO. 2002. *Diario Oficial de la Federación*, Primera Sección, miércoles 7 de noviembre de 2002. Págs. 8-9.

ACUERDO POR EL QUE SE ACTUALIZA LA DISPONIBILIDAD MEDIA ANUAL DE LAS AGUAS SUPERFICIALES EN LAS CUENCAS HIDROLÓGICAS RÍO SAN PEDRO, PRESA CALLES, PRESA EL NIÁGARA, PRESA EL CUARENTA, RÍO DE LAGOS, PRESA AJOJUCAR, RÍO GRANDE, RÍO ENCARNACIÓN, RÍO AGUASCALIENTES, RÍO SAN MIGUEL, RÍO DEL VALLE, RÍO VERDE 1, RÍO VERDE 2, RÍO PALOMAS, PRESA EL CHIQUE, RÍO JUCHIPILA 1, RÍO JUCHIPILA 2, RÍO SANTIAGO 1, RÍO SANTIAGO 2, PRESA SANTA ROSA, RÍO SANTIAGO 3, RÍO TEPETONGO, RÍO TLALTENANGO, ARROYO LOBATOS, RÍO BOLAÑOS 1, RÍO BOLAÑOS 2, RÍO SAN JUAN, RÍO ATENGO, RÍO JESÚS MARÍA, RÍO HUAYNAMOTA, RÍO SANTIAGO 4, RÍO SANTIAGO 5 Y RÍO SANTIAGO 6, MISMAS QUE FORMAN PARTE DE LA SUBREGIÓN HIDROLÓGICA RÍO SANTIAGO DE LA REGIÓN HIDROLÓGICA NÚMERO 12 LERMA-SANTIAGO, Y SU UBICACIÓN GEOGRÁFICA. 2010. *Diario Oficial de la Federación*, Tercera Sección, lunes 29 de noviembre de 2010. Págs. 1-128.

ABER, J.D. y J. M. MELILLO. 2001. *Terrestrial Ecosystems*. 2th. ed. Saunder College Publishing. 429 pp.

ÁVILA GARCÍA, P. 2008. Vulnerabilidad socioambiental, seguridad hídrica y escenarios de crisis por el agua en México. *Ciencias*. Núm. 90, abril-junio. Universidad Nacional Autónoma de México. Pp. 46-57

ALLEN, R.G. 1995. "Evaluation of procedures for estimating mean monthly solar radiation from air temperature." Report submitted to the United Nations Food and Agricultural Organization (FAO), Rome Italy.

BAIRD, A.J. y R. L. WILBY (Eds.). 1999. *Eco-Hydrology: Plants and water in terrestrial and aquatic environments*. Routledge, N.Y. 402 pp.

BARKIN, D. y T. KING 1970. *Desarrollo Económico Regional: (enfoque por cuencas hidrológicas de México)*. México, D.F. Siglo XXI. 109 pp.

- BARON, J.S., POFF, L., ANGERMEIER, P.L. *et al.* 2003. Sustaining Healthy Freshwater Ecosystems. *Issues in Ecology* 10: 2-16.
- BENAVIDES-SOLORIO, J.D., M.J. GONZÁLEZ-GUILLEN, C. LÓPEZ-PANIAGUA Y J.R. VALDEZ-LAZALDE. 2008. Oferta Hídrica de la cuenca forestal Tapalpa, Jalisco, orientada hacia los servicios ambientales. *Madera y Bosques* 14(2):5-38.
- BRUIJNZEEL, L.A. 2004. Hydrological functions of tropical forests: not seeing the soil for the trees? *Agriculture, Ecosystems and Environment* 104: 185–228.
- CAMPOS –ARANDA, D.F. 2005. Estimación empírica de la ETP en la república mexicana. *Ingeniería Hidráulica en México*, vol. XX, no. 3, julio-septiembre, pp. 99-110.
- CERVANTES-SERVIN L., M. MAASS y R. DOMÍNGUEZ-MORA. 1988. Relación lluvia-escurrimiento en un sistema pequeño de cuencas de selva baja caducifolia. *Ingeniería Hidráulica en México/enero-abril* 1:30-42.
- COMITÉ TÉCNICO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS (COTAS) DEL ACUÍFERO INTERESTATAL DE OJOCALIENTE-AGUASCALIENTES-ENCARNACIÓN, A.C. 2006. Escenarios del Agua 2015 y 2030 en el Acuífero Interestatal de Ojocaliente-Aguascalientes-Encarnación: acciones para un desarrollo con sostenibilidad ambiental. Informe Final. México. 60 pp.
- COSTANZA, R., R. D'ARGE, y R. DE GROOT. 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* 387:253-260.
- CUNNINGHAM, W., M.A. CUNNINGHAM y B. WOODWORTH. 2003. *Environmental Science. A global Concern*. Mc. Graw Hill. New York. 646 pp.
- DOORENBOS, J. y W.O. PRUITT. 1977. Las necesidades de agua de los cultivos. FAO. Serie Riego y Drenaje. Tomo 24.
- DUNNE, T. y LEOPOLD, L.B. 1943. *Water in environmental planning*. W.H. Freeman and Company, New York.
- ESCOLERO-FUENTES, O.E. y MORENO-MIRANDA, D.M. 2010. Guía metodológica: obtención del Balance Hídrico (Método Thornthwaite–Mather). Red Mexicana de Estudios Ecológicos a Largo Plazo. Pp. 15.
- FOLKE, C., S. R. CARPENTER, y T. ELMQVIST. 2002. Resilience and sustainable development: building adaptive capacity in a world of transformations. *Ambio* 31:437-440.
- FRANCO-VIZCAINO, E., M. ESCOTO-RODRÍGUEZ, J. SOSA-RAMÍREZ Y R.A. MINNICH. 2002. Water Balance at the Southern Limit of the Californian Mixed-

- Conifer Forest and Implications for Extreme Deficit Watersheds. *Arid Land Research and Management* 16:133-147.
- GONZÁLEZ-CERVANTES, G., E. CHÁVEZ-RAMÍREZ, J.L. GONZÁLEZ-BARRIOS, A. DZUL-LÓPEZ, I. SÁNCHEZ-COHEN y M.C. POTISEK-TALAVERA. 2011. Comparación de métodos para determinar la evapotranspiración y oportunidad de riego en nogal pecanero. *Terra Latinoamericana* 30: 29-38.
- GREY, D., y C. W. SADOFF. 2007. Sink or swim? Water security for growth and development. *Water Policy* 9(6):545–71.
- HARGREAVES, G.H. y Z.A. SAMANI. 1985. Reference crop evapotranspiration from temperature. *Applied Eng. in Agric.*, 1(2): 96-99.
- HERNÁNDEZ-DUEÑAS, F.J. y L.H. MACIEL PÉREZ. 2004. Guía de Riego Superficial para el Distrito 01 Pabellón, Aguascalientes, México. Folleto Técnico Núm. 22. Gobierno del Estado de Aguascalientes, CONCyTEA, Universidad Autónoma de Aguascalientes, INIFAP, Fundación PRODUCE Aguascalientes A.C. 55 pp.
- HORNUNG, M. y REYNOLDS, B. 1995. The effects of natural and anthropogenic environmental changes on ecosystem process at the catchment scale. *Trends in Ecology & Evolution* 10(11): 443-449.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y GEOGRAFÍA (INEGI). 2008. 1.4. Suelos. En: *La Biodiversidad en Aguascalientes: Estudio de Estado*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), Instituto del Medio Ambiente del Estado de Aguascalientes (IMAE), Universidad Autónoma de Aguascalientes (UAA). México. Pp: 29-33.
- KELSO-BUCIO, H.A., K. M. BÂ, S. SÁNCHEZ-MORALES, D. REYES-LÓPEZ. 2012. Calibración del exponente de la ecuación Hargreaves-ET_o en los estados de Chiapas, Oaxaca, Puebla y Veracruz, México. *Agrociencia*, 46(3): 221-229.
- LLEDÓ, M.J. Y J. PIÑOL. 1989. BALANCE HÍDRICO DE DOS CUENCAS DE ENCINAR DE LA SERRA DE PRADES (TARRAGONA). *Options Méditerranéennes-Série Séminaires- n° 3*: 227-231.
- MALDONADO-DE-LEÓN, O. A., O. L. PALACIOS-VELEZ, J. L. OPOREZA-MOTA, R. SPRINGALL-GALINDO y D. S. FERNÁNDEZ-REYNOSO. 2001. Empleo del modelo SWRRB para generar alternativas de manejo de la cuenca Itzapa, Guatemala. *Agrociencia* 35(3): 335-345.

- MARTÍN-CLEMENTE, C.R. 2009. Disturbios Antrópicos en la Cuenca Presa Calles, Sierra Fría, Aguascalientes, Méx. Quinto Congreso Estatal La Investigación en el Posgrado. Universidad Autónoma de Aguascalientes.
- MAASS, J.M. 2003a. El Agua como elemento Indicador de los procesos funcionales del ecosistema. En: P. Ávila (Ed.) "El Agua, medio ambiente y desarrollo en el Siglo XXI". Colegio de Michoacán, IMTA y SUMA. México. Pp: 109-116.
- MEYERSON, L. A., J. BARON, J. M. MELILLO, R. J. NAIMAN, R. I. O'MALLEY, G. ORIAN, M. A. PALMER, A. S. P. PFAFF, S. W. RUNNING, y O. E. SALA. 2005. Aggregate measures of ecosystem services: can we take the pulse of nature? *Frontiers in Ecology* 3: 56-59.
- MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT, M. E. 2005. Ecosystems and Human Well-being: Synthesis. Washington, D.C., Island Press.
- NILSSON, CH. y BERGREN, K. 2000. Alterations of riparian Ecosystems caused by river regulation. *Bioscience* 50(9): 783-792.
- PIÑA-POUJOL, P.C. 2007. Regionalización eco-hidrológica de la cuenca del río Cuitzmala, Jalisco, México. Tesis de Maestría. Postgrado en Ciencias Ambientales, Centro de Investigaciones en Ecosistemas, Universidad Nacional Autónoma de México, Campus Morelia. 83pp.
- REINERS, W. 1992. Twenty years of ecosystems reorganization following experimental deforestation and regrowth suppression. *Ecological Monograph* 62 (4): 503-523.
- ROBERTS, J. 1999. Plants and water in forests and woodlands. In: Baird, A.J. & Wilby, R.L. (Ed.) *Eco-Hidrology: plants and water in terrestrial and aquatic environments*. Routledge, London, England. Pp: 181-236
- RODRÍGUEZ-ZAYAS, E. 2001. Comparación de métodos propuestos por la FAO para estimar la evapotranspiración de referencia. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, vol. XXII, no. 2, pp 17-21.
- SAMANI, Z. 2000. Estimating Solar Radiation and Evapotranspiration Using Minimum Climatological Data. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, Vol. 126, No. 4, pp. 265-267
- SCOTT, C.A., F.J. MEZA, R.G. VARADY, H. TIESSEN, J. MCEVOY, G. M. GARFIN, M. WILDER, L.M. FARFÁN, N. PINEDA-PABLOS AND E. MONTAÑA. 2013. Water Security and Adaptive Management in the Arid Americas. *Annals of the Association of American Geographers*, 103(2) 2013, pp. 280–289

- SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES (SEMARNAT). 2002. Norma Oficial Mexicana NOM-011-CNA-2000, Conservación del recurso agua- Que establece las especificaciones y el método para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales. Diario Oficial de la Federación, Primera Sección, miércoles 17 de abril de 2002. Págs. 2-21.
- SWANK, W.T., LW SWIFT, JR, y D JE DOUGLAS. 1988. Streamflow changes associated with forest cutting, species conversions, and natural disturbances. In: Forest Hydrology and Ecology at Cowetta. Swank, W.T, & Crossley Jr, D.A. (Eds.) Ecological Studies 66. Springer Verlag, New York. Pp. 297 – 312.
- THORNTON, C. W. 1948. "An approach toward a rational classification of climate". Geographical Review 38 (1): 55–94
- THORNTON, C.W. y J.R. MATHER. 1957. Instructions and tables for computing potencial evapotranspiration and the water balance. Laboratory of Climatology, Publication nº 10. Centertown, N.J.
- TURC, L. 1961. Évaluation des besoins en eau d'irrigation, evapotranspiration potentielle. Formule climatique simplifiée et mise a jour. Ann. Agron. Vol. 12 núm. I, pp 13-49. <http://www.fao.org/docrep/X0490E/x0490e0j.htm#annex 2>. meteorological tables

IV. DISTURBIOS PRESENTES EN LA CUENCA.

*“Los actos contra la naturaleza
engendra disturbios contra la
naturaleza. “*

William Shakespeare.

IV.1. INTRODUCCIÓN

La definición más conocida y difundida de lo que es un disturbio proviene del trabajo de Pickett y White (1985), quienes establecieron que “Un disturbio es cualquier evento relativamente discreto en el tiempo que trastorna la estructura de una población, comunidad o ecosistema y cambia los recursos, la disponibilidad de sustrato o el ambiente físico”. Un disturbio es un evento de remoción de biomasa que libera recursos que pueden ser utilizados por otros organismos. Algunos autores utilizan la palabra perturbación como sinónimo de disturbio, sin embargo Grau (S/fecha) define a la perturbación como una alteración en el funcionamiento “normal” de un ecosistema, que no necesariamente implica la remoción de biomasa (V. gr. invasión por una especie exótica). Esta diferenciación entre disturbio y perturbación enfatiza que el disturbio puede ser parte de la dinámica natural de funcionamiento de un ecosistema. Dado que está comprobada la importancia de los disturbios periódicos naturales, en la dinámica de las comunidades y ecosistemas (Vega y Peters 2007), puede afirmarse que el disturbio *natural* puede ser una parte fundamental de los ecosistemas (Sousa 1984, Pickett y White 1985). Éstos han moldeado, al menos parcialmente, las historias evolutivas de las especies (expuestas siempre a diversos regímenes).

Los disturbios pueden ser endógenos o exógenos según estén originados en la propia vegetación o en un agente externo. La mayoría de los disturbios incluyen tanto causas endógenas como exógenas. Por ejemplo, el fuego y la caída de árboles (“gaps”) tienen componentes endógenos como la producción de biomasa, y componentes exógenos como las fuentes de ignición o el viento (Grau s/fecha).

Cuando los disturbios son muy intensos, los ecosistemas muy diversos y complejos se “simplifican”, conservando pocas especies e interacciones. Sin embargo, el sistema podría regenerarse rápidamente, ya que el disturbio libera recursos que son fácilmente aprovechados. Este tipo de disturbios “renueva” al sistema, si la magnitud del disturbio no afecta de modo significativo a las fuentes de germoplasma en los alrededores

(Vega y Peters 2007), atendiendo a su capacidad de resiliencia o resistencia, según las características del disturbio.

Los disturbios de intensidad media a la escala del paisaje, aumentan tanto la diversidad alfa (número simple de taxa), como la diversidad beta (tasa de cambio de especies en un gradiente), ya que estos crean parches de características diferentes. De este modo, suelen coexistir en una misma región parches de vegetación de diferentes edades y en distintas etapas de sucesión (Hobbs y Huenneke 1992).

En cambio, los disturbios de origen humano normalmente no liberan recursos; de hecho, modifican tan profundamente algunas propiedades del sistema que las especies no tienen la capacidad de aprovechar estos tipos de disturbio. La pérdida de la capacidad de recuperación tiene como principal consecuencia la degradación del ecosistema (Vega y Peters 2007).

Los disturbios de origen humano se pueden clasificar en cuatro grandes grupos: a) reestructuración física del ambiente; b) introducción de especies exóticas; c) descarga de sustancias tóxicas al ambiente y d) sobreexplotación de recursos (Rapport y Whitford 1999). Dentro de los primeros tenemos la construcción de caminos y bordos para almacenamiento de agua pluvial, y como parte de los últimos se encuentra la tala inmoderada y el sobrepastoreo, todos ellos considerados dentro del presente estudio.

Como indicador del proceso de degradación se puede hablarse de un síndrome de degradación, caracterizado por: 1) biodiversidad reducida; 2) alteraciones de la productividad primaria y secundaria; 3) poca eficacia en el reciclado de nutrientes; 4) dominancia de especies exóticas y 5) incremento de especies oportunistas pequeñas con ciclos de vida cortos. La interrupción de los ciclos de nutrientes, las estrategias adaptativas (ecológicamente hablando) de las especies invasoras y la desestabilización de sustratos, son los principales causantes de este síndrome (Vega y Peters 2007).

Los disturbios que inciden en uno o varios de estos procesos ocasionan la degradación irreversible de los ecosistemas. Incluso, la imposibilidad de regeneración también tiene su origen en esos procesos, que permanecen activos aun cuando la fuente de disturbio desaparezca (Rapport y Whitford 1999).

El tipo de disturbios, sus patrones espaciales, temporales, y de intensidad en un ecosistema definen el “régimen de disturbios.” Los patrones espaciales incluyen el área

disturbada, la forma, la orientación y la distribución espacial. Los Patrones temporales incluyen la frecuencia y la predictibilidad. La magnitud puede medirse como la intensidad del agente de disturbio (v. gr. temperatura del fuego, duración de la inundación) o como el efecto de destrucción en la vegetación, que depende de la susceptibilidad de la vegetación.

La mayoría de los ecosistemas están caracterizados por tipos de disturbios dominantes, entre los que se encuentran los siguientes:

Deslizamientos de ladera. Son disturbios muy importantes en áreas de montañas húmedas. Característicamente exógenos, aunque la vegetación puede tener un efecto de favorecerlos (acumulación de peso) o dificultarlos (efecto de retención de suelo por las raíces). Los deslizamientos tienen una distribución espacial recurrente en áreas de mayor pendiente e inestabilidad geológica, y ocurren durante periodos de lluvias intensas, donde el agua aumenta el peso y la lubricación del suelo, favoreciendo la acción gravitatoria. Acciones antrópicas como la construcción de caminos suelen aumentar significativamente la frecuencia de deslizamientos en ambientes de montaña.

Los deslizamientos pueden incluir distintas zonas que difieren en la intensidad de disturbio y la capacidad de revegetación. La zona de remoción se sitúa en la parte superior del deslizamiento, y se caracteriza por la eliminación de vegetación y suelo (frecuentemente hasta dejar sólo la roca madre). La zona de acumulación se sitúa en la parte inferior del deslizamiento y se caracteriza por la acumulación de suelo, vegetación y semillas, por lo que la revegetación es más rápida. Dado que el proceso de remoción de suelo en los deslizamientos, frecuentemente no es homogéneo, pueden encontrarse “islas” de vegetación. Las islas y los bordes del deslizamiento, son áreas del deslizamiento que también favorecen su revegetación al acelerar la llegada de semillas.

Claros por caída de árboles (Gaps). Los Gaps son característicos de bosques maduros de distintas latitudes. Los gaps requieren de la existencia de árboles grandes y un dosel continuo para que su efecto sea importante. Dependen fuertemente de la existencia de árboles de mucha edad y tamaño, y son favorecidos por la carga de epifitas, por lo que son disturbios con un fuerte componente endógeno. Adicionalmente, su ocurrencia es regulada por factores exógenos como lluvia o viento. Dentro de los claros se pueden diferenciar distintas zonas. La zona de la placa radicular se caracteriza por remoción de suelo, hojarasca y vegetación herbácea, y por proveer un sustrato elevado que puede

darle ventajas a la regeneración. La zona del tronco, no presenta mayores alteraciones en el suelo, aunque comúnmente es la más expuesta a la apertura del dosel. La zona de la copa, en los días subsiguientes a la caída del árbol, presenta mayor impacto mecánico y una disminución de la iluminación, pero con el tiempo, presenta una fertilización por los nutrientes que provienen de las hojas en descomposición.

Los gaps también influyen en distintas interacciones que afectan la dinámica de la vegetación. Típicamente, en la periferia del gap ocurre una mayor llegada de semillas dispersadas por aves, que usan los árboles del borde como perchas. Típicamente, los gaps individuales en un bosque maduro varían entre 50 y 500 m², pudiendo ser más extensos cuando incluyen varios árboles.

La explotación forestal selectiva tiene características similares a las de los gaps, aunque concentrada en algunas especies, y asociada a disturbios periféricos como la construcción de caminos. A diferencia de los gaps naturales, ocurre sobre un grupo selecto de especies y en épocas particulares del año, en que la explotación es más fácil.

Fuego. El fuego es uno de los disturbios más extendidos. La ocurrencia de fuego depende por un lado, de la producción, desecamiento y conectividad del combustible; y por otro de las fuentes de ignición. Dado que el fuego depende del combustible, en general, para un mismo tipo de ecosistema existe una relación inversa entre frecuencia e intensidad de fuegos. Los fuegos extensos son menos frecuentes, pero suelen ser los que en suma afectan la mayor área. En ambientes semiáridos, la ocurrencia de fuego está limitada por la producción de combustible, y en ambientes húmedos por su desecamiento. Esto hace que la frecuencia de fuegos siga un patrón unimodal a lo largo de gradientes hídricos, con un pico en condiciones intermedias de humedad, que maximizan la combinación de los dos factores. La estacionalidad climática juega un papel central en la frecuencia de fuego. La intensidad de fuego aumenta hacia ambientes más húmedos, aunque en estos es poco frecuente. En general pueden distinguirse fuegos de pastizal o sotobosque, que consumen combustible fino y son característicos de praderas y sabanas, y fuegos de dosel, que consumen la madera de los bosques y son característicos de bosques.

Las fuentes de ignición naturales de fuego son las tormentas eléctricas, y en menor medida, la actividad volcánica y la combustión espontánea. La actividad humana tiende a aumentar las fuentes de ignición ya sea en forma accidental, o como herramienta

de manejo para promover el rebrote de pasturas, para eliminar malezas en áreas de pastoreo (arbustos, lianas, etc.) o como método para dirigir fauna para la caza. Es probable que el fuego sea una de las herramientas de manejo ambiental que el hombre ha utilizado desde sus orígenes. Por lo general, el fuego no mata todos los vegetales y muchos pueden recuperarse debido a rebrote o al banco de semillas.

Agricultura. Muchos sitios originalmente transformados a agricultura “permanente” han sido abandonados debido a cambios socioeconómicos, que favorecieron una economía urbana basada en industrias y servicios. Estas áreas actualmente se encuentran en procesos de sucesión secundaria donde las prácticas de manejo del suelo y la vegetación de pre-abandono (v. gr. cultivos arbóreos vs. cultivos herbáceos), han influido en las condiciones del disturbio. Muchas de estas áreas son abandonadas por pérdidas de fertilidad debido a mal manejo agrícola (V.gr. erosión de suelos, salinización) y la sucesión post-disturbio es afectada por estas condiciones. Un caso particular de régimen de disturbios común es la agricultura migratoria. El término generalmente se aplica a agricultura en zonas boscosas.

Los sistemas de barbecho para conservación de suelos en sistemas de agricultura herbácea, típicamente anual, representan un tipo similar de dinámica de parches de vegetación secundaria dominada por un régimen agrícola de disturbios (Grau s/fecha).

Herbivoría. Si bien los patógenos (hongos y bacterias) y los artrópodos herbívoros permanentemente interactúan con la vegetación, en algunas condiciones producen efectos de alta intensidad y extensión, y relativamente discretos en el tiempo. Debido a que estos organismos tienen, por lo general, alto grado de especificidad en cuanto a la especie hospedante, la importancia relativa de estos fenómenos guarda una relación negativa con la diversidad del bosque. En general estos disturbios solo remueven parte de la biomasa aérea correspondiente a la especie atacada, y frecuentemente no causan la muerte sino solo una defoliación o muerte de ramas, de la que luego la especie se recupera parcialmente. Sin embargo, esa liberación de recursos, puede ser aprovechada por otras especies, por lo que puede considerarse un disturbio significativo, especialmente porque puede alcanzar grandes extensiones.

Dentro de la parte alta de la Cuenca, se ha detectado la presencia del género *Dendroctonus* el cual ha causado daños considerables a las poblaciones de pinos (*Pinus* sp.) del área (Ayala y García 1985, Martín-Clemente 2002, Díaz-Núñez 2005).

Los vertebrados herbívoros también pueden producir disturbios cuando su densidad o carga animal aumenta. Las fluctuaciones en las poblaciones de vertebrados herbívoros por motivos socioeconómicos o ecológicos, pueden tener efectos importantes en la dinámica de la vegetación y la heterogeneidad espacial. Si bien no son muy específicos en su dieta, las diferencias de palatabilidad ocasionan un disturbio selectivo. Una distinción útil es entre “ramoneadores” (*browsers*), que comen ramas como los caprinos, y “pastoreadores” (*grazers*), que comen principalmente pastos como el ganado vacuno. En los ecosistemas boscosos, el disturbio por vertebrados herbívoros tiene la particularidad que afecta al sotobosque pero no directamente al dosel.

En disturbios con un componente endógeno que implica la acumulación de biomasa (fuego, gaps) por lo general existe una relación negativa entre la frecuencia y la intensidad de los disturbios, dado que eventos más frecuentes limitan el tiempo de acumulación de biomasa, que suele ser un factor determinante de la intensidad. En disturbios contagiosos (fuego, plagas, enfermedades), la intensidad suele guardar una relación positiva con el área de los disturbios, dado que eventos más intensos tienen más probabilidades de propagarse.

Los distintos tipos de disturbio también pueden interactuar. Disturbios que producen mortalidad de biomasa fina (plagas, patógenos, nevadas, floración de bambúes) tienden a favorecer la ocurrencia de fuegos que requieren de combustible fino para iniciarse. Por otra parte, disturbios que cortan la conectividad del combustible como las corridas de avalanchas, tienden a disminuir la propagación del fuego. El pastoreo, al eliminar la biomasa fina, también reduce la frecuencia de fuego.

Por todo ello, en este estudio se propone como objetivo particular el detectar que tipo de disturbios naturales y antrópicos integran o afectan la dinámica hidrológica del sistema en estudio y ubicando geográficamente los puntos o áreas donde se presentan; estableciendo como metas el identificar y ubicar geográficamente los principales problemas asociados a la cuenca de la Presa Calles, e identificar a los principales usuarios del agua en la zona de influencia de la cuenca de la Presa Calles.

IV.2. MATERIALES Y MÉTODOS

IV.2.1. DISTURBIOS ANTRÓPICOS

IV.2.1.1. ADQUISICIÓN DE INFORMACIÓN BASE

Los insumos para la detección de los disturbios en el interior de la cuenca se obtuvieron a partir de cuatro fuentes:

- a) Bases de datos de la SEMARNAT;
- b) Bases de datos e información geográfica de la SUBECO y el IMAE (hoy Secretaría de Medio Ambiente del Estado de Aguascalientes);
- c) Información de los actores relacionados con la Cuenca a través de talleres conducidos por la CONANP y la UAA; e
- d) Información sobre uso del agua superficial a partir de la CONAGUA.

A continuación se describe el mecanismo con el que fue adquirido y en qué consistió cada grupo de información.

BASES DE DATOS DE LA SEMARNAT.

Esta información fue obtenida a través del portal INFOMEX del Instituto Federal de Acceso a la Información Pública (IFAI). La información consistió en la ubicación georreferida del histórico de los aprovechamientos forestales autorizados por la SEMARNAT en los municipios de San José de Gracia y Jesús María, del estado de Aguascalientes, así como de las Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre (UMAs) que se tienen registradas, ambos de 1997 a la fecha.

Las coordenadas de los distintos aprovechamientos fueron entregadas de manera tabular, indicando la especie autorizada para su explotación. Se consideraron 2 tipos de aprovechamientos: leñas muertas y tierra de monte. La información obtenida fue validada a fin de poder ser utilizada. El criterio utilizado consistió en comprobar que las coordenadas se encontraran dentro del área de la cuenca y que las especies autorizadas correspondieran al tipo de vegetación en que estaban situados, para lo cual se empleó el uso de suelo y vegetación generado para el sitio (Ver Capítulo II Descripción del área de estudio) con base en información del INEGI.

Parte de la información relativa a las UMAs fue entregada en formato tabular (la que fue registrada en la Delegación Federal en el Estado de Aguascalientes), mientras

que el resto de la información (la registrada en la Dirección General de Vida Silvestre) fue entregada en formato SHAPE. Esta información fue correlacionada con información general de aprovechamientos de especies cinegéticas de la misma SEMARNAT. Esta información también fue validada bajo el criterio de que se encontrara dentro del área de la cuenca.

BASES DE DATOS E INFORMACIÓN GRÁFICA DEL IMAE-SUBECO.

La información fue obtenida directamente de las oficinas del Instituto del Medio Ambiente del Estado de Aguascalientes (IMAE), se obtuvo tanto información actual producto del Instituto como información histórica realizada por la entonces Subsecretaría de Ecología de la Secretaría de Desarrollo Social (SUBECO). Dicha información se detalla a continuación:

- I. MAPAS DIGITALES EN FORMATO JPG, RESULTADO DEL TALLER: RETOS DEL DESARROLLO SUSTENTABLE DESARROLLADO POR LA SUBECO. Estos mapas plasman la problemática ambiental de todo el Estado en relación a la Flora, la Fauna y el Agua. La información fue el resultado del trabajo de diversos sectores de la sociedad: académicos, OSCs, entidades de gobierno de los distintos niveles, cámaras y asociaciones de profesionistas.
- II. INFORMACIÓN VECTORIAL. Esta información corresponde a las Vías de comunicación con las que contaba el Estado de Aguascalientes y la distribución de bordos de captación de agua pluvial, actualizada hasta el año 2006. La información se encuentra en formato SHAPE.
- III. FOTOGRAFÍAS AÉREAS DIGITALES ORTORRECTIFICADAS. Fotografías aéreas en las que se ha corregido la distorsión de la imagen, las cuales representan casi la totalidad de la cobertura estatal para el año de 1998.

INFORMACIÓN DE ACTORES: TALLERES CONANP-UAA.

Se desarrollaron dos talleres el primero denominado *Encuentro sobre Manejo de Áreas de Protección de Recursos Naturales* y el segundo, *Taller de Consulta sobre los Sub-Programas de Conservación y Manejo de las Áreas Naturales Protegidas en Aguascalientes*. Estos talleres fueron convocados por la Dirección de la Zona de Protección de la Cuenca Alimentadora del Distrito Nacional de Riego 001 de Pabellón,

fracciones Sierra Fría y Cerro Gordo (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas), la SEMARNAT y la Universidad Autónoma de Aguascalientes.

El primer taller se desarrolló los días 22 y 23 de septiembre de 2008 y el segundo el 11 de febrero de 2009. El formato de ambos talleres fue el de una reunión plenaria en la que se abordaron de manera secuencial los siguientes temas: 1) Aprovechamiento turístico, 2) Aprovechamiento forestal (y de fauna silvestre), 3) Aprovechamiento agropecuario y 4) Aprovechamiento hídrico.

Se contó con la participación de las autoridades del Sector Medio Ambiente y Recursos Naturales de los Estados de Aguascalientes y Zacatecas, así como de los usuarios del Distrito Nacional de Riego 001 Pabellón, ejidatarios y pequeños propietarios de Sierra Fría, asociaciones de profesionistas y OSCs. El objetivo de este primer taller fue el realizar un diagnóstico preliminar de la situación del Área de Protección de la Cuenca Alimentadora del Distrito Nacional de Riego 001, así como homologar criterios sobre el actuar de las autoridades ambientales en la zona, mientras que el objetivo del segundo fue el dar a conocer parte de la problemática detectada en la zona para enfocar las acciones del plan de manejo del Área Natural Protegida.

TÍTULOS DE CONCESIÓN DE AGUAS SUPERFICIALES.

Se obtuvieron dos bases de datos provenientes del Registro Público de Derechos del Agua: la primera corresponde a los títulos de concesión otorgados al Municipio de San José de Gracia y la segunda a los del Municipio de Pabellón de Arteaga. Estos municipios fueron seleccionados puesto que la mayor parte de la cuenca se encuentra dentro del Municipio de San José de Gracia y la Presa Calles abastece el Distrito de Riego 01 de Pabellón de Arteaga.

IV.2.1.2. DETECCIÓN DE DISTURBIOS

A fin de poder utilizar la información tabular obtenida de la SEMARNAT, esta fue transformada a formato vectorial y espacializada mediante el uso del programa Kosmo 1.2.1., generando archivos SHAPE. Para esto la información tabular fue capturada en una base de datos delimitada por comas (.). Esta fue ingresada al programa y mediante las utilidades de generación de líneas y generación de polígonos se crearon las capas que fueron guardadas como SHAPE.

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

Dado que los mapas digitales de los talleres de participación ciudadana no podían ser incorporados directamente al sistema de información geográfica, se crearon archivos SHAPE específicos para cada problemática reflejada en los mapas. El trazo de cada disturbio se realizó a mano alzada, teniendo como líneas guía la topografía del sitio y la regionalización ecogeográfica de la zona. La división ecogeográfica fue utilizada puesto que fue el fondo empleado en los mapas del taller.

La información vectorial sobre caminos y bordos fue actualizada mediante el uso de fotografía aérea e imágenes satelitales Quickbird, estas últimas obtenidas a partir del programa GoogleEarth. Con base en estas imágenes y mediante el uso del programa ArcMap 10.1 se realizó la modificación e incorporación de nuevos atributos (caminos o bordos) a las capas obtenidas del IMAE.

Utilizando las funciones de cálculo de superficies del programa Kosmo 1.2.1 se obtuvieron los Avalores de las áreas ocupadas por las UMAs dentro de la Cuenca, así como las superficies correspondientes a los aprovechamientos forestales autorizados y los bordos para almacenamiento de agua pluvial.

Buscando realizar un análisis más fino de los disturbios relativos a los caminos y los bordos, la cuenca fue subdividida en tres microcuencas, correspondiendo cada una a los principales cursos de agua de la zona, siendo estos: Río Blanco, Río Prieto y Río Agua Zarca. Para realizar la delimitación de las cuencas se identificaron los parteaguas de cada una a partir del análisis de la topografía y los patrones de drenaje.

Con base en la información recabada a través de los talleres y la vectorial obtenida y generada, se realizaron mapas temáticos sobre los diferentes disturbios detectados dentro de la cuenca para facilitar su análisis al permitir hacerlo de una forma gráfica.

Para robustecer el análisis del disturbio generado por los bordos dentro de la Cuenca, se estimó su capacidad máxima de almacenamiento en m^3 . Para esto se partió de las superficies previamente calculadas, considerando una profundidad promedio de 1.5 metros para bordos con superficie menor a 1 hectárea y de 4 metros para bordos con superficie mayor a 1 hectárea.

IV.2.2. DISTURBIOS NATURALES.

IV.2.2.1. ADQUISICIÓN DE INSUMOS

Para el caso de los disturbios naturales presentes en la cuenca de la Presa Calles se utilizaron como fuentes de información los trabajos de Martín-Clemente (2002), Soriano-Vallés (2003), Díaz-Núñez (2005), Moreno-Rico *et al.* (2010), Sánchez-Martínez *et al.* (2010), Clark-Tapia *et al.* (2011), Sosa-Ramírez (2015), la información disponible sobre plagas forestales de la Dirección General de Gestión Forestal y de Suelos (DGGFS) de la SEMARNAT, a la cual se accedió a través del portal INFOMEX del IFAI, así como recorridos de campo realizados para el presente estudio. Se obtuvo información sobre dos especies de insectos fitófagos, el escarabajo descortezador *Dendroctonus mexicanus* Hopkins, el escarabajo barrenador *Crioprosopus magnificus*, de una planta parásito epífita, el muérdago *Phoradendrum* sp., y seis especies de hongos, *Phellinus robustus*, *P. everhartii*, *Biscogniauxia atropunctata*, *Hypoxylon thouarsianum*, *Ganoderma lucidum* y *Ceratocystis minor*.

IV.2.2.2. DETECCIÓN DE DISTURBIOS

Las coordenadas obtenidas a partir de los trabajos de los investigadores citados y las proporcionadas por la DGGFS fueron sometidas a un proceso de validación para su utilización en la identificación de las zonas perturbadas dentro de la cuenca. Tal validación consistió en revisar que al espacializar las coordenadas recabadas, éstas se encontraran dentro del polígono de la cuenca. Previo a tal validación, las coordenadas fueron estandarizadas para tenerlas todas en proyección Universal Transversa de Mercator (UTM, Zona 13N o 13Q) y con Datum WGS 84. La espacialización y validación de la información se realizó utilizando el programa Kosmo versión 2.0.1., generando los archivos SHAPE correspondientes.

INSECTOS FITÓFAGOS.

Para determinar la zona de afectación del escarabajo *Dendroctonus mexicanus* Hopkins dentro de la cuenca, se realizó el montaje de las coordenadas individuales de los registros obtenidos (trabajos de investigación y de la DGGFS) dentro del programa ArcMap versión 10.1. Tomando como base la matriz de puntos generada, y atendiendo a los patrones de diseminación de la infestación del descortezador se realizó, a mano alzada, el trazo de la zona de afectación estimada. Para esto se consideró además que el

escarabajo sólo infesta a la especie *Pinus* sp., y que ésta, dentro de la cuenca, se encuentra principalmente distribuida en las barrancas.

Para determinar la zona de afectación del escarabajo *Crioprosopus magnificus* dentro de la cuenca, se realizó el mismo procedimiento que para *D. mexicanus*. Para el caso del barrenador se consideró que este infesta a la especie *Quercus* sp. **PLANTAS EPÍFITAS.**

Para determinar la zona de afectación por el muérdago *Phoradendrum* sp., a través del programa Kosmo 2.0.1., se espacializaron los sitios detectados dentro de la cuenca de la Presa Calles y se generó una zona de amortiguamiento radial de 500 metros, utilizando la herramienta de Buffer dentro del menú de geoprocésamiento. El radio de la zona de amortiguamiento fue seleccionado en función de los agentes dispersantes presentes en la zona, como pudieran ser el viento y las aves.

HONGOS FITOPATÓGENOS.

Para determinar la zona de afectación por los distintos hongos fitopatógenos detectados en la cuenca, se espacializaron los puntos reportados por Moreno-Rico *et al.* (2010) y Sosa-Ramírez *et al.* (2011). Para esto se utilizó el programa Kosmo 2.0.1., y se generó una zona de amortiguamiento radial de 500 metros, utilizando la herramienta de Buffer dentro del menú de geoprocésamiento. Con esta zona de amortiguamiento se aseguró que los elementos infestados quedaran comprendidos dentro.

IV.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

IV.3.1. DISTURBIOS ANTRÓPICOS

IV.3.1.1. TALLERES SEMARNAT-CONANP-UAA

A partir de los trabajos realizados en los talleres se obtuvieron los siguientes resultados, los cuales se agrupan de acuerdo a cada uno de los ejes temáticos propuestos.

APROVECHAMIENTO TURÍSTICO.

Las áreas naturales son cada vez más frecuentadas por visitantes, los cuales demandan zonas de recreación y esparcimiento. Sin embargo, la oferta de tales servicios es muy limitada. El hecho de que no tengan sitios bien definidos para estas actividades

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

provoca impactos indeseables en la zona. Dentro de tales impactos se encuentran el deterioro de la vegetación, daño a la fauna silvestre, la dispersión de basura en los sitios visitados, el daño a caminos y senderos provocado por diferentes tipos de automotores.

Se propone la creación en el ANP de un espacio de uso público para la recreación y el esparcimiento de la población.

Como resultado de la discusión se señala que parte de estos problemas obedecen a una falta de coordinación entre los tres niveles de gobierno. En virtud de lo anterior se propone un trabajo coordinado entre éstos dentro del ANP Sierra Fría. Se propone integrar una Red interinstitucional regional a través de un convenio o acuerdo para elaborar una agenda de trabajo y efectuar los puntos acordados.

APROVECHAMIENTO FORESTAL Y DE FAUNA SILVESTRE.

Entre los problemas más comunes dentro de las áreas naturales protegidas de los estados de Aguascalientes y Zacatecas está la introducción de especies exóticas tanto forestales como de fauna silvestre.

El primer caso se presenta con la reforestación de las ANPs, en la cual se utilizan principalmente plantas exóticas. Este problema se debe, en parte, a que no existen viveros que dispongan de plantas nativas. En virtud de lo anterior se propone solicitar a la CONAFOR la producción de especies nativas, así como promover la oferta de plantas nativas en los viveros privados de la región, así como integrar, por parte de la CONANP, un listado de especies nativas de la zona a fin de que estas sean reproducidas en lo posible.

La otra parte del problema reside en la falta de comunicación y de programas educativos por parte de las autoridades ambientales y las instituciones de educación superior hacia la sociedad en general, los propietarios de terrenos forestales en particular y los prestadores de servicios. Por lo anterior se vuelve necesario el explicarles el funcionamiento de los ecosistemas naturales y el impacto ambiental y económico de las especies exóticas.

Una de las amenazas más recientes a la integridad de las ANP consiste en la subdivisión o fragmentación de terrenos forestales. Este fenómeno lleva consigo la multiplicación de cercos, de casas de campo, caminos y de bordos.

Es aquí donde las diferentes dependencias del sector público deben coordinarse para hacer un frente común a esta tendencia y dar parte a la Procuraduría Agraria de la fragmentación de predios y venta ilegal de terrenos.

Se discute también sobre el papel que juega la CONAFOR en el inadecuado aprovechamiento forestal, ya que brinda apoyos sin que sea evaluada la viabilidad ambiental de los proyectos. Por tal motivo se recomienda que la SEMARNAT requiera a CONAFOR incluir en las reglas de operación para la solicitud de apoyos el que se cuente con las autorizaciones en materia de Impacto Ambiental, para el Cambio de Uso de Suelo, para Aprovechamientos Forestales etc., de acuerdo al apoyo que sea solicitado.

Buscando evitar problemas a las ANPs y mejorar la asignación de recursos se solicita que se invite “*con voz*” a las dependencias federales del sector medio ambiente al comité PROARBOL.

Para el caso de la introducción de especies exóticas de fauna silvestre, se tiene que su presencia va aunada a la construcción de confinamientos donde se utilizan cercos altos, esto debido a que su introducción obedece a su utilización con fines cinegéticos. La construcción de tales cercos provoca la fragmentación del hábitat y la obstaculización del libre tránsito de las especies nativas.

A fin de evitar la introducción de especies exóticas y la construcción de cercos se propone la aplicación de la ley para retirar a las especies introducidas y eliminar los corrales. Se señala que en el artículo 64 de la LGEEPA se contempla el fundamento legal para proceder a la revocación o cancelación de los permisos y autorizaciones correspondientes, siempre que técnica y socioeconómicamente se demuestre que estas actividades puedan causar deterioro al equilibrio ecológico del área. Sin embargo, la aplicación de este ordenamiento no es tan sencilla. Se señala que los organismos que han sido introducidos a la ANP Sierra Fría no cuentan con ningún tipo de autorización.

A fin de eliminar las especies exóticas presentes dentro de la ANP Sierra Fría, se ha adoptado la estrategia de permitir la cacería de estos sin ninguna restricción, buscando que sus poblaciones vayan disminuyendo de manera paulatina.

APROVECHAMIENTO AGROPECUARIO.

El sobrepastoreo y en general el manejo ineficiente del ganado es una de las variables más señaladas por su impacto en el deterioro de los ecosistemas, el cual se debe en parte a los programas y acciones aplicados por la SAGARPA, en especial al PROGAN. Es por eso que se le solicita a la SAGARPA la difusión de un especial cuidado en el manejo del ganado dentro de las ANP.

En el caso de los embalses de agua dulce, se registra un incremento en las actividades de pesca deportiva. Sin embargo, no se ha tenido el cuidado de proteger estos sitios. Se han detectado descargas de aguas residuales por un lado, y por otro lado, la introducción de especies exóticas. Es conveniente que SAGARPA detecte las solicitudes que recaen dentro del polígono del ANP para evitar la introducción de especies exóticas.

APROVECHAMIENTO HÍDRICO.

Se reconoce que el aprovechamiento de los escurrimientos a través de la construcción de bordos y abrevaderos es una de las acciones de manejo más extendida en las ANP. La construcción de estas obras se realiza tanto en el marco de programas de gobierno, sobre todo del gobierno estatal, así como por iniciativa de los propietarios. Sin embargo, la mayor parte de estos han sido desarrollados sin la correspondiente autorización.

Se señala que los bordos pueden ocasionar varios problemas ambientales, tales como daños a la vegetación en el sitio de la construcción y así como impactos a los ecosistemas, aguas abajo de la cuenca, debido a la interrupción del flujo del agua. Esto último sobre todo en los ecosistemas riparios, afectando tanto a la flora como a la fauna. Sin embargo, en ocasiones la realización de estos bordos puede resultar benéfico, ayudando a la retención de agua dentro del ecosistema y favoreciendo la liberación paulatina de la misma, evitando así grandes avenidas y manteniendo por un mayor tiempo la humedad en la zona.

Para la construcción de bordos, la Comisión Nacional del Agua otorga los permisos sólo en casos de aprovechamiento de aguas nacionales, siempre y cuando sean abastecidos de escurrimientos considerados como cauces federales; en casos de escurrimientos que no reúnan las características para ser considerados de propiedad

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

nacional no les aplica la Ley de Aguas Nacionales, por lo que otras dependencias se encargan de autorizar la obra [Secretaría de Medio Ambiente del Estado de Aguascalientes (SMAE) e Instituto de Ecología y Medio Ambiente de Zacatecas (IEMAZ)]. No obstante que la construcción de los bordos requiere una Manifestación de Impacto Ambiental y cambio de uso de suelo, en la mayoría de los casos no se solicita.

Se propone que la Secretaría de Desarrollo Rural y Agroempresarial del Estado de Aguascalientes (SEDRAE) y la Secretaría de Desarrollo Agropecuario del Estado de Zacatecas (SEDAGRO) entreguen un listado de características generales de los bordos proyectados, tanto a la CONAGUA, como a la SMAE, IEMAZ, CONANP y a la SEMARNAT para que se determine en qué casos requiere realizar los trámites pertinentes ante estas dependencias.

Se reporta también una sobre explotación de los recursos pétreos en los cauces de los ríos, del mismo modo se menciona que existe un trámite por parte de la CONAGUA para regular la extracción de materiales pétreos y se da la atención a la denuncia ciudadana para dar seguimiento a las extracciones ilícitas.

Para resolver estos problemas se reitera la propuesta de mejorar la coordinación entre las dependencias de gobierno federal y estatal así como la comunicación de estas con la sociedad.

Asimismo se propone que para dar seguimiento al estado de salud de los bosques se realice un monitoreo permanente de los flujos de agua de las principales micro cuencas del ANP por parte de CONAGUA en coordinación con CONANP.

GENERALES.

Uno de los problemas más comunes encontrados por la sociedad es lo complicado que resultan tanto la normatividad existente como la administración pública. Por ello se proponen mecanismos eficientes de difusión, comunicación y capacitación a las asociaciones de productores, prestadores de servicios y al ciudadano sobre los trámites administrativos y los programas y normas existentes. Asimismo se propone simplificar los trámites administrativos.

Se propone emitir lineamientos que sean incluidos en el programa de manejo de la ANP y a la par se analicen los preceptos legales que se considere necesiten alguna modificación para que sean promovidas en la instancia correspondiente.

Se propone la constitución de una mesa permanente de trabajo o red interinstitucional e interestatal sobre las ANP.

Para lograr una adecuada y eficiente atención a la problemática aquí planteada, se deberá conseguir por parte de todos los involucrados en la formulación y expedición del programa de manejo del área, se atienda de manera particular el proceso de consulta y consenso para su ejecución, de conformidad con las disposiciones legales y reglamentarias aplicables.

De manera general se señala poner un especial cuidado al cambio de uso del suelo dentro de las ANP. Para ello se recomienda el monitoreo a través de imágenes de satélite y sistemas de información geográfica de los flujos de agua y las condiciones fitosanitarias, buscando trabajos de colaboración con la Universidad Autónoma de Aguascalientes.

SÍNTESIS DE DISTURBIOS DETECTADOS.

- Destrucción de Vegetación e inadecuada disposición de residuos asociada a la actividad turística y el uso de caminos.
- Introducción de especies exóticas.
- Fragmentación de hábitat.
- Sobrepastoreo y manejo ineficiente del ganado.
- Construcción de bordos para captación de aguas pluviales.
- Cambio de uso de suelo forestal (pérdida de Vegetación).

IV.3.1.2. ESPACIALIZACIÓN DE LOS DISTURBIOS ANTRÓPICOS DETECTADOS.

IV.3.1.2.1. REESTRUCTURACIÓN FÍSICA DEL AMBIENTE.

En el mapa IV.1. se muestra la distribución de incendios dentro de la Cuenca. Las zonas de afectación sólo corresponden a una espacialización de la información obtenida de los distintos talleres, por lo que no es posible cuantificar la superficie que ha sido dañada por este tipo de disturbios. Ubicamos tres zonas en las que se ha detectado la presencia de los incendios, una al noroeste de la cuenca y dos más en la parte sur.

La pérdida de hábitat en la cuenca se muestra en el mapa IV.2. Esta se encuentra localizada desde la parte central de la cuenca hacia la porción suroeste, en sitios donde

la vegetación presente es el pastizal inducido, el pastizal natural y el bosque abierto; esta zona está sujeta al aprovechamiento ganadero, el cual ha favorecido que poco a poco se desmontan áreas boscosas para privilegiar la aparición de pastos con valor forrajero para el ganado.

Dentro de los disturbios y perturbaciones presentes en la Cuenca de la Presa Calles se incluyeron las Unidades de Manejo Sustentable de la Vida Silvestre (UMAs), que si bien son esquemas de manejo de los recursos naturales que buscan su manejo sustentable, al tratarse de una intervención humana en un sistema natural puede clasificarse como un disturbio antrópico.

Dentro de la Cuenca de la Presa Calles, se ubican 8 polígonos de UMAs, las cuales en conjunto tienen una superficie de 7,094 Ha., la cual representa el 11.8 % del total de la superficie de la cuenca. Como puede apreciarse en el mapa IV.3. todas las UMAs se encuentran ubicadas en la parte alta de la cuenca. Esto obedece al hecho de que en esta zona se encuentra una cobertura Vegetal con estratos altos, la cual permite el desarrollo de especies faunísticas de interés cinegético, como el Venado cola blanca (*Oidocoileus virginianus*), el guajolote silvestre (*Melleagris gallopavo*) y el pecarí de collar (*Pecari tajacu*), especies que son aprovechadas dentro de estas UMAs.

Tabla IV.1. Tasas de aprovechamiento de fauna silvestre autorizadas por la SEMARNAT

Nombre Común	Nombre científico	2007-2008	2008-2009	2009-2010
Guajolote silvestre	<i>Melleagris gallopavo</i>	257	56	0
Venado cola blanca	<i>Oidocoileus virginianus</i>	62	0	0
Pecarí de collar	<i>Pecari tajacu</i>	140	0	24
*Elk o wapití	<i>Cervus canadensis</i>	10	0	50

Fuente: Dirección General de Vida Silvestre. SEMARNAT. (* Se trata de una especie exótica)

En la tabla IV.1. se presentan las tasa de aprovechamiento de especies de fauna silvestre autorizadas por la SEMARNAT para las temporadas 2007-2008, 2008-2009 y 2009-2010, para realizar el cobró de los ejemplares dentro de las UMAs situadas en la cuenca. Salta a la Vista que se presenta una drástica reducción en la cantidad de individuos autorizados para el cobró en las últimas dos temporadas. Cabe recordar que durante el año de 2009 se presentó una epidemia de Influenza (H1N1) en todo el país, lo cual restringió la movilidad del turismo cinegético tanto nacional como internacional. El referido brote inició a principios de abril que es precisamente la temporada de cacería del

Guajolote Silvestre. El escaso número de individuos autorizados para su aprovechamiento obedece más a una disminución en la demanda comercial que a criterios ecológicos como la estabilidad de las poblaciones.

Uno de los polígonos registrados en este listado actualmente no corresponde a una UMA de tipo extractiva, sino más bien a una zona de exclusión para recuperación de fauna y flora. Este terreno es propiedad de la Universidad Autónoma de Aguascalientes y es denominada como Estación Biológica Agua Zarca, en Virtud de que es atravesada por el arroyo del mismo nombre. En ella actualmente se encuentran en desarrollo diversos estudios faunísticos y florísticos conducidos por maestros y alumnos de la UAA.

El aprovechamiento forestal de leñas muertas también fue incluido como una perturbación antrópica del sistema, ya que se trata de una intervención humana.

Como puede observarse en los mapas IV.4., IV.5., IV.6., IV.7. y IV.8., los aprovechamientos forestales únicamente se presentan en la parte alta de la cuenca, esto en virtud de que el volumen de biomasa arbórea en los tipos de vegetación presentes en la zona es mucho mayor. Dentro del área de la cuenca sólo se presentan dos tipos de aprovechamientos forestales: el de leñas muertas y el de tierra de hoja (tierra para las macetas). Cabe señalar que las formas de los polígonos son poco orgánicas en virtud de que no corresponden a límites naturales sino a límites de tenencia de la tierra de los propietarios de las zonas de aprovechamiento de recursos forestales.

En el mapa IV.4. se muestra la distribución de los aprovechamientos de leñas muertas correspondiente a la especie *Arbutus* sp. (madroño), conocido regionalmente como madroño. Podemos distinguir 3 polígonos dentro del área de la cuenca, los cuales en conjunto tienen una superficie de 4,544 Ha., la cual representa el 7.6 % del total de la superficie de la cuenca. La mayor superficie de aprovechamiento de esta especie la tenemos en la parte noroeste de la cuenca, donde se encuentran las mayores elevaciones de la cuenca.

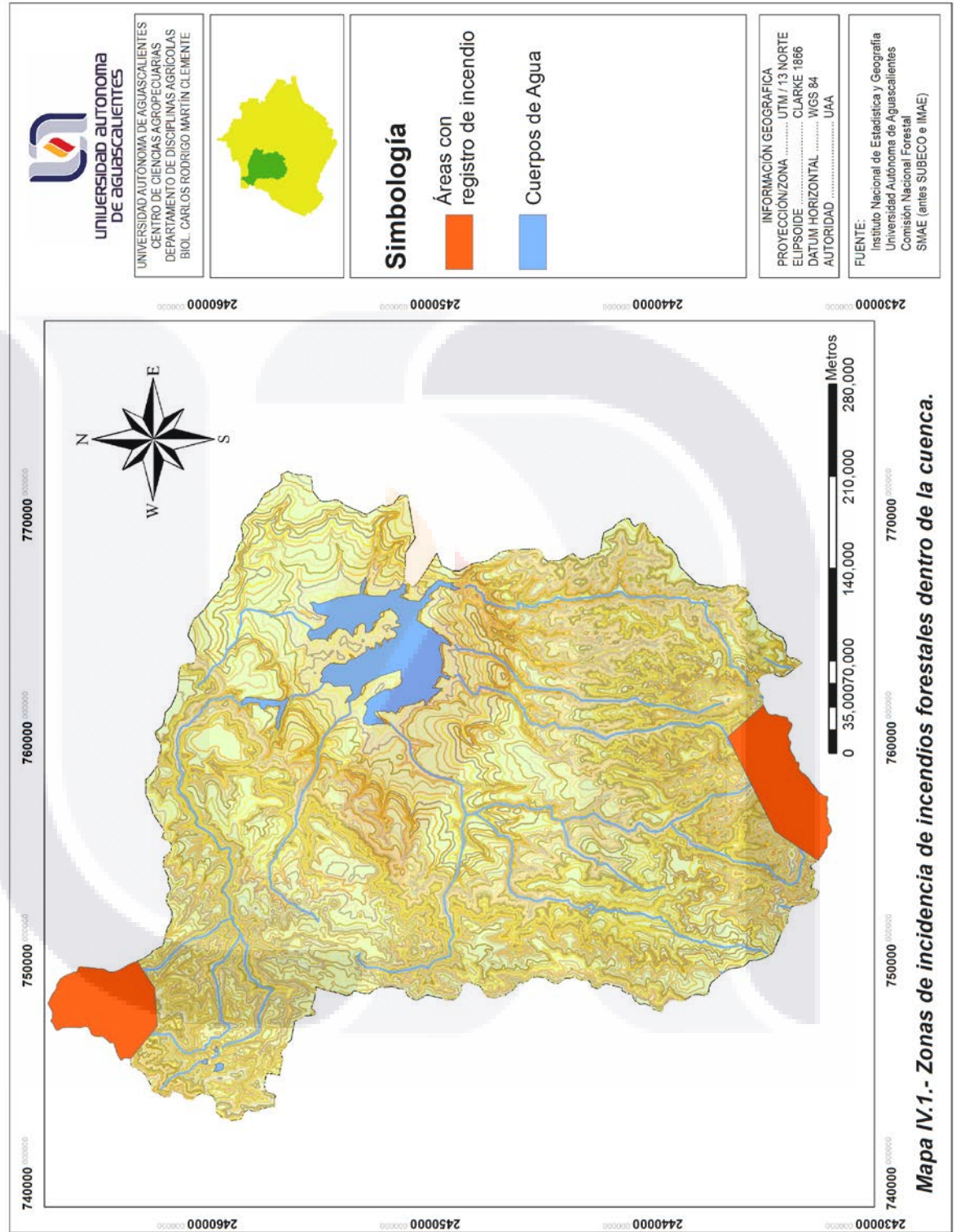
La distribución de aprovechamiento de leñas muertas de la especie *Arctostaphylos* sp. (manzanita), la observamos en el mapa IV.5. Podemos distinguir 8 polígonos dentro del área de la cuenca, los cuales en conjunto tienen una superficie de 6,207 Ha., la cual representa el 10.3 % del total de la superficie de la cuenca. El aprovechamiento de esta especie se encuentra distribuido a lo largo de toda la cuenca alta de la Presa Calles. El tamaño de los polígonos de aprovechamiento es variable, siendo el más grande el

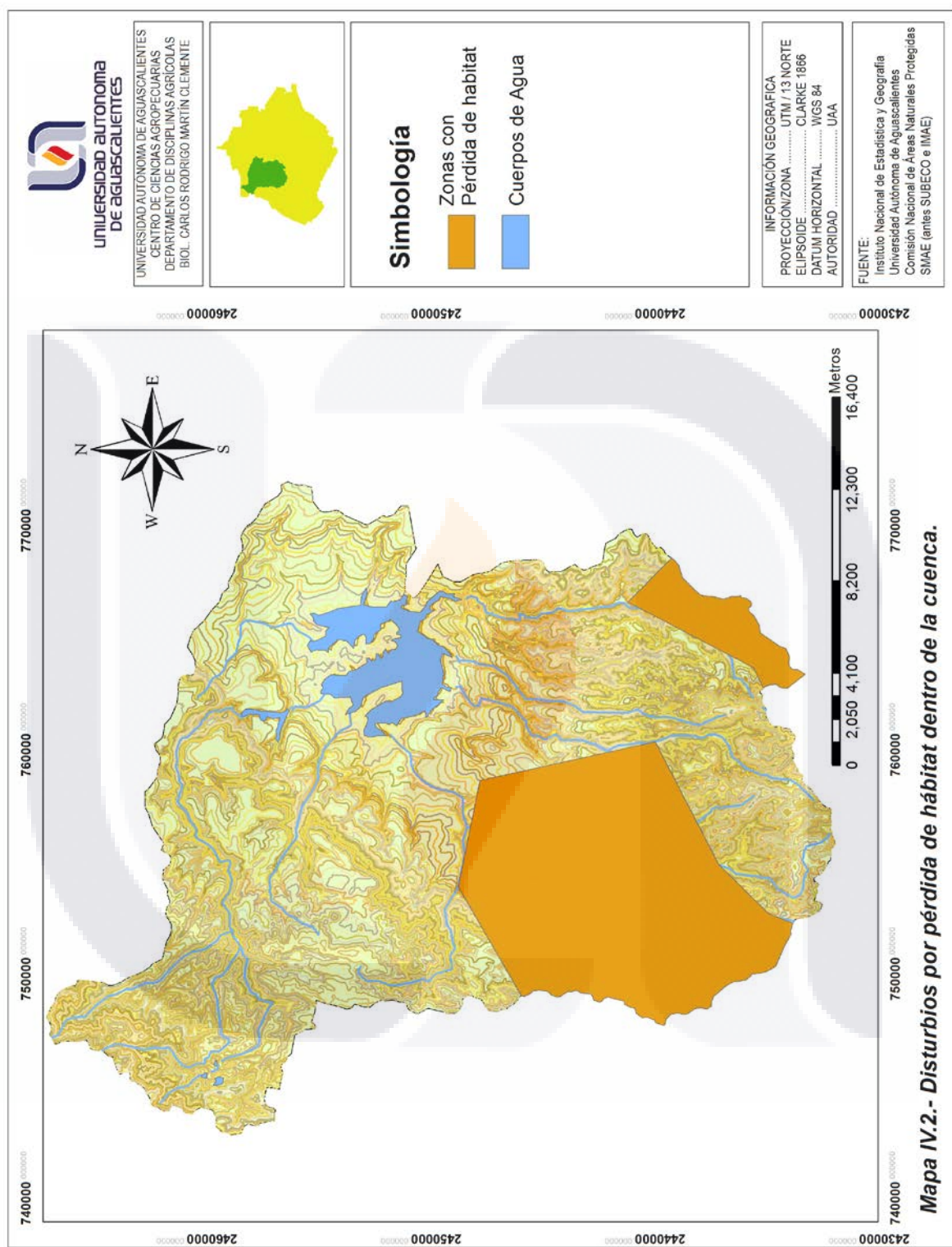
ubicado en la parte noroeste de la cuenca. Esta amplia distribución en el aprovechamiento de la especie puede deberse en gran medida a que se trata de una especie de disturbio o vegetación secundaria que aparece en sitios cuya vegetación original ha sido removida o afectada.

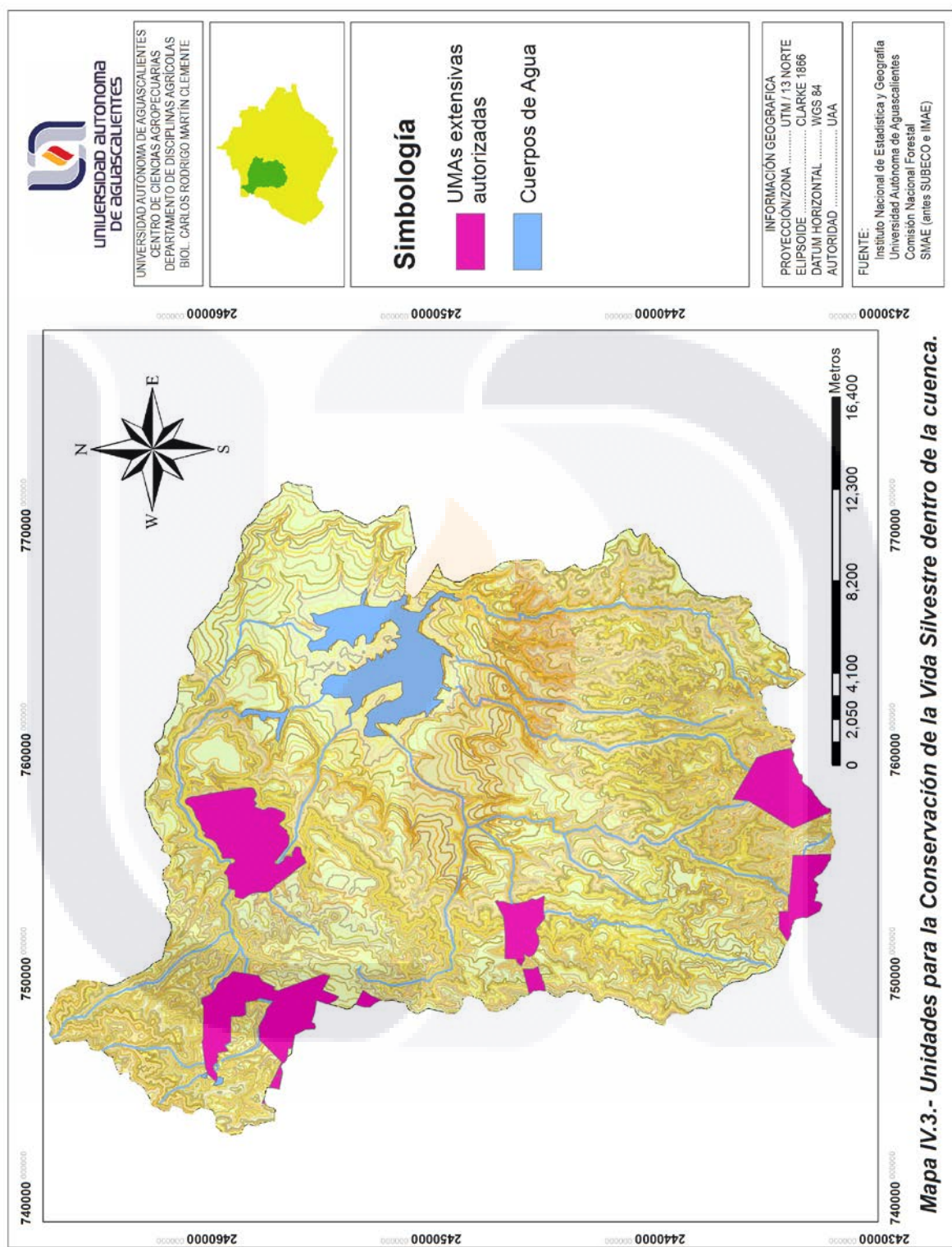
En el mapa IV.6. se muestra la distribución de los aprovechamientos de leñas muertas correspondiente a la especie *Juniperus deppeana* (olmo o táscate). En el mapa se observan 4 polígonos dentro de la cuenca, los cuales suman una superficie de 4,427, misma que representa el 7.4 % del total de la cuenca. La distribución de los aprovechamientos de esta especie se ubica de la parte media de la cuenca alta de la Presa Calles hacia el norte de la misma.

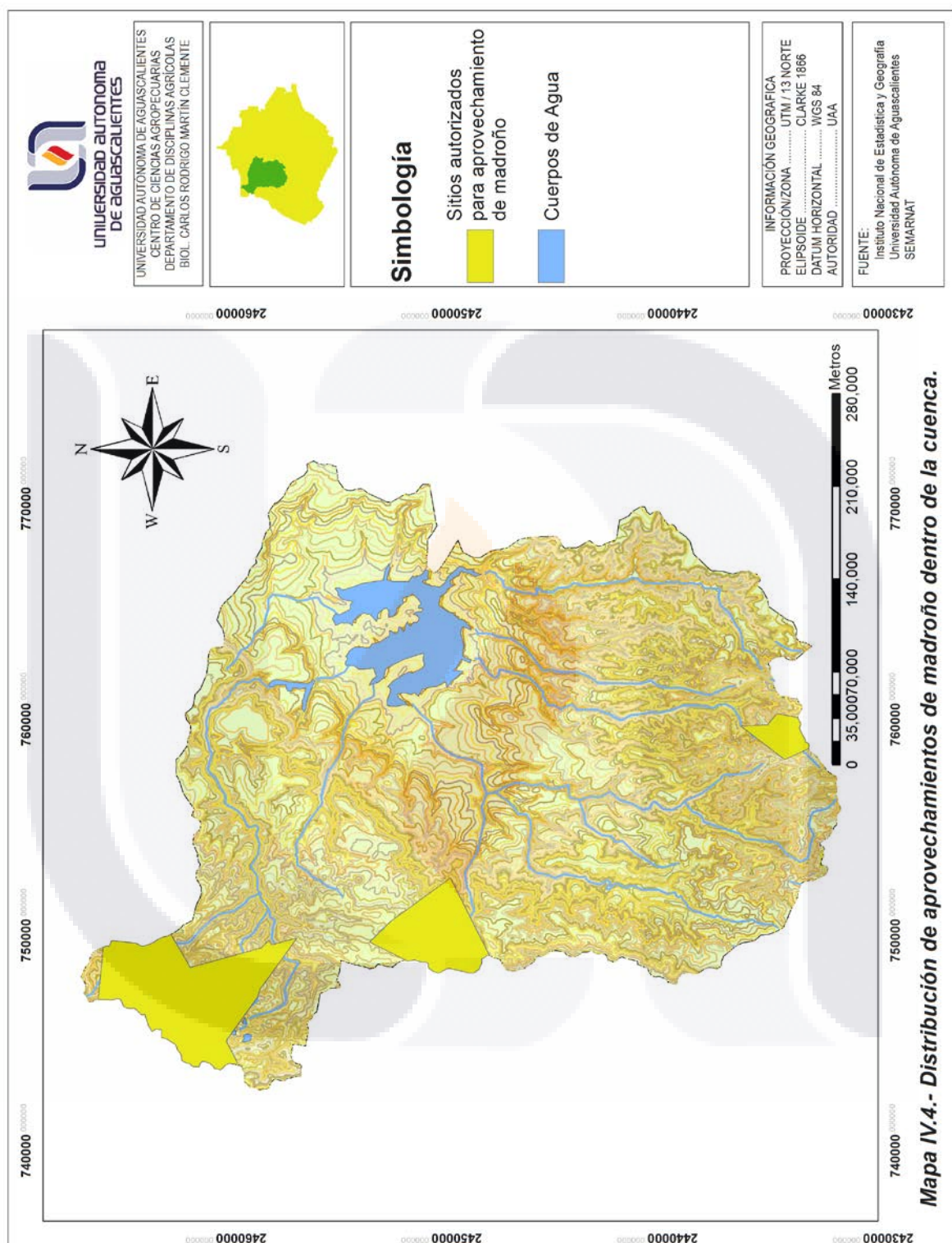
En el mapa IV.7. se muestra la distribución de los aprovechamientos de leñas muertas de la especie *Pinus* sp. (pino). Los aprovechamientos de esta especie tienen la misma distribución que los del *Arbutus* sp., siendo los mismos 3 polígonos. Teniendo también una superficie de 4,544 Ha., que corresponde al 7.6 % del total de la superficie de la cuenca.

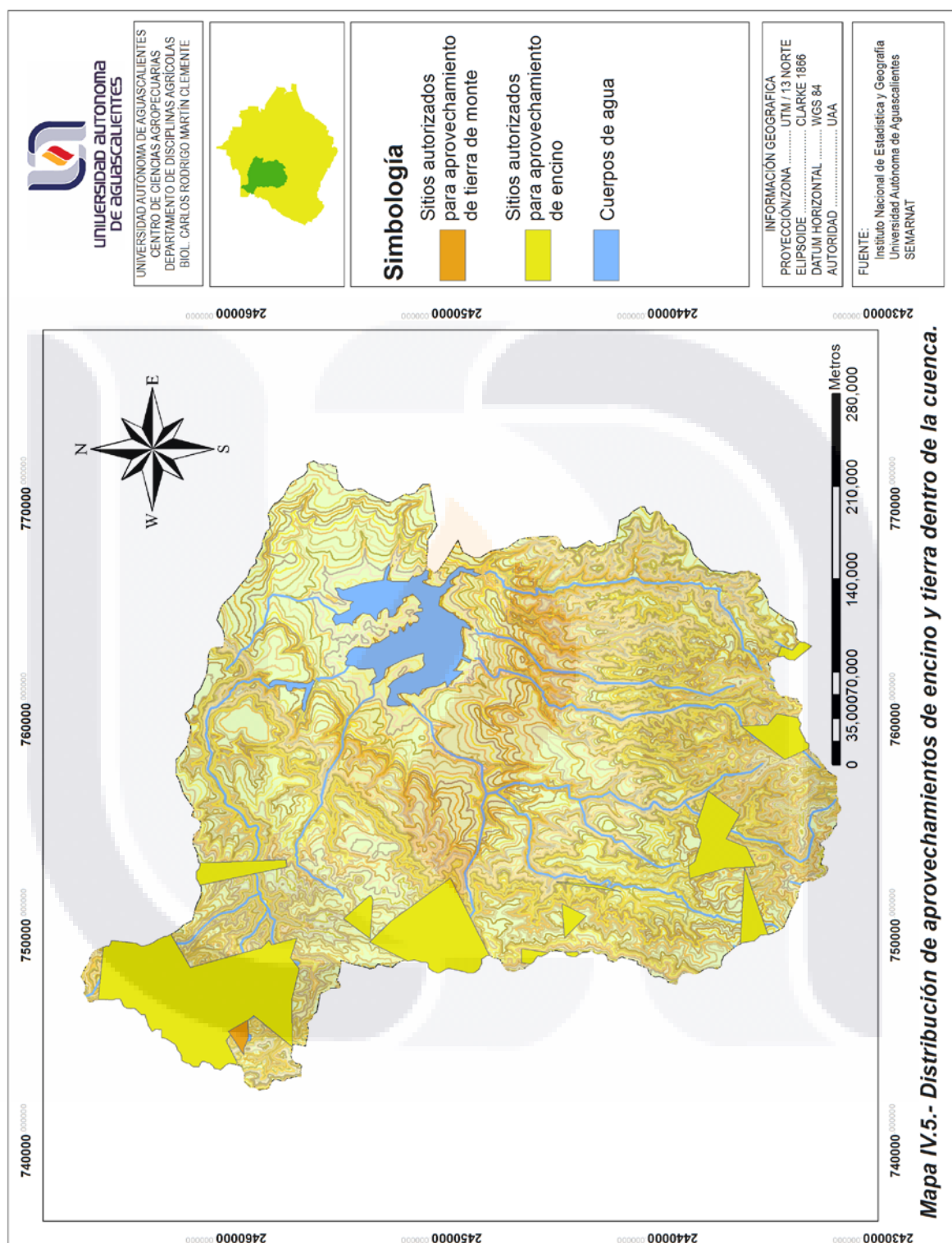
En el mapa IV.8. se muestra la distribución de los aprovechamientos del género *Quercus* (encino) dentro de la cuenca de la Presa Calles. Los aprovechamientos de las especies de este género es que presenta la mayor distribución dentro de la cuenca con una superficie de 6,848 y 11.4 % del total de su superficie. Se tienen contabilizados 11 polígonos distribuidos en casi toda la superficie de la cuenca alta de la Presa Calles. El aprovechamiento de esta especie se encuentra distribuido a lo largo de toda la cuenca alta de la Presa Calles. Cabe señalar que realmente se tiene un mayor número de polígonos de aprovechamiento que los mostrados, lo que pasa es que para fines prácticos todos los polígonos contiguos fueron fusionados como si se tratase de uno solo. La distribución de este género en la cuenca obedece a que según datos históricos, toda la zona estaba cubierta por encinares. En la parte noroeste de la cuenca encontramos el único polígono en el cual se tiene autorizado el aprovechamiento de tierra de encino (tierra de hoja o tierra para las macetas). La superficie de esta zona de aprovechamiento es de 44 Ha, lo cual corresponde al 0.07% de la superficie de la cuenca.

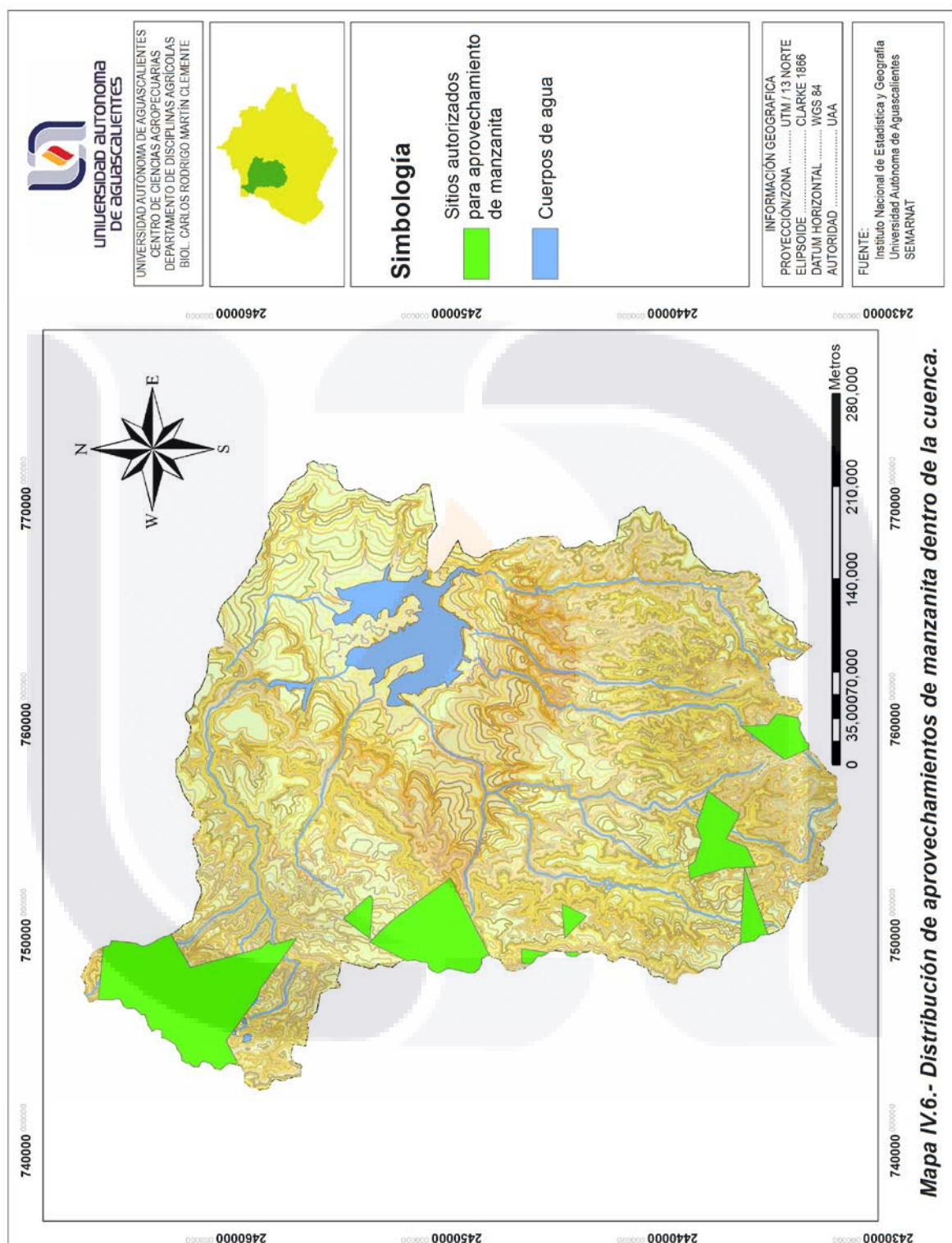


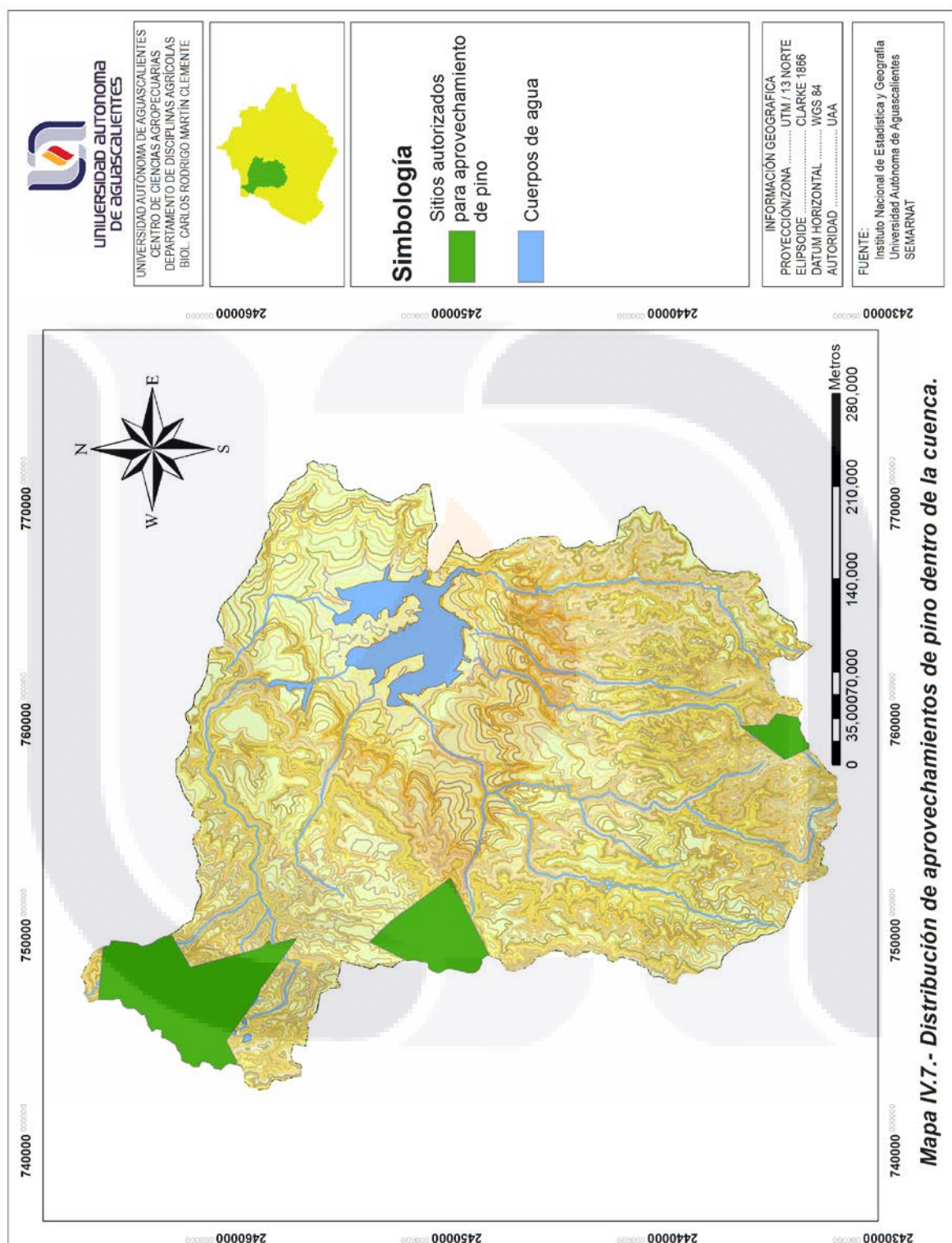


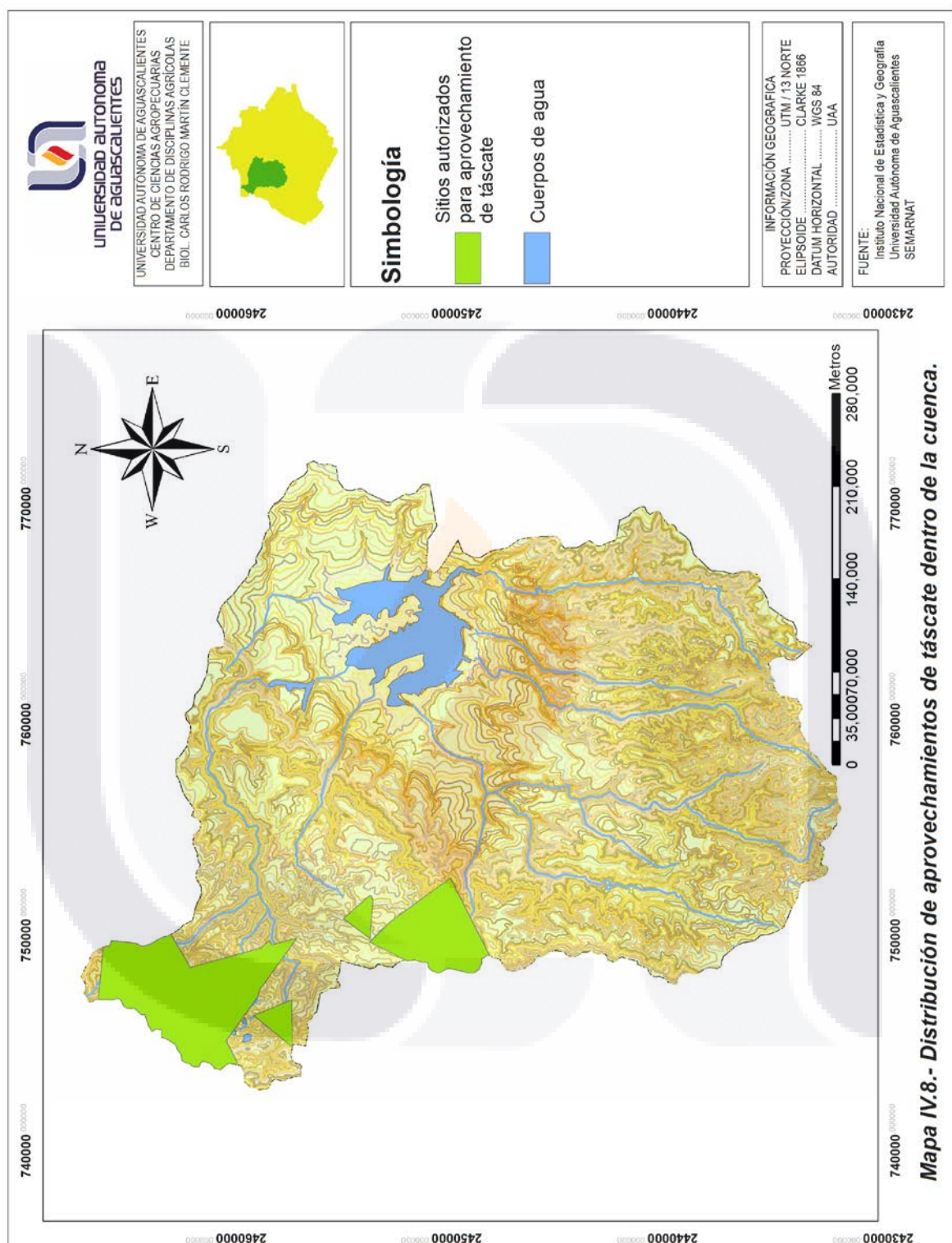


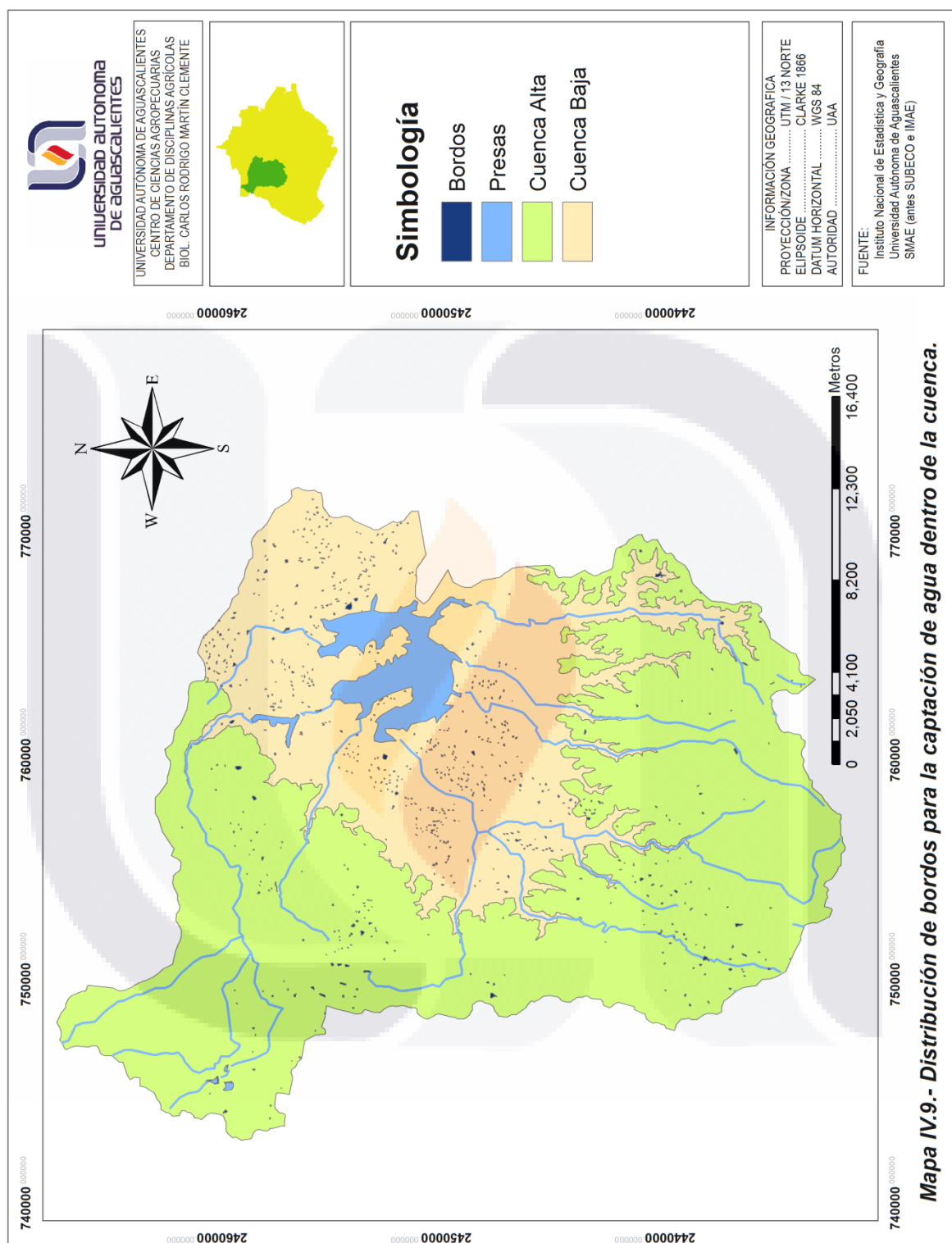


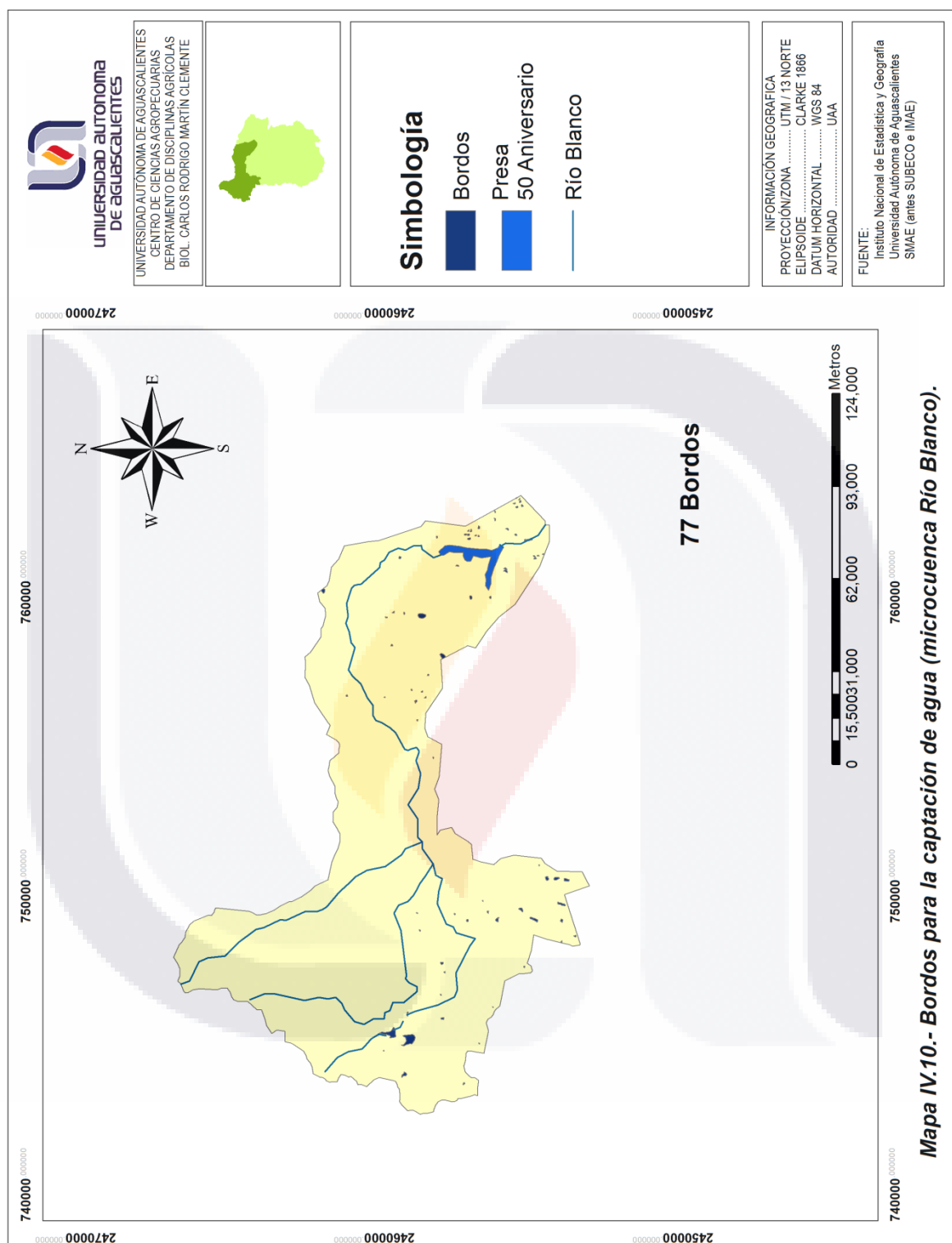


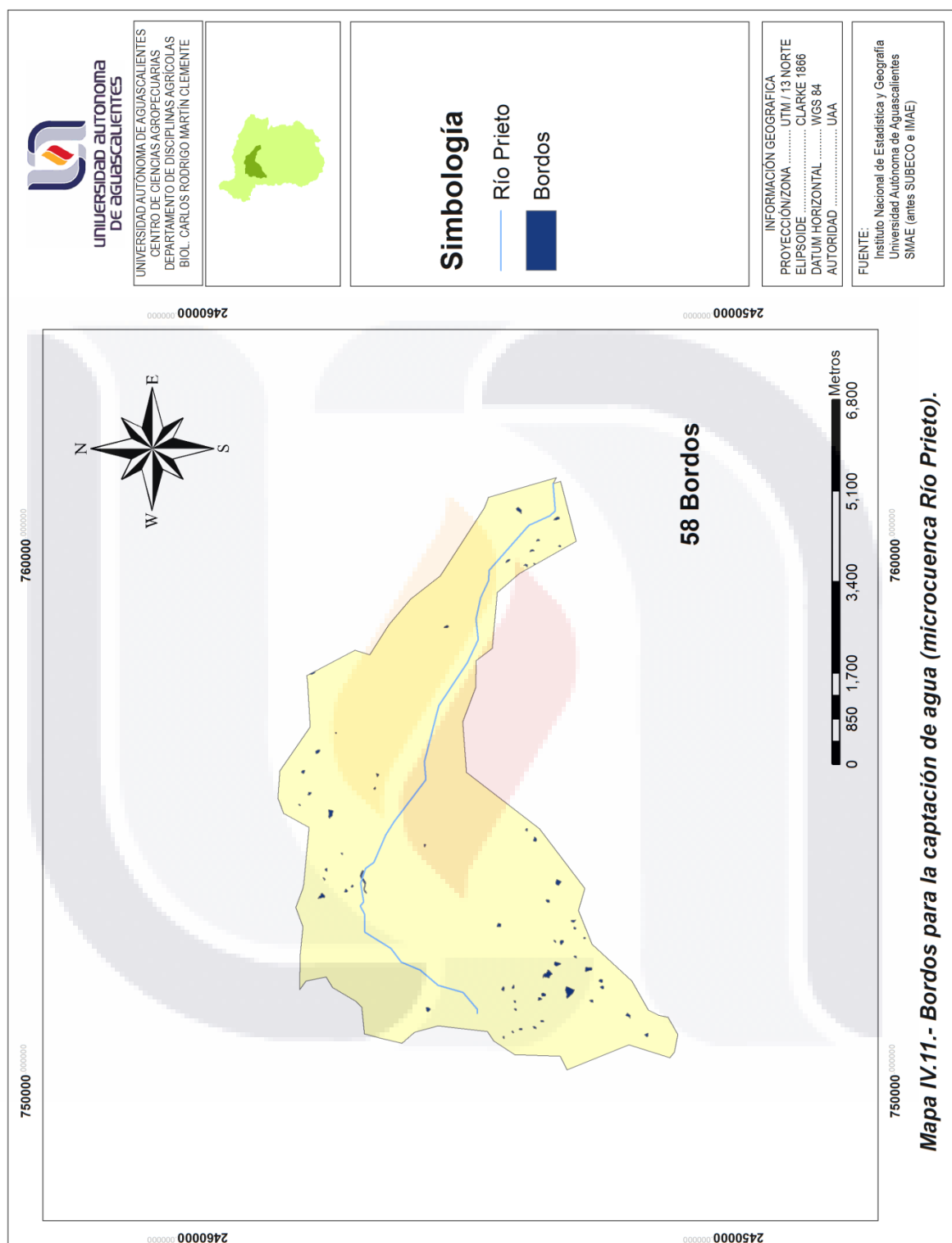


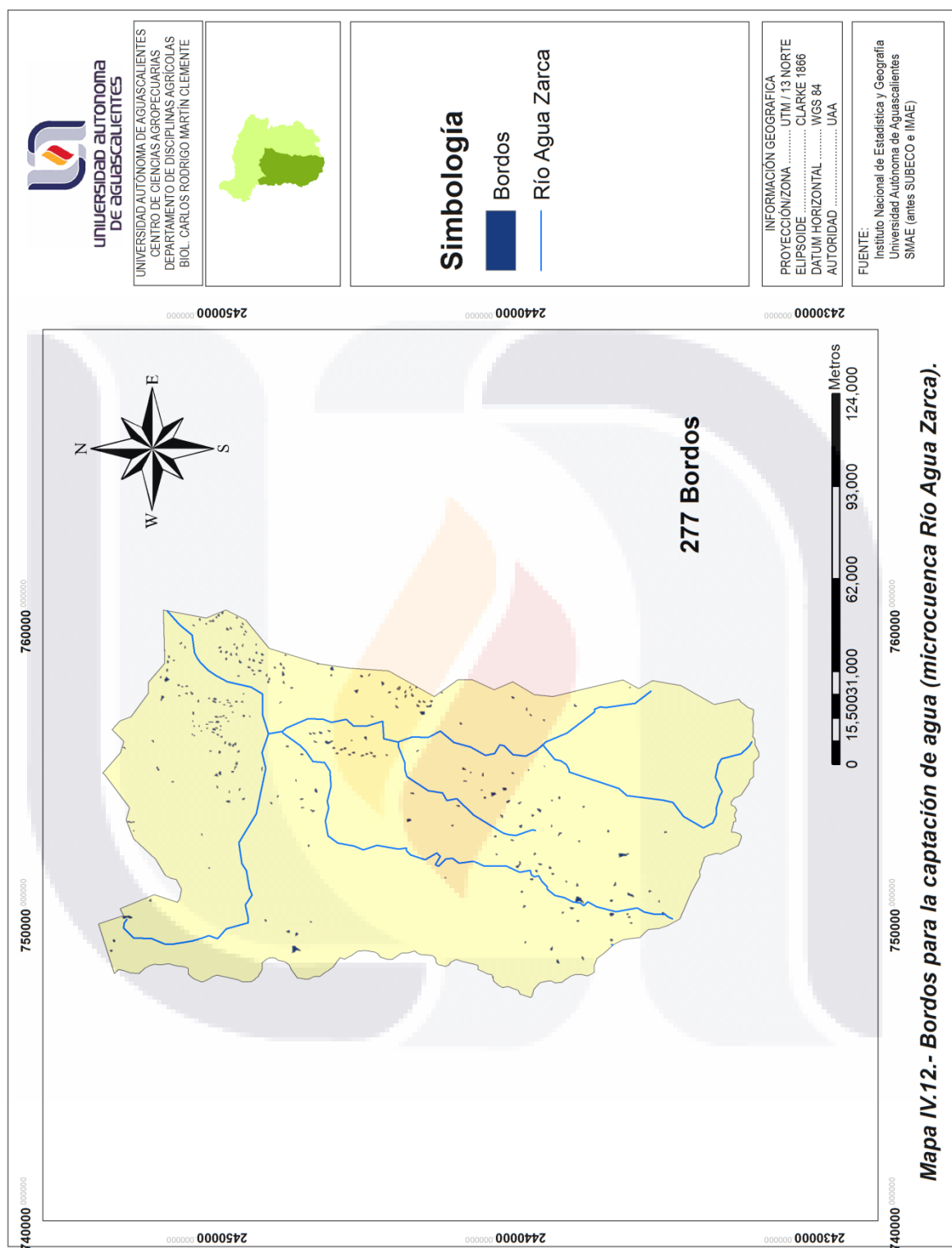


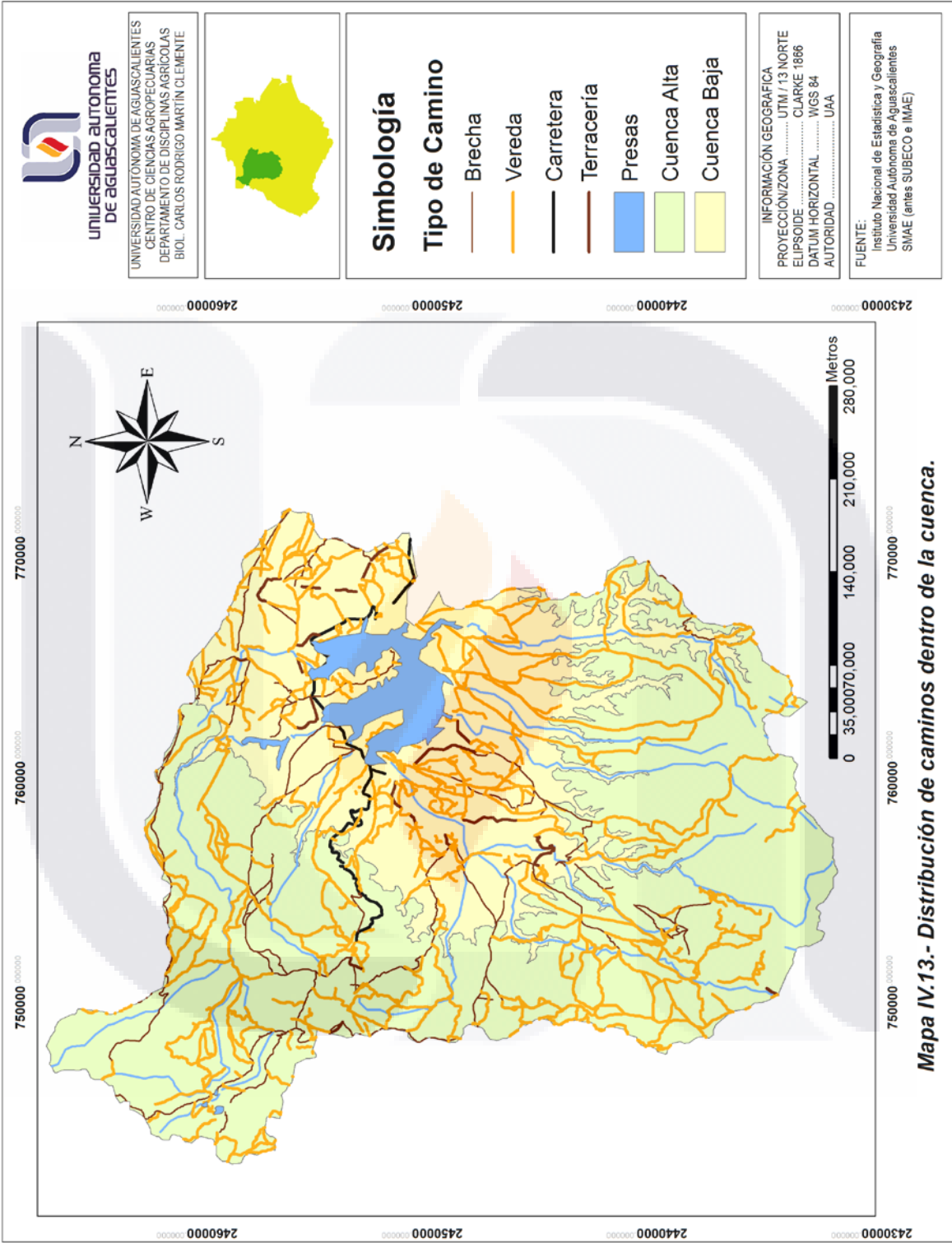


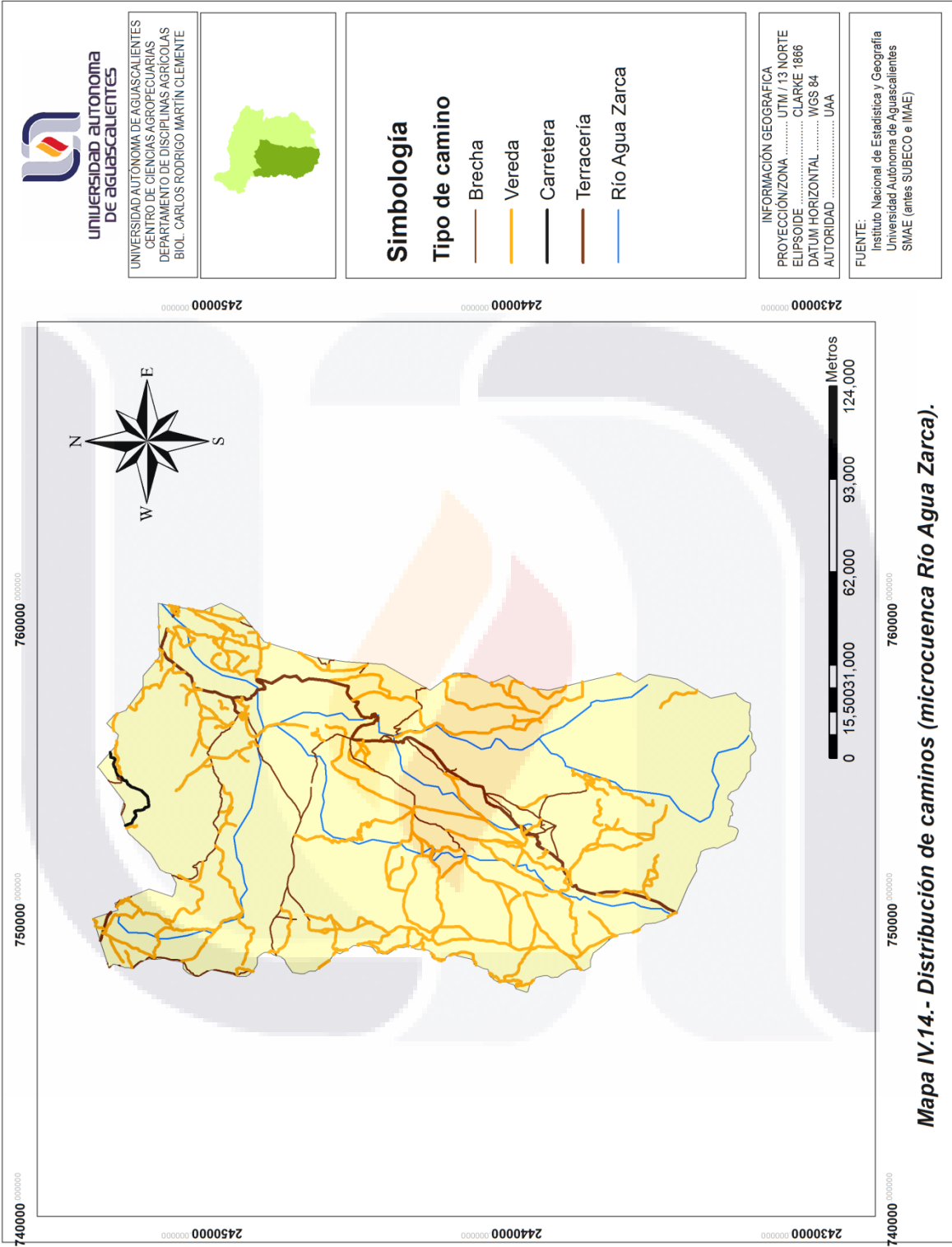


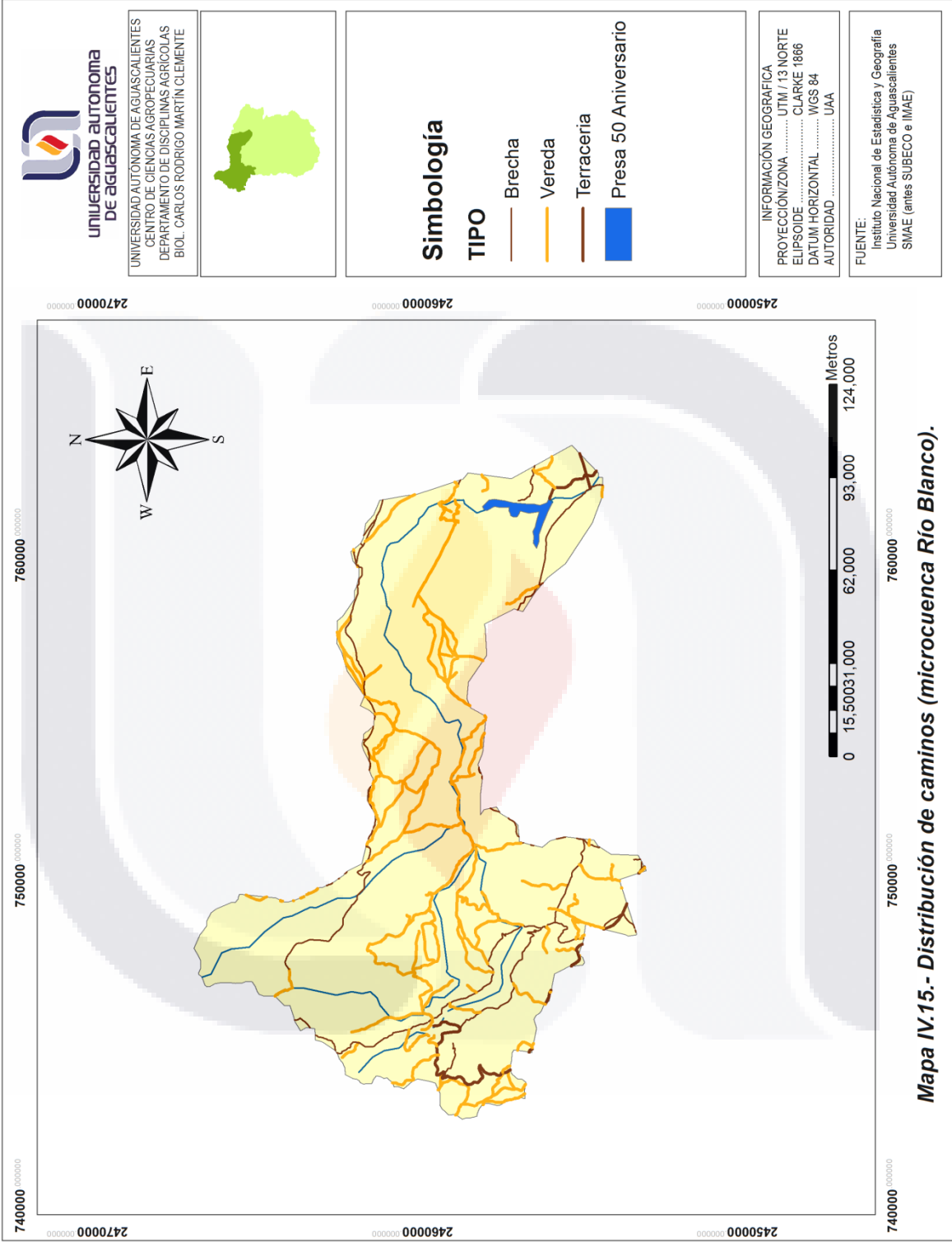


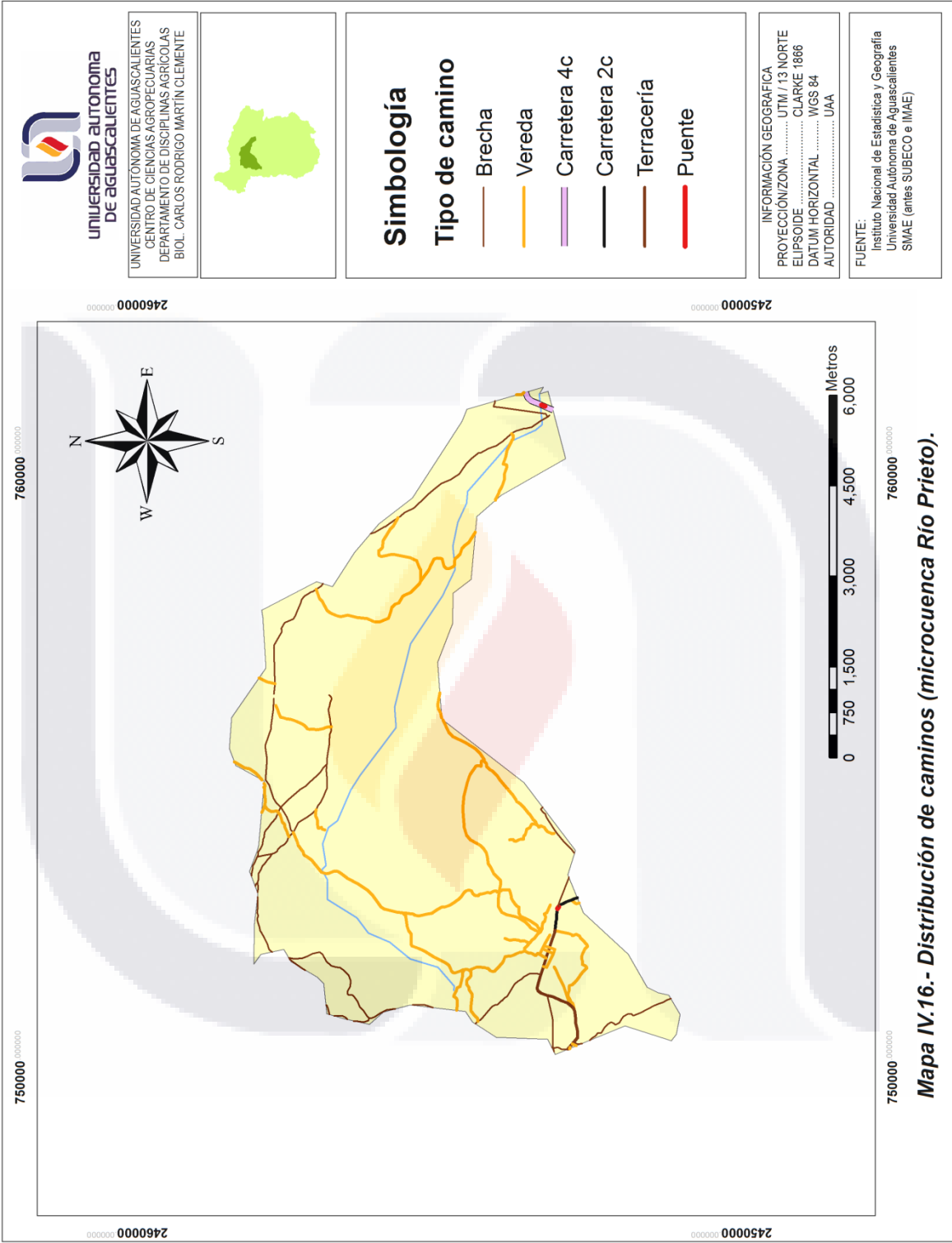


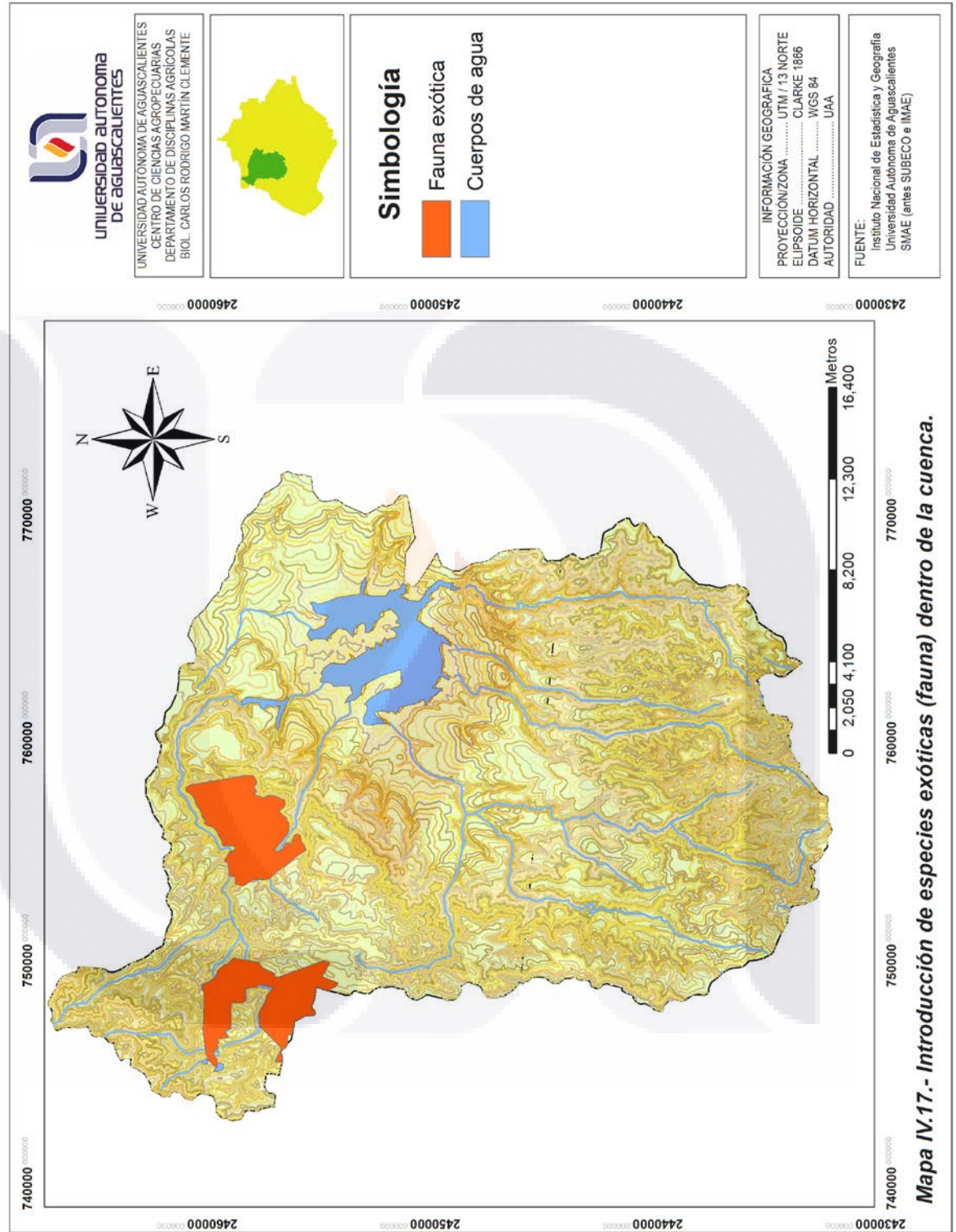


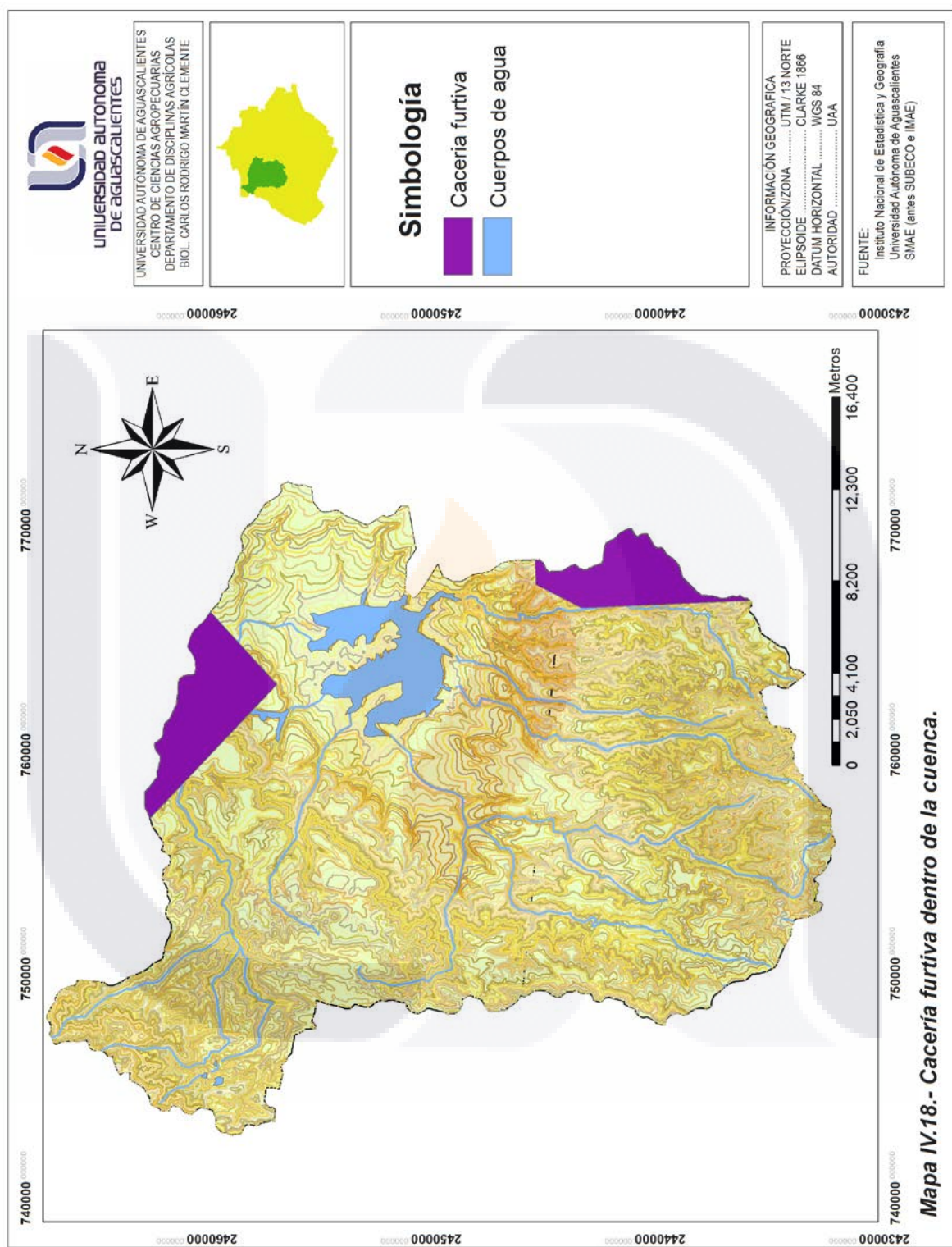


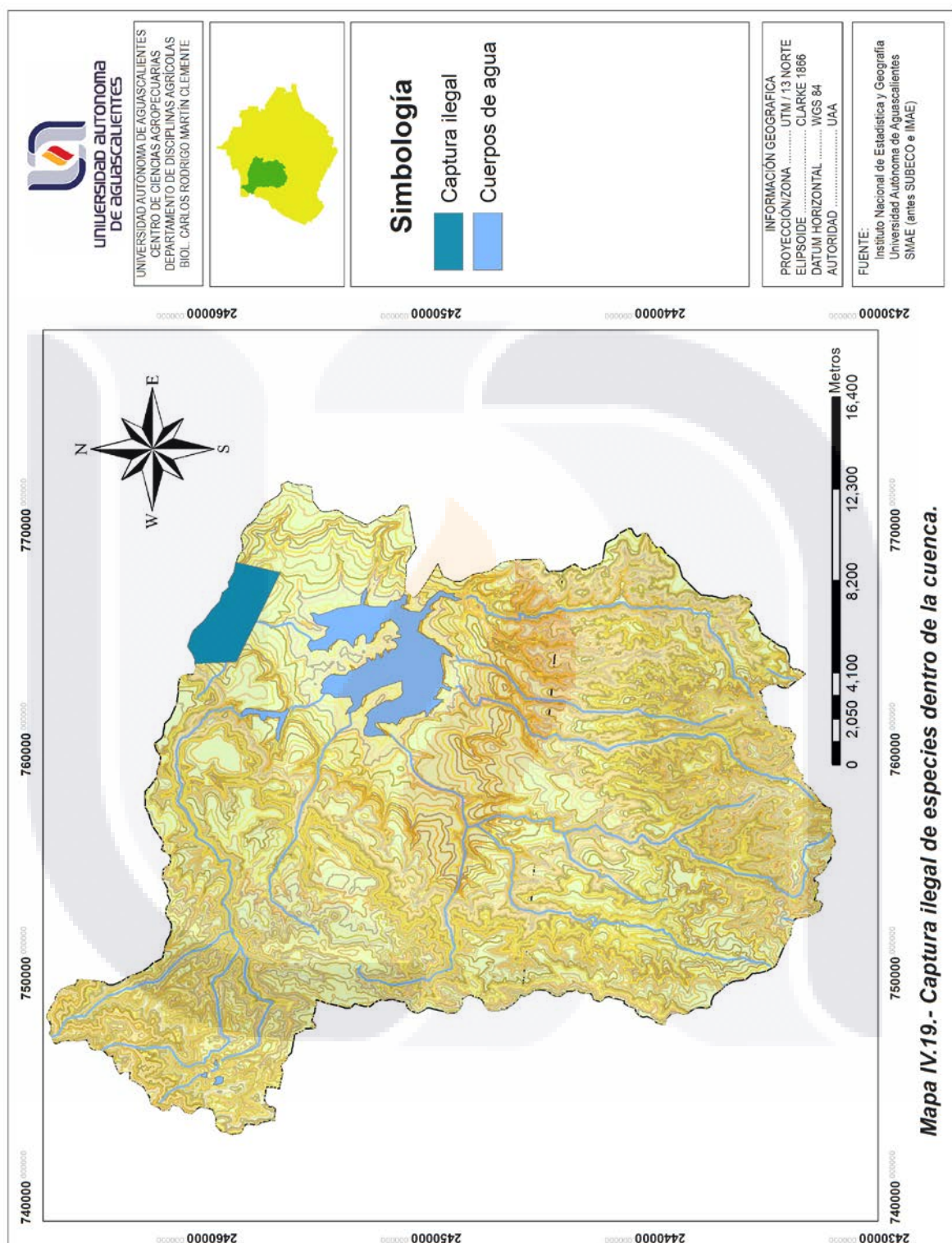


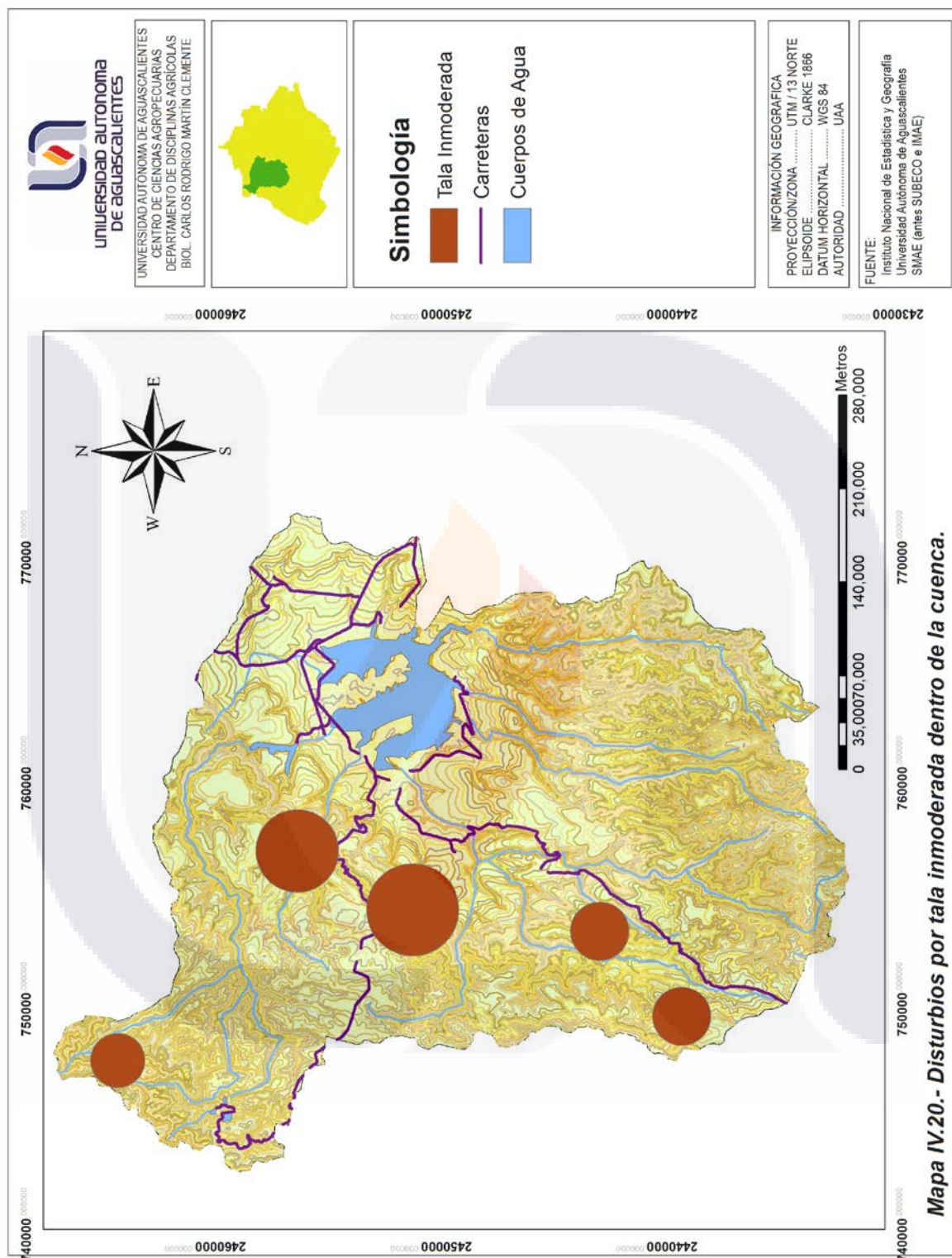


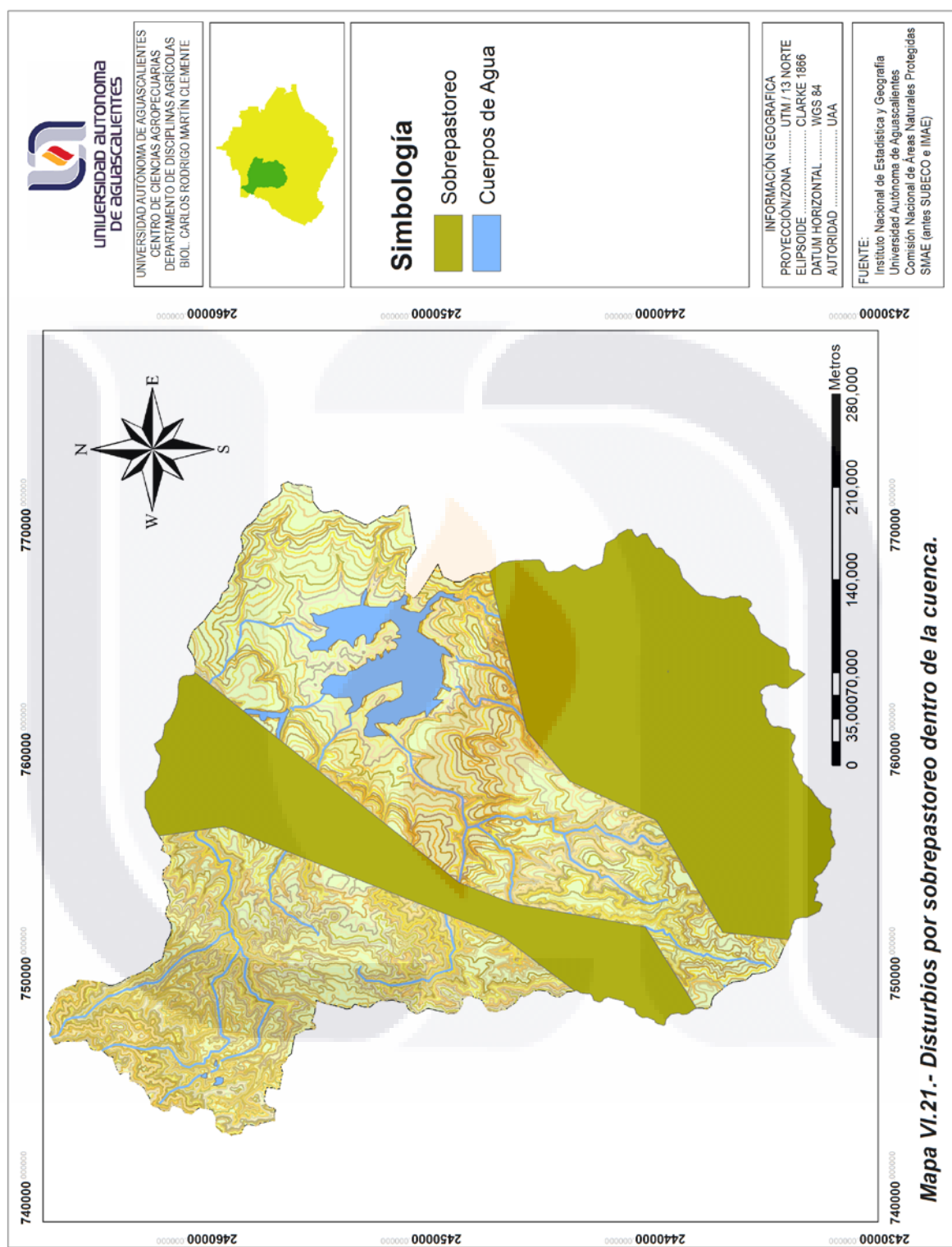












La información sobre aprovechamientos forestales recopilada es un buen indicador de la realidad de la cuenca en este sentido, sin embargo esta información sólo se refiere a los aprovechamientos autorizados dejando de lado todos aquellos que se hacen de manera clandestina. Es probable que toda la cuenca alta de la Presa Calles se encuentre afectada por extracciones tipo hormiga, que no son fácilmente detectables.

Como se demuestra en los mapas revisados, la variación en las superficies de explotación de cada una de las especies necesariamente está influenciada por su distribución espacial y su abundancia. Las especies con mayor distribución en la cuenca corresponden al género *Quercus*, seguidas de la especie *Arctostaphylos* sp.

La autorización de los aprovechamientos de leñas muertas en general obedece tanto al hecho de proporcionar una entrada de dinero a los propietarios, como a disminuir la presión del material combustible en el sistema y reducir el riesgo de incendios.

Como se observa en el mapa IV.9., la mayor concentración de bordos los encontramos en la parte baja de la cuenca de la Presa Calles, teniendo más del doble de los presentes en la parte alta de la cuenca. La parte baja de la cuenca tiene 546 bordos de captación de agua, mientras que la parte alta presenta únicamente 226. Esta situación se explica en función de los usos de suelo y actividades que se realizan en estas zonas. En la parte baja de la cuenca se tienen pastizales que son utilizados como tierras de agostadero así como zonas de cultivo, mientras que en la parte alta de la cuenca la mayor parte de los terrenos conservan su vocación forestal. Como se empezará a señalar, los bordos en la parte baja de la cuenca son utilizados para abrevadero y otros más para dotar de agua a casas habitación con fines de subsistencia. En la parte alta encontramos también bordos de abrevadero los cuales se ubican en la parte suroeste de la cuenca, sobre una mesa, en la cual también se encuentran pastizales utilizados como terrenos de agostadero. Hacia el norte de la parte alta de la cuenca encontramos otro gran cúmulo de bordos los cuales son utilizados para abastecer de agua a casas de campo y zonas de recreación.

La presencia de bordos de captación de aguas pluviales puede considerarse como un buen indicador del grado de intervención humana en un sitio. A mayor presencia de bordos, mayor intervención por parte del humano en esa zona. Si comparamos los mapas IV.10., IV.11. y IV.12., podemos observar que la mayor concentración de bordos la encontramos dentro de la microcuenca del río Agua Zarca. La mayor parte de esta cuenca

se encuentra cubierta por pastizales utilizados como agostadero, lo que explica esta gran cantidad de bordos. Los 277 bordos presentes en esta cuenca casi cuadruplican los 77 presentes en la microcuenca del Río Blanco y quintuplican a los 58 de la microcuenca del Río Prieto.

Dentro de la cuenca del río Agua Zarca los bordos se encuentran distribuidos de una forma bastante uniforme en toda la cuenca, habiendo una mayor aglomeración de estos en la franja central de la cuenca, por donde corre la mesa. En el caso de la microcuenca del Río Prieto los bordos también se encuentran distribuidos de manera uniforme, existiendo tal vez un mayor número de estos en la parte suroeste de la cuenca. Para el caso de la microcuenca del Río Blanco es muy claro que casi la totalidad de los bordos se encuentran dispuestos en la parte sur de la cuenca, esto puede deberse a que dentro de esta microcuen

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

cuenca como la parte alta se encuentran bien comunicadas con una red caminera que cubre casi toda la superficie de la cuenca. La parte sureste de la cuenca alta es la que presenta menos vías de comunicación. La mayor superficie de carreteras pavimentadas la encontramos en la parte baja de la cuenca. En la parte alta sólo se presenta un pequeño tramo el cual termina a la entrada de la comunidad de La Congoja.

Comparando las microcuencas tenemos que la red caminera más pequeña la encontramos en la microcuenca del Río Prieto. Si comparamos este mapa con el de bord

Se sabe específicamente que el elk o wapití se encuentra dentro de la UMA denominada La Tinaja, esto debido a que han solicitado autorización para el cobro de ejemplares de este tipo a la Dirección General de Vida Silvestre de la SEMARNAT.

Por comunicaciones personales se ha tenido conocimiento de que algunos ejemplares de ciervo rojo han escapado de sus cercos de confinamiento, por lo que ha sido necesario establecer medidas para su control.

Dado que las especies exóticas se encuentran confinadas no presentan un riesgo de

impactado por el sobrepastoreo. Considerando estas premisas es razonable afirmar que la presencia de ganado (bovino) mal manejado es uno de los principales disturbios de la cuenca ya que produce la degradación del terreno por el sobrepastoreo y la pérdida de masa forestales para su transformación en agostaderos.

IV.3.2. DISTURBIOS NATURALES

IV.3.1.3. APROVECHAMIENTO DE AGUAS SUPERFIC

identificada como bosque de encino según las cartas de INEGI (mapa II.6., Capítulo II). Los otros dos se encuentran en zonas donde hay grandes manchones de *Pinus leiophylla* var. *leiophylla*, *P. leiophylla* var. *chihuahuana* y *P. teocote* (Martín-Clemente 2002, Martpin-Clemente *et al.* 2010) asociadas a barrancas, dentro de comunidades con dominancia de *Quercus* sp.

Como fue señalado anteriormente, el descortezador sólo

IV.3.2.2. PLANTAS EPÍFITAS.

Según la información obtenida de la DGGFS, dentro de la Cuenca sólo se ubica un punto en el que se reporta la infestación por *Phoradendron* sp. (muérdago); dicho punto se encuentra en la parte noroeste dispuesto sobre una pequeña meseta. Además de la zona reportada por la DGGFS durante recorridos de campo se detectaron otros dos puntos. Los sitios se muestran en el mapa IV.24. Existen reportes de la presencia del género *Phoradendron* dentro del área conocida como Sierra Fría desde el año de 1986, distribuyéndose ampliamente en las zonas boscosas de la misma, tanto en bosques de encino como en mezquiales (Gutiérrez 1986, García-Regalado 1998, Alvarado-Rosales et al. 2007, Moreno-Rico 2010, Clark-Tapia et al. 2011).

Pese a que todos estos autores señalan la presencia de injertos dentro del área de la Sierra Fría, no señalan la ubicación precisa de las zonas de infestación, por lo que no es posible generar mapas contra los cuales comparar la problemática detectada de la información obtenida de la DGGFS y los recorridos en campo. Cabe hacer mención que Clark-Tapia et al. (2011) presentan un cuadro con coordenadas de la ubicación de los sitios de muestreo, sin embargo la información es errónea puesto que las coordenadas pretenden ser geográficas en el formato grados-minutos-segundos, pero no se respeta la sintaxis y reglas para su utilización. Las coordenadas que reportan son inexistentes y por lo tanto no espacializables.

Si bien García-Regalado refiere a la infestación por el muérdago como un problema grave para la Sierra Fría, este no se encuentra tan distribuido dentro del área de estudio ya que se ubica en zonas más altas.

Según se señala la infestación por *Phoradendron* sp. dentro de la Cuenca es reducida, sin embargo al haber señales de tal infestación en las zonas limítrofes es necesario el realizar medidas de manejo que impidan que esta penetre al interior, dado que no existen barreras naturales suficientes para contenerla fuera del área.

IV.3.2.3. HONGOS FITOPATÓGENOS.

A partir de los datos recopilados se ubicaron dieciséis sitios con presencia de hongos fitopatógenos dentro de la cuenca. Todos se encuentran distribuidos en la parte alta de la misma, la mayoría en la zona norte; sólo 2 se ubicaron en la zona sur. Trece de ellos corresponden a infestaciones sobre individuos del género *Quercus* y los tres

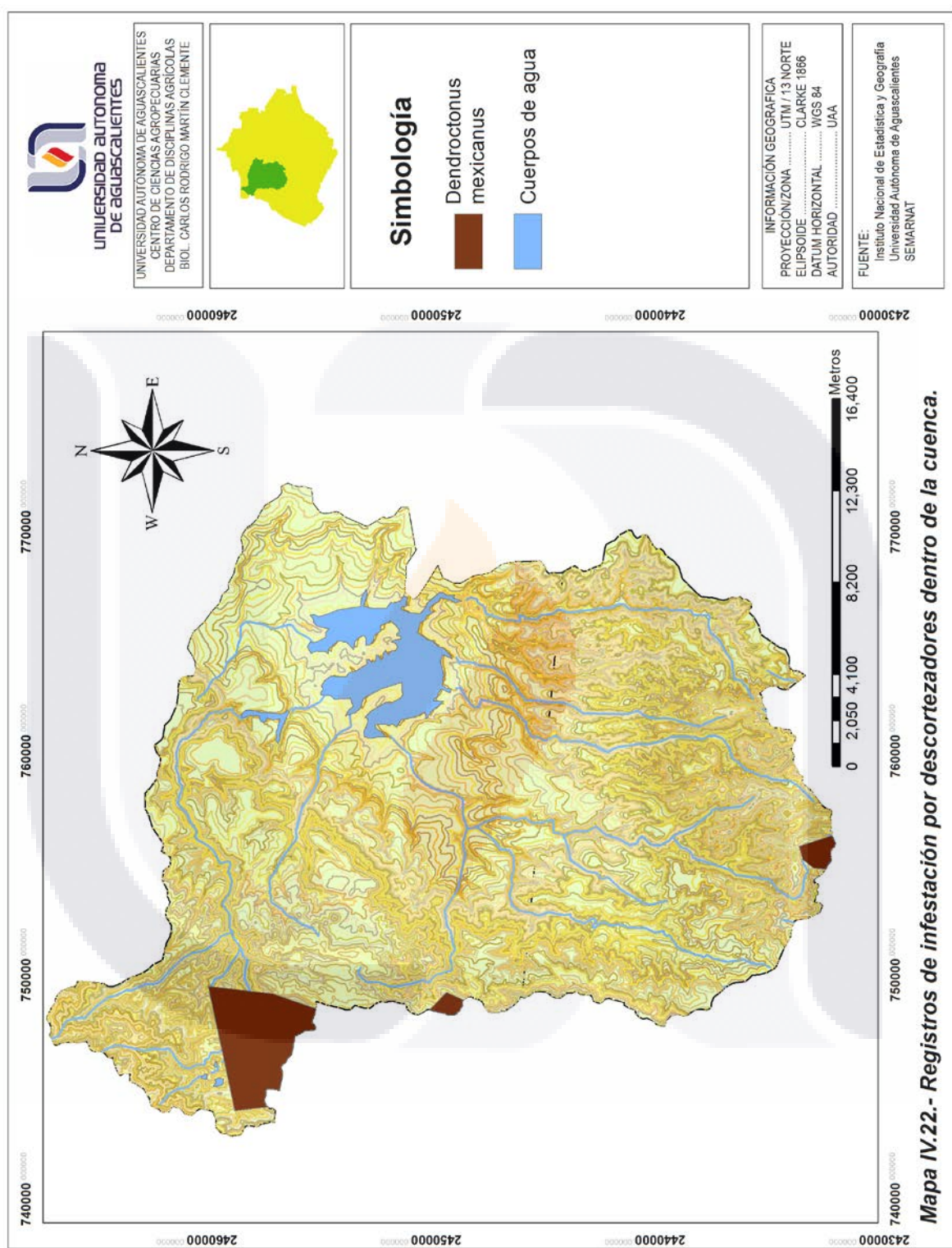
restantes sobre individuos del género *Pinus*. La ubicación de los sitios se muestra en el mapa IV.25.

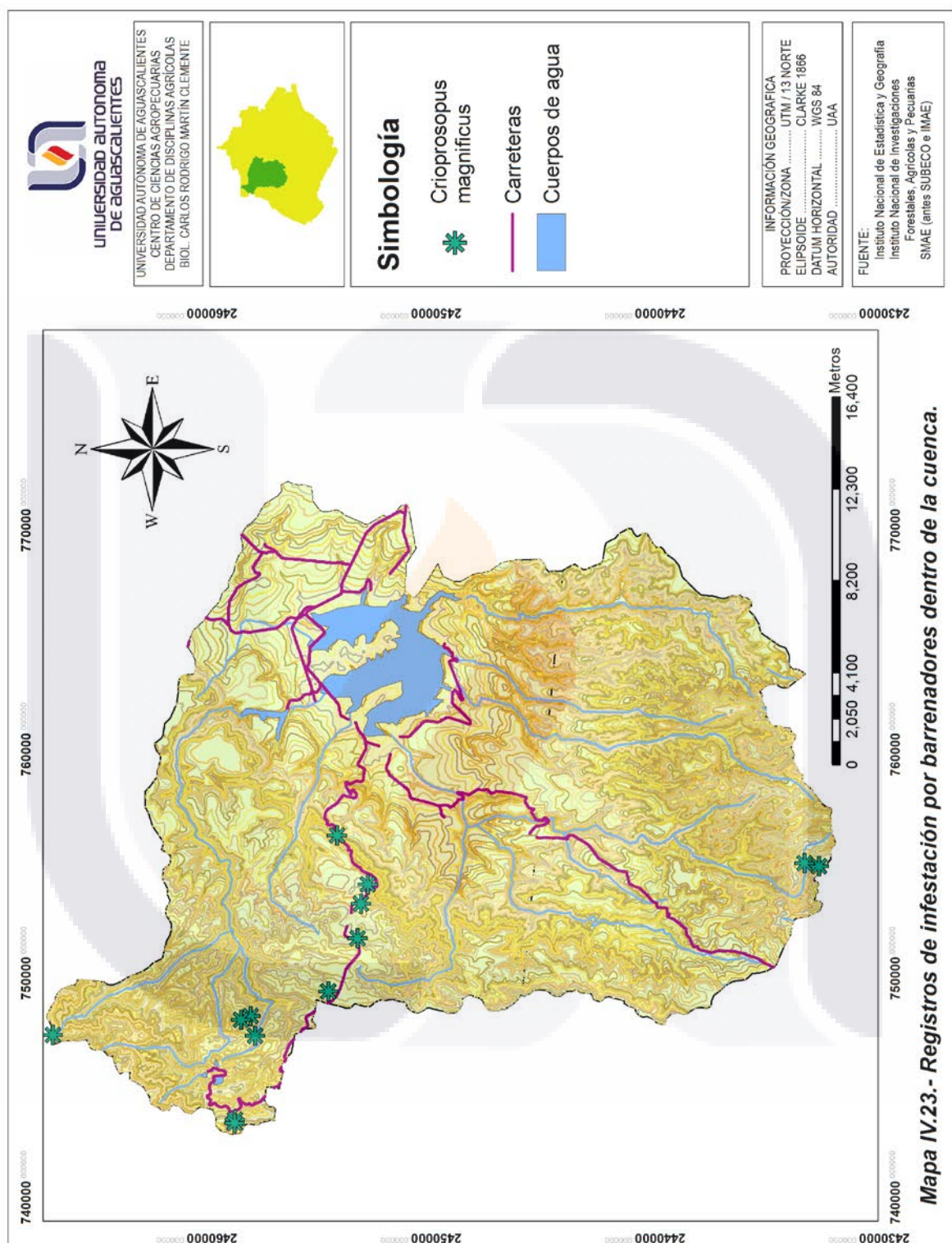
Phellinus robustus y *P. everhartii* fueron encontrados principalmente en *Quercus potosina*, aunque también se les encontró infestando individuos de *Q. eduardii*, *Q. laeta* y *Q. sideroxila*. *Biscogniauxia atropunctata*, fue encontrado principalmente en *Q. potosina* aunque también se le encontró infestando individuos de *Q. eduardii*. *Hypoxylon thouarsianum*, este fitopatógeno es el que presenta una mayor distribución en la cuenca y el mayor espectro de hospederos. Se le encontró en individuos de *Q. potosina*, *Q. rugosa*, *Q. eduardii* y *Q. sideroxila*. *Ganoderma lucidum* fue encontrado únicamente en *Q. potosina*.

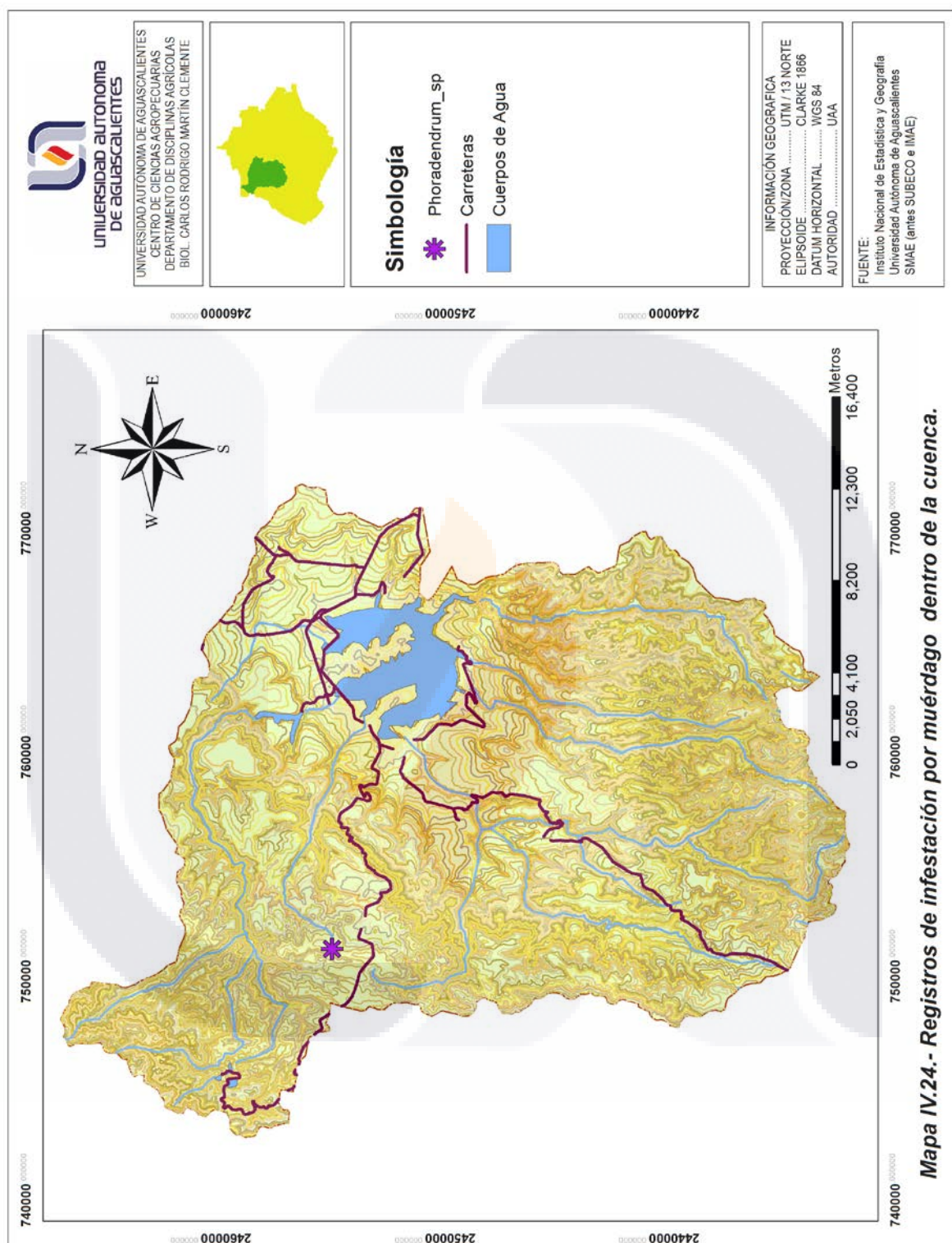
Si bien hay una aparente predilección para la infestación de *Q. potosina* según la información recopilada, hay que tener presente que esta es la especie de encino con mayor distribución y población en la cuenca, por lo que su disponibilidad puede estar directamente ligada a su frecuencia de infestación.

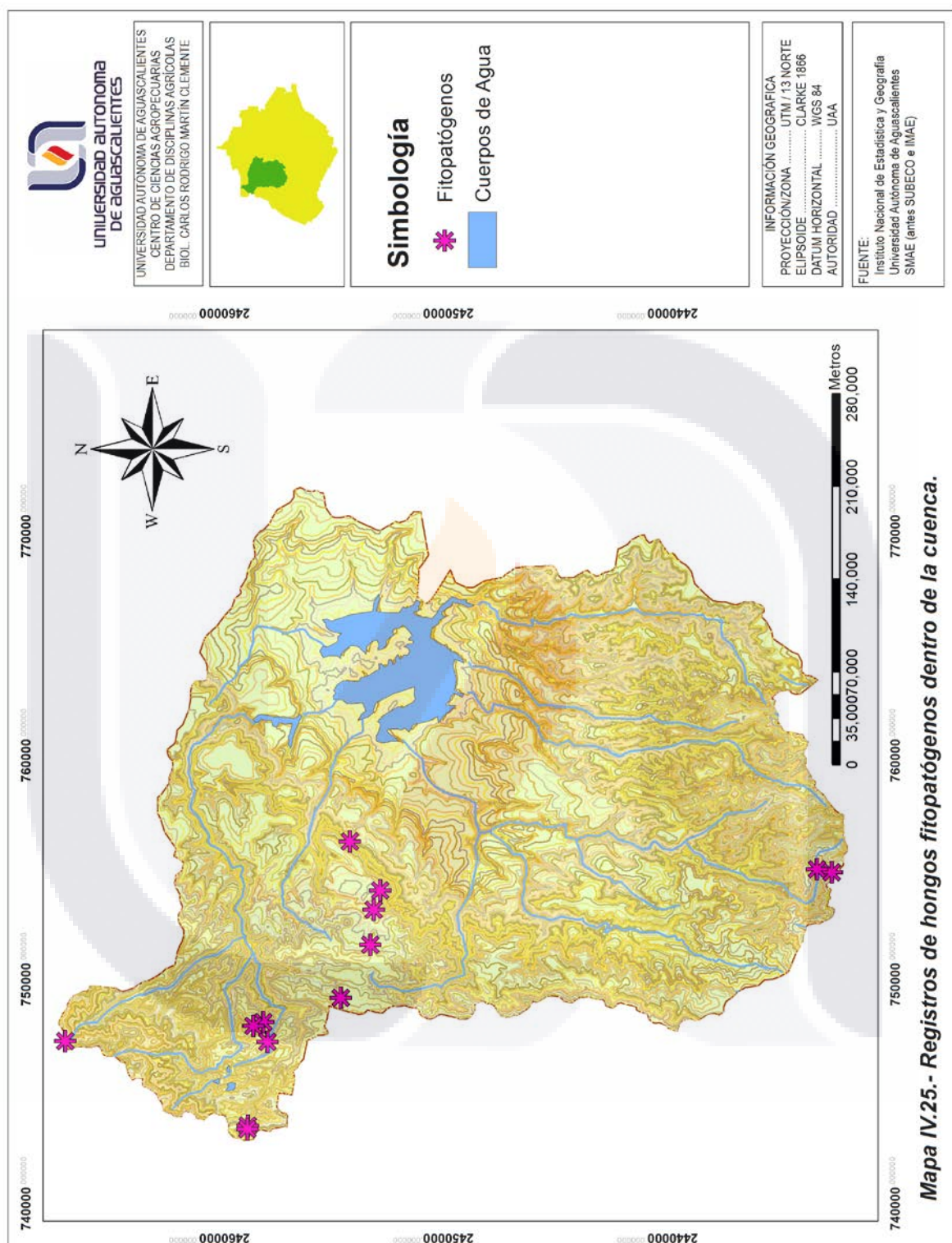
Se ha documentado que la infestación de *Ceratocystis minor* sobre el género *Pinus* frecuentemente se encuentra asociada a la acción de los descortezadores *Dendroctonus* sp. e *Ips* sp. (Martín-Clemente datos no publicados, comunicaciones personales con personal de la SEMARNAT Delegación Aguascalientes y Dirección General de Gestión Forestal y de Suelos y CONAFOR). En apariencia el hongo aprovecha las galerías generadas por el descortezador y el debilitamiento que producen, para ingresar en el hospedero. Es probable que los adultos funcionen como dispersores al momento de emerger.

El nivel de infestación por los diferentes hongos en la cuenca es bajo, por lo que no pone en riesgo las poblaciones de pinos y encinos. Sin embargo, es necesario implementar acciones que eviten o reduzcan al mínimo su incidencia, como pueden serlo el control de sus dispersantes y barreras naturales de especies resistentes.









IV.4. CONCLUSIONES

El mal manejo del ganado dentro de la Cuenca ha dado como resultado el sobrepastoreo de las áreas de pastizal, tanto natural como inducido, favoreciendo el cambio de uso de suelo por la tala clandestina e inmoderada de encinares.

Dada la cantidad de bordos presentes en la cuenca y la capacidad de retención de agua de los mismos (10 Mm^3) son un factor relevante en la dinámica hídrica del sistema, pudiendo ser benéficos o dañinos según sean manejados.

Los polígonos de los aprovechamientos forestales son un buen indicador de los aprovechamientos de leñas muertas, y en conjunto con los sitios de tala detectados dan una buena aproximación de la presión sobre las masas forestales.

Existe una abundante red de caminos dentro del área de la Cuenca, lo cual puede ser benéfico o perjudicial para el manejo, dependiendo del control que se tenga, ya que de entrada fragmentan el paisaje y pueden favorecer la cacería y tala clandestina. Sin embargo, pueden servir como barreras corta fuego.

La infestación por *Dendroctonus mexicanus* Hopkins no representa un problema grave dentro de la zona de la Cuenca, a diferencia de lo que se presenta en el resto de la Sierra Fría. Sin embargo, no debe minimizarse el problema puesto que este podría crecer por un manejo forestal inadecuado. La situación de *Crioprosopus magnificus* es similar, ya que no representa un problema al interior de la cuenca, aunque esto no significa que no deba vigilarse su comportamiento y realizar medidas de control para evitar su dispersión.

Caso similar sucede con *Phoradendron* sp. cuyas poblaciones dentro de la Cuenca se mantienen controladas, pero que en un momento dado podrían desarrollarse por un saneamiento mal ejecutado o por prácticas silvícolas que debiliten el bosque.

Dado que *Ceratocystis minor* está claramente asociado a *D. mexicanus*, por lo que al controlar la infestación y dispersión del descortezador se controlará la presencia del hongo. Para el caso de los patógenos del género *Quercus* tenemos un caso similar, así al controlar los factores que producen las lesiones primarias en los árboles se puede contener y controlar la infestación.

Los disturbios causados por el hombre se encuentran más ampliamente distribuidos y causan mayores afectaciones que los causados por agentes naturales, por lo que es necesario el realizar mayores esfuerzos para su control. En ocasiones los

disturbios antrópicos pueden favorecer el desarrollo de los disturbios naturales y en casos extremos hasta potenciar sus efectos.

IV.5. FUENTES DE INFORMACIÓN

- ALVARADO-ROSALES, D., L. DE L. SAAVEDRA-ROMERO, A. ALMARAZ-SÁNCHEZ, B. TLAPAL-BOLAÑOS, O. TREJO-RAMÍREZ, J.M. DAVIDSON, J.T. KLIEJUNAS⁴, S. OAK, J.G. O'BRIEN, F. OROZCO-TORRES y D. QUIROZ-REYGADAS. 2007. Agentes Asociados y su Papel en la Declinación y Muerte de Encinos (*Quercus*, Fagaceae) en el Centro-Oeste de México. *Polibotánica*. Núm. 23, pp.1-21. ISSN 1405-2768.
- AYALA, G. V. Y J. ZAMARRIPA. 1983. Estudio preliminar de la ornitofauna del Estado de Aguascalientes, México. Tesis Profesional del Centro Básico. Universidad Autónoma de Aguascalientes.
- CLARK-TAPIA, R., B. TORRES-BAUTISTA, C. ALFONSO-CORRADO, J. I. VALDEZ-HERNÁNDEZ, G. GONZÁLEZ-ADAME, J. BRETADO-VELAZQUEZ y J. CAMPOS-CONTRERAS. 2011. Análisis de la abundancia e infección por muérdago en Sierra Fría, Aguascalientes, México. *Madera y Bosques* 17(2):19-33.
- DÍAZ-NÚÑEZ, V. 2005. Uso de Semioquímicos para el Manejo y Monitoreo de Escarabajos Descortezadores (*Dendroctonus* Spp.) del Pino, en La Sierra Fría, Aguascalientes. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de Aguascalientes. México.
- GARCÍA-REGALADO, G. 1998. La familia Loranthacea (injertos) del Estado de Aguascalientes, México. *Polibotánica*. Num. 7. Pp 1-14. ISSN 1405-2768.
- GRAU, R. (Sin fecha) Disturbios y Heterogeneidad Ambiental. *Ecología de Paisajes y Regiones*. Disponible en línea en: www.ecologiadelpaisaje.googlepages.com/Tema3.1_EcologadeDisturbios.doc, fecha de consulta 16 de noviembre de 2009.
- GUTIÉRREZ, R.G. 1986. Estudio del comportamiento del muérdago sobre *Quercus* spp. en la sierra de San Blas de Pabellón del estado de Aguascalientes. Tesis UAA Aguascalientes. 45 p.

- HOBBS R. J. Y L. F. HUENNEKE. 1992. Disturbance, diversity, and invasion: implications for conservation. *Conservation Biology* 6(3): 324-337.
- MARTÍN-CLEMENTE, C. R. 2002. Densidad Poblacional de Pájaros Carpinteros e Infestación por Insectos Descortezadores en Árboles del Género *Pinus* del Área Natural Protegida "Sierra Fría", Aguascalientes, México. Universidad Autónoma de Aguascalientes. México.
- MARTÍN-CLEMENTE, C. R., J. SOSA-RAMÍREZ, M. MAASS, J.A. MERAZ JIMÉNEZ, J.J. LUNA RUIZ Y E. FLORES ANCIRA. 2010. Caracterización de los Disturbios presentes en la Cuenca Presa Calles, Sierra Fría, Aguascalientes, Méx. Memorias del Sexto Congreso la Investigación en el Posgrado. Universidad Autónoma de Aguascalientes. Aguascalientes, México.
- MORENO-RICO, O., R. VELASQUEZ-VALLE, G. SÁNCHEZ-MARTÍNEZ, M.A. SIQUEIROS-DELGADO, M. DE LA CERDA-LEMUS y R. DIAZ-MORENO. 2010. Diagnóstico Fitopatológico de las Principales Enfermedades en Diversas Especies de Encinos y su Distribución en la Sierra Fría de Aguascalientes, México. *Polibotánica*. 29:165-189. ISSN 1405-2768.
- PICKETT, S. T. A. y P. S. WHITE (eds.). 1985. *The Ecology of Natural Disturbance and Patch Dynamics*. Academic Press, EE.UU., 472 pp.
- RAPPORT, D. J. y W. G. WHITFORD 1999. How ecosystems respond to stress. *Common properties of arid and aquatic systems*. *Bioscience* 49(3):193-203.
- RODRÍGUEZ, H. y J. GARCÍA. 1985. Estudio sobre el comportamiento del descortezador *Dendroctonus mexicanus* Hopk. y sus efectos sobre el género *Pinus spp.* en la Sierra de San Blas de Pabellón, San José de Gracia, Estado de Aguascalientes. Tesis de Licenciatura. Departamento de Biología. Centro Básico. Universidad Autónoma de Aguascalientes.
- SÁNCHEZ-MARTÍNEZ, G., O. MORENO-RICO Y M.E. SIQUEIROS-DELGADO. 2010. *Crioprosopus magnificus* LeConte (Coleoptera: Cerambycidae) in Aguascalientes, Mexico: biological observations and geographical distribution. *Coleopterists Bulletin* 64:319-328.
- SEMARNAT-CONANP-UAA. 2010. Memorias del Encuentro sobre Manejo de Áreas Naturales SEMARNAT-CONANP. Área de Protección del Distrito de Riego 001

de Pabellón de Arteaga, Ags. Universidad Autónoma de Aguascalientes. (Datos no publicados)

SEMARNAT. Dirección General de Vida Silvestre. 2010. Tasas de Aprovechamientos Autorizadas En:
<http://www.semarnat.gob.mx/gestionambiental/vidasilvestre/Pages/aprovechamientos.aspx>

SORIANO-VALLÉS, S. 2003. Estudios de escarabajos descortezadores del pino del género *Dendroctonus* en la Sierra Fría, Aguascalientes: especies, distribución y manejo con feromonas. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de Aguascalientes. México.

SOSA-RAMÍREZ, J., O. MORENO-RICO, G. SÁNCHEZ-MARTÍNEZ, M.A. SIQUEIROS-DELGADO y V. DÍAZ-NÚÑEZ. 2011. Ecología y Fitosanidad de los encinos (*Quercus* spp.) en la Sierra Fría, Aguascalientes, México. Madera y Bosques 17(3):49-63

SOUSA, W. P. 1984. The role of disturbance in natural communities. Annual Review of Ecology and Systematics 15:353-391.

V. ESTADO DE SALUD DEL ECOSISTEMA LA CUENCA DE LA PRESA CALLES.

“La naturaleza es la madre de todos los habitantes en esta tierra porque es la que nos da el alimento diario, por eso respétala. “

Anónimo.

V.1. INTRODUCCIÓN.

La Salud de Ecosistemas es un concepto vago que enmascara diferentes puntos de vista. Depende en gran medida de la formación e intereses del observador. Existe una gran diferencia entre la percepción pública de un ecosistema “saludable” y el uso del término por parte de la mayoría de los científicos. Generalmente la gente tiende a pensar en la “naturalidad” del ecosistema (en contraposición a “artificialidad”) como medida de su salud, mientras que los científicos tienden a pensar en un ecosistema como saludable – o enfermo – dependiendo de qué tan cercano este se encuentre a un estado deseado (Lackey 1995).

Así pues, un ecosistema saludable es indicado por intervalos de valores considerados como normales, y por atributos que son considerados como estables y adecuados, en áreas donde condiciones patológicas son indicadas por lo opuesto.

Dado que a fin de establecer la salud de un ecosistema es necesario realizar mediciones de su funcionamiento, se ha optado por utilizar mejor la palabra Integridad. La noción de integridad incorpora la visión de procesos dinámicos. Esta también reconoce una perspectiva humana, la habilidad del ecosistema para seguir proveyendo los servicios que los humanos esperan (De Leo y Levin 1997).

Un ecosistema posee integridad cuando sus características ecológicas dominantes (composición, estructura y función) y procesos se presentan dentro de sus intervalos naturales de variación, y puede soportar y recuperarse de las perturbaciones causadas por el ambiente natural o factores humanos (Parrish *et al.* 2003 citados por Timko e Innes 2009); tales factores humanos pueden ser tanto acciones de manejo como acciones de aprovechamiento no controlado.

La definición de integridad difiere de manera fundamental de la de salud en que es más envolvente y que esta es una herramienta para el manejo de ecosistemas (De Leo y Levin 1997).

En 2003 Narvaez-Flores y otros investigadores del INIFAP a través de los trabajos del United States Department of Agriculture (2002), Montreal Process Working Group (1999), la Organización Internacional de Maderas Tropicales (1998) y Wright *et al.* (2002), realizaron un análisis de las definiciones y alcances de los criterios, indicadores, verificadores y valores de referencia para evaluación de sistemas forestales. Con base en tal análisis es que a continuación se describe cada uno de ellos.

Un criterio es una categoría de condición o procesos que permite la estimación del estado funcional de un sistema. La caracterizan uno o varios indicadores monitoreados periódicamente para estimar cambios, comprendiendo un amplio espectro de valores que pueden proporcionar la importancia relativa del criterio o el sistema.

Un indicador es una medida, ya sea cualitativa, cuantitativa o descriptiva, que permite monitorear cambios en un sistema. Permite la identificación del estado actual, trayectoria pasada y tendencias futuras para un criterio, lo que posibilita valorar si el curso del indicador es positivo, negativo o neutral.

Un verificador es un conjunto de datos o información que facilitan la estimación de un indicador. También pueden definirse como los procedimientos necesarios para determinar de manera satisfactoria las condiciones del indicador de interés. Son la medida y fuente de información usada para cuantificar el indicador.

Los valores de referencia son valores o condiciones cuantitativas o cualitativas; son un referente para estimar los cambios en el indicador. Estos valores pueden ser estándares, umbrales, condición histórica, condición deseada en el futuro, o metas dentro de políticas.

Como objetivo para el presente estudio se propuso estimar la salud de la cuenca en función de una serie de indicadores de salud ambiental. Para conseguir este objetivo se propusieron las siguientes metas: a) Determinar los componentes de la cuenca de la Presa Calles que pueden ser utilizados como indicadores de calidad ambiental o de salud, y b) Estimar el grado de conservación de la cuenca de la Presa Calles y la salud de la misma con base en los indicadores de calidad ambiental o de salud.

V.2. METODOLOGÍA.

V.2.1. SELECCIÓN DE CRITERIOS E INDICADORES.

A fin de obtener los indicadores que se utilizarían para estimar la salud del ecosistema de la cuenca de la presa Calles se realizó la revisión de literatura especializada y páginas electrónicas; con ello se buscaba obtener metodologías, definiciones o información general que permitiera su construcción y aplicación práctica.

Al no existir una cartera de indicadores específicos para estimar la salud en cuencas hídricas se optó por analizar los criterios e indicadores existentes para evaluar la sustentabilidad del manejo forestal en bosques templados. Para esto se analizaron las propuestas del Proceso de Montreal (Criterios e Indicadores para la Conservación y el Manejo Sustentable de Bosques Templados y Boreales) y la Bolsa de Principios, Criterios e Indicadores de la Prueba CIFOR (Center for International Forestal Research).

El Proceso de Montreal considera un total de 7 criterios y 66 indicadores. Los productos de su aplicación brindan información sobre la Conservación de la Diversidad Biológica, el Mantenimiento de la Capacidad Productiva de los Ecosistemas Forestales, El Mantenimiento de la Salud y Vitalidad de los Ecosistemas Forestales, la Conservación y Mantenimiento de los Recursos Suelo y Agua, el Mantenimiento de la Contribución de los Bosques al Ciclo Global del Carbono, el Mantenimiento y Mejoramiento de los Múltiples Beneficios Socioeconómicos de Largo Plazo para Cubrir las Necesidades de las Sociedades y el Marco Legal, Institucional y Económico para la Conservación y Manejo Sustentable de los Bosques.

Por otro lado, la Prueba CIFOR NA considera 6 principios, 15 criterios y 57 indicadores. La información que aporta esta prueba considera si el Marco Político, de Planeación e Institucionalidad conducen al Manejo Forestal Sustentable, si se mantiene la Integridad del Ecosistema, si se Mantiene o Promueve un Justo Acceso Intergeneracional a los Recursos y a sus Beneficios Económicos, y si la Producción y Calidad de Bienes y Servicios Forestales es Sustentable.

Se analizó el conjunto de indicadores de ambas propuestas y se seleccionaron aquellos que pudieran explicar de mejor manera el estado de salud de la cuenca. Los argumentos para la selección de los indicadores fueron los siguientes:

1.- El indicador debería reflejar, preferentemente de manera directa, la situación de algún componente del ecosistema ya sea biótico o abiótico.

2.- La información requerida para la integración del indicador debe de ser de fácil acceso y análisis.

3.- La información requerida para la integración del indicador debe estar disponible actualmente para la cuenca.

Una vez seleccionados los indicadores que serían utilizados, se agruparon en criterios, tomando como base para esto los propuestos por el Proceso de Montreal ajustando su nomenclatura para reflejar mejor la información obtenible de la cuenca. Con base en la información disponible obtenida en los capítulos de Balance Hídrico y Disturbios se generaron nuevos indicadores.

A fin de garantizar la aplicabilidad y repetibilidad de los indicadores propuestos se realizó la definición de los mismos, señalando en qué consistían, las unidades utilizadas y la escala de valores para cada uno.

V.2.2. EVALUACIÓN DEL ESTADO DE SALUD DE LA CUENCA.

Partiendo de la información generada en los capítulos de Balance Hídrico y Disturbios presente en la cuenca, y utilizando los indicadores propuestos, se integró el modelo para evaluar la salud del ecosistema. Los valores de cada indicador se asignaron conforme a los parámetros y escala descritos más adelante en la definición de criterios e indicadores, asignándoseles una puntuación.

Una vez obtenida la sumatoria de las puntuaciones individuales de cada indicador se determinó el estado de salud conforme a la tabla V.1.

V.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

V.3.1. DEFINICIÓN DE CRITERIOS E INDICADORES.

Después de revisar los criterios e indicadores (C+I) propuestos por el Proceso de Montreal (2009) y la Bolsa de Principios, Criterios e Indicadores de la Prueba CIFOR-NA (Wright *et al.* 2002, Narváez *et al.* 2003), y de analizar las condiciones del sistema y la disponibilidad de información, se propusieron 18 indicadores agrupados en 5 criterios. A continuación, se muestra la definición de cada uno de ellos, la forma en que deben ser expresados y la forma en que deben asignarse los valores.

Tabla V.1. Categorías del Estado de Salud		
Estado de Salud	Puntuación	Descripción del escenario tipo
Óptimo	31 - 36	Se trata de un ecosistema en equilibrio, con una alta diversidad biológica y una incidencia de perturbaciones casi nula, el cual brinda una amplia gama de servicios ambientales. Se encuentra sujeto a un aprovechamiento sustentable de sus recursos por debajo de su capacidad de carga.
Saludable	23 - 30	Se trata de un ecosistema que tiende al equilibrio, con gran diversidad biológica y una baja incidencia de perturbaciones, el cual brinda distintos servicios ambientales. Se encuentra sujeto a un aprovechamiento sustentable de sus recursos acorde con su capacidad de carga.
No Saludable	13 - 22	Se trata de un ecosistema fuera de equilibrio, con moderada diversidad biológica y una gran incidencia de perturbaciones, lo que limita la prestación de los distintos servicios ambientales. Se encuentra sujeto a un aprovechamiento de sus recursos por encima de su capacidad de carga.
Degradado	0 - 12	Se trata de un ecosistema que ha perdido la mayor parte de su funcionalidad, con baja diversidad biológica y una alta incidencia de perturbaciones, por lo que prácticamente no brinda servicios ambientales. El aprovechamiento desordenado de sus recursos prácticamente los ha agotado.

Conservación de la Diversidad Biológica (1).

Este criterio busca medir la salud del ecosistema en función de las especies presentes dentro del mismo, su estado de conservación y las comunidades que en él se encuentran. Este criterio considera 3 indicadores, siendo estos:

- 1a. *Superficie por tipo de comunidad.* Este indicador relaciona la superficie total del área y las superficies individuales de cada una de las comunidades. Se expresa en porcentaje. Entre mayor sea la superficie de ecosistemas clímax dentro del área mayor la salud del ecosistema. Los valores que adquiere son:
 $<30\% = 0$; $30 - 60\% = 1$; $>60\% = 2$
- 1b. *Especies dependientes del sistema.* Este indicador considera la diversidad de especies presentes dentro del área, normalizada por las familias presentes. Se expresa en una magnitud sin unidades. Entre mayor sea la riqueza específica del

área mayor la salud del ecosistema. Los valores que adquiere son: $<6 = 0$; $6 - 12 = 1$; $>12 = 2$

- 1c. *Estado de conservación de especies protegidas.* Este indicador considera el tamaño de las poblaciones de las especies que se encuentran bajo alguna categoría de protección dentro del área. Se expresa en individuos por unidad de superficie (Ha). Entre más grandes sean las poblaciones de las especies protegidas mayor será la salud del ecosistema. Los valores se asignarán dependiendo del comportamiento de cada especie.

Mantenimiento de la Capacidad Productiva de los Ecosistemas (2).

Este criterio busca ser un referente sobre la capacidad productiva del ecosistema, en función de los bienes tangibles que este puede proporcionar al hombre, así como los servicios ambientales que provee. Este criterio considera 6 indicadores:

- 2a. *Superficie para producción de leña muerta.* Este indicador relaciona la superficie total del área con la superficie la cual puede ser aprovechada de manera sustentable para la extracción de leñas. Se expresa en porcentaje. Entre mayor sea la superficie de aprovechamiento sustentable de leñas muertas, mayor la salud del ecosistema. Los valores que adquiere son: $<10\% = 0$; $10 - 40\% = 1$; $>40\% = 2$
- 2b. *Extracción anual de leñas muertas.* Este indicador relaciona el volumen de leñas muertas factible de aprovecharse y la extracción anual de leñas muertas que se está realizando en la zona. Se expresa en unidades adimensionales. Entre más pequeña sea la razón, mayor el estado de salud del ecosistema. Los valores que adquiere son: $<0.5 = 2$; $0.5 - 1 = 1$; $>1 = 0$
- 2c. *Extracción anual de tierra de monte.* Este indicador relaciona el volumen de tierra de monte factible de aprovecharse y la extracción anual que se está realizando en la zona. Se expresa en unidades a dimensionales. Entre más pequeña sea la razón, mayor el estado de salud del ecosistema. Los valores que adquiere son: $<0.5 = 2$; $0.5 - 1 = 1$; $>1 = 0$
- 2d. *Volumen de agua cosechado.* Este indicador considera el volumen de agua disponible para su uso en el área de la cuenca relacionándolo con la precipitación.

Se expresa en unidades a dimensionales. Entre mayor sea el valor, mayor el estado de salud del ecosistema. Los valores que adquiere son: $<10\% = 0$; $10 - 40\% = 1$; $40\% = 2$

2e. *Superficie de terrenos manejados para turismo.* Este indicador relaciona la superficie total del área con la superficie que puede ser aprovechada de manera sustentable para el turismo de naturaleza. Se expresa en porcentaje. Entre mayor sea la superficie de aprovechamiento turístico sustentable, mayor la salud del ecosistema. Los valores que adquiere son: $<10\% = 0$; $10 - 40\% = 1$; $>40\% = 2$

2f. *Número de visitantes-día para recreación.* Este indicador relaciona la superficie total del área, el número de visitantes-día y la capacidad de carga turística del área. Se expresa Entre menor sea la densidad de visitantes, mayor la salud del ecosistema. Los valores que adquiere son: $<0.5 = 2$; $0.5-1 = 1$; $>1 = 0$

Mantenimiento de la Integridad del Ecosistema (3).

Este criterio aporta información sobre los disturbios antrópicos presentes en el área, causados ya sea de manera directa o indirecta. Relaciona la superficie afectada con la superficie del área en evaluación. Este criterio considera 5 indicadores:

3a. *Protección de áreas sensibles.* Este indicador muestra si existe intervención humana a fin de disminuir las afectaciones al sistema. Es un indicador dicotómico, si hay protección de áreas entonces hay salud del ecosistema. No = 0; Si = 2

3b. *Superficie afectada por incendios.* Este indicador muestra la afectación al ecosistema por parte de los incendios. Se expresa en porcentaje. Entre mayor sea la superficie afectada por incendios menor será su estado de salud. Los valores que adquiere son: $<10\% = 2$; $10 - 40\% = 1$; $>40\% = 0$

3c. *Superficie afectada por plagas o enfermedades.* Este indicador muestra la afectación al ecosistema por parte de plagas o enfermedades. Se expresa en porcentaje. Entre mayor sea la superficie afectada por plagas y enfermedades, menor será su estado de salud. Los valores que adquiere son: $<10\% = 2$; $10 - 40\% = 1$; $>40\% = 0$

3d. *Densidad de caminos.* Este indicador relaciona la cantidad de caminos (longitud en metros) con la superficie del área de estudio. Se expresa en m/m^2 . Entre mayor

sea la densidad de caminos, menor será su estado de salud. $<0.002 = 2$; $0.002 - 0.004 = 1$; $>0.004 = 0$

- 3e. *Superficie afectada por especies exóticas.* Este indicador muestra la afectación al ecosistema por parte de especies exóticas. Se expresa en porcentaje. Entre mayor sea la superficie afectada por introducción de especies exóticas, menor será su estado de salud. Los valores que adquiere son: $<10\% = 2$; $10 - 40\% = 1$; $>40\% = 0$

Conservación y Mantenimiento de los Recursos (4).

Este criterio proporciona información sobre las acciones que se realizan para conservar los recursos naturales suelo, agua y cobertura forestal dentro del área. Tiene una fuerte componente humana, pero refleja la realidad del ecosistema. Este criterio se compone de 3 indicadores:

- 4a. *Superficie manejada principalmente para protección.* Este indicador considera la superficie de la cuenca que se encuentra sujeta a algún tipo de manejo para la protección de los recursos ya sea obras para retención de suelos, prevención de inundaciones, presas de gaviones. Se expresa en porcentaje. Entre mayor sea la superficie manejada, mayor será su estado de salud. Los valores que adquiere son: $<10\% = 0$; $10 - 40\% = 1$; $>40\% = 2$
- 4b. *Superficie reforestada con supervivencia al segundo año.* Este indicador considera la superficie reforestada dentro del área de estudio que ha tenido una supervivencia mínima del 60% al segundo año de su plantación. Se expresa en porcentaje. Entre mayor sea la superficie reforestada, mayor será su estado de salud. Los valores que adquiere son: $<30\% = 0$; $30 - 60\% = 1$; $>60\% = 2$
- 4c. *Densidad de bordos.* Este indicador relaciona la cantidad de bordos (número) con la superficie del área de estudio. Los bordos, al ser reservorios de agua apoyan al mantenimiento de las plantaciones y proporcionan agua para la fauna silvestre. Se expresa en bordos por hectárea. Entre mayor sea la densidad de bordos, mayor será su estado de salud. $<0.1 = 2$; $0.1 - 1.0 = 1$; $>1.0 = 0$

Mantenimiento de la Contribución de los Bosques al Ciclo Global del Carbono (5).

Este criterio proporciona información sobre la aportación de los ecosistemas al ciclo del carbono, en particular a la fijación de este en la materia vegetal. Este criterio se compone de 1 indicador:

- 5a. *Biomasa total.* Este indicador muestra el volumen total de material vegetal presente en el área de estudio como referente de la cantidad de carbono (en toneladas) que esta puede almacenar. Se expresa en m^3/m^2 . Entre mayor sea el volumen de biomasa, mayor será su estado de salud. Los valores que adquiere son: $<0.003 = 0$; $0.003-0.03 = 1$; $>0.3 = 2$

V.3.2. ESTADO DE SALUD.

Partiendo de los indicadores propuestos se estimó el estado de salud para la cuenca. Los valores calculados para cada indicador se muestran en la Tabla V.2. La Información base para su construcción se obtuvo de cifras y reportes oficiales, fotografía aérea, información publicadas por centros de investigación y la generada en los capítulos de Balance Hídrico y de Disturbios.

Una vez realizada la sumatoria de los puntajes individuales de cada uno de los indicadores se obtuvo como valor 24, el cual dentro de la escala preestablecida corresponde a un bosque “saludable” definido por las siguientes características.

Cabe señalar que para el aprovechamiento de leñas muertas y de tierra de monte se consideró que este se realizaba conforme a lo autorizado, puesto que no se encontraron registros documentales de denuncias por aprovechamientos ilegales que pudieran soportar una afirmación diferente. Sin embargo, en los talleres de participación ciudadana referidos en el capítulo IV, se señala que existen aprovechamientos clandestinos, lo que podría alterar los valores asignados a estos indicadores.

En virtud de lo anterior, la salud de la cuenca podría encontrarse en el intervalo de 22 a 24 puntos, lo que la colocaría en el umbral entre una cuenca saludable y una no saludable. Dado a lo anterior se vuelve muy necesario el establecer políticas de manejo que permitan que la salud de la cuenca se consolide.

Tabla V.2. Estado de Salud de la Cuenca de la Presa Calles				
Criterio	Indicador	Valor estimado	Verificador	Puntaje
Conservación de la Diversidad Biológica	1a. Superficie por tipo de comunidad	41.06%	INEGI	1
	1b. Especies dependientes del sistema	18.5	CONABIO (2008)	2
	1c. Estado de conservación de especies protegidas	-	DGVS, Comunicaciones personales.	2
Mantenimiento de la Capacidad Productiva de los Ecosistemas	2a. Superficie para producción de leña muerta	11.5%	Capítulo de Disturbios	1
	2b. Extracción anual de leñas muertas	1	DGGFS	1
	2c. Extracción anual de tierra de monte	1	DGGFS	1
	2d. Volumen de agua cosechado	10.3%	Balance Hídrico	1
	2e. Superficie de terrenos manejados para turismo	11.9%	Capítulo de Disturbios	1
	2f. Número de visitantes-día para recreación	1	IMAE, SMA	1
Mantenimiento de la Integridad del Ecosistema	3a. Protección de áreas sensibles	SI	ZPCADNR001	2
	3b. Superficie afectada por incendios	2.2%	Capítulo de Disturbios	2
	3c. Superficie afectada por plagas o enfermedades	1.8%	Capítulo de Disturbios	2
	3d. Densidad de caminos	0.002	Capítulo de Disturbios	1
	3e. Superficie afectada por especies exóticas	3.39%	Capítulo de Disturbios	2
Conservación y Mantenimiento de los Recursos	4a. Superficie manejada principalmente para protección	12.4%	Capítulo de Disturbios	1
	4b. Superficie reforestada con supervivencia al segundo año	0.84%	INEGI (2009)	0
	4c. Densidad de bordos	0.01 bordo/Ha	Capítulo de Disturbios	2
Mantenimiento de la Contribución de los Bosques al Ciclo Global del Carbono	5a. Biomasa total	0.004	Soriano-Vallés (2011), Tiscareño-Silva <i>et al.</i> (2008)	1
				24

V.4. CONCLUSIONES.

La cuenca de la Presa Calles es saludable, sin embargo, al encontrarse en el umbral bajo de la categoría es necesario el implementar políticas, estrategias y acciones de manejo que permitan que este se conserve saludable.

V.5. FUENTES DE INFORMACIÓN.

- DE LEO, G.A. AND S. LEVIN. 1997. The multifaceted aspects of ecosystem integrity. *Conservation Ecology* [online]1(1):3. URL: <http://www.consecol.org/vol1/iss1/art3/>
- LA BIODIVERSIDAD EN AGUASCALIENTES: ESTUDIO DE ESTADO. 2008. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), Instituto del Medio Ambiente del Estado de Aguascalientes (IMAE), Universidad Autónoma de Aguascalientes (UAA). México.
- LACKEY, R. T. 1995. Ecosystem health, biological diversity, and sustainable development: research that makes a difference. *Renewable Resources Journal*. 13(2): 8-13.
- (THE) MONTRÉAL PROCESS. 2009. Criteria and Indicators for the Conservation and Sustainable Management of Temperate and Boreal Forests. En: www.mpci.org
- NARVAEZ-FLORES, R., P. WRIGHT, M. MARTÍNEZ-SALVADOR, S. ALVIDREZ-VITOLAS, L. IGLESIAS-GUTIÉRREZ, L.A. DOMÍNGUEZ-PEREDA, V. GÓMEZ-HERRERA, S. G. RODRÍGUEZ-GARCÍA, G. MONTES-OLIVAS, J. A. MOLINA-SÁNCHEZ, C. I. MARTÍNEZ-BARRERA y A. BOJORQUEZ-CHÁVEZ. 2003. Criterios e Indicadores: Una Herramienta para Evaluar la Sustentabilidad del Manejo Forestal en Bosques Templados y Tropicales. Tema Didáctico Núm 2. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. 53pp.
- TIMKO, J.A. y J. L. INNES. 2009. Evaluating ecological integrity in national parks: Case studies from Canada and South Africa. *Biological Conservation*. 142: 676-688.
- TISCAREÑO-SILVA, R., C.R. MARTÍN-CLEMENTE y A. SALADO RODRÍGUEZ. 2008. Determinación de la Factibilidad de la Estación Biológica Agua Zarca, para ser considerada dentro del concepto de Pago de Servicios Ambientales. Memoria de resúmenes Noveno seminario de Investigación. Universidad Autónoma de Aguascalientes. Aguascalientes, México. Pp. 45-47. (ISSN: 1870-4921)

WRIGHT, P. A., G. ALWARD, J.L. COLBY, T.W. HOEKSTRA, B. TEGLER, AND M. TURNER. 2002. Monitoring for forest management unit scale sustainability: The local unit criteria and indicators development (LUCID) test (management edition). Fort Collins, CO: USDA Forest Service Inventory and Monitoring Report No. 5. 54 p.

http://www.fs.fed.us/emc/rig/lucid/mexican_lucid/



VI. POLÍTICAS DE MANEJO PARA LA CONSERVACIÓN DE LA CUENCA DE LA PRESA CALLES.

“Ni la sociedad, ni el hombre, ni ninguna otra cosa deben sobrepasar para ser buenos los límites establecidos por la naturaleza.”

Hipócrates.

VI.1. INTRODUCCIÓN

Los ecosistemas son sistemas complejos en los que el almacenamiento y flujo de materia y energía ocurre mediante procesos que operan a distintas escalas tanto espaciales como temporales (Osmond *et al.* 1980). Por ejemplo, tenemos procesos que se presentan en lapsos de días o meses y en un espacio reducido de pocos metros cuadrados, como la fotosíntesis o la descomposición de materia orgánica en el suelo, mientras por otro lado tenemos el control del clima o la recarga de los acuíferos que requieren grandes superficies y décadas para desarrollarse.

Es necesario tener presente que los ecosistemas son sistemas abiertos y muchas veces no tienen límites bien definidos, por lo que la materia y energía entran y salen libremente, conectando unos ecosistemas con otros. Esta interconexión entre sistemas nos obliga a considerar los posibles efectos que los esquemas de manejo que se aplican en determinado ecosistema puedan tener en ecosistemas adyacentes (Maass y Martínez Yrizar 1990).

Para lidiar con la falta de definición de los límites de los ecosistemas, en virtud de su carácter abierto, y para tener una mejor apreciación y control de las interacciones entre sistemas colindantes, se ha utilizado el concepto de cuencas hidrográficas para definir la unidad de manejo. Las cuencas hidrográficas son unidades del paisaje que, debido a su topografía, hacen que el agua drene a un punto común. Las cuencas sí tienen límites bien definidos (su parte aguas), lo que permite aislar de manera más eficiente los flujos de entrada de agua al ecosistema. Al ser las cuencas hidrográficas expresiones naturales del paisaje, en el que sus límites están definidos de manera funcional, muchos de los procesos que controlan la dinámica del ecosistema son contenidos hacia el interior de dicho espacio (Maass y Cotler 2007) De hecho, la dinámica hidrológica en un ecosistema es análoga a un sistema circulatorio en el que elementos minerales y una buena parte de la energía disponible fluyen de manera integrada dentro del mismo (Likens 1985).

Según lo señalado por Sarukhan y Maass (1990) es el carácter funcional e integral de las cuencas hidrográficas lo que las hace excelentes unidades de manejo de ecosistemas, adicionando el hecho de que tienen límites precisos y salidas puntuales. Por otro lado, las cuencas tienen un carácter jerárquico y anidado: una cuenca (cientos de kilómetros cuadrados) está formada por varias subcuencas (decenas de kilómetros cuadrados), las cuales a su vez se conforman por microcuencas (hectáreas). Lo anterior permite trabajar a diferentes escalas espaciales dependiendo de los objetivos y alcances del programa de manejo (Maass 2003b).

Christensen et al. (1996) definen el manejo de ecosistemas como: “el manejo guiado por metas explícitas, ejecutado mediante políticas, protocolos y prácticas específicas, y adaptable mediante un monitoreo e investigación científica, basados en nuestro mejor entendimiento de las interacciones y los procesos ecológicos necesarios para mantener la composición, la estructura y el funcionamiento del ecosistema.” Así pues, el manejo de ecosistemas puede concebirse como una secuencia de pasos a seguir, alimentados con información proveniente de los sectores involucrados en la toma de decisiones e implementación del manejo (Stanford y Poole 1996). Por otro lado, Lackey (1998) define al manejo de ecosistemas como la aplicación de información, opciones y restricciones sociales y ecológicas para alcanzar los beneficios sociales deseados dentro de un área geográfica definida y un periodo de tiempo específico.

Los programas de manejo de ecosistemas se pueden concebir a diferentes escalas, ya sea desde el nivel de una parcela agrícola o hasta toda una región de cientos de miles de kilómetros cuadrados. Es por ello que, con base en un primer análisis de la información existente, es necesario definir con claridad el ámbito espacial y temporal en el que se dará el manejo integrado de ecosistemas, e identificar una cuenca hidrográfica en el que estén contenidos los principales procesos funcionales que controlan y mantienen la integridad funcional de nuestro objeto de manejo.

La definición del ecosistema no sólo incluye identificación de los componentes naturales del sistema (suelos, vegetación, clima, etc.) sino también resulta indispensable considerar a los sectores sociales, no sólo por el hecho de que el ser humano es parte integral de los ecosistemas, sino porque la razón detrás de un manejo está la satisfacción de las necesidades de la población. Será importante, entonces, identificar los principales

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

sectores sociales que tienen injerencia directa o indirecta en el manejo de nuestra cuenca (Castillo *et al.* 2005).

Es prioritario reconocer la inercia de los procesos ecológicos, así como la existencia de efectos retardados que no se aprecian hasta muchos años después de iniciar las actividades de manejo. Mientras mayor sea la escala de trabajo, mayor será el tiempo de desfase entre lo que hacemos y la respuesta del ecosistema (Hatton *et al.* 2002).

Por último, Robert Lackey (1998) propone que la operatividad del manejo de ecosistemas se basa en siete pilares o postulados. Los cuales son: (1) El manejo de ecosistemas refleja una etapa en el continuo evolutivo de valores y prioridades sociales; no es ni un principio ni un fin. (2) El manejo de ecosistemas es específico para cada sitio, por lo que se deben tener límites clara y formalmente definidos. (3) El manejo de ecosistemas debe mantener los ecosistemas en las condiciones apropiadas para alcanzar los beneficios sociales deseados. (4) El manejo de ecosistemas debe tomar ventaja de la habilidad de los ecosistemas para responder a una variedad de agentes estresantes, naturales y producidos por el hombre, sin embargo, todos los ecosistemas tienen una habilidad limitada para asimilar estos agentes y mantener el estado deseado. (5) El manejo de ecosistemas puede o no enfatizar la diversidad biológica. (6) El término sustentabilidad, cuando se utiliza en manejo de ecosistemas, debe estar clara y específicamente definido en relación al marco temporal, los costos y beneficios que involucra, y la relativa prioridad de los mismos. (7) La información científica es importante para un manejo de ecosistemas efectivo, sin embargo, es sólo un elemento en el proceso de toma de decisiones que es fundamental para la elección pública y privada.

Además de los siete postulados existen siete pasos o etapas a seguir propuestos por Brussard *et al.* (1998) para realizar el manejo de ecosistemas. (1) delinear (definir) el ecosistema que será manejado; (2) definir los objetivos estratégicos; (3) desarrollar un entendimiento comprensivo del ecosistema; (4) obtener datos socioeconómicos; (5) ligar los datos socioeconómicos y ecológicos en un modelo apropiado; (6) implementar acciones experimentales de manejo; y (7) monitorear los resultados del manejo para determinar el fracaso o el éxito a largo plazo.

En el presente estudio se abordaron sólo los primeros seis pasos o etapas. Los primeros cinco fueron abordados en los capítulos I al V; la etapa 7 es abordado en este

capítulo, aunque sólo parcialmente ya que sólo se llega a la proposición de las acciones de manejo, sin llegar a su implementación para su evaluación.

El objetivo de este capítulo fue el proponer políticas y estrategias de conservación y restauración de la cuenca, en función de las características de la cuenca y los disturbios generados a fin de potenciar sus servicios ecosistémicos, en particular los hidrológicos.

VI.2. MATERIALES Y MÉTODOS

VI.2.1. ANÁLISIS DEL MARCO NORMATIVO

A fin de conocer las restricciones legales que pudieran existir para la proposición de políticas y acciones de manejo para la Cuenca de la Presa Presidente Calles, se hizo una revisión de la normatividad ambiental existente en los ámbitos federal, estatal y municipal. En el ámbito municipal únicamente se revisó la normatividad correspondiente a los municipios de Calvillo y San José de Gracia, en cuya extensión territorial se encuentra ubicada la Cuenca.

Se revisó normatividad sobre aspectos forestales, vida silvestre, prevención de la contaminación, impacto ambiental, tenencia de la tierra, desarrollo urbano, ordenamiento territorial, uso del agua y manejo de áreas naturales protegidas.

Una vez revisada la normatividad se seleccionaron aquellos ordenamientos que tenían una incidencia directa sobre las acciones de manejo (aprovechamiento, conservación, restauración y protección) que se pretendían establecer en la zona de la Cuenca. Ya determinados los ordenamientos con los que se iba a trabajar se seleccionaron las directrices, lineamientos o articulados que establecieran restricciones para el manejo de la Cuenca y fueron incorporados en la definición de las políticas y acciones de manejo y su zonificación.

VI.2.2. ADQUISICIÓN DE INSUMOS Y DEFINICIÓN DE CRITERIOS

Se recopilaron todos los datos estadísticos y geográficos disponibles para la zona de la Cuenca de la Presa Calles así como los que fueron generados durante el desarrollo del presente estudio para satisfacer los objetivos propuestos.

Las fuentes de datos e información fueron el Instituto Nacional de Estadística y Geografía, la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, la

Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, la Comisión Nacional Forestal, el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, la Subsecretaría de Ecología (actualmente Secretaría de Medio Ambiente del Estado), la Secretaría de Gestión Urbanística y Ordenamiento Territorial, la Secretaría de Desarrollo Rural y Agroempresarial, y la Procuraduría Estatal de Protección al Ambiente.

Los datos obtenidos fueron sistematizados y analizados a fin de determinar cuáles de ellos podía servir para definir la zonificación de la cuenca y posteriormente espacializar las Políticas y Acciones de Manejo que se propusieran para cada una. Aquellos datos e información que no fueron utilizados para definir las zonificaciones y que resultaron relevantes fueron utilizados y analizados para la proposición de acciones de manejo.

VI.2.3. SELECCIÓN DE POLÍTICAS Y ACCIONES

Partiendo de las problemáticas detectadas a través de los talleres y las entrevistas a personas clave realizadas, y de los disturbios detectados que resultaron negativos para el funcionamiento de los ecosistemas y sociosistemas ubicados en el interior de la cuenca, se establecieron las políticas y se propusieron las acciones de manejo más adecuadas a fin de recuperar y potenciar los servicios ecosistémicos (ambientales) de la zona.

Para la selección de las políticas ambientales se revisaron las empleadas por la SEMARNAT y la CONANP para la zonificación de los ordenamientos ecológicos del territorio y las áreas naturales protegidas, respectivamente. Si bien los alcances del presente estudio no incluyen la elaboración de una propuesta de ordenamiento ecológico para el sitio, el establecimiento de políticas ayuda al agrupamiento de las acciones su control y seguimiento.

Ahora bien, para la selección de las acciones de manejo en una primera etapa se revisaron planes de manejo de otras cuencas y áreas naturales protegidas a fin de detectar aquellas que se ajustaran a las necesidades de las cuencas. Las acciones seleccionadas fueron tropicalizadas y adecuadas a las características de la cuenca.

En una siguiente etapa se propusieron directamente acciones con base en la experiencia y la consulta de bibliografía relacionada con las problemáticas detectadas. Dentro de estas se incluyeron las propuestas por Meráz-Jiménez *et al.* (2011) para el ejido Potrero de los López, el cual se encuentra en la cuenca alta de la Presa Calles.

Dados los alcances del presente estudio sólo se propusieron las acciones de manejo que pudieran desarrollarse, sin llegar al establecimiento de metas específicas, plazos de ejecución y mecanismos de evaluación.

VI.2.4. ZONIFICACIÓN DE POLÍTICAS Y ESPACIALIZACIÓN DE ACCIONES DE MANEJO

Para realizar la zonificación de las políticas y espacialización de acciones de manejo se tomaron como base los polígonos de disturbios generados con anterioridad. Partiendo de estos y utilizando las herramientas de geoprocésamiento del programa ArcGIS 10.2 se generaron polígonos los cuales fueron afinados y corregidos a “mano alzada” tomando como apoyo los rasgos físicos y biológicos de la cuenca.

A cada polígono se le asignó la política o acción de manejo que le correspondía a fin de poder ubicarlas fácilmente en el espacio. Para el caso de las políticas los polígonos se nombraron directamente con el nombre de cada una de ellas. Para el caso de las acciones de manejo se le asignó un número a cada conjunto de acciones de manejo para poder diferenciarlos.

VI.3. RESULTADOS

VI.3.1. RESTRICCIONES Y LIMITACIONES LEGALES

A continuación, se enuncian los ordenamientos revisados que se encuentran vinculados con el desarrollo de la propuesta de acciones de manejo para la Cuenca de la Presa Calles.

Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente

Es la ley marco en materia ambiental para México. En ella se establecen lineamientos generales para la prevención de la contaminación, para la protección y uso sustentable de los recursos naturales, plantea restricciones y mecanismos el aprovechamiento de estos recursos, así como mecanismos para el ordenamiento ecológico del territorio.

Es necesario el incluir o considerar las restricciones y mecanismos de control para que las acciones de manejo que se propongan tengan una aplicabilidad real y sea estructurado conforme a derecho.

Reglamento de la LGEEPA en materia de Áreas Naturales Protegidas

Este reglamento establece los lineamientos generales para el manejo de las áreas naturales protegidas de competencia federal. Establece restricciones respecto a las obras y actividades que pueden realizarse en ellas, y sobre los procedimientos que deben de seguirse para, en su caso, poder realizarlas.

Dado que la cuenca de la presa calles se encuentra dentro de un área protegida de competencia federal, es necesario considerar los criterios establecidos en este reglamento para la formulación de las acciones de manejo.

Reglamento de la LGEEPA en materia de Evaluación del Impacto Ambiental

Se trata de un reglamento específico que establece los procedimientos para la evaluación del impacto ambiental. En él se enuncian las obras o actividades que están sujetas a este tipo de evaluación en el ámbito federal y sus excepciones. En él se establece que cualquier tipo de obra o actividad que se realice dentro de áreas naturales requieren ser evaluadas en materia de impacto ambiental.

En virtud de que el área de la cuenca se encuentra dentro de un área natural protegida de competencia federal, es necesario el considerar la necesidad de la evaluación en materia de impacto ambiental que en ella se realicen. Este mismo ordenamiento establece la posibilidad de realizar la evaluación de programas de ordenamiento y planes de manejo, a fin de evaluar en conjunto una serie de actividades y usos de suelo.

Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable y su Reglamento

Es una ley base y su reglamento, que establecen los lineamientos generales para la protección de las zonas forestales y el aprovechamiento de los recursos forestales. Establece mecanismos para el manejo y conservación de las masas forestales, la recuperación o restauración de los sistemas forestales y para la regulación de los cambios de uso de suelo en estos terrenos.

Se debe tomar en cuenta lo señalado en estos ordenamientos en virtud de que la mayor parte alta de la cuenca se encuentra cubierta por masas forestales. Así también en

la parte baja de la cuenca encontramos algunos reductos de masas forestales que son sujetos de esta Ley.

Ley General de Vida Silvestre y su Reglamento

Se trata de una ley base y su reglamento, que regulan los aspectos relacionados con la vida silvestre, entendiendo a los organismos no domesticados, principalmente encaminada a los elementos faunísticos de los ecosistemas. Establece mecanismos para su protección, manejo y aprovechamiento.

Es necesario considerar lo establecido en estos ordenamientos debido a que en toda el área de la cuenca se encuentran especies de fauna silvestre; además, en la parte alta de la cuenca encontramos especies de interés cinegético, así como unidades de manejo sustentable de la vida silvestre (UMAs) que se encuentran reguladas por esta Ley.

Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento

Se trata de una Ley específica y su reglamento, los cuales establecen la reglamentación para la protección, aprovechamiento y conservación de las aguas nacionales, los bienes nacionales en los que ellas descansan (cauces, vasos, zonas federales, etc.) y los materiales ligados a ellos. Regulan además las actividades que pueden realizarse de las zonas federales.

Para el desarrollo del plan de manejo de la cuenca se deben considerar los lineamientos establecidos en ellos en virtud de que el principal criterio para definir el área de la cuenca es el agua. Dentro del área de la cuenca existe una gran cantidad de corrientes de agua las cuales se encuentran regidas por esta ley, así también hay aprovechamientos de aguas superficiales que obligan a tenerla en cuenta como lo son los aprovechamientos de aguas superficiales que se hacen del vaso de la Presa Calles.

Asimismo, debe considerarse al aprovechamiento de materiales pétreos (arena, grava y piedra bola) que se realiza o puede realizarse dentro de los cauces. Si bien para la autorización de tales aprovechamientos debe contarse con dos autorizaciones, una en materia de impacto ambiental y otra por el aprovechamiento en y de bienes nacionales, en las cuales se establecen condiciones para su realización, es factible establecer criterios generales para el desarrollo de estas actividades sin contravenir la norma federal.

DECRETO que declara Zonas Protectoras Forestales y de Repoblación las cuencas de alimentación de las obras de irrigación de los Distritos Nacionales de Riego, y el ACUERDO por el que se recategorizan como áreas de protección de recursos naturales, los territorios a que se refiere este Decreto.

Los referidos, Decreto y Acuerdo, establecen a la **Zona de Protección de la Cuenca Alimentadora del Distrito Nacional de Riego 001 de Pabellón** como un área natural protegida, siendo ellos los que hacen que se tenga que tomar en cuenta los Reglamentos de la LGEEPA en materia de Áreas Naturales Protegidas y de Evaluación del Impacto Ambiental.

A diferencia de otros decretos de creación de áreas naturales protegidas, este decreto y el acuerdo que lo ratifica, no establecen criterios particulares de manejo que tengan que ser observados dentro de la zona de protección.

Al día de hoy no existe un Programa de Manejo para el Área Natural Protegida de carácter Federal en la cual se ubica gran parte de la cuenca en estudio, pese a que su recategorización fue publicada en el año 2002 y la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) tenía un límite de tiempo para hacerlo. Los argumentos que se han dado para justificar tal situación es que se está buscando cambiar la categoría del ANP y modificar los polígonos restringiéndolos a zonas serranas, ya que actualmente el polígono del ANP comprende áreas totalmente urbanizadas y terrenos con riego tecnificado.

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.

Es necesario tomar en consideración los listados contenidos en esta norma, ya que algunas de las especies presentes dentro del área de la cuenca se encuentran incluidas en los mismos, por lo que es necesario el establecer políticas particulares para su manejo y protección.

Ley de Protección Ambiental para el Estado de Aguascalientes.

Es la ley marco en materia ambiental para el estado de Aguascalientes. En ella se establecen lineamientos generales para la prevención de la contaminación, para la

protección y uso sustentable de los recursos naturales, plantea restricciones y mecanismos el aprovechamiento de estos recursos, así como mecanismos para el ordenamiento ecológico del territorio.

Al igual que en el caso de la LGEEPA, Es necesario considerar las restricciones y mecanismos de control para que las acciones de manejo que se propongan tengan una aplicabilidad real y sea estructurado conforme a derecho. Esto principalmente en las zonas que se encuentran fuera del ANP de carácter Federal.

DECRETO No. 88 por el que se declara Área Natural Protegida con el carácter de Zona Sujeta a Conservación Ecológica, la región de « Sierra Fría », ubicada en los municipios de San José de Gracia, Rincón de Romos, Pabellón de Arteaga, Jesús María y Calvillo, en el Estado de Aguascalientes, con una superficie de 112,090 hectáreas, DECRETO por el que se recategoriza administrativamente la Sierra Fría como Área Natural Protegida en la categoría de Área Silvestre Estatal, y Programa de Manejo del Área Silvestre Estatal Sierra Fría.

Analizando el Decreto de creación del ANP se encontró que establece una veda total e indefinida de caza y captura de las especies Águila Real (*Aquila chrysaetos*), Halcón Peregrino (*Falco peregrinus*), Halcón Mexicano (*Falco mexicanus*), Calandria Tunera (*Icterus wagleri*), Puma (*Felis concolor*), Gato Montés (*Lynx rufus*), Pato Altiplanero Mexicano (*Anas diazi*), Cardenal (*Cardinalis carinalis*), Gorrión Mexicano (*Carpodacus mexicanus*), Calandria Palmera (*Icterus parisorum*), Cenzontle (*Mimus polyglottos*), Codorniz (no señala la especie) y Cacomixtle (*Bassariscus astutus*), y para la colecta o aprovechamiento de las especies *Coreopsis mcvaughii* Rudb, *Odontotrichum amplum* Crawford, *Viguiera rosei* Greenm y todas aquellas endémicas, raras, amenazadas y en peligro de extinción que se localicen dentro de los límites del ANP, por lo que deberán considerarse en la propuesta acciones de manejo que garanticen la conservación de estas especies evitando afectaciones y aumentando el tamaño de sus poblaciones.

Este Decreto señala además, la obligación por parte del Gobierno Estatal para establecer una zonificación que comprenda las siguientes áreas: «Áreas de Preservación Ecológica» destinadas exclusivamente a desarrollar actividades de investigación científica, haciendo énfasis en aquellos estudios que permitan obtener conocimiento de los ecosistemas presentes en el área natural protegida; «Áreas de Protección,

Restauración y Aprovechamiento» en las que podrá realizarse un aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y de desarrollos tecnológicos; y «Áreas de uso Público» dedicadas al turismo de bajo impacto, en los que podrá permitirse la realización de actividades turísticas, recreativas y culturales y de educación ambiental, así como las que se requieran para la administración del área, las cuales estarán sujetas a los ordenamientos normativos de conservación.

La recategorización propuesta no establece nuevas condiciones o restricciones, únicamente modifica la nomenclatura y categoría y hace ajustes en el polígono general del área utilizando los límites estatales del Marco Geoestadístico Estatal versión 2010 del INEGI.

En el Plan de Manejo publicado no se respetan los tipos de áreas propuestas en el Decreto original, ya que sólo se consideran dos tipos en la zonificación, siendo estas, Conservación y Aprovechamiento. El documento establece actividades permitidas y actividades prohibidas para cada zona o política ambiental. En la proposición de acciones de manejo deberán considerarse las restricciones para las áreas ubicadas dentro de la poligonal del ANP estatal.

Programa de Desarrollo Urbano de San José de Gracia, Ags. 1995-2010

Este Programa considera dentro de sus objetivos el "prevenir y controlar el deterioro del medio ambiente, pese a esto no contiene ningún criterio o acción específica que deba incluirse en las acciones de manejo. Señala como objetivos específicos el evitar la tala de árboles y el preservar la flora y fauna.

Esquema de Desarrollo Urbano de La Congoja y Rancho Viejo 2013-2035.

Este esquema de desarrollo no establece acciones de manejo como tales, pero establece una zonificación para dos centros urbanos localizados en el interior de la cuenca. Propone la siguiente zonificación primaria: Zona de protección, Zona de uso restringido, Zona de aprovechamiento Sustentable de recursos naturales, Zona de aprovechamiento Sustentable de Agroecosistemas, Zona de Aprovechamiento Especial, Conservación II, Zona de Recuperación. Las restricciones señaladas para cada una de las zonas deberán ser consideradas para la proposición de las acciones de manejo.

VI.3.2. CRITERIOS SELECCIONADOS

Una vez revisados analizados la información y datos obtenidos, y evaluada la pertinencia de los mismos en función de su aplicabilidad para la definición de los polígonos se seleccionaron siete criterios los cuales fueron agrupados de la siguiente manera:

CRITERIOS NATURALES

Tipos de Vegetación o Comunidades Vegetales. Este criterio fue considerado para definir los polígonos de las políticas debido a la relevancia que tiene como tipo de vegetación y a la priorización que se hace de algunas sobre otras por los servicios que prestan, su resiliencia y su capacidad de recuperación.

Rasgos físicos y biológicos con cualidades estéticas. Este criterio se incluyó puesto que estos rasgos son de interés para el ecoturismo. También algunos de ellos pueden servir para establecer los límites de los polígonos.

Cuerpos de Agua. Este criterio fue incluido puesto que los cuerpos de agua tienen un área bien definida y requieren acciones específicas para su manejo.

CRITERIOS ANTRÓPICOS

Usos de Suelo. Este criterio fue incorporado a fin de considerar en la medida de lo posible los usos de suelo actuales en el interior de la cuenca y la vocación de los mismos.

Unidades para la Conservación de la Vida Silvestre (UMAs). Este criterio fue seleccionado debido a que las UMAs se encuentran bajo regímenes específicos de manejo establecidos por la autoridad Federal. Al tener derechos adquiridos deben de considerarse e incluirse en la zonificación propuesta.

Zonas siniestradas por Incendios. Este criterio fue seleccionado por la información que aporta para definir las áreas susceptibles de ser restauradas.

Zonas impactadas por Sobrepastoreo. Al igual que en el caso anterior, este criterio se seleccionó por el aporte de información para definir las áreas susceptibles de restauración.

Zonas impactadas por Tala Inmoderada. Al igual que en los dos casos anteriores, este criterio fue seleccionado por su aporte para la definir de áreas susceptibles de ser restauradas.

VI.3.3. POLÍTICAS AMBIENTALES

Habiendo analizado las características de la cuenca, su situación actual y sus necesidades en función de la problemática detectada se propusieron cuatro políticas, mismas que se definen a continuación:

POLÍTICA DE APROVECHAMIENTO.

Es la política más laxa y permisiva de las cuatro. Corresponde a sitios en los que puede realizarse el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales y pueden desarrollarse de manera sustentable actividades productivas eficientes y socialmente útiles. El desarrollo de tales actividades contemplará recomendaciones puntuales y restricciones leves, tratando de mantener la función y la capacidad de carga de los ecosistemas y promoviendo la permanencia del uso de suelo actual. Las restricciones para el desarrollo de las actividades serán impuestas por las autoridades competentes en función de la normatividad vigente. Se ubica en su totalidad en la cuenca baja de la Presa Calles.

POLÍTICA DE RESTAURACIÓN.

Esta política puede considerarse como de transición o temporal. Corresponde a sitios en los que existe actualmente una disminución o degradación en uno o varios de los componentes del ecosistema, ya sea estructural o funcionalmente. Por tal motivo es necesaria la ejecución de acciones tendientes a la recuperación y restablecimiento de las condiciones que propician la evolución y continuidad de los procesos naturales.

Mediante esta política se promueve la aplicación de programas y acciones actividades, encaminadas a la recuperación de los ecosistemas como lo son la restricción

del cambio de uso del suelo, reforestaciones y forestaciones, el control de plagas y enfermedades, y la recuperación de suelos.

Una vez recuperada la funcionalidad de los ecosistemas en los sitios podrán incorporarse a las políticas de conservación o de protección.

POLÍTICA DE CONSERVACIÓN.

Esta política corresponde principalmente a sitios que están sujetos a un régimen especial de manejo como lo son las UMAs, así como zonas aledañas a estas que pueden funcionar como zonas de amortiguamiento. Son sitios que cuentan con una buena calidad ambiental, por lo que se busca la preservación, mantenimiento y mejoramiento de su función ecológica, para así garantizar la permanencia, continuidad, reproducción y mantenimiento de los recursos.

Se podrá realizar el aprovechamiento extractivo de los recursos siempre y cuando tal actividad este considerada en el Plan de Manejo autorizado por la SEMARNAT.

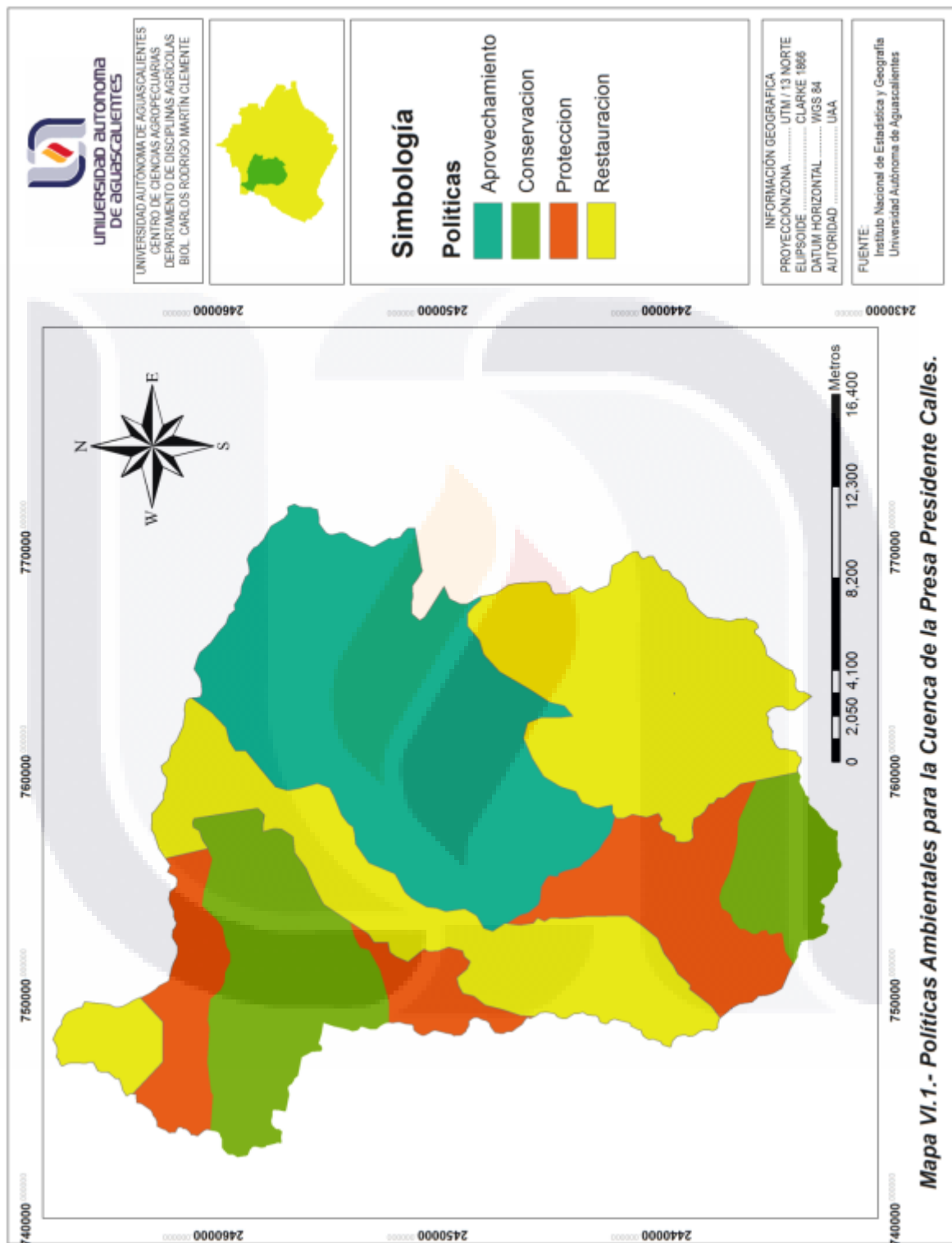
POLÍTICA DE PROTECCIÓN.

Es la política más restrictiva de las cuatro. Esta política ambiental promueve la permanencia de ecosistemas nativos, debido a sus atributos de biodiversidad, extensión o particularidad siendo imprescindible su preservación y cuidado extremo, con el objeto de salvaguardar su diversidad.

Sólo podrán desarrollarse actividades no extractivas como el ecoturismo de baja densidad. En caso excepcionales podrán realizarse actividades extractivas relacionadas con investigación científica y el mantenimiento y protección de la zona, como lo son los saneamientos forestales y la extracción de leñas muertas que supongan un riesgo de incendio.

VI.3.3.1. ZONIFICACIÓN DE POLÍTICAS

La ubicación física de las políticas propuestas se presenta en el mapa VI.1. Las superficies que corresponden a Restauración y Aprovechamiento son similares, al igual que las de Protección y Conservación.



VI.3.4. ACCIONES DE MANEJO

A continuación se enlistan las acciones de manejo que se proponen como resultado del análisis de la cuenca, los talleres realizados y la revisión bibliográfica, en particular las acciones propuestas por Meráz-Jiménez *et al.* (2011):

1. Reubicar, en su caso, los bordos de captación en sitios donde no se comprometa ni el gasto ecológico aguas abajo, ni la recarga de la Presa, y que además de servir para el uso humano (doméstico o pecuario), puedan ser aprovechados por la fauna silvestre.
2. Rehabilitar y desazolver bordos a fin de mantener la capacidad de almacenamiento de los mismos y sus distintas funciones.
3. Aumentar la cobertura vegetal de las zonas altas, donde se tiene una mayor precipitación, a fin de mejorar la captación de agua en el suelo por la acción del sistema radicular de las mismas, permitiendo una liberación paulatina del recurso y aumentando el tiempo en que este se encuentre disponible para el ecosistema.
4. Colectar germoplasma de especies nativas para su posterior uso en rehabilitación de zonas degradadas a través de forestación y reforestación.
5. Restaurar y reforestar con plantas nativas y perfectamente adaptadas a la zona. Las especies a utilizar estarán en función de la problemática que se desee atender.
 - a. Utilizar individuos de *Pinus leiophylla* var. *leiophylla* para la reforestación de áreas afectadas por *Dendroctonus* sp. , en virtud de su resistencia a la infestación.
 - b. Restringir el uso de *Quercus potosina* para reforestación en sitios impactados por fitopatógenos y *Crioprosopus magnificus*, por su susceptibilidad a la infestación.
 - c. Utilizar pastos nativos para recuperación de áreas sobrepastoreadas.
 - d. Utilizar especies nativas sin restricción para recuperación de sitios impactados por tala inmoderada e incendios.

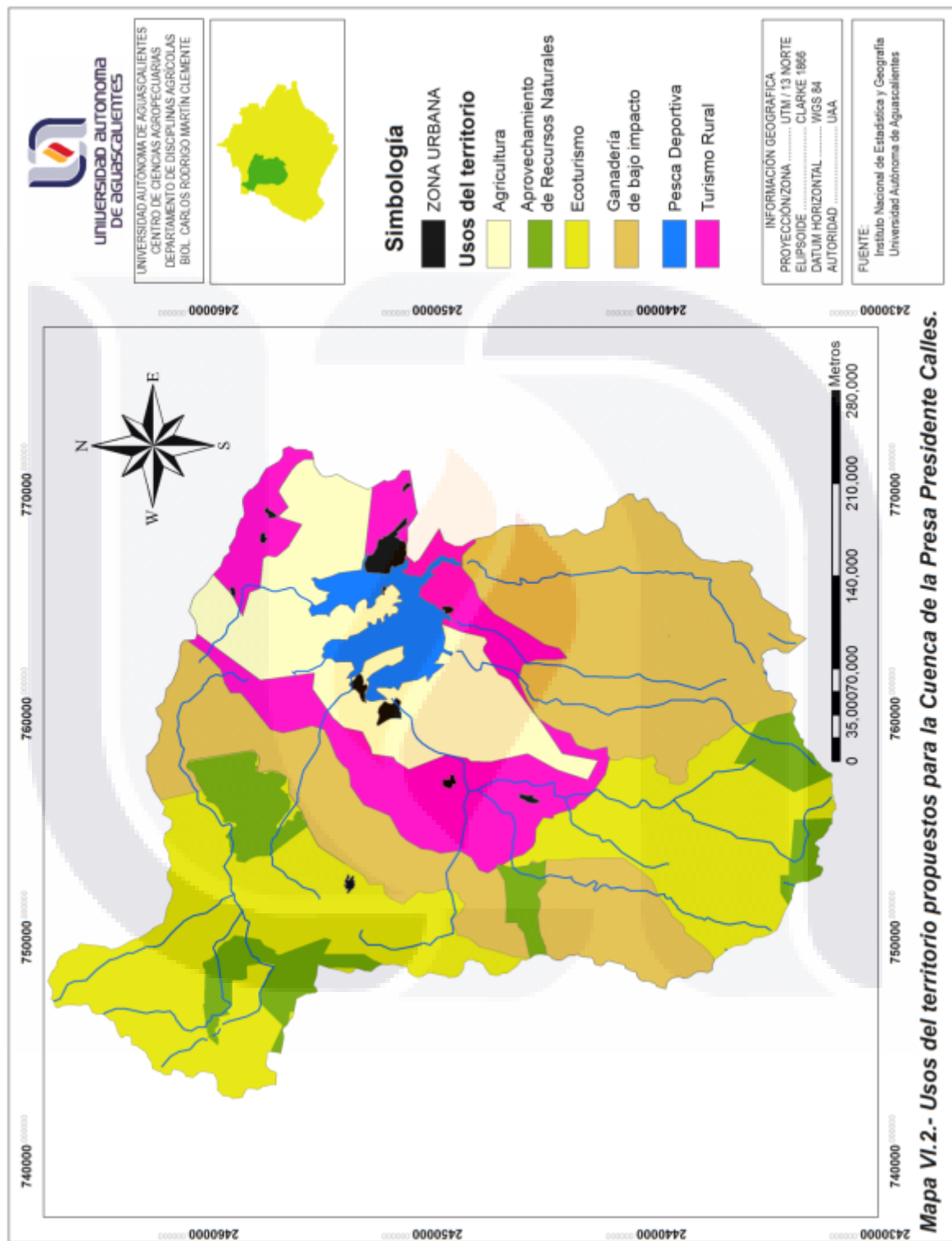
6. Crear espacios de uso público para la recreación y el esparcimiento de la población, los cuales estén bajo supervisión a fin de que se haga un aprovechamiento sustentable de los recursos.
7. Realizar obras para el mantenimiento y conservación de suelos, y para el control de la erosión hídrica laminar severa y prevención de formación de cárcavas.
8. Realizar el saneamiento forestal y control de especies invasoras utilizando medios mecánicos y control biológico. Sólo en casos muy extremos utilización de químicos.
9. Limitar la ganadería tradicional extensiva reduciendo el pastoreo por debajo de los índices de agostadero, descansando en temporadas críticas y durante la estación de crecimiento.
10. Excluir las áreas afectadas por sobrepastoreo de cualquier tipo de aprovechamiento para su recuperación.
11. Realizar actividades cinegéticas únicamente dentro de las UMAs autorizadas y de conformidad con las tasas de aprovechamiento dadas por la DGVS de SEMARNAT.
12. Incentivar la cacería de especies exóticas a fin de que sus poblaciones vayan disminuyendo de manera paulatina.
13. Trazar de senderos y brechas naturales para la observación de la biota y recorridos de recreación y así limitar los sitios de aprovechamiento no extractivo para reducir la presión sobre el sistema.
14. Rehabilitar y mantener en buen estado los caminos (brechas y terracerías) de la cuenca para evitar formación de cárcavas, arrastre de materiales y afectaciones a los cauces. Es conveniente tomar como base para esto las recomendaciones de Gordon Keller del USDA Forest Service (2004).
15. Realizar aprovechamientos de leñas muertas con regularidad para evitar o reducir la acumulación de materiales combustibles y disminuir la ocurrencia y severidad de incendios.

16. Monitorear a través de imágenes de satélite y sistemas de información geográfica de los flujos de agua y las condiciones fitosanitarias, por parte de las autoridades en coordinación con la Universidad Autónoma de Aguascalientes.

Además de las acciones antes señaladas, se proponen otras actividades y acciones que conviene realizar ya que permitirán mejorar el funcionamiento de la cuenca. No son propiamente acciones de manejo de la cuenca puesto que deberán realizarse fuera de los límites de la misma. Más bien se relacionan con la gobernanza de la cuenca y la región en general. Las propuestas son las siguientes:

1. Creación de una Red interinstitucional Regional a través de un convenio o acuerdo para elaborar una agenda de trabajo y supervisar el funcionamiento de la cuenca.
2. Dar seguimiento al estado de salud de la cuenca y un monitoreo permanente de los flujos de agua de las principales micro cuencas de la zona por parte de la CONAGUA, la CONANP y Gobierno del Estado.
3. Buscar la forma de que la SEMARNAT requiera a CONAFOR incluir en las reglas operación para la solicitud de apoyos el que se cuente con las autorizaciones en materia de Impacto Ambiental, para el Cambio de Uso de Suelo, para Aprovechamientos Forestales etc., de acuerdo al apoyo que sea solicitado, para evitar la realización de actividades sin la adecuada supervisión.
4. Difusión del funcionamiento de los ecosistemas naturales y el impacto ambiental y económico de las especies exóticas dentro de la cuenca.
5. Producción de especies nativas, así como promoción de la oferta de plantas nativas en los viveros particulares de la región, en función de un catálogo elaborado por la CONANP y la CONAFOR.

VI.3.5. ZONIFICACIÓN DE USOS DEL TERRITORIO PROPUESTOS



En el mapa VI.2. se presentan los usos del territorio propuestos para la cuenca en estudio. Se ha optado por denominarlos 'usos del territorio' en lugar de 'usos de suelo' puesto que se considera que es más amplio en su definición. A continuación se muestran los usos propuestos y que comprende cada uno.

AGRICULTURA

Agricultura de riego. Agricultura de temporal.

APROVECHAMIENTO DE RECURSOS NATURALES

Aprovechamiento extractivo de recursos naturales. Actividades cinegéticas realizadas conforme a las tasas autorizadas. Aprovechamiento de leñas muertas. Aprovechamiento de tierra de encino.

ECOTURISMO

Aprovechamiento no extractivo de recursos naturales. Paisajismo. Senderismo. Acampado. Ciclismo de montaña. Safari fotográfico. Actividades al aire libre. Aprovechamiento de leñas muertas.

GANADERÍA DE BAJO IMPACTO

Ganadería extensiva tradicional por debajo del índice de agostadero. Aprovechamiento de leñas muertas.

PESCA DEPORTIVA

Pesca deportiva. Paseos en lancha. Actividades acuáticas.

TURISMO RURAL

Aprovechamiento no extractivo de recursos naturales. Paisajismo. Ciclismo. Paseos a caballo. Safari fotográfico. Actividades al aire libre. Aprovechamiento de leñas muertas.

VI.4. FUENTES DE INFORMACIÓN

ACUERDO POR EL QUE SE RECATEGORIZAN COMO ÁREAS DE PROTECCIÓN DE RECURSOS NATURALES, LOS TERRITORIOS A QUE SE REFIERE EL DECRETO PRESIDENCIAL DE FECHA 8 DE JUNIO DE 1949, PUBLICADO EL

- 3 DE AGOSTO DEL MISMO AÑO. 2002. *Diario Oficial de la Federación*, Primera Sección, miércoles 7 de noviembre de 2002. Págs. 8-9.
- BRUSSARD, P.F., J. MICHAEL REED, C. RICHARD TRACY. 1998. Ecosystem management: what is it really? *Landscape and Urban Planning*, Volume 40, Issue 1. Pages 9-20, ISSN 0169-2046, [http://dx.doi.org/10.1016/S0169-2046\(97\)00094-7](http://dx.doi.org/10.1016/S0169-2046(97)00094-7).
- CASTILLO, A. M.A. MAGAÑA, A. PUJADAS, L. MARTÍNEZ Y C. GODÍNEZ. 2005. Understanding rural people interaction with ecosystems: a case study in a tropical dry forest of Mexico. *Ecosystems* 8:1-13.
- CHRISTENSEN, N.L., A.N. BARTUSKA, J.H. BROWN, S. CARPENTER, C. D'ANTONIO, R. FRANCIS, J.F. FRANKLIN, J.A. MACMAHON, R.F. NOSS, D.J. PARSONS, C.H. PETERSON, M.G. TURNER Y R.G. WOODMANSEE. 1996. The report of the Ecological Society of America Committee on the scientific basis for ecosystem management. *Ecological Applications* 6(3):665-691.
- DECRETO No. 88 por el que se declara Área Natural Protegida con el carácter de Zona Sujeta a Conservación Ecológica, la región de « Sierra Fría », ubicada en los municipios de San José de Gracia, Rincón de Romos, Pabellón de Arteaga, Jesús María y Calvillo, en el Estado de Aguascalientes, con una superficie de 112,090 hectáreas. *Periódico Oficial del Estado de Aguascalientes*, 30 de enero de 1994.
- DECRETO por el que se recategoriza administrativamente la Sierra Fría como Área Natural Protegida en la categoría de Área Silvestre Estatal. *Periódico Oficial del Estado de Aguascalientes*, 17 de agosto de 2015.
- ESQUEMA DE DESARROLLO URBANO DE LA CONGOJA Y RANCHO VIEJO 2013-2035. *Periódico Oficial del Estado de Aguascalientes*, 21 de julio de 2014.
- HATTON, T. P. REGGIANI AND G. HODGSON. 2002. The role of trees in the water and salt balances of catchments. En. R. Stirzaker, R. Vertessy and A. Sarre. *Trees, water and salt: an Australian guide to using trees for healthy catchment and productive farms*. Joint Venture Agroforestry Program CSIRO Land and Water, Australia. Pp. 27-32.

- KELLER, G. Y J. SHERAR. 2004. Ingeniería de Caminos Rurales. Guía de campo para las mejores prácticas de administración de caminos rurales. USDA Forest Service International Programs, US Agency for International Development e Instituto Mexicano del Transporte.
- LACKEY, R.T. 1998. Seven pillars of ecosystem management. *Landscape and Urban Planning*, Volume 40, Issue 1. Pages 21-30, ISSN 0169-2046, [http://dx.doi.org/10.1016/S0169-2046\(97\)00095-9](http://dx.doi.org/10.1016/S0169-2046(97)00095-9).
- LEY DE AGUAS NACIONALES. Diario Oficial de la Federación, última modificación 18 de abril de 2008.
- LEY DE FOMENTO PARA EL DESARROLLO FORESTAL SUSTENTABLE DEL ESTADO DE AGUASCALIENTES. Periódico Oficial del Estado de Aguascalientes, 11 de septiembre de 2006.
- LEY DE PROTECCIÓN AMBIENTAL PARA EL ESTADO DE AGUASCALIENTES. Periódico Oficial del Estado de Aguascalientes, 25 de octubre de 2010.
- LEY GENERAL DE DESARROLLO FORESTAL SUSTENTABLE. Diario Oficial de la Federación, última modificación 24 de noviembre de 2008.
- LEY GENERAL DE VIDA SILVESTRE. Diario Oficial de la Federación, última modificación 14 de octubre de 2008.
- LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y LA PROTECCIÓN AL AMBIENTE. Diario Oficial de la Federación, última modificación 5 de julio de 2007.
- LIKENS, G.E. 1985. An experimental approach for the study of ecosystems. *Journal of Ecology* 73:381-396.
- MAASS, J. M. Y A. MARTÍNEZ-YRÍZAR. 1990. Los ecosistemas: definición, origen e importancia del concepto. En: *Ecología y Conservación*. J. Soberón y C. Bonfil (Eds.). Número especial de la revista **Ciencias** No. 4:10-20.
- MAASS, J.M. 2003b. Principios generales sobre manejo de ecosistemas. En: Sánchez, Ó., E. Vega-Peña, E. Peters y O. Monroy-Vilchis. **Conservación de Ecosistemas Templados de Montaña en México**. INE, U. S. Fish & Wildlife Service, Ford Foundation., México, D. F. Pp:117-136.
- MAASS, M Y H. COTLER. 2007. El protocolo para el manejo de ecosistemas en cuencas hidrográficas. En: *El manejo integral de cuencas en México*. Estudios y

reflexiones para orientar la política ambiental. H. Cotler (Compiladora). Segunda edición. Pp: 41-58.

MERÁZ JIMÉNEZ, A.J., J.L. GALARZA MENDOZA, J. SOSA RAMÍREZ, A. PONCE MONTOYA y J.A. TORRES GONZÁLEZ. 2011. Ordenamiento Ecológico Comunitario: Un Modelo de Manejo de Recursos Naturales para el Desarrollo Comunitario. Estudio de Caso Ejido Potrero de Los López, Aguascalientes. Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente, vol. 17, núm. 1, 2011, pp. 151-163. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-005-SEMARNAT-1997, Procedimientos, criterios y especificaciones para realizar el aprovechamiento, transporte y almacenamiento de corteza, tallos y plantas completas de vegetación forestal. Diario Oficial de la Federación, 20 de mayo de 1997.

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-007-SEMARNAT-1997, Procedimientos, criterios y especificaciones para realizar el aprovechamiento, transporte y almacenamiento de ramas, hojas o pencas, flores, frutos y semillas. Diario Oficial de la Federación, 30 de mayo de 1997.

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-010-SEMARNAT-1996, Procedimientos, criterios y especificaciones para realizar el aprovechamiento, transporte y almacenamiento de hongos. Diario Oficial de la Federación, 28 de mayo de 1997.

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-011-SEMARNAT-1996, Procedimientos, criterios y especificaciones para realizar el aprovechamiento, transporte y almacenamiento de musgo, heno y doradilla. Diario Oficial de la Federación, 26 de junio de 1996.

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-012-SEMARNAT-1996, Procedimientos, criterios y especificaciones para realizar el aprovechamiento, transporte y almacenamiento de leña para uso doméstico. Diario Oficial de la Federación, 26 de junio de 1996.

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-019-SEMARNAT-2006, Que establece los lineamientos técnicos de los métodos para el combate y control de insectos descortezadores. Diario Oficial de la Federación, 23 de julio de 2008.

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-020-SEMARNAT-2001, Procedimientos y lineamientos que se deberán observar para la rehabilitación, mejoramiento y conservación de los terrenos forestales de pastoreo. Diario Oficial de la Federación, 10 de diciembre de 2001.

- NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-026-SEMARNAT-2005, Que establece los criterios y especificaciones técnicas para realizar el aprovechamiento comercial de resina de pino. Diario Oficial de la Federación, 28 de septiembre de 2006.
- NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-027-SEMARNAT-1996, Procedimientos, criterios y especificaciones para realizar el aprovechamiento, transporte y almacenamiento de tierra de monte. Diario Oficial de la Federación, 5 de junio de 1996.
- NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-028-SEMARNAT-1995, Procedimientos, criterios y especificaciones para realizar el aprovechamiento, transporte y almacenamiento de raíces y rizomas de vegetación forestal. Diario Oficial de la Federación, 24 de junio de 1996.
- 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, o cambio-lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación, 30 de diciembre de 2010.
- NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-060-SEMARNAT-2001, Especificaciones para mitigar los efectos adversos ocasionados en los suelos y cuerpos de agua por el aprovechamiento forestal. Diario Oficial de la Federación, 13 de mayo de 1994.
- NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-061-SEMARNAT-1994, Especificaciones para mitigar los efectos adversos ocasionados en la flora y fauna silvestres por el aprovechamiento forestal. Diario Oficial de la Federación, 13 de mayo de 1994.
- NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-062-SEMARNAT-1994, Especificaciones para mitigar los efectos adversos sobre la biodiversidad ocasionados por el cambio de uso del suelo de terrenos forestales a agropecuarios. Diario Oficial de la Federación, 13 de mayo de 1994.
- NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-126-SEMARNAT-2000, Especificaciones para la realización de actividades de colecta científica de material biológico de especies de flora y fauna silvestres y otros recursos biológicos en el territorio nacional. Diario Oficial de la Federación, 20 de marzo de 2001.
- NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-142-SEMARNAT-2003, Que establece los lineamientos técnicos para el combate y control del eucalipto *Glycaspis brimblecombei* Moore. Diario Oficial de la Federación, 31 de diciembre de 2003.
- NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-144-SEMARNAT-2004, Que establece las medidas fitosanitarias reconocidas internacionalmente para el embalaje de madera, que se

- utiliza en el comercio internacional de bienes y mercancías. Diario Oficial de la Federación, 18 de octubre de 2005.
- NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-152-SEMARNAT-2006, Que establece los lineamientos, criterios y especificaciones de los contenidos de los programas de manejo forestal para el aprovechamiento de los recursos forestales maderables en bosques, selvas y vegetación de zonas áridas. Diario Oficial de la Federación, 17 de octubre de 2008.
- OSMOND, C.B., O. BJÖRKMAN AND D.J. ANDERSON. 1980. Physiological processes in plant ecology. Springer-Verlag, New York.
- PROGRAMA DE DESARROLLO URBANO DE SAN JOSÉ DE GRACIA, AGS 1995-2010. Periódico Oficial del Estado de Aguascalientes, 12 de noviembre de 1995.
- PROGRAMA DE MANEJO DEL ÁREA SILVESTRE ESTATAL SIERRA FRÍA. Periódico Oficial del Estado de Aguascalientes, 9 de mayo de 2016.
- REGLAMENTO DE LA LEY DE AGUAS NACIONALES. Diario Oficial de la Federación, 16 de noviembre de 2006.
- REGLAMENTO DE LA LEY GENERAL DE VIDA SILVESTRE. Diario Oficial de la Federación, 30 de noviembre de 2006.
- REGLAMENTO DE LA LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y LA PROTECCIÓN AL AMBIENTE EN MATERIA DE ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS. Diario Oficial de la Federación, 16 de noviembre de 2006.
- SARUKHÁN, J. Y J. M. MAASS. 1990. Bases ecológicas para un manejo sostenido de los ecosistemas: el sistema de cuencas hidrológicas. Capítulo del libro "*Medio ambiente y desarrollo en México*" Vol I (E. Leff ed.). UNAM (CIIH)-Porrúa. Pp:81-114.
- STANFORD, J.A. Y G.C. POOLE. 1996. A protocol for ecosystem management. *Ecological Applications* 6:741-744.
- STOLL-KLEEMANN, S., S. BENDER, A. BERGHÖFER, M. BERTZKY, N. FRITZ-VIETTA, R. SCHLIEP, AND B. THIERFELDER. 2006. Linking Governance and Management Perspectives with Conservation Success in Protected Areas and Biosphere Reserves. Berlín: Humboldt University.

CONCLUSIONES GENERALES

1. La precipitación acumulada anual de la cuenca es de 588.04 $\pm$ 35 mm, su evapotranspiración real se calcula en 516.9 $\pm$ 29.23 mm y su escorrentía en 59.7 $\pm$ 3.34 mm (33.63-37.63 Mm³).
2. El balance hidrológico basado en el modelo de Thornthwaite y Mather, con la EtP calculada mediante la fórmula de Thornthwaite, proporciona un buen panorama del comportamiento del agua en la cuenca, partiendo de una limitada disponibilidad de información, lo que lo vuelve útil para la toma de decisiones.
3. La mayor parte del agua disponible, en forma de escorrentía, para el sistema ambiental y los humanos que conviven con él, proviene de la parte alta de la cuenca, por lo que la disponibilidad general de agua en la cuenca depende del estado de salud que está presente.
4. La dinámica hidrológica de la cuenca se ve alterada por disturbios tales como los bordos de captación, los cuales pueden ser manipulados para mejorar la distribución del recurso.
5. Es necesario el establecimiento de políticas de manejo de cuenca que permitan un más eficiente uso del recurso agua, tanto por parte de los usuarios del Distrito de Riego 001 de Pabellón como por las personas que habitan en el interior de la Cuenca, de tal forma que no se comprometa la estabilidad del sistema, ni el gasto ecológico.
6. El mal manejo del ganado dentro de la Cuenca ha dado como resultado el sobrepastoreo de las áreas de pastizal, tanto natural como inducido, favoreciendo el cambio de uso de suelo por la tala clandestina e inmoderada de encinares.
7. Dada la cantidad de bordos presentes en la cuenca y la capacidad de retención de agua de los mismos (10 Mm³) son un factor relevante en la dinámica hídrica del sistema, pudiendo ser benéficos o dañinos según sean manejados.
8. Los polígonos de los aprovechamientos forestales son un buen indicador de los aprovechamientos de leñas muertas, y en conjunto con los sitios de tala detectados dan una buena aproximación de la presión sobre las masas forestales.
9. Existe una abundante red de caminos dentro del área de la Cuenca, lo cual puede ser benéfico o perjudicial para el manejo, dependiendo del control que se tenga, ya

- que de entrada fragmentan el paisaje y pueden favorecer la cacería y tala clandestina.
10. La infestación por *Dendroctonus mexicanus* Hopkins no representa un problema grave dentro de la zona de la Cuenca, a diferencia de lo que se presenta en el resto de la Sierra Fría. Sin embargo no debe minimizarse el problema puesto que este podría crecer por un manejo forestal inadecuado. Caso similar sucede con *Phoradendron* sp. cuyas poblaciones dentro de la Cuenca se mantienen controladas, pero que en un momento dado podrían desarrollarse por un saneamiento mal ejecutado o por prácticas silvícolas que debiliten el bosque.
 11. Los disturbios causados por el hombre se encuentran más ampliamente distribuidos y causan mayores afectaciones que los causados por agentes naturales, por lo que es necesario el realizar mayores esfuerzos para su control.
 12. La cuenca de la Presa Calles es saludable, sin embargo, al encontrarse en el umbral bajo de la categoría es necesario el implementar políticas de manejo que permitan que este se conserve saludable.

GLOSARIO

- Acrisol.** Literalmente, suelo ácido. Se caracterizan por tener acumulación de arcilla en el subsuelo, por sus colores rojos, amarillos o amarillos claros con manchas rojas, muy ácidos y pobres en nutrientes
- Calidad Ambiental.** Conjunto de características (ambientales, sociales, culturales y económicas) que califican el estado, disponibilidad y acceso a componentes de la naturaleza y la presencia de posibles alteraciones en el ambiente, que estén afectando sus derechos o puedan alterar sus condiciones y los de la población de una determinada zona o región.
- Cambisol.** Estos suelos son jóvenes, poco desarrollados. Se caracterizan por presentar en el subsuelo una capa con terrones que presentan vestigios del tipo de roca subyacente y que además puede tener pequeñas acumulaciones de arcilla, carbonato de calcio, fierro o manganeso. También pertenecen a esta unidad algunos suelos muy delgados que están colocados directamente encima de un tepetate
- Capacidad de carga.** 1. La población de una determinada especie que un hábitat definido puede soportar indefinidamente, sin dañar permanentemente el ecosistema del que son dependientes.
2. Tasa máxima de consumo de recursos y descarga de residuos que se puede sostener indefinidamente sin desequilibrar progresivamente la integridad funcional y la productividad de los ecosistemas principales, sin importar dónde se encuentren estos últimos.
- Castañosol.** Suelos alcalinos que se encuentran ubicados en zonas semiáridas o de transición hacia climas más lluviosos. En condiciones naturales tienen vegetación de pastizal, con algunas áreas de matorral. Frecuentemente tienen más 70 cm de profundidad y se caracterizan por presentar una capa superior de color pardo o rojizo oscuro, rica en materia orgánica y nutrientes, con acumulación de caliche suelto o ligeramente cementado en el subsuelo.
- Disturbio.** Cualquier evento relativamente discreto en el tiempo que trastorna la estructura de una población, comunidad o ecosistema y cambia los recursos, la disponibilidad de sustrato o el ambiente físico.

Entomofauna. Se refiere a insectos asociados a un ambiente o una región.

Escorrentía. Corriente de agua que se vierte al rebasar su depósito o cauce naturales o artificiales. La lámina de agua que circula sobre la superficie en una cuenca de drenaje, es decir la altura en milímetros del agua de lluvia escurrida y extendida.

Evapotranspiración. Pérdida de humedad de una superficie por evaporación directa junto con la pérdida de agua por transpiración de la vegetación. Se expresa en milímetros por unidad de tiempo.

Feozem. Suelo que presenta una capa superficial de color oscuro (horizonte mólico) y una saturación de bases de 50% o mayor y una matriz libre de carbonato de calcio, por lo menos hasta una profundidad de 100 cm o hasta el límite con una capa contrastante (roca, cementación).

Gobernanza (ambiental). Es la interacción entre instituciones, procesos y tradiciones de cómo se ejerce el poder, cómo se toman las decisiones en torno a cuestiones ambientales de interés público y a menudo privado, y cómo es que los grupos interesados se hacen escuchar"

Herpetofauna. Se refiere a los anfibios y reptiles asociados a un ambiente o región.

Horizonte del suelo. Estrato o capa aproximadamente paralela a la superficie cuyas características físicas, químicas y morfológicas son el producto de la acción conjunta de los factores formadores del suelo.

Litosol. Suelo limitado en profundidad por roca dura continua dentro de los primeros 10 cm desde la superficie.

Limitante física superficial. Característica física del terreno, que se refiere a la presencia de fragmentos de roca sobre la superficie del suelo que impide o limita el uso de implementos agrícolas.

Limitante física de profundidad. Cualquier obstáculo físico (roca, cementación, piedras) que se encuentre dentro de los primeros 100 cm de profundidad del suelo.

Limitante química. Presencia considerable de sales y/o sodio, dentro de los primeros 100 cm de profundidad del suelo, que impiden o limitan su uso con fines agrícolas.

- Litosol.** Son los suelos más abundantes del país pues ocupan 22 de cada 100 hectáreas de suelo. Se encuentran en todos los climas y con muy diversos tipos de vegetación, en todas las sierras de México, barrancas, lamerías y en algunos terrenos planos. Se caracterizan por su profundidad menor de 10 centímetros, limitada por la presencia de roca, tepetate o caliche endurecido.
- Lótico.** Es el ecosistema de un río, arroyo o manantial. Incluido en el medio ambiente están las interacciones bióticas (entre plantas, animales y microorganismos) así como las interacciones abióticas (físicas y químicas).
- Luvisol.** Suelo que tiene un incremento de acumulación de arcilla en el subsuelo (horizonte argílico) y una capacidad de intercambio catiónico mayor de 24 cmol/kg de arcilla en todo su espesor. Son frecuentemente rojos o amarillentos, aunque también presentan tonos pardos, que no llegan a ser oscuros.
- Planosol.** Connotativo de suelos generalmente desarrollados en relieves planos que en alguna parte del año se inundan en su superficie. Son medianamente profundos en su mayoría, entre 50 y 100 cm, y se encuentran principalmente en los climas templados y semiáridos.
- Perfil de Suelo.** Corte vertical de una sección del suelo, que permite la descripción con detalle de cada uno de sus horizontes o capas, cuyas propiedades manifiestan el grado de desarrollo del suelo.
- Perturbación.** Alteración en el funcionamiento “normal” de un ecosistema, que no necesariamente implica la remoción de biomasa.
- Ranker.** Suelo con un espesor menor a 25 cm, que sobreyace directamente a un material no calcáreo y tiene una saturación de bases menor de 50%.
- Resiliencia.** Cantidad de disturbio que un sistema puede absorber permaneciendo dentro del mismo estado o dominio de atracción, siendo capaz de auto-organización y de adaptación a las condiciones de cambio.
- Subunidad de suelo.** Nivel jerárquico secundario, que caracteriza los diferentes grupos de suelo, con base en la presencia o ausencia de horizontes y propiedades de diagnóstico.

Territorio. Se entiende como el sistema socioecológico que reúne la sociedad y el medio que ésta habita. El territorio se estudia tanto en sus relaciones verticales (entre sociedad y medio físico), como en sus características (organización económica, política, demográfica, espacio construido, medio físico en cuanto condiciona a la sociedad, etc.) como en sus relaciones horizontales (entre los diversos subterritorios que lo conforman)

Unidad de suelo. Nivel jerárquico mayor del sistema de clasificación, que caracteriza los principales grupos de suelo.



BIBLIOGRAFÍA

- ABER, J.D. y J. M. MELILLO. 2001. Terrestrial Ecosystems. 2th. ed. Saunder College Publishing. 429 pp.
- ACUERDO POR EL QUE SE RECATEGORIZAN COMO ÁREAS DE PROTECCIÓN DE RECURSOS NATURALES, LOS TERRITORIOS A QUE SE REFIERE EL DECRETO PRESIDENCIAL DE FECHA 8 DE JUNIO DE 1949, PUBLICADO EL 3 DE AGOSTO DEL MISMO AÑO. 2002. *Diario Oficial de la Federación*, Primera Sección, miércoles 7 de noviembre de 2002. Págs. 8-9.
- ALFONSO-CORRADO, C., R. ESTEBAN-JIMÉNEZ, R. CLARK-TAPIA, D. PIÑEIRA, J. CAMPOS y A. MENDOZA. 2004. Clonal and Genetic Structure of two Mexican Oaks: *Quercus eduardii* y *Quercus potosina* (Fagaceae). *Evolutionary Ecology* 18: 585-599.
- ALVARADO-ROSALES, D., L. DE L. SAAVEDRA-ROMERO, A. ALMARAZ-SÁNCHEZ, B. TLAPAL-BOLAÑOS, O. TREJO-RAMÍREZ, J.M. DAVIDSON, J.T. KLIEJUNAS4, S. OAK, J.G. O'BRIEN, F. OROZCO-TORRES y D. QUIROZ-REYGADAS. 2007. Agentes Asociados y su Papel en la Declinación y Muerte de Encinos (*Quercus*, Fagaceae) en el Centro-Oeste de México. *Polibotánica*. Núm. 23, pp.1-21. ISSN 1405-2768.
- ASOCIACIÓN SIERRA FRÍA (A. S. F.). 2002. Situación contra la lucha del descortezador del pino (*Dendroctonus* spp.) en la Sierra Fría, Aguascalientes (informe sometido a embajada estadounidense en México). 18 pp. (Documento no publicado)
- AYALA, G. V. y J. ZAMARRIPA. 1983. Estudio preliminar de la ornitofauna del Estado de Aguascalientes, México. Tesis Profesional del Centro Básico. Universidad Autónoma de Aguascalientes.
- BAIRD, A.J. y R. L. WILBY (Eds.). 1999. Eco-Hydrology: Plants and water in terrestrial and aquatic environments. Routledge, N.Y. 402 pp.
- BALMFORD, A., A. BRUNER, P. COOPER, R. COSTANZA, S. FARBER, R. E. GREEN, M. JENKINS, P. JEFFERISS, V. JESSAMY, J. MADDEN, K. MUNRO, N. MYERS, S. NAEEM, J. PAAVOLA, M. RAYMENT, S. ROSENDO, J. ROUGHGARDEN, K. TRUMPER, y R. K. TURNER. 2002. Economic Reasons for Conserving Wild Nature. *Science* 297:950-953.

- BARKIN, D. y T. KING 1970. Desarrollo Económico Regional: (enfoque por cuencas hidrológicas de México). México, D.F. Siglo XXI. 109 pp.
- BARON, J.S., POFF, L., ANGERMEIER, P.L. *et al.* 2003. Sustaining Healthy Freshwater Ecosystems. *Issues in Ecology* 10: 2-16.
- BENAVIDES-SOLORIO, J.D., M.J. GONZÁLEZ-GUILLEN, C. LÓPEZ-PANIAGUA Y J.R. VALDEZ-LAZALDE. 2008. Oferta Hídrica de la cuenca forestal Tapalpa, Jalisco, orientada hacia los servicios ambientales. *Madera y Bosques* 14(2):5-38.
- BRUIJNZEEL, L.A. 2004. Hydrological functions of tropical forests: not seeing the soil for the trees? *Agriculture, Ecosystems and Environment* 104: 185–228.
- BRUSSARD, P.F., J. MICHAEL REED, C. RICHARD TRACY. 1998. Ecosystem management: what is it really? *Landscape and Urban Planning*, Volume 40, Issue 1. Pages 9-20, ISSN 0169-2046, [http://dx.doi.org/10.1016/S0169-2046\(97\)00094-7](http://dx.doi.org/10.1016/S0169-2046(97)00094-7).
- CASTILLO, A. M.A. MAGAÑA, A. PUJADAS, L. MARTÍNEZ Y C. GODÍNEZ. 2005. Understanding rural people interaction with ecosystems: a case study in a tropical dry forest of Mexico. *Ecosystems* 8:1-13.
- CERVANTES-SERVIN L., M. MAASS y R. DOMÍNGUEZ-MORA. 1988. Relación lluvia-escurrimiento en un sistema pequeño de cuencas de selva baja caducifolia. *Ingeniería Hidráulica en México/enero-abril* 1:30-42.
- CHAPA-BEZANILLA, D., J. SOSA-RAMÍREZ y A. DE ALBA-ÁVILA. 2008. Estudio Multitemporal de Fragmentación de los Bosques en la Sierra Fría, Aguascalientes, México. *Madera y Bosques* 14(1):37-51.
- CHRISTENSEN, N.L., A.N. BARTUSKA, J.H. BROWN, S. CARPENTER, C. D'ANTONIO, R. FRANCIS, J.F. FRANKLIN, J.A. MACMAHON, R.F. NOSS, D.J. PARSONS, C.H. PETERSON, M.G. TURNER Y R.G. WOODMANSEE. 1996. The report of the Ecological Society of America Committee on the scientific basis for ecosystem management. *Ecological Applications* 6(3):665-691.
- CLARK-TAPIA, R., B. TORRES-BAUTISTA, C. ALFONSO-CORRADO, J. I. VALDEZ-HERNÁNDEZ, G. GONZÁLEZ-ADAME, J. BRETADO-VELAZQUEZ y J. CAMPOS-CONTRERAS. 2011. Análisis de la abundancia e infección por

- muérdago en Sierra Fría, Aguascalientes, México. *Madera y Bosques* 17(2):19-33.
- COMITÉ TÉCNICO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS (COTAS) DEL ACUÍFERO INTERESTATAL DE OJOCALIENTE-AGUASCALIENTES-ENCARNACIÓN, A.C. 2006. Escenarios del Agua 2015 y 2030 en el Acuífero Interestatal de Ojocaliente-Aguascalientes-Encarnación: acciones para un desarrollo con sostenibilidad ambiental. Informe Final. México. 60 pp.
- COSTANZA, R., R. D'ARGE, y R. DE GROOT. 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* 387:253-260.
- CUNNINGHAM, W., M.A. CUNNINGHAM y B. WOODWORTH. 2003. *Environmental Science. A global Concern*. Mc. Graw Hill. New York. 646 pp.
- DECRETO No. 88 por el que se declara Área Natural Protegida con el carácter de Zona Sujeta a Conservación Ecológica, la región de « Sierra Fría », ubicada en los municipios de San José de Gracia, Rincón de Romos, Pabellón de Arteaga, Jesús María y Calvillo, en el Estado de Aguascalientes, con una superficie de 112,090 hectáreas. *Periódico Oficial del Estado de Aguascalientes*, 30 de enero de 1994.
- DECRETO por el que se recategoriza administrativamente la Sierra Fría como Área Natural Protegida en la categoría de Área Silvestre Estatal. *Periódico Oficial del Estado de Aguascalientes*, 17 de agosto de 2015.
- DE-LA-CERDA-LEMUS, M.E. 1982. Inventario y Distribución de la Gimnospermas y Angiospermas del estado de Aguascalientes. *Estudio Taxonómico Ecológico de la Flora y Fauna del estado de Aguascalientes*. Universidad Autónoma de Aguascalientes, México. 116 pp.
- DE-LA-CERDA-LEMUS, M.E. 1989, Encinos de Aguascalientes, Universidad Autónoma de Aguascalientes. 12-88.
- DE-LA-CERDA-LEMUS, M.E. 1996. Las Gramíneas de Aguascalientes, Universidad Autónoma de Aguascalientes, 1-212.
- DE LA CERDA-LEMUS, M.E. 2008. 3.4. Pastizal. En: *La Biodiversidad en Aguascalientes: Estudio de Estado*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), Instituto del Medio Ambiente del Estado de

- Aguascalientes (IMAE), Universidad Autónoma de Aguascalientes (UAA). México. Pp: 92-96.
- DE-LA-CERDA-LEMUS, M.E. y M.E. SIQUEIROS-DELGADO, 1985. Estudio Ecológico y Florístico del estado de Aguascalientes. Programa de Investigaciones Biológicas Centro Básico, Universidad Autónoma de Aguascalientes, Ags. México. 69 pp.
- DE LA RIVA, H. G. 1993. Recursos Faunísticos: Ornitofauna, en: Biodiversidad y conservación de los recursos bióticos de Sierra Fría Ags. Investigación y Ciencia Núm. 10, noviembre. Dirección General de Asuntos Académicos. Departamento de Apoyo a la Investigación y Educación Continua. Universidad Autónoma de Aguascalientes.
- DE LEO, G.A. AND S. LEVIN. 1997. The multifaceted aspects of ecosystem integrity. Conservation Ecology [online]1(1):3. URL: <http://www.consecol.org/vol1/iss1/art3/>
- DEUTSCH, L., C. FOLKE, AND K. SKANBERG. 2003. The critical natural capital of ecosystem performance as insurance for human well-being. Ecological Economics 44:205-217.
- DÍAZ-NÚÑEZ, V. 2005. Uso de Semioquímicos para el Manejo y Monitoreo de Escarabajos Descortezadores (*Dendroctonus* Spp.) del Pino, en La Sierra Fría, Aguascalientes. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de Aguascalientes. México.
- DÍAZ, V., J. SOSA-RAMÍREZ, J. y D.R. PÉREZ-SALICRUP. 2012. Distribución y Abundancia de las Especies Arbóreas y Arbustivas en la Sierra Fría, Aguascalientes, México. Polibotánica. 34:99-126. ISSN 1405-2768.
- DUNNE, T. y LEOPOLD, L.B. 1943. Water in environmental planning. W.H. Freeman and Company, New York.
- ESQUEMA DE DESARROLLO URBANO DE LA CONGOJA Y RANCHO VIEJO 2013-2035. Periódico Oficial del Estado de Aguascalientes, 21 de julio de 2014.
- FOLKE, C., S. R. CARPENTER, y T. ELMQVIST. 2002. Resilience and sustainable development: building adaptive capacity in a world of transformations. Ambio 31:437-440.

- FRANCO-VIZCAINO, E., M. ESCOTO-RODRÍGUEZ, J. SOSA-RAMÍREZ Y R.A. MINNICH. 2002. Water Balance at the Southern Limit of the Californian Mixed-Conifer Forest and Implications for Extreme Deficit Watersheds. *Arid Land Research and Management* 16:133-147.
- GARCÍA, E. 1981. Modificaciones al sistema de clasificación de Köpen. Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 246 pp.
- GARCIA-OLIVA, F., L. BARAJAS, M. NAVA-MENDOZA y J. M. MAASS. 2002. Long Term C, N and P Losses by Sediment Yield in five Watershed in a Mexican Tropical Deciduous Forest Ecosystems. 12th ISCO Conference. Beijing: 251-255.
- GARCÍA-REGALADO, G. 1998. La familia Loranthacea (injetos) del Estado de Aguascalientes, México. *Polibotánica*. Num. 7. Pp 1-14. ISSN 1405-2768.
- GLEICK, P.H. (Ed.) 1993. *Water in Crisis: a guide to the World's fresh water resources*. Oxford University Press. 473 pp.
- GRAU, R. (Sin fecha) *Disturbios y Heterogeneidad Ambiental. Ecología de Paisajes y Regiones*. Disponible en línea en: www.ecologiadelpaisaje.googlepages.com/Tema3.1_EcologadeDisturbios.doc, fecha de consulta 16 de noviembre de 2009.
- GRUPO ECOLÓGICO SIERRA GORDA (GESG). 2006. Conservación de la Biodiversidad en la Reserva de la Biosfera Sierra Gorda. *Boletín Informativo*.
- GUNDERSON, L. H., AND C. S. HOLLING. 2002. *Panarchy: understanding transformations in systems of humans and nature*. Island Press, Washington, D. C.
- GUTIÉRREZ, R.G. 1986. Estudio del comportamiento del muérdago sobre *Quercus* spp. en la sierra de San Blas de Pabellón del estado de Aguascalientes. Tesis UAA Aguascalientes. 45 p.
- HARGREAVES, G.H. y Z.A. SAMANI. 1985. Reference crop evapotranspiration from temperature. *Applied Eng. in Agric.*, 1(2): 96-99.
- HATTON, T. P. REGGIANI AND G. HODGSON. 2002. The role of trees in the water and salt balances of catchments. En. R. Stirzaker, R. Vertessy and A. Sarre. ***Trees, water and salt: an Australian guide to using trees for healthy catchment***

- and productive farms.** Joint Venture Agroforestry Program CSIRO Land and Water, Australia. Pp. 27-32.
- HERNÁNDEZ-DUEÑAS, F.J.y L.H. MACIEL PÉREZ. 2004. Guía de Riego Superficial para el Distrito 01 Pabellón, Aguascalientes, México. Folleto Técnico Núm. 22. Gobierno del Estado de Aguascalientes, CONCyTEA, Universidad Autónoma de Aguascalientes, INIFAP, Fundación PRODUCE Aguascalientes A.C. 55 pp.
- HOBBS R. J. Y L. F. HUENNEKE. 1992. Disturbance, diversity, and invasion: implications for conservation. *Conservation Biology* 6(3): 324-337.
- HORNUNG, M. y REYNOLDS, B. 1995. The effects of natural and anthropogenic environmental changes on ecosystem process at the catchment scale. *Trends in Ecology & Evolution* 10(11): 443-449.
- HOLLING, C. S. 1973. Resilience and stability of ecological systems. *Annual Review of Ecology and Systematics* 4:1-23.
- HORNUNG, M. y REYNOLDS, B. 1995. The effects of natural and anthropogenic environmental changes on ecosystem process at the catchment scale. *Trends in Ecology & Evolution* 10(11): 443-449.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA, GEOGRAFÍA E INFORMÁTICA. 1980. Continuo Nacional del Conjunto de Datos Geográficos de la Carta de Precipitación Total Anual, 1:1 000 000, serie I.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICA, GEOGRAFÍA E INFORMÁTICA. 1989. Guía para la Interpretacion de Cartografía, Climatología. Aguascalientes. 50 pp.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICA Y GEOGRAFIA. 2006. Sistema de Consulta de Variables Climatologicas "Mixcoac". <http://10.15.3.225/mixcoac>, 26 de junio de 2007.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y GEOGRAFÍA (INEGI). 2008. 1.4. Suelos. En: La Biodiversidad en Aguascalientes: Estudio de Estado. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), Instituto del Medio Ambiente del Estado de Aguascalientes (IMAE), Universidad Autónoma de Aguascalientes (UAA). México. Pp: 29-33.

KELLER, G. Y J. SHERAR. 2004. Ingeniería de Caminos Rurales. Guía de campo para las mejores prácticas de administración de caminos rurales. USDA Forest Service International Programs, US Agency for International Development e Instituto Mexicano del Transporte.

LA BIODIVERSIDAD EN AGUASCALIENTES: ESTUDIO DE ESTADO. 2008. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), Instituto del Medio Ambiente del Estado de Aguascalientes (IMAE), Universidad Autónoma de Aguascalientes (UAA). México.

LACKEY, R. T. 1995. Ecosystem health, biological diversity, and sustainable development: research that makes a difference. *Renewable Resources Journal*. 13(2): 8-13.

LACKEY, R.T. 1998. Seven pillars of ecosystem management. *Landscape and Urban Planning*, Volume 40, Issue 1. Pages 21-30, ISSN 0169-2046, [http://dx.doi.org/10.1016/S0169-2046\(97\)00095-9](http://dx.doi.org/10.1016/S0169-2046(97)00095-9).

LEY DE AGUAS NACIONALES. Diario Oficial de la Federación, última modificación 18 de abril de 2008.

LEY DE FOMENTO PARA EL DESARROLLO FORESTAL SUSTENTABLE DEL ESTADO DE AGUASCALIENTES. Periódico Oficial del Estado de Aguascalientes, 11 de septiembre de 2006.

LEY DE PROTECCIÓN AMBIENTAL PARA EL ESTADO DE AGUASCALIENTES. Periódico Oficial del Estado de Aguascalientes, 25 de octubre de 2010.

LEY GENERAL DE DESARROLLO FORESTAL SUSTENTABLE. Diario Oficial de la Federación, última modificación 24 de noviembre de 2008.

LEY GENERAL DE VIDA SILVESTRE. Diario Oficial de la Federación, última modificación 14 de octubre de 2008.

LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y LA PROTECCIÓN AL AMBIENTE. Diario Oficial de la Federación, última modificación 5 de julio de 2007.

LIKENS, G.E. 1985. An experimental approach for the study of ecosystems. *Journal of Ecology* 73:381-396.

- LLEDÓ, M.J. Y J. PIÑOL. 1989. BALANCE HÍDRICO DE DOS CUENCAS DE ENCINAR DE LA SERRA DE PRADES (TARRAGONA). Options Méditerranéennes-Série Séminaires- n° 3: 227-231.
- MAASS, J. M. Y A. MARTÍNEZ-YRÍZAR. 1990. Los ecosistemas: definición, origen e importancia del concepto. En: Ecología y Conservación. J. Soberón y C. Bonfil (Eds.). Número especial de la revista **Ciencias** No. 4:10-20.
- MAASS, J. M., V. JARAMILLO, A. MARTÍNEZ-YRÍZAR, F. GARCÍA-OLIVA, A. PÉREZ-JIMÉNEZ y J. SARUKHÁN. 2002. Aspectos funcionales del ecosistema de selva baja caducifolia en Chamela, Jalisco. En: F. Noguera, R. Ayala, M. Quezada, J. Vega y N. García Alderete. Historia Natural de Chamela. Instituto de Biología, UNAM. Pp. 525-542.
- MAASS, J.M. 2003a. El Agua como elemento Indicador de los procesos funcionales del ecosistema. En: P. Ávila (Ed.) "El Agua, medio ambiente y desarrollo en el Siglo XXI". Colegio de Michoacán, IMTA y SUMA. México. Pp: 109-116.
- MAASS, J.M. 2003b. Principios generales sobre manejo de ecosistemas. En: Sánchez, Ó., E. Vega-Peña, E. Peters y O. Monroy-Vilchis. **Conservación de Ecosistemas Templados de Montaña en México**. INE, U. S. Fish & Wildlife Service, Ford Foundation., México, D. F. Pp:117-136.
- MAASS, J. M., P. BALVANERA, A. CASTILLO, G. C. DAILY, H. A. MOONEY, P. EHRLICH, M. QUESADA, A. MIRANDA, V. J. JARAMILLO, F. GARCÍA-OLIVA, A. MARTÍNEZ-YRIZAR, H. COTLER, J. LÓPEZ-BLANCO, J. A. PÉREZ-JIMÉNEZ, A. BÚRQUEZ, C. TINOCO, G. CEBALLOS, L. BARRAZA, R. AYALA y J. SARUKHÁN 2005. "Ecosystem services of tropical dry forests: insights from long-term ecological and social research on the Pacific Coast of Mexico." Ecology and Society 10: 17 (online).
- MAASS, M Y H. COTLER. 2007. El protocolo para el manejo de ecosistemas en cuencas hidrográficas. En: El manejo integral de cuencas en México. Estudios y reflexiones para orientar la política ambiental. H. Cotler (Compiladora). Segunda edición. Pp: 41-58.
- MALDONADO-DE-LEÓN, O. A., O. L. PALACIOS-VELEZ, J. L. OPOREZA-MOTA, R. SPRINGALL-GALINDO y D. S. FERNÁNDEZ-REYNOSO. 2001. Empleo del

- modelo SWRRB para generar alternativas de manejo de la cuenca Itzapa, Guatemala. *Agrociencia* 35(3): 335-345.
- MARTÍN-CLEMENTE, C. R. 2002. Densidad Poblacional de Pájaros Carpinteros e Infestación por Insectos Descortezadores en Árboles del Género *Pinus* del Área Natural Protegida "Sierra Fría", Aguascalientes, México. Universidad Autónoma de Aguascalientes. México.
- MARTÍN-CLEMENTE, C. R., J. SOSA-RAMÍREZ, M. MAASS, J.A. MERAZ JIMÉNEZ, J.J. LUNA RUIZ Y E. FLORES ANCIRA. 2010. Caracterización de los Disturbios presentes en la Cuenca Presa Calles, Sierra Fría, Aguascalientes, Méx. Memorias del Sexto Congreso la Investigación en el Posgrado. Universidad Autónoma de Aguascalientes. Aguascalientes, México.
- MARTÍNEZ-MARTINEZ, J. 2005. Fitodiversidad, Estructura y Conservación de la Vegetación de la Estación Biológica UAA "Rancho Agua Zarca", Mpio. San José de Gracia, Aguascalientes. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de Aguascalientes. 109 pp.
- MERÁZ JIMÉNEZ, A.J., J.L. GALARZA MENDOZA, J. SOSA RAMÍREZ, A. PONCE MONTOYA y J.A. TORRES GONZÁLEZ. 2011. Ordenamiento Ecológico Comunitario: Un Modelo de Manejo de Recursos Naturales para el Desarrollo Comunitario. Estudio de Caso Ejido Potrero de Los López, Aguascalientes. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, vol. 17, núm. 1, 2011, pp. 151-163. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.
- MEYERSON, L. A., J. BARON, J. M. MELILLO, R. J. NAIMAN, R. I. O'MALLEY, G. ORIAN, M. A. PALMER, A. S. P. PFAFF, S. W. RUNNING, y O. E. SALA. 2005. Aggregate measures of ecosystem services: can we take the pulse of nature? *Frontiers in Ecology* 3: 56-59.
- MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT, M. E. 2005. Ecosystems and Human Well-being: Synthesis. Washington, D.C., Island Press.
- MINNICH, R., J. SOSA-RAMÍREZ, E. FRANCO-VIZCAÍNO, W. J. BARRY y M.E. SIQUEIROS-DELGADO. 1994. Reconocimiento preliminar de la vegetación y de los impactos de las actividades humanas en la Sierra Fría, Aguascalientes, México. *Investigación y Ciencia*: 23-29.

- (THE) MONTRÉAL PROCESS. 2009. Criteria and Indicators for the Conservation and Sustainable Management of Temperate and Boreal Forests. En: www.mpci.org
- MORENO-RICO, O., R. VELÁSQUEZ-VALLE, G. SÁNCHEZ-MARTÍNEZ, M. E. SIQUEIROS-DELGADO, M. DE LA CERDA-LEMUS³ y R. DÍAZ-MORENO. 2010. Diagnóstico Fitopatológico de las Principales Enfermedades en Diversas Especies de Encinos y su Distribución en la Sierra Fría de Aguascalientes, México. Polibotánica. Núm. 29. Pp. 165-189. ISSN 1405-2768.
- NARVAEZ-FLORES, R., P. WRIGHT, M. MARTÍNEZ-SALVADOR, S. ALVIDREZ-VITOLAS, L. IGLESIAS-GUTIÉRREZ, L.A. DOMÍNGUEZ-PEREDA, V. GÓMEZ-HERRERA, S. G. RODRÍGUEZ-GARCÍA, G. MONTES-OLIVAS, J. A. MOLINA-SÁNCHEZ, C. I. MARTÍNEZ-BARRERA y A. BOJORQUEZ-CHÁVEZ. 2003. Criterios e Indicadores: Una Herramienta para Evaluar la Sustentabilidad del Manejo Forestal en Bosques Templados y Tropicales. Tema Didáctico Núm 2. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. 53pp.
- NILSSON, CH. y BERGREN, K. 2000. Alterations of riparian Ecosystems caused by river regulation. Bioscience 50(9): 783-792.
- NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-005-SEMARNAT-1997, Procedimientos, criterios y especificaciones para realizar el aprovechamiento, transporte y almacenamiento de corteza, tallos y plantas completas de vegetación forestal. Diario Oficial de la Federación, 20 de mayo de 1997.
- NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-007-SEMARNAT-1997, Procedimientos, criterios y especificaciones para realizar el aprovechamiento, transporte y almacenamiento de ramas, hojas o pencas, flores, frutos y semillas. Diario Oficial de la Federación, 30 de mayo de 1997.
- NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-010-SEMARNAT-1996, Procedimientos, criterios y especificaciones para realizar el aprovechamiento, transporte y almacenamiento de hongos. Diario Oficial de la Federación, 28 de mayo de 1997.
- NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-011-CNA-2000, Conservación del recurso agua- Que establece las especificaciones y el método para determinar la disponibilidad

media anual de las aguas nacionales. Diario Oficial de la Federación, Primera Sección, miércoles 17 de abril de 2002. Págs. 2-21.

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-011-SEMARNAT-1996, Procedimientos, criterios y especificaciones para realizar el aprovechamiento, transporte y almacenamiento de musgo, heno y doradilla. Diario Oficial de la Federación, 26 de junio de 1996.

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-012-SEMARNAT-1996, Procedimientos, criterios y especificaciones para realizar el aprovechamiento, transporte y almacenamiento de leña para uso doméstico. Diario Oficial de la Federación, 26 de junio de 1996.

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-019-SEMARNAT-2006, Que establece los lineamientos técnicos de los métodos para el combate y control de insectos descortezadores. Diario Oficial de la Federación, 23 de julio de 2008.

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-020-SEMARNAT-2001, Procedimientos y lineamientos que se deberán observar para la rehabilitación, mejoramiento y conservación de los terrenos forestales de pastoreo. Diario Oficial de la Federación, 10 de diciembre de 2001.

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-026-SEMARNAT-2005, Que establece los criterios y especificaciones técnicas para realizar el aprovechamiento comercial de resina de pino. Diario Oficial de la Federación, 28 de septiembre de 2006.

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-027-SEMARNAT-1996, Procedimientos, criterios y especificaciones para realizar el aprovechamiento, transporte y almacenamiento de tierra de monte. Diario Oficial de la Federación, 5 de junio de 1996.

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-028-SEMARNAT-1995, Procedimientos, criterios y especificaciones para realizar el aprovechamiento, transporte y almacenamiento de raíces y rizomas de vegetación forestal. Diario Oficial de la Federación, 24 de junio de 1996.

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, o cambio-lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación, 30 de diciembre de 2010.

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-060-SEMARNAT-2001, Especificaciones para mitigar los efectos adversos ocasionados en los suelos y cuerpos de agua por el aprovechamiento forestal. Diario Oficial de la Federación, 13 de mayo de 1994.

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-061-SEMARNAT-1994, Especificaciones para mitigar los efectos adversos ocasionados en la flora y fauna silvestres por el aprovechamiento forestal. Diario Oficial de la Federación, 13 de mayo de 1994.

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-062-SEMARNAT-1994, Especificaciones para mitigar los efectos adversos sobre la biodiversidad ocasionados por el cambio de uso del suelo de terrenos forestales a agropecuarios. Diario Oficial de la Federación, 13 de mayo de 1994.

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-126-SEMARNAT-2000, Especificaciones para la realización de actividades de colecta científica de material biológico de especies de flora y fauna silvestres y otros recursos biológicos en el territorio nacional. Diario Oficial de la Federación, 20 de marzo de 2001.

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-142-SEMARNAT-2003, Que establece los lineamientos técnicos para el combate y control del eucalipto *Glycaspis brimblecombei* Moore. Diario Oficial de la Federación, 31 de diciembre de 2003.

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-144-SEMARNAT-2004, Que establece las medidas fitosanitarias reconocidas internacionalmente para el embalaje de madera, que se utiliza en el comercio internacional de bienes y mercancías. Diario Oficial de la Federación, 18 de octubre de 2005.

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-152-SEMARNAT-2006, Que establece los lineamientos, criterios y especificaciones de los contenidos de los programas de manejo forestal para el aprovechamiento de los recursos forestales maderables en bosques, selvas y vegetación de zonas áridas. Diario Oficial de la Federación, 17 de octubre de 2008.

OSMOND, C.B., O. BJÖRKMAN AND D.J. ANDERSON. 1980. Physiological processes in plant ecology. Springer-Verlag, New York.

PICKETT, S. T. A. y P. S. WHITE (eds.). 1985. The Ecology of Natural Disturbance and Patch Dynamics. Academic Press, EE.UU., 472 pp.

- PIÑA-POUJOL, P.C. 2007. Regionalización eco-hidrológica de la cuenca del río Cuitzmala, Jalisco, México. Tesis de Maestría. Postgrado en Ciencias Ambientales, Centro de Investigaciones en Ecosistemas, Universidad Nacional Autónoma de México, Campus Morelia. 83pp.
- PROGRAMA DE DESARROLLO URBANO DE SAN JOSÉ DE GRACIA, AGS 1995-2010. Periódico Oficial del Estado de Aguascalientes, 12 de noviembre de 1995.
- PROGRAMA DE MANEJO DEL ÁREA SILVESTRE ESTATAL SIERRA FRÍA. Periódico Oficial del Estado de Aguascalientes, 9 de mayo de 2016.
- RAPPORT, D. J. y W. G. WHITFORD 1999. How ecosystems respond to stress. Common properties of arid and aquatic systems. Bioscience 49(3):193-203.
- REGLAMENTO DE LA LEY DE AGUAS NACIONALES. Diario Oficial de la Federación, 16 de noviembre de 2006.
- REGLAMENTO DE LA LEY GENERAL DE VIDA SILVESTRE. Diario Oficial de la Federación, 30 de noviembre de 2006.
- REGLAMENTO DE LA LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y LA PROTECCIÓN AL AMBIENTE EN MATERIA DE ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS. Diario Oficial de la Federación, 16 de noviembre de 2006.
- REINERS, W. 1992. Twenty years of ecosystems reorganization following experimental deforestation and regrowth suppression. Ecological Monograph 62 (4): 503-523.
- ROBERTS, J. 1999. Plants and water in forests and woodlands. In: Baird, A.J. & Wilby, R.L. (Ed.) Eco-Hidrology: plants and water in terrestrial and aquatic environments. Routledge, London, England. Pp: 181-236
- RODRÍGUEZ, H. y J. GARCÍA. 1985. Estudio sobre el comportamiento del descortezador *Dendroctonus mexicanus* Hopk. y sus efectos sobre el género *Pinus* spp. en la Sierra de San Blas de Pabellón, San José de Gracia, Estado de Aguascalientes. Tesis de Licenciatura. Departamento de Biología. Centro Básico. Universidad Autónoma de Aguascalientes.
- SAMANI, Z. 2000. Estimating Solar Radiation and Evapotranspiration Using Minimum Climatological Data. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, Vol. 126, No. 4, pp. 265-267

- SÁNCHEZ-MARTÍNEZ, G., O. MORENO-RICO Y M.E. SIQUEIROS-DELGADO. 2010. *Crioprosopus magnificus* LeConte (Coleoptera: Cerambycidae) in Aguascalientes, Mexico: biological observations and geographical distribution. *Coleopterists Bulletin* 64:319-328.
- SARUKHÁN, J. Y J. M. MAASS. 1990. Bases ecológicas para un manejo sostenido de los ecosistemas: el sistema de cuencas hidrológicas. Capítulo del libro "*Medio ambiente y desarrollo en México*" Vol I (E. Leff ed.). UNAM (CIIH)-Porrúa. Pp:81-114.
- SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES (SEMARNAT). Dirección General de Vida Silvestre. 2010. Tasas de Aprovechamientos Autorizadas En: <http://www.semarnat.gob.mx/gestionambiental/vidasilvestre/Pages/aprovechamientos.aspx>
- SEMARNAT-CONANP-UAA. 2010. Memorias del Encuentro sobre Manejo de Áreas Naturales SEMARNAT-CONANP. Área de Protección del Distrito de Riego 001 de Pabellón de Arteaga, Ags. Universidad Autónoma de Aguascalientes. (Datos no publicados)
- SIQUEIROS-DELGADO, M.E. 1989. Coníferas de Aguascalientes, Universidad Autónoma de Aguascalientes, 13-67.
- SIQUEIROS-DELGADO, M.E. 1996. Leguminosas de Aguascalientes, Universidad Autónoma de Aguascalientes, 1-193.
- SIQUEIROS-DELGADO, M.E. 2008. 3.1. Bosque. En: *La Biodiversidad en Aguascalientes: Estudio de Estado*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), Instituto del Medio Ambiente del Estado de Aguascalientes (IMAE), Universidad Autónoma de Aguascalientes (UAA). México. Pp: 82-84.
- SORIANO-VALLÉS, S. 2003. Estudios de escarabajos descortezadores del pino del género *Dendroctonus* en la Sierra Fría, Aguascalientes: especies, distribución y manejo con feromonas. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de Aguascalientes. México.

- SOSA-RAMÍREZ, J., O. MORENO-RICO, G. SÁNCHEZ-MARTÍNEZ, M.A. SIQUEIROS-DELGADO y V. DÍAZ-NÚÑEZ. 2011. Ecología y Fitosanidad de los encinos (*Quercus* spp.) en la Sierra Fría, Aguascalientes, México. *Madera y Bosques* 17(3):49-63
- SOSA-RAMÍREZ J., V. DÍAZ-NÚÑEZ y A. PONCE-MONTOYA. 2015. Diversidad y productividad del estrato herbáceo en una sabana de la Sierra Fría, Aguascalientes. *Áreas Naturales Protegidas Scripta*. Vol. I (2): 51-66 DOI:10.18242/ANPScripta.2015.01.01.02.0003
- SOUSA, W. P. 1984. The role of disturbance in natural communities. *Annual Review of Ecology and Systematics* 15:353-391.
- STANFORD, J.A. Y G.C. POOLE. 1996. A protocol for ecosystem management. *Ecological Applications* 6:741-744.
- STOLL-KLEEMANN, S., S. BENDER, A. BERGHÖFER, M. BERTZKY, N. FRITZ-VIETTA, R. SCHLIEP, AND B. THIERFELDER. 2006. Linking Governance and Management Perspectives with Conservation Success in Protected Areas and Biosphere Reserves. Berlín: Humboldt University.
- SWANK, W.T., LW SWIFT, JR, y D JE DOUGLAS. 1988. Streamflow changes associated with forest cutting, species conversions, and natural disturbances. In: *Forest Hydrology and Ecology at Cowetta*. Swank, W.T, & Crossley Jr, D.A. (Eds.) *Ecological Studies* 66. Springer Verlag, New York. Pp. 297 – 312.
- THORNTON, C. W. 1948. "An approach toward a rational classification of climate". *Geographical Review* 38 (1): 55–94
- THORNTON, C.W. y J.R. MATHER. 1957. Instructions and tables for computing potencial evapotranspiration and the water balance. Laboratory of Climatology, Publication nº 10. Centertown, N.J.
- TIMKO, J.A. y J. L. INNES. 2009. Evaluating ecological integrity in national parks: Case studies from Canada and South Africa. *Biological Conservation*. 142: 676-688.
- TISCAREÑO-SILVA, R., C.R. MARTÍN-CLEMENTE y A. SALADO RODRÍGUEZ. 2008. Determinación de la Factibilidad de la Estación Biológica Agua Zarca, para ser considerada dentro del concepto de Pago de Servicios Ambientales. Memoria de

resúmenes Noveno seminario de Investigación. Universidad Autónoma de Aguascalientes. Aguascalientes, México. Pp. 45-47. (ISSN: 1870-4921)

USDA FOREST SERVICE. 2006. Internacional Programs. Latin America & The Caribbean: México. http://www.fs.fed.us/global/globe/l_amer/mexico.htm Fecha de consulta: 6 de diciembre de 2006.

VÁSQUEZ-DÍAZ, J. Y G.E. QUINTERO-DÍAZ. 1997. Anfibios y Reptiles de Aguascalientes. Centro de Investigación y Estudios Multidisciplinarios de Aguascalientes, A.C.

WRIGHT, P. A., G. ALWARD, J.L. COLBY, T.W. HOEKSTRA, B. TEGLER, AND M. TURNER. 2002. Monitoring for forest management unit scale sustainability: The local unit criteria and indicators development (LUCID) test (management edition). Fort Collins, CO: USDA Forest Service Inventory and Monitoring Report No. 5. 54 p.

[http://www.fao.org/docrep/X0490E/x0490e0j.htm#annex 2.](http://www.fao.org/docrep/X0490E/x0490e0j.htm#annex2) meteorological tables

http://www.fs.fed.us/emc/rig/lucid/mexican_lucid/



**ANEXO A. NORMALES CLIMATOLÓGICAS DEL SERVICIO METEOROLÓGICO
NACIONAL**

SERVICIO METEOROLÓGICO NACIONAL
NORMALES CLIMATOLÓGICAS 1971-2000

ESTADO DE AGUASCALIENTES

ESTACION: 00001018 PRESA PLUTARCO E CALLES, LAT.: 22°08'32" N. LONG.: 102°24'56" W. ALTURA: 2,020.0 MSNM.

ELEMENTOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
TEMP. MAXIMA													
NORMAL	21.4	23.2	26	28.2	29.9	28.3	25.9	25.7	25.2	24.8	24.1	21.8	25.4
MAXIMA MENSUAL	25	27.5	28.6	31.6	33.3	31.6	28.7	29.7	28.4	27.2	26.9	25.3	
AÑO DE MAXIMA	2000	1999	2000	1999	1998	1982	1997	1997	2000	2000	1998	1998	
MAXIMA DIARIA	28	32	33	36	36.5	36	32.5	32.5	32	33	30	29	
AÑOS CON DATOS	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	
TEMP. MEDIA													
NORMAL	12.6	14.1	16.7	19.2	21.3	21.1	19.7	19.4	18.8	17.4	15.3	13.4	17.4
AÑOS CON DATOS	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	
TEMP. MINIMA													
NORMAL	3.8	5	7.4	10.1	12.6	13.9	13.4	13	12.5	9.9	6.5	4.9	9.4
MINIMA MENSUAL	1.3	1.9	4.5	8.8	10.3	12.4	11.9	11.9	10.9	7	3.1	1.6	
AÑO DE MINIMA	1999	1983	1986	1977	1979	1978	2000	2000	1975	1979	1999	1999	
MINIMA DIARIA	-6	-4	0	2	5	7	8	8	4	2	-3	-6.5	
AÑOS CON DATOS	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	
PRECIPITACION													
NORMAL	18.5	4.3	2.1	4.5	27.2	81.9	117.1	100.8	68.8	34	8.9	10.8	478.9
MAXIMA MENSUAL	223.2	26.6	22	21.5	132.3	243.3	455.6	225.7	138.5	141.5	78.6	73.6	
AÑO DE MAXIMA	1992	1990	1997	1997	2000	1985	1991	1971	1971	1992	1976	1979	
MAXIMA DIARIA	38.6	17.5	9	17	63.2	58	101.8	66.4	54	49	26.5	46	
AÑOS CON DATOS	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	
EVAPORACION													
NORMAL	116.5	149.5	227.9	245.1	253.4	193	163.5	151.2	129.7	125.3	114.7	101.3	1,971.1
AÑOS CON DATOS	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	
NUM. DIAS C/ LLUVIA													
NORMAL	1.9	1	0.6	1.1	3.2	8.2	11.1	11	8.1	4	1.3	1.8	53.3
AÑOS CON DATOS	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	
NIEBLA													
NORMAL	0	0.1	0	0	0	0.1	0	0.3	0	0.4	0.4	0	1.3
AÑOS CON DATOS	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	
GRANIZO													
NORMAL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AÑOS CON DATOS	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	
TORMENTA E.													
NORMAL	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0	0.1
AÑOS CON DATOS	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	

ESTACION: 00001010 LA TINAJA, LAT.: 22°09'55" N. LONG.: 102°33'21" W. ALTURA: 2,425.0 MSNM.

ELEMENTOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
TEMP. MAXIMA													
NORMAL	18.5	20.1	22.2	24.8	26.5	25.7	22.7	22.5	22	21.4	20.5	18.6	22.1
MAXIMA MENSUAL	23.1	26	25.5	28.8	30.3	31	30	32.6	31.8	27	23.2	22	
AÑO DE MAXIMA	1972	1995	1971	1999	1998	1975	1999	1999	1971	1999	1972	1972	
MAXIMA DIARIA	28.5	30	30	33	35	36	33	35	34	31	27	28	
AÑOS CON DATOS	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	
TEMP. MEDIA													
NORMAL	10.3	11.4	13.7	16.4	18.2	18	16.1	16	15.3	14.2	12.5	10.9	14.4
AÑOS CON DATOS	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	
TEMP. MINIMA													
NORMAL	2.1	2.7	5.3	8	9.9	10.4	9.5	9.4	8.6	7	4.5	3.1	6.7
MINIMA MENSUAL	0.4	-0.3	2.1	5.3	6.8	7.8	7.7	7.8	7	4.4	2.1	0.2	
AÑO DE MINIMA	1999	1983	1986	1997	1987	1976	1984	1974	1984	1974	1979	1999	
MINIMA DIARIA	-6	-6	-4	-2	3	5	5	3	-3	-2	-6	-8	
AÑOS CON DATOS	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	
PRECIPITACION													
NORMAL	27.4	10.2	4.1	7.5	31.1	104.4	156.1	132.8	102.9	45	16	15	652.5
MAXIMA MENSUAL	289.5	54	35.5	68	180.5	278.5	438	326	214.1	177	142.5	63.5	
AÑO DE MAXIMA	1992	1990	1972	1997	2000	1986	1991	1973	1976	1992	1976	1989	
MAXIMA DIARIA	55	46.5	14.5	25	71.5	73.5	85	70	84.5	62.5	36.5	27.5	
AÑOS CON DATOS	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	
EVAPORACION													
NORMAL	124.6	141	214.8	227.1	234	184.4	152.9	139.5	131	138.8	124	112.4	1,924.5
AÑOS CON DATOS	28	28	28	29	29	30	30	29	29	29	29	29	
NUM. DIAS C/ LLUVIA	2.5	1.2	0.8	1.2	3.7	9.3	12	12.1	9.1	5	1.9	2.2	61
AÑOS CON DATOS	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	
NIEBLA													
NORMAL	1.7	0.4	0.1	0.2	0.2	1.2	3.8	3.5	3.6	2.5	1.4	1.7	20.3
AÑOS CON DATOS	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	
GRANIZO													
NORMAL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AÑOS CON DATOS	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	
TORMENTA E.													
NORMAL	0	0	0	0	0	0	0.1	0.3	0.4	0	0	0	0.8
AÑOS CON DATOS	30	30	30	30	30	30	28	30	30	29	30	30	

ESTACION: 00001089 PRESA 50 ANIVERSARIO, SA, LAT.: 21°11'19" N. LONG.: 102°28'01" W. ALTURA: 2,050.0 MSNM.

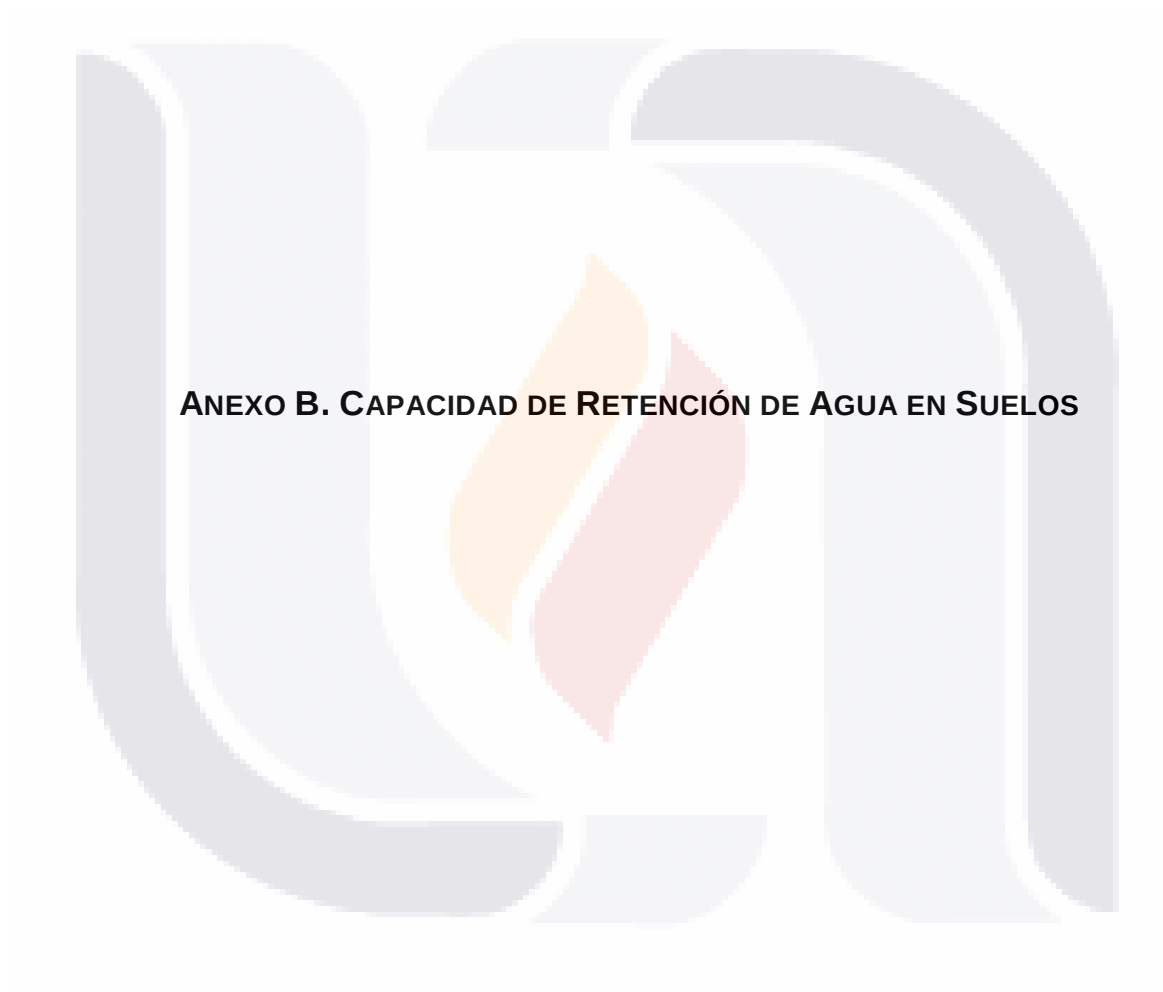
ELEMENTOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
TEMP. MAXIMA													
NORMAL	21.1	23.4	25.6	27.7	29.2	28.1	25.2	25.5	24.9	24.6	23.9	22.1	25.1
MAXIMA MENSUAL	23.6	25.9	28	30.3	31.2	31.1	27.6	28.2	28	26.8	26	24.3	
AÑO DE MAXIMA	2000	1999	1991	1986	1991	1982	1997	1997	2000	1984	2000	1998	
MAXIMA DIARIA	27.5	29.5	32	34.5	35.5	34.5	31.5	31	30	31	29	28	
AÑOS CON DATOS	19	19	20	18	19	19	20	20	19	19	20	20	
TEMP. MEDIA													
NORMAL	12.3	14.1	16.2	18.8	20.7	20.7	18.9	18.9	18.4	16.9	15.1	13.3	17
AÑOS CON DATOS	19	19	20	18	19	19	20	20	19	19	20	20	
TEMP. MINIMA													
NORMAL	3.4	4.8	6.8	9.9	12.1	13.3	12.6	12.4	11.8	9.2	6.2	4.4	8.9
MINIMA MENSUAL	1.2	2.1	3.9	8	10.2	12.4	11.4	11.4	10.6	7.3	3.1	1.5	
AÑO DE MINIMA	1999	1998	1986	1997	1992	1985	1985	1986	1985	1987	1999	1997	
MINIMA DIARIA	-5	-4	-1.5	2.5	6	6	8	7	4.5	0.7	-2.5	-8	
AÑOS CON DATOS	19	19	20	18	19	19	20	20	19	19	20	20	
PRECIPITACION													
NORMAL	23.6	5.6	3.9	5.8	23.2	94.7	133.5	88.7	68.5	46.1	9.1	10	512.7
MAXIMA MENSUAL	195.4	26.2	42.9	23.8	121.6	208	420.4	203.9	127.4	126.8	28.7	44.7	
AÑO DE MAXIMA	1992	1997	1997	1997	2000	1986	1991	1995	1996	1992	1982	1989	
MAXIMA DIARIA	37	26.2	24	20	62	59.6	84	46.7	49.3	45.5	22	25.8	
AÑOS CON DATOS	19	19	20	18	19	19	20	20	19	19	20	20	
EVAPORACION													
NORMAL	126.6	164.3	246.9	268.2	268.5	205.4	165.7	163.4	136.6	139.8	133.1	118.4	2,136.9
AÑOS CON DATOS	19	19	20	18	19	19	20	20	19	19	20	20	
NUM. DIAS C/ LLUVIA													
NORMAL	2.5	1.5	1.1	1.5	4.2	9.7	12.2	11.6	9.4	5.8	1.9	2.4	63.8
AÑOS CON DATOS	19	19	20	18	19	19	20	20	19	19	20	20	
NIEBLA													
NORMAL	0.1	0	0	0.1	0	0	0.5	0.1	0	0.1	0.1	0.1	1.1
AÑOS CON DATOS	19	19	20	18	19	19	20	20	19	19	20	20	
GRANIZO													
NORMAL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AÑOS CON DATOS	19	19	20	18	19	19	20	20	19	19	20	20	
TORMENTA E.													
NORMAL	0	0	0	0	0.3	0.1	0	0.1	0.2	0.3	0.1	0	1.1
AÑOS CON DATOS	19	19	20	18	19	19	20	20	19	19	20	20	

ESTACION: 00001047 AGUA ZARCA, LAT.: 22°01'30" N. LONG.: 102°34'22" W. ALTURA: 2,300.0 MSNM.

ELEMENTOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
TEMP. MAXIMA													
NORMAL	19.9	21.1	23.3	24.9	27.1	25.9	23.5	23	23.1	22.8	21	19.6	22.9
MAXIMA MENSUAL	24.8	24.9	26	30.4	30.8	30.5	28.1	26.2	31	30.3	25.2	21.7	
AÑO DE MAXIMA	1997	1999	1999	1999	1998	2000	2000	1986	1998	1998	1999	1983	
MAXIMA DIARIA	27	29.5	32	33	35	33	32	31	34	33	28	31	
AÑOS CON DATOS	21	20	24	22	24	23	24	21	21	23	23	22	
TEMP. MEDIA													
NORMAL	11.7	12.8	14.7	16.6	18.7	18.3	16.7	16.6	16.5	15.4	13.1	11.7	15.2
AÑOS CON DATOS	21	20	24	22	24	23	24	21	21	23	23	22	
TEMP. MINIMA													
NORMAL	3.5	4.4	6	8.3	10.4	10.6	9.9	10.2	9.8	8	5.2	3.7	7.5
MINIMA MENSUAL	1.7	2	2.2	4.3	4.2	5.1	4	5.7	4.8	4.9	2.3	1.4	
AÑO DE MINIMA	1995	1983	1989	1976	1992	1992	1984	1989	1995	1982	1984	1999	
MINIMA DIARIA	-7	-3	-3	-1	2	3	0	3	2	0	-3	-6	
AÑOS CON DATOS	21	20	24	22	24	23	24	21	21	23	23	22	
PRECIPITACION													
NORMAL	23	8.3	3	6.6	22.4	89.6	148.4	118.2	86.2	45	16.6	12.4	579.7
MAXIMA MENSUAL	188	42	27	52	138	242	444	242	176	151	123	37.6	
AÑO DE MAXIMA	1992	1990	1997	1997	2000	1986	1991	1995	1987	1992	1976	1979	
MAXIMA DIARIA	40	26	14	20	47	81	56	56	77	38.5	40	20	
AÑOS CON DATOS	21	20	24	22	24	23	24	22	21	23	23	22	
EVAPORACION													
NORMAL	129.6	141.2	201	210.5	232.9	194.4	152	145.3	135	136.7	126.9	116.7	1,922.2
AÑOS CON DATOS	21	20	24	22	24	23	24	22	21	23	23	22	
NUM. DIAS C/ LLUVIA	2.5	1.1	0.5	1.2	2.8	8.5	12.5	11.7	8.4	5.2	2.1	2.4	58.9
AÑOS CON DATOS	21	20	24	22	24	23	24	22	21	23	23	22	
NIEBLA	0	0.1	0	0	0	0	0.3	0.4	0.1	0.2	0	0	1.1
AÑOS CON DATOS	21	20	25	22	24	23	24	22	21	23	23	22	
GRANIZO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AÑOS CON DATOS	21	20	25	22	24	23	24	22	21	23	23	22	
TORMENTA E.	0.1	0.1	0	0	0.1	0.1	0.3	0	0.4	0	0.1	0.3	1.5
AÑOS CON DATOS	21	20	25	22	24	22	23	21	20	22	23	22	

ESTACION: 00001047 RANCHO VIEJO, LAT.: 22°01'30" N. LONG.: 102°34'22" W. ALTURA: 2,300.0 MSNM.

ELEMENTOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
TEMP. MAXIMA													
NORMAL	21.9	23.5	26.1	28.2	30.1	28.6	26	25.5	25	25	24	21.8	25.5
MAXIMA MENSUAL	24.3	26.6	29.3	31.4	34.5	33.6	29.1	28.8	27.7	28.4	26.4	24.5	
AÑO DE MAXIMA	1995	1999	2000	1998	1998	1998	1998	1997	2000	1979	1994	1993	
MAXIMA DIARIA	29	31	32	35	38	39	32.5	32	32	31	30	29	
AÑOS CON DATOS	29	29	28	28	28	28	29	29	29	29	29	28	
TEMP. MEDIA													
NORMAL	13.1	14.2	16.6	18.8	21	20.7	19.3	18.7	18.2	17	15.1	13.2	17.2
AÑOS CON DATOS	29	29	28	28	28	28	29	29	29	29	29	28	
TEMP. MINIMA													
NORMAL	4.2	4.8	7.1	9.4	11.8	12.8	12.5	11.9	11.3	8.9	6.2	4.6	8.8
MINIMA MENSUAL	1.5	1.9	5.1	6.3	10.2	11	10.6	8.4	5.8	5.4	3	1.1	
AÑO DE MINIMA	1998	1998	1986	1994	1997	1976	1974	1994	1994	1994	1999	1997	
MINIMA DIARIA	-6	-5	-1	0	4	5	7	6	3	0	-4	-10	
AÑOS CON DATOS	29	29	28	28	28	28	29	29	29	29	29	28	
PRECIPITACION													
NORMAL	20.6	7.9	4.4	5.9	24.1	79.8	135.9	117.9	88.2	43.4	11	12.3	551.4
MAXIMA MENSUAL	232	80	41.1	34	130	227	425.6	245	216.9	166	148	53.4	
AÑO DE MAXIMA	1992	1979	1974	1981	2000	1986	1991	1973	1996	1992	1976	1979	
MAXIMA DIARIA	41	19	21.6	19	52	81.2	76	80	61	59	41.2	30.1	
AÑOS CON DATOS	30	30	30	30	30	29	30	30	30	30	30	29	
EVAPORACION	118.7	125.1	158	175.5	217.5	179.5	155.9	148	124.4	121.9	114	125.5	1,764.0
AÑOS CON DATOS	14	14	15	15	13	15	13	13	14	13	13	13	
NUM. DIAS C/ LLUVIA	1.9	1.1	0.7	0.9	2.6	6.9	9.6	10.4	7.1	4.3	1.2	1.7	48.4
AÑOS CON DATOS	30	30	30	30	30	29	30	30	30	30	30	29	
NIEBLA	0.1	0	0.1	0	0	0.1	0.1	0.1	0.4	0.3	0.1	0.2	1.5
AÑOS CON DATOS	30	30	30	30	30	29	30	30	30	30	30	29	
GRANIZO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AÑOS CON DATOS	30	30	30	30	30	29	30	30	30	30	30	29	
TORMENTA E.	0	0	0	0	0	0.1	0.3	0.1	0.3	0.1	0	0	0.9
AÑOS CON DATOS	30	30	30	30	30	29	30	30	30	30	30	29	

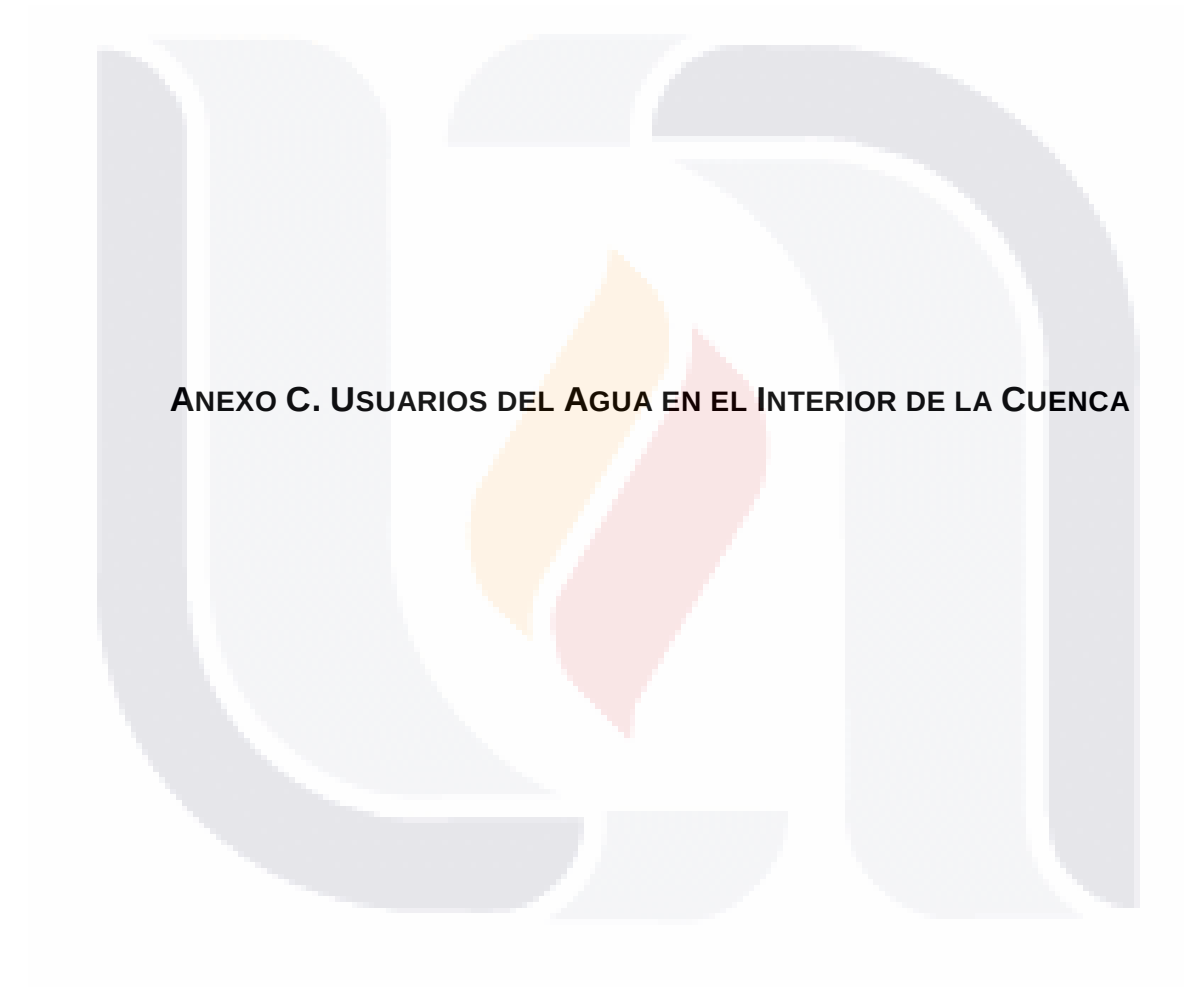


ANEXO B. CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE AGUA EN SUELOS

CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE AGUA SUGERIDA PARA COMBINACIONES DE TEXTURA DEL SUELO Y VEGETACIÓN
(TOMADO DE THORNTHWAITHE Y MATHER 1957)[TRADUCIDO DE DUNNE Y LEOPOLD 1978]

VEGETACIÓN	TEXTURA DEL SUELO	CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE AGUA (% DEL VOLUMEN)	PROFUNDIDAD DE RAÍZ (M)*	RETENCIÓN DE AGUA EN LA ZONA RADICULAR (MM)
CULTIVOS CON RAÍZ SUPERFICIAL (ESPINACA, CHÍCHAROS, FRIJOLES, BETABEL ,ZANAHORIAS, ETC.)	ARENOSO	10	0.50	50
	FRANCO ARENOSO	15	0.50	75
	FRANCO LIMOSO	20	0.62	125
	FRANCO-ARCILLOSO	25	0.40	100
	ARCILLOSO	30	0.25	75
CULTIVOS CON RAÍCES POCO PROFUNDAS (MAÍZ, CEREALES, ALGODÓN, TABACO)	ARENOSO	10	0.75	75
	FRANCO ARENOSO	15	1.00	150
	FRANCO LIMOSO	20	1.00	200
	FRANCO-ARCILLOSO	25	0.80	200
	ARCILLOSO	30	0.50	150
CULTIVOS CON RAÍCES PROFUNDAS (ALFALFA, PRADERAS, MATORRALES)	ARENOSO	10	1.00	100
	FRANCO ARENOSO	15	1.00	150
	FRANCO LIMOSO	20	1.25	250
	FRANCO-ARCILLOSO	25	1.00	250
	ARCILLOSO	30	0.67	200
HUERTOS	ARENOSO	10	1.50	150
	FRANCO ARENOSO	15	1.67	250
	FRANCO LIMOSO	20	1.50	300
	FRANCO-ARCILLOSO	25	1.00	250
	ARCILLOSO	30	0.67	200
BOSQUES MADUROS	ARENOSO	10	2.50	250
	FRANCO ARENOSO	15	2.00	300
	FRANCO LIMOSO	20	2.00	400
	FRANCO-ARCILLOSO	25	1.60	400
	ARCILLOSO	30	1.17	350

*EN ALGUNOS LUGARES DONDE HEMOS TRABAJADO, LAS PROFUNDIDADES DE RAÍZ DADAS POR THORNTHWAITHE Y MATHER SON MUY ALTAS. LAS OBSERVACIONES DE CAMPO EN EL ÁREA PARA LA CUAL SE ESTÁ CALCULANDO EL BALANCE HÍDRICO DEBEN PREFERIRSE AL USO DE ESTA TABLA.



ANEXO C. USUARIOS DEL AGUA EN EL INTERIOR DE LA CUENCA

USUARIOS (REGISTRADOS) DEL AGUA DE LA CUENCA DE LA PRESA CALLES

TITULAR	NO. DE TÍTULO	Uso	MUNICIPIO
ANTONIO MARTÍNEZ RUVALCABA	08AGS105022/12AAGE99	AGRÍCOLA	PAB. DE ARTEAGA
ASOCIACIÓN DE PRODUCCIÓN PLAN GRANDE	08AGS101341/12AAGE99	AGRÍCOLA	PAB. DE ARTEAGA
CACIANO GONZÁLEZ GUTIÉRREZ	08AGS105178/12AAGE99	AGRÍCOLA	PAB. DE ARTEAGA
ELENA MARTÍNEZ ESPARZA	08AGS105018/12AAGE99	AGRÍCOLA	PAB. DE ARTEAGA
FRANCISCO SILVA MURILLO	3AGS101406/12ADGE95	AGRÍCOLA	PAB. DE ARTEAGA
J. NATIVIDAD VELA SEGOVIA	08AGS105543/12AAGE00	AGRÍCOLA	PAB. DE ARTEAGA
JOSÉ LARA MARTÍNEZ	08AGS106004/12AAGE04	AGRÍCOLA	PAB. DE ARTEAGA
MANUEL DELGADILLO DÁVILA	08AGS105021/12AAGE99	AGRÍCOLA	PAB. DE ARTEAGA
MARGARITA DE LOERA MEDINA	08AGS102638/12AAGE97	AGRÍCOLA	PAB. DE ARTEAGA
MERCED ESPARZA IBARRA	3AGS102410/12ADGE96	AGRÍCOLA	PAB. DE ARTEAGA
SALVADOR VELÁZQUEZ ESCOBEDO	3AGS102310/12ADGE96	AGRÍCOLA	PAB. DE ARTEAGA
SANTIAGO HERNÁNDEZ HERNÁNDEZ	08AGS105531/12AAGE00	AGRÍCOLA	PAB. DE ARTEAGA
SOCIEDAD PILETA DEL RINCÓN DE LOS SAUCES	3AGS101515/12ADGE95	AGRÍCOLA	PAB. DE ARTEAGA
CLEMENTE ROQUE PADILLA	08AGS102855/12IDGE97	MÚLTIPLES	PAB. DE ARTEAGA
CUTBERTO DELGADO FEMAT	3AGS102494/12IAGE97	MÚLTIPLES	PAB. DE ARTEAGA
MA. DEL REFUGIO DÍAZ VELASCO	08AGS105027/12IOGE99	MÚLTIPLES	PAB. DE ARTEAGA
MELESIO ROMO IBARRA	3AGS102097/12IAGE96	MÚLTIPLES	PAB. DE ARTEAGA
MIGUEL GARCÍA DE LARA	08AGS105034/12IKGE99	MÚLTIPLES	PAB. DE ARTEAGA
SALVADOR FUENTES MARTÍNEZ	08AGS105019/12IAGE99	MÚLTIPLES	PAB. DE ARTEAGA
EJIDO CODORNICES Y ANEXAS (EMILIANO ZAPATA)	08AGS104784/12GDGE99	PECUARIO	PAB. DE ARTEAGA
EJIDO CODORNICES Y ANEXAS (EMILIANO ZAPATA)	08AGS104785/12GDGE99	PECUARIO	PAB. DE ARTEAGA
EJIDO CODORNICES Y ANEXAS (EMILIANO ZAPATA)	08AGS104786/12GDGE99	PECUARIO	PAB. DE ARTEAGA
EJIDO COLONIA PROGRESO	3AGS102508/12GDGE97	PECUARIO	PAB. DE ARTEAGA
EJIDO GARABATO	08AGS104750/12GDGE99	PECUARIO	PAB. DE ARTEAGA
EJIDO SANTIAGO	08AGS104751/12GDGE99	PECUARIO	PAB. DE ARTEAGA
EJIDO SANTIAGO	08AGS104752/12GDGE99	PECUARIO	PAB. DE ARTEAGA
J. SACRAMENTO ARMENDÁRIZ ESCALERA	08AGS105650/12EAGE01	SERVICIOS	PAB. DE ARTEAGA
ALEJANDRO HORNEDO GONZÁLEZ	3AGS101854/12AKGE95	AGRÍCOLA	SAN JOSÉ DE GRACIA
ANTONIO ROMO REYES	3AGS102311/12AAGE96	AGRÍCOLA	SAN JOSÉ DE GRACIA
ASOCIACIÓN DE USUARIOS PRESA 50 ANIVERSARIO	3AGS101300/12AHGR95	AGRÍCOLA	SAN JOSÉ DE GRACIA
ASOCIACIÓN DE USUARIOS PRESA EL SAUCILLO	3AGS101299/12AHGR95	AGRÍCOLA	SAN JOSÉ DE GRACIA
BARTOLO LAZARIN CONTRERAS	3AGS102036/12AAGE96	AGRÍCOLA	SAN JOSÉ DE GRACIA
CATARINO HERRERA MARTÍNEZ	3AGS102012/12AKGE96	AGRÍCOLA	SAN JOSÉ DE GRACIA
ERNESTO HERNÁNDEZ MARTÍNEZ	3AGS102064/12ADGE96	AGRÍCOLA	SAN JOSÉ DE GRACIA
FRANCISCO SOTO MARTÍNEZ	3AGS102085/12AAGE96	AGRÍCOLA	SAN JOSÉ DE GRACIA
GRUPO DE TRABAJO LA GUADALUPANA	08AGS105437/12ADGE99	AGRÍCOLA	SAN JOSÉ DE GRACIA
J. GUADALUPE GÓMEZ SOTO	3AGS102374/12AAGE96	AGRÍCOLA	SAN JOSÉ DE GRACIA
JESÚS MACÍAS REYES	3AGS101846/12AKGE95	AGRÍCOLA	SAN JOSÉ DE GRACIA
JOSÉ DE JESÚS GARCÍA GARCÍA Y SALVADOR GARCÍA GARCÍA	3AGS101340/12AAGE95	AGRÍCOLA	SAN JOSÉ DE GRACIA
JOSÉ NÁJERA ROMO	3AGS102443/12ADGE96	AGRÍCOLA	SAN JOSÉ DE GRACIA
JOSÉ VELASCO DE LOERA	3AGS101844/12AKGE95	AGRÍCOLA	SAN JOSÉ DE GRACIA
JOSÉ ZAMARRIPA LOMELÍ	3AGS102061/12AAGE96	AGRÍCOLA	SAN JOSÉ DE GRACIA
JUAN ESPARZA MARTÍNEZ	3AGS102302/12AAGE96	AGRÍCOLA	SAN JOSÉ DE GRACIA
JUAN MANUEL CHÁVEZ VALADEZ	3AGS102009/12AKGE96	AGRÍCOLA	SAN JOSÉ DE GRACIA
JUAN MANUEL DÍAZ LÓPEZ	3AGS102059/12AAGE96	AGRÍCOLA	SAN JOSÉ DE GRACIA

USUARIOS (REGISTRADOS) DEL AGUA DE LA CUENCA DE LA PRESA CALLES (CONTINUACIÓN)

TITULAR	NO. DE TÍTULO	USO	MUNICIPIO
JUAN SANTILLÁN SERNA	3AGS101338/12AFGE95	AGRÍCOLA	SAN JOSÉ DE GRACIA
LUIS DUVAL ROJAS	3AGS102400/12AFGE96	AGRÍCOLA	SAN JOSÉ DE GRACIA
MA. DE JESÚS FLORES LUÉVANO	3AGS101897/12AKGE96	AGRÍCOLA	SAN JOSÉ DE GRACIA
MANUEL CASTILLO PALACIOS	3AGS102007/12AKGE96	AGRÍCOLA	SAN JOSÉ DE GRACIA
MARTIN CHÁVEZ BONILLA	3AGS102091/12AAGE96	AGRÍCOLA	SAN JOSÉ DE GRACIA
RAFAEL GARCÍA RUVALCABA	3AGS101402/12ADGE95	AGRÍCOLA	SAN JOSÉ DE GRACIA
RAFAEL GONZÁLEZ RODRÍGUEZ	3AGS102011/12AKGE96	AGRÍCOLA	SAN JOSÉ DE GRACIA
RAÚL HUERTA CASTAÑEDA	3AGS102396/12AKGE96	AGRÍCOLA	SAN JOSÉ DE GRACIA
ROMÁN RAMÍREZ MUÑOZ	3AGS102306/12AAGE96	AGRÍCOLA	SAN JOSÉ DE GRACIA
SECRETARIA DE MEDIO AMBIENTE RECURSOS NATURALES Y PESCA	3AGS101336/12AAGE94	AGRÍCOLA	SAN JOSÉ DE GRACIA
SOCIEDAD BAJÍO DE LA PALMILLA	3AGS101395/12AKGE95	AGRÍCOLA	SAN JOSÉ DE GRACIA
VICENTE VENEGAS ROMO	3AGS102067/12ADGE96	AGRÍCOLA	SAN JOSÉ DE GRACIA
ASOCIACIÓN DE COLONOS PRESA EL JOCOQUI A.C.	08AGS105224/12CBGE99	DOMÉSTICO	SAN JOSÉ DE GRACIA
JUAN ANTONIO ÁLVAREZ FLORES	08AGS105229/12CBGE99	DOMÉSTICO	SAN JOSÉ DE GRACIA
DAVID GUZMÁN ROMO	08AGS105176/12CBGE99	DOMÉSTICO	SAN JOSÉ DE GRACIA
HUMBERTO MARTÍNEZ DE LEÓN	08AGS105179/12CBGE99	DOMÉSTICO	SAN JOSÉ DE GRACIA
JOSEFINA GÓMEZ PADILLA	08AGS105226/12CBGE99	DOMÉSTICO	SAN JOSÉ DE GRACIA
LUIS RICARDO LANDEROS ORTEGA	08AGS105225/12CBGE99	DOMÉSTICO	SAN JOSÉ DE GRACIA
MARIO GONZÁLEZ LÓPEZ	08AGS105227/12CBGE99	DOMÉSTICO	SAN JOSÉ DE GRACIA
RAÚL MEDINA REYES	08AGS105174/12CBGE99	DOMÉSTICO	SAN JOSÉ DE GRACIA
RICARDO RODRÍGUEZ CORREA	08AGS105175/12CBGE99	DOMÉSTICO	SAN JOSÉ DE GRACIA
ANTONIO MUÑOZ ACOSTA, GERARDO MUÑOZ CASTORENA Y ANTONIO MUÑOZ CASTORENA	08AGS105232/12IDGE04	MÚLTIPLES	SAN JOSÉ DE GRACIA
ANTONIO MUÑOZ ACOSTA, GERARDO MUÑOZ CASTORENA Y ANTONIO MUÑOZ CASTORENA	08AGS105233/12IDGE04	MÚLTIPLES	SAN JOSÉ DE GRACIA
ANTONIO MUÑOZ ACOSTA, GERARDO MUÑOZ CASTORENA Y ANTONIO MUÑOZ CASTORENA	08AGS105238/12IDGE04	MÚLTIPLES	SAN JOSÉ DE GRACIA
ANTONIO MUÑOZ ACOSTA, GERARDO MUÑOZ CASTORENA Y ANTONIO MUÑOZ CASTORENA	08AGS105252/12IDGE04	MÚLTIPLES	SAN JOSÉ DE GRACIA
ANTONIO MUÑOZ ACOSTA, GERARDO MUÑOZ CASTORENA Y ANTONIO MUÑOZ CASTORENA	08AGS105253/12IDGE04	MÚLTIPLES	SAN JOSÉ DE GRACIA
BIENES COMUNALES "POTRERO DE LOS LÓPEZ"	3AGS102425/12IDGE96	MÚLTIPLES	SAN JOSÉ DE GRACIA
COMUNIDAD DE SANTA ELENA DE LA CRUZ	3AGS102456/12IDGE96	MÚLTIPLES	SAN JOSÉ DE GRACIA
EJIDO EL TORIL	3AGS102451/12IDGE96	MÚLTIPLES	SAN JOSÉ DE GRACIA
EJIDO LA CONGOJA	3AGS102452/12IDGE96	MÚLTIPLES	SAN JOSÉ DE GRACIA
EJIDO PAREDES	08AGS10300612IDGE98/	MÚLTIPLES	SAN JOSÉ DE GRACIA
EJIDO POTRERO DE LOS LÓPEZ	3AGS102450/12IDGE96	MÚLTIPLES	SAN JOSÉ DE GRACIA
MARÍA JUANA HERNÁNDEZ GARCÍA	08AGS102633/12IDGE97	MÚLTIPLES	SAN JOSÉ DE GRACIA
SOCIEDAD "LOS PILARES"	3AGS102447/12IDGE96	MÚLTIPLES	SAN JOSÉ DE GRACIA
SOCIEDAD LA MANZANA	3AGS102446/12IDGE96	MÚLTIPLES	SAN JOSÉ DE GRACIA
SOCIEDAD LOS CEDROS	3AGS102448/12IDGE96	MÚLTIPLES	SAN JOSÉ DE GRACIA
UNIDAD DE PRODUCCIÓN "SANTA ROSA DE LIMA"	08AGS102555/12IDGE97	MÚLTIPLES	SAN JOSÉ DE GRACIA
ABEL MEDINA ESPARZA	08AGS105413/12GDGE99	PECUARIO	SAN JOSÉ DE GRACIA

USUARIOS (REGISTRADOS) DEL AGUA DE LA CUENCA DE LA PRESA CALLES (CONTINUACIÓN)

TITULAR	NO. DE TÍTULO	USO	MUNICIPIO
ALICIA IBARRA MORA	08AGS102556/12GKGE97	PECUARIO	SAN JOSÉ DE GRACIA
ANTONIO MUÑOZ ACOSTA, GERARDO MUÑOZ CASTORENA Y ANTONIO MUÑOZ CASTORENA	08AGS105230/12GDGE99	PECUARIO	SAN JOSÉ DE GRACIA
ANTONIO MUÑOZ ACOSTA, GERARDO MUÑOZ CASTORENA Y ANTONIO MUÑOZ CASTORENA	08AGS105231/12GDGE99	PECUARIO	SAN JOSÉ DE GRACIA
ANTONIO MUÑOZ ACOSTA, GERARDO MUÑOZ CASTORENA Y ANTONIO MUÑOZ CASTORENA	08AGS105234/12GDGE99	PECUARIO	SAN JOSÉ DE GRACIA
ANTONIO MUÑOZ ACOSTA, GERARDO MUÑOZ CASTORENA Y ANTONIO MUÑOZ CASTORENA	08AGS105235/12GDGE99	PECUARIO	SAN JOSÉ DE GRACIA
ANTONIO MUÑOZ ACOSTA, GERARDO MUÑOZ CASTORENA Y ANTONIO MUÑOZ CASTORENA	08AGS105236/12GDGE99	PECUARIO	SAN JOSÉ DE GRACIA
ANTONIO MUÑOZ ACOSTA, GERARDO MUÑOZ CASTORENA Y ANTONIO MUÑOZ CASTORENA	08AGS105237/12GDGE99	PECUARIO	SAN JOSÉ DE GRACIA
ANTONIO MUÑOZ ACOSTA, GERARDO MUÑOZ CASTORENA Y ANTONIO MUÑOZ CASTORENA	08AGS105239/12GDGE99	PECUARIO	SAN JOSÉ DE GRACIA
ANTONIO MUÑOZ ACOSTA, GERARDO MUÑOZ CASTORENA Y ANTONIO MUÑOZ CASTORENA	08AGS105240/12GDGE99	PECUARIO	SAN JOSÉ DE GRACIA
ANTONIO MUÑOZ ACOSTA, GERARDO MUÑOZ CASTORENA Y ANTONIO MUÑOZ CASTORENA	08AGS105241/12GDGE99	PECUARIO	SAN JOSÉ DE GRACIA
ANTONIO MUÑOZ ACOSTA, GERARDO MUÑOZ CASTORENA Y ANTONIO MUÑOZ CASTORENA	08AGS105242/12GDGE99	PECUARIO	SAN JOSÉ DE GRACIA
ANTONIO MUÑOZ ACOSTA, GERARDO MUÑOZ CASTORENA Y ANTONIO MUÑOZ CASTORENA	08AGS105243/12GDGE99	PECUARIO	SAN JOSÉ DE GRACIA
ANTONIO MUÑOZ ACOSTA, GERARDO MUÑOZ CASTORENA Y ANTONIO MUÑOZ CASTORENA	08AGS105244/12GDGE99	PECUARIO	SAN JOSÉ DE GRACIA
ANTONIO MUÑOZ ACOSTA, GERARDO MUÑOZ CASTORENA Y ANTONIO MUÑOZ CASTORENA	08AGS105245/12GDGE99	PECUARIO	SAN JOSÉ DE GRACIA
ANTONIO MUÑOZ ACOSTA, GERARDO MUÑOZ CASTORENA Y ANTONIO MUÑOZ CASTORENA	08AGS105246/12GAGE99	PECUARIO	SAN JOSÉ DE GRACIA
ANTONIO MUÑOZ ACOSTA, GERARDO MUÑOZ CASTORENA Y ANTONIO MUÑOZ CASTORENA	08AGS105251/12GDGE99	PECUARIO	SAN JOSÉ DE GRACIA
ANTONIO MUÑOZ ACOSTA, GERARDO MUÑOZ CASTORENA Y ANTONIO MUÑOZ CASTORENA	08AGS105254/12GDGE99	PECUARIO	SAN JOSÉ DE GRACIA
AURELIO MEDINA LÓPEZ	3AGS101346/12GDGE95	PECUARIO	SAN JOSÉ DE GRACIA
BIENES COMUNALES DE SAN JOSÉ DE GRACIA	08AGS103689/12GDGE97	PECUARIO	SAN JOSÉ DE GRACIA

USUARIOS (REGISTRADOS) DEL AGUA DE LA CUENCA DE LA PRESA CALLES (CONTINUACIÓN)

TITULAR	NO. DE TÍTULO	USO	MUNICIPIO
BIENES COMUNALES DE SAN JOSÉ DE GRACIA	08AGS103900/12GDGE97	PECUARIO	SAN JOSÉ DE GRACIA
BIENES COMUNALES DE SAN JOSÉ DE GRACIA	08AGS103901/12GDGE97	PECUARIO	SAN JOSÉ DE GRACIA
BIENES COMUNALES DE SAN JOSÉ DE GRACIA	08AGS103902/12GDGE97	PECUARIO	SAN JOSÉ DE GRACIA
BIENES COMUNALES DE SAN JOSÉ DE GRACIA	08AGS103903/12GDGE97	PECUARIO	SAN JOSÉ DE GRACIA
BIENES COMUNALES DE SAN JOSÉ DE GRACIA	08AGS103904/12GDGE97	PECUARIO	SAN JOSÉ DE GRACIA
BIENES COMUNALES DE SAN JOSÉ DE GRACIA	08AGS103905/12GDGE97	PECUARIO	SAN JOSÉ DE GRACIA
BIENES COMUNALES DE SAN JOSÉ DE GRACIA	08AGS103906/12GDGE97	PECUARIO	SAN JOSÉ DE GRACIA
BIENES COMUNALES DE SAN JOSÉ DE GRACIA	08AGS103907/12GDGE97	PECUARIO	SAN JOSÉ DE GRACIA
BIENES COMUNALES DE SAN JOSÉ DE GRACIA	08AGS103908/12GDGE97	PECUARIO	SAN JOSÉ DE GRACIA
BIENES COMUNALES DE SAN JOSÉ DE GRACIA	08AGS103909/12GDGE97	PECUARIO	SAN JOSÉ DE GRACIA
EJIDO COLONIA PROGRESO	3AGS102505/12GDGE97	PECUARIO	SAN JOSÉ DE GRACIA
EJIDO COLONIA PROGRESO	3AGS102506/12GDGE97	PECUARIO	SAN JOSÉ DE GRACIA
EJIDO EL TORIL	08AGS104738/12GDGE99	PECUARIO	SAN JOSÉ DE GRACIA
EJIDO EL TORIL	08AGS104739/12GDGE99	PECUARIO	SAN JOSÉ DE GRACIA
EJIDO EL TORIL	08AGS104740/12GDGE99	PECUARIO	SAN JOSÉ DE GRACIA
EJIDO EL TORIL	08AGS104741/12GDGE99	PECUARIO	SAN JOSÉ DE GRACIA
EJIDO EL TORIL	08AGS104742/12GDGE99	PECUARIO	SAN JOSÉ DE GRACIA
EJIDO MIGUEL HIDALGO	08AGS104588/12GDGE98	PECUARIO	SAN JOSÉ DE GRACIA
EJIDO TÚNEL DEL POTRERILLO	08AGS104589/12GDGE98	PECUARIO	SAN JOSÉ DE GRACIA
EJIDO TÚNEL DEL POTRERILLO	08AGS104590/12GDGE98	PECUARIO	SAN JOSÉ DE GRACIA
EJIDO TÚNEL DEL POTRERILLO	08AGS104591/12GDGE98	PECUARIO	SAN JOSÉ DE GRACIA
EJIDO TÚNEL DEL POTRERILLO	08AGS104592/12GDGE98	PECUARIO	SAN JOSÉ DE GRACIA
EJIDO TÚNEL DEL POTRERILLO	08AGS104743/12GDGE99	PECUARIO	SAN JOSÉ DE GRACIA
EJIDO TÚNEL DEL POTRERILLO	08AGS104744/12GDGE99	PECUARIO	SAN JOSÉ DE GRACIA
EJIDO TÚNEL DEL POTRERILLO	08AGS104745/12GDGE99	PECUARIO	SAN JOSÉ DE GRACIA
J. JESÚS MEDINA LÓPEZ	08AGS102518/12GDGE97	PECUARIO	SAN JOSÉ DE GRACIA
J. JESÚS MEDINA LÓPEZ	08AGS102631/12GDGE97	PECUARIO	SAN JOSÉ DE GRACIA
JORGE IBARRA MORA	08AGS105402/12GDGE99	PECUARIO	SAN JOSÉ DE GRACIA
LUIS MEDINA HERNÁNDEZ	08AGS102632/12GDGE97	PECUARIO	SAN JOSÉ DE GRACIA
MA. TERESA MEDINA HERNÁNDEZ	08AGS102517/12GDGE97	PECUARIO	SAN JOSÉ DE GRACIA
MARÍA GUADALUPE IBARRA MORA	08AGS102557/12GKGE97	PECUARIO	SAN JOSÉ DE GRACIA
PEDRO ESPARZA GONZÁLEZ	3AGS102449/12GDGE96	PECUARIO	SAN JOSÉ DE GRACIA
SARA MEDINA LÓPEZ	08AGS102519/12GDGE97	PECUARIO	SAN JOSÉ DE GRACIA
SECTOR DE PRODUCCIÓN SAN MARCOS	08AGS102521/12GDGE97	PECUARIO	SAN JOSÉ DE GRACIA
PRESIDENCIA MUNICIPAL DE SAN JOSÉ DE GRACIA	3AGS100894/12HMGR96	PÚBLICO URBANO	SAN JOSÉ DE GRACIA
JOSÉ DE JESÚS PEDROZA DÍAZ	08AGS103033/12EBGE98	SERVICIOS	SAN JOSÉ DE GRACIA
RODRIGO MEDRANO PARADA	08AGS105439/12EBGE99	SERVICIOS	SAN JOSÉ DE GRACIA

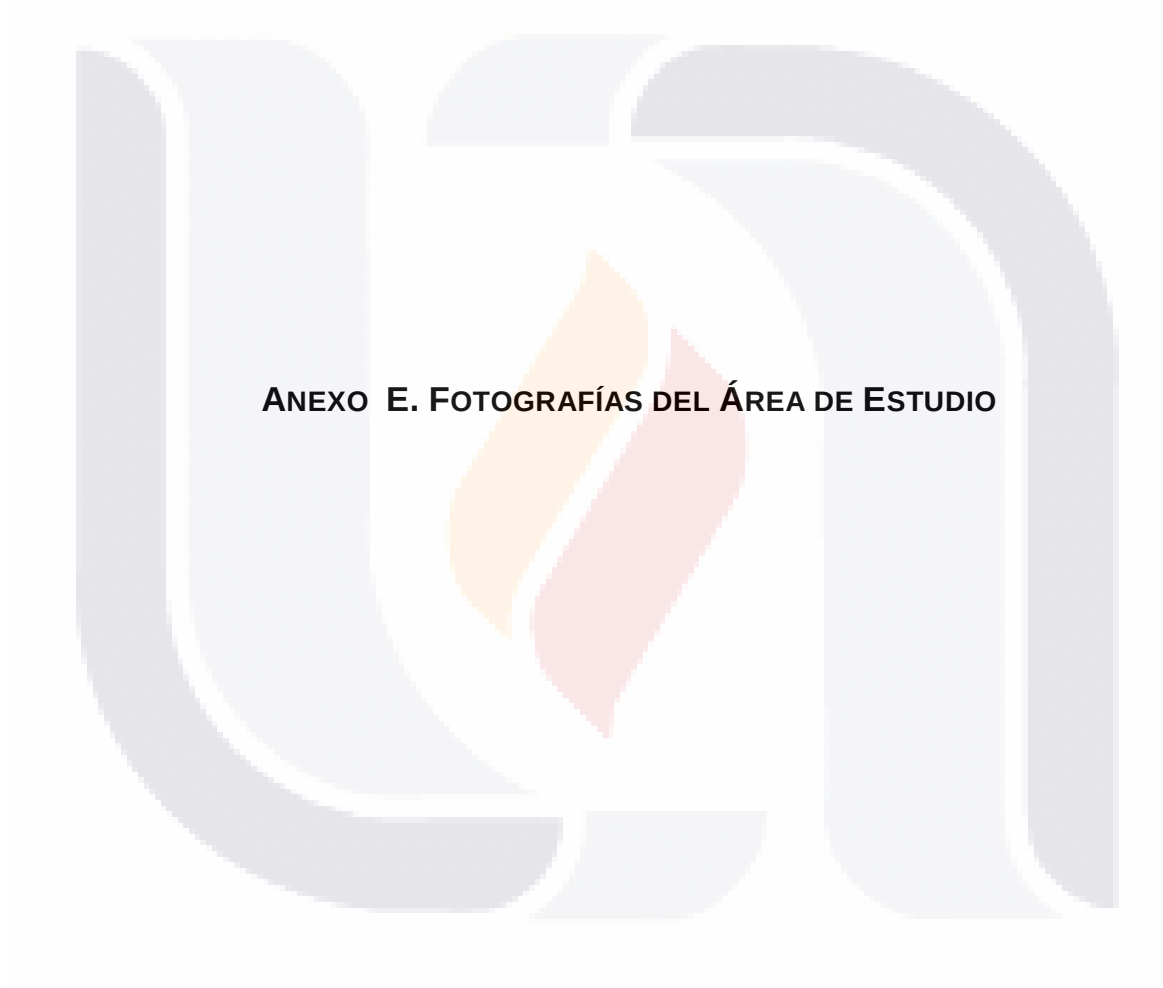
**ANEXO D. PROGRAMA DE MANEJO DEL ÁREA SILVESTRE ESTATAL SIERRA
FRÍA. MATRICES DE ACTIVIDADES.**

Cuadro 33. Matriz de actividades en la Zona de Conservación.

Actividades permitidas	Actividades no permitidas
• Educación ambiental • Establecimiento de UMAs • Investigación científica y monitoreo del ambiente • Construcción de infraestructura para la administración del Área Silvestre Estatal • Señalización con fines de administración y delimitación del Área Silvestre • Control de especie invasoras • Fotografía y filmación comercial y no comercial • Inspección y vigilancia • Monitoreo biológico, ambiental y social • Conservación de suelos • Saneamiento forestal • Actividades cinegéticas dentro de UMA • Ganadería extensiva sin exceder los índices de agostadero	• Establecer centros de población • Actividades cinegéticas fuera de UMA autorizadas (sic) • Apertura de nuevas brechas o caminos • Pavimentación de caminos con servidumbre de paso con asfalto y/o concreto hidráulico • Apertura o uso de bancos de material • Cambio de uso de suelo • Construcción de obra privada que no sea con ecotecnias • Infraestructura de servicios turísticos • Introducción de plantas o animales exóticos fuera de UMAs intensivas • Modificar acuíferos, cauces, riberas, manantiales • Producción de sonidos ruidosos o intensos • Provocar incendios • Sitios de campamento turístico • Uso de vehículos todo terreno • Tirar o abandonar residuos sólidos • Construcción de cercados que obstaculicen el libre tránsito de la fauna silvestre • Confinar materiales o sustancias peligrosas y no peligrosas • Exploración y explotación minera

Cuadro 34. Matriz de actividades en la Zona de Aprovechamiento.

Actividades permitidas	Actividades no permitidas
• Actividades de turismo de bajo impacto • Educación ambiental • Investigación científica y monitoreo del ambiente • Construcción de infraestructura para la administración del Área Silvestre Estatal • Señalización con fines de administración y delimitación del Área Silvestre • Fotografía y filmación comercial y no comercial • Inspección y vigilancia • Monitoreo biológico, ambiental y social • Conservación de suelos • Saneamiento forestal • Actividades recreativas • Actividades cinegéticas dentro de UMA • Control de especies exóticas invasoras • Encender fogatas • Establecimiento de UMAs • Construcción de obra privada • Ganadería extensiva sin exceder los índices de agostadero • Rehabilitación y mantenimiento de construcciones existentes con ecotecnias • Rehabilitación y mantenimiento de caminos empedrado o tepetate • Tránsito de vehículos • Infraestructura de servicios turísticos • Sitios de campamento turístico temporal	• Establecer nuevos centros de población • Actividades cinegéticas fuera de UMA autorizadas (sic) • Apertura de nuevas brechas o caminos • Pavimentación de caminos con servidumbre de paso con asfalto y/o concreto hidráulico • Apertura de nuevos bancos de material • Cambio de uso de suelo • Introducción de plantas o animales exóticos fuera de UMAs intensivas • Modificar acuíferos, cauces, riberas, manantiales • Producción de sonidos ruidosos o intensos • Provocar incendios • Sitios de campamento turístico • Uso de vehículos todo terreno • Tirar o abandonar residuos sólidos • Construcción de cercados que obstaculicen el libre tránsito de la fauna silvestre • Confinar materiales o sustancias peligrosas y no peligrosas • Exploración y explotación minera • Aprovechamiento de bancos de materiales



ANEXO E. FOTOGRAFÍAS DEL ÁREA DE ESTUDIO



Foto 1.- Recorrido en campo.



Foto 2.- *Juniperus deppeana*.



Foto 3.- *Acacia schaffneri*.



Foto 4.- Vista panorámica de la cuenca, zona suroeste.



Foto 5.- Vista oeste de la cuenca de la Presa Calles.



Foto 6.- Vista interior del arroyo Agua Zarca.



Foto 7.- Panorámica del arroyo Agua Zarca.



Foto 8.- *Arctostaphylos pungens*.



Foto 9.- Panorámica Barranca del Abuelo.



Foto 10.- Vista interior Barranca de Tinajuelas.



Foto 11.- Panorámica de la cuenca baja y cuenca alta de la Presa Presidente Calles.



Foto 12.- Panorámica de bordo en la cuenca baja de la Presa Presidente Calles.



Foto 13.- Vista de obra civil sobre el Río Blanco.



Foto 14.- Panorámica de la Presa Presidente Calles.



Foto 15.- *Yucca filirera* y vista de la cuenca.

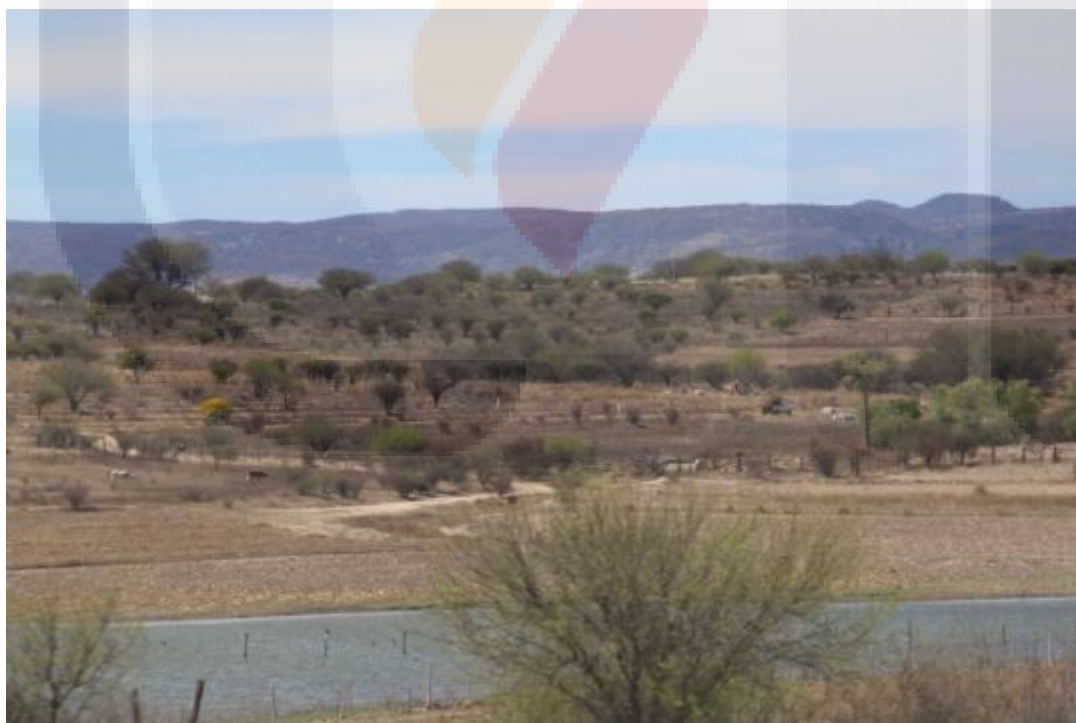


Foto 16.- Zonas de pastoreo en la cuenca alta de la Presa Presidente Calles.



Foto 17.- Bosque de pino-encino.