

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



**Centro de Geociencias
Posgrado en Ciencias de la Tierra**



**Caracterización Geológico-Ambiental de la Cuenca del
Río Chichimequillas, Estado de Querétaro**

T E S I S

Que para obtener el grado de
Maestro en Ciencias de la Tierra
(Geología Ambiental)

Presenta

Andrés Felipe Arango Guevara

Agosto de 2006



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

DEDICATORIA

A mi mamá por su apoyo, paciencia, amor y comprensión

A mi hermana Alejandra y mi sobrina Verónica.

A mi prima Mónica, su esposo Héctor y sus bebés.

A mi tío Rubén Darío, Yolanda y mis primos.

A todos mis amigos en Colombia: Andrés, Miriam, Mechas, Hans, Diego, Martín, Claudia y algunos más.

A los amigos que México me ha brindado: Jacqueline, Norma, Rafael, Miguel, Janet, Nelda y Gloria; gracias por sus palabras de aliento en todo este tiempo...

AGRADECIMIENTOS

Quisiera agradecer al Dr. Luis Miguel Mitre Salazar por su apoyo y confianza durante la realización de este trabajo, así como por la facilidad de diálogo tanto a nivel personal como profesional, a los Drs Juventino Martínez R, Gerardo Carrasco N., Gilberto Hernández S., Elizabeth Solleiro y Rafael Huizar A., quienes estuvieron involucrados de una manera u otra en la tesis con sus comentarios y observaciones.

A la Secretaría de Desarrollo Sustentable (SEDESU), por darme la posibilidad de emplear la información del Ordenamiento del Estado; y al Señor Armando Bayona por facilitar mapas del Centro Queretano de Recursos Naturales (CQRN), y sus consejos en la utilización del Arc-View.

A mis amigos Jacqueline, Normilla, Rafa, Janet y Miguel, por ayudarme en el proceso de adaptarme en México, en especial a Jack por aguantarme por más de 2 años en el cubículo. Igualmente le agradezco mucho a mis amigas Gloria y Nelda por regalarme sus consejos y su compañía.

Al Señor Darío Belalcazar y su familia por el soporte que me ofrecieron a mi llegada de Colombia, al Dr Julio Mendoza y Lucero Gómez, por brindarme alojamiento durante un buen período de tiempo, al Dr Mario Rodríguez por sus comentarios, al igual que a todo el grupo de colombianos que reside en Querétaro, en cuyas reuniones me sentí como en casa de nuevo.

Al posgrado de la UNAM, encabezado en el Centro de Geociencias por el Dr Roberto S. Molina G. y a Marta Pereda, quienes facilitaron desde un principio mi estadía en el CGEO y quienes me guiaron en el proceso de cumplir con todos los requisitos necesarios para llevar a cabo mi examen de grado y obtener el título de Maestro en Ciencias. A los Drs Luca Ferrari P, Román Pérez E, Jorge Aranda G y Juan Martín Gómez G, por su apoyo tanto profesional como personal.

Al M.C. Gabriel Origel G. por su comprensión y paciencia ante mis múltiples preguntas sobre el manejo del programa Arc-View, así como su asistencia para la impresión del mapa. Al M.C. Jesús Silva C. por su apoyo en el manejo de software para la edición de las figuras y fotos de la tesis. El apoyo de la Lic. Teresa Soledad Medina M. y de Teresita Pérez C. fue fundamental durante toda mi estancia en el centro, no sólo en la de literatura propia de la tesis, sino en ciertos artículos y libros de mi interés personal, muchas gracias por su pronta atención!!!. A Juan Tomás Vázquez y su equipo del laboratorio quienes me dieron una mano en la elaboración de secciones delgadas.

A mis otros compañeros en el CGEO, quienes siempre me trataron de la mejor manera: Francisco y su familia, Blanca, Joel, Emilio, Manuel, Pepe, Barajas, Aldo, Alfredo, Chilo, Toño, Lenin, Montse, Lupillo, Nelly, Isaac, Laura, Mikel, Alvaro, Lina, el uru, Rodolfo, Edgar, Gildardo y todos los demás.

Este trabajo se realizó gracias al proyecto del PAPIIT (IN114702) denominado "Caracterización Geológico-Ambiental de las cuencas hidrográficas de Chichimequillas y San Juan del Río, Estado de Querétaro, y su aplicación al desarrollo regional"

INDICE

<i>Lista de Figuras</i>	i
<i>Lista de Tablas</i>	iii
<i>Resumen</i>	iv
<i>Abstract</i>	iv
1. GENERALIDADES	
1.1 INTRODUCCIÓN	1
1.2 OBJETIVOS	3
1.2.1 Objetivo General	3
1.2.2 Objetivos Específicos	3
1.3 METODOLOGÍA	3
1.4 LOCALIZACIÓN Y VÍAS DE ACCESO	5
1.4.1 Localización	5
1.4.2 Vías de Acceso	7
1.5 JUSTIFICACIÓN	7
1.6 ANTECEDENTES	10
2. CARACTERIZACIÓN FÍSICO AMBIENTAL DE LA ZONA	
2.1 DESARROLLO SOCIOECONÓMICO	15
2.2 CLIMA	18
2.3 PRECIPITACIÓN	18
2.4 HIDROGRAFÍA	18
2.5 ACUÍFEROS	21
2.5.1 Acuífero de Buenavista	22
2.5.2 Acuífero de Chichimequillas	22
2.5.3 Acuífero de Pedro Escobedo-San Juan del Río	25
2.6 PENDIENTES	27
2.7 COBERTURA VEGETAL Y USO DEL SUELO	28
2.7.1 Bosque Tropical Caducifolio	28
2.7.2 Bosque de Oyamel	28
2.7.3 Bosque de Encino	28
2.7.4 Bosque de Encino con vegetación secundaria	29
2.7.5 Bosque de Pino-Encino	29
2.7.6 Matorral Crasicaule	29
2.7.7 Matorral Crasicaule con vegetación secundaria	30
2.7.8 Matorral Subtropical con vegetación secundaria	30
2.7.9 Pastizal Inducido	30
2.7.10 Plantación Forestal	30
2.7.11 Agricultura	33
2.7.11.1 Agricultura de Riego	33
2.7.11.2 Agricultura Temporal	33
2.7.12 Asentamientos	33
2.8 EROSIÓN	33
2.8.1 Erosión no Manifiesta	34

2.9.2 Erosión Leve	36
2.9.3 Erosión Moderada	36
2.9.4 Erosión Severa	36
2.9 RESIDUOS	38
2.10 AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO	39
2.11 ÁREAS PROTEGIDAS	41
2.11.1 Área Decretada	41
2.11.2 Área Propuesta	41
3. MARCO GEOLÓGICO REGIONAL	
3.1 PROVINCIAS GEOLÓGICAS	43
3.1.1 Sierra Madre Occidental	44
3.1.2 Faja Volcánica Transmexicana	45
4. GEOLOGÍA	48
4.1 GEOLOGÍA LOCAL	48
4.1.1 Paleógeno - Oligoceno	48
4.1.1.1 Basaltos Los Baños	48
4.1.1.2 Domos Atongo	49
4.1.1.3 Ignimbrita Zamorano	50
4.1.2 Neógeno - Mioceno	52
4.1.2.1 Dacita El Paisano	52
4.1.2.2 Andesita Cerro Grande	53
4.1.2.3 Andesita Arroyo Hondo	53
4.1.2.4 Volcaniclásticos de Querétaro	54
4.1.2.5 Andesitas Carbonera	54
4.1.2.6 Basaltos Querétaro	55
4.1.2.7 Ignimbrita Colón	56
4.1.2.8 Pómez Ezequiel Montes	57
4.1.2.9 Domos Riolíticos de la Caldera de Amazcala	58
4.1.3 Neógeno - Mioceno-Plioceno	60
4.1.3.1 Andesitas Cimatarío y Cenizas	60
4.1.3.2 Basaltos Santacruz	61
4.1.4 Neógeno - Pleistoceno	62
4.1.4.1 Depósitos del Valle	62
4.1.4.2 Depósitos de Piedemonte	63
4.2 DISCUSIÓN	63
4.3 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL	64
4.3.1 Falla Lajitas	66
4.3.2 Falla Presa de Rayas	67
4.3.3 Falla San José El Alto	69
4.3.4 Falla Querétaro	71
4.3.5 Lineamientos	72
4.4 HISTORIA GEOLÓGICA	73

5. GEOMORFOLOGÍA	76
5.1. RELIEVE ENDÓGENO	76
5.1.1 Derrames mesetiformes	76
5.1.2 Laderas volcánicas	77
5.1.3 Sierras fracturadas	77
5.1.4 Domos	77
5.1.5 Bloques asimétricos por fallamiento	78
5.1.6 Formas aisladas del relieve	78
5.2 RELIEVE EXÓGENO	78
5.2.1 Relieve Denudatorio	78
5.2.1.1 Valles en forma de V estrechos	78
5.2.1.2 Valles en forma de V abiertos	79
5.2.2 Relieve Acumulativo	79
5.2.2.1 Planicie de Tobas y Volcaniclásticos	79
5.2.2.2 Rampas de Piedemonte	79
6. ORDENAMIENTO	81
6.1 GENERALIDADES	81
6.2 FASES DEL ORDENAMIENTO TERRITORIAL	83
6.2.1 Descripción	84
6.2.2 Diagnóstico	84
6.2.3 Prospectiva Territorial	85
6.2.4 Instrumentación	86
6.2.5 Ejecución	87
6.3 ORDENAMIENTO EN MÉXICO	87
6.3.1 Ordenamiento Ecológico	87
6.3.2 Ordenamiento Territorial	89
6.3.3 Ordenamiento en Querétaro	90
6.3.3.1 Potencialidades y Limitantes	91
6.3.3.2 Evaluación de la Aptitud	94
6.4 AMENAZAS NATURALES	97
6.4.1 Fenómenos Naturales	98
6.5 CARACTERIZACIÓN DE ESCENARIOS POSIBLES	103
6.6 PROPUESTA DE USO DEL SUELO	112
6.6.1 Uso Forestal	113
6.6.2 Ganadería	114
6.6.3 Agroindustria	114
6.6.4 Asentamientos Humanos	114
7. EVALUACIÓN DE PAISAJE	117
7.1. COMPONENTES Y FACTORES DEL PAISAJE	120
7.1.1 Paisajes dominados por Vegetación	121
7.1.2 Paisajes Geológicos	121
7.1.3 Paisajes Intermedios	121

7.1.4 Influencia de factores geológicos	122
7.1.5 Influencia de componentes antropogénicos	123
7.2 MAPA DE PAISAJE	123
7.2.1 Formas Cóncavas	124
7.2.1.1 Valles Estrechos	124
7.2.2 Formas Convexas	125
7.2.2.1 Sierras Oligocénicas	125
7.2.2.2 Domos ácidos Miocénicos-Pliocénicos	125
7.2.2.3 Aparatos Volcánicos Miocénicos	125
7.2.2.4 Colinas en Lava	125
7.2.2.5 Cerros Aislados	125
7.2.3 Formas Planas	127
7.2.3.1 Planicies Amplias	127
7.2.3.2 Piedemontes	127
7.2.3.3 Mesetas Miocénicas	127
8. DISCUSIÓN	129
8.1 ESTRATIGRAFÍA	129
8.2 ESTRUCTURAS	130
8.3 ESCENARIOS POSIBLES Y PROPUESTA DE USO	130
8.4 CLASIFICACIÓN DEL PAISAJE	131
8.5 A QUIEN VA DIRIGIDO EL TRABAJO	132
8.6 POR QUÉ UTILIZAR UN SIG (ARC-VIEW)?	133
8.7 GEOINDICADORES E INDICADORES AMBIENTALES	134
9. CONCLUSIONES	135
9.1 CONCLUSIONES	135
9.2 RECOMENDACIONES	138
10. BIBLIOGRAFÍA	140
ANEXO 1. Carta Geológica	
ANEXO 2. Cortes Geológicos A-B y C-D	
ANEXO 3. Secciones Delgadas	

LISTA DE FIGURAS

	Descripción	Pág.
Figura 1	Localización de la zona de estudio en el entorno estatal	6
Figura 2	Localización de la cuenca del Río Chichimequillas	8
Figura 3	Residuos sólidos en la orilla del río Chichimequillas a su paso por la localidad de Santa Cruz	20
Figura 4	Intervención del río Chichimequillas por la acción de las ladrilleras asentadas en sus inmediaciones, las cuales han taponado el cauce. Inmediatamente después de la ladrillera el cauce es el sitio donde arrojan materiales y residuos, tal como se aprecia en la figura 4b	20
Figura 5	Mapa de Acuíferos, localización de pozos y sitios de disposición de residuos	23
Figura 6	Esquema que representa el flujo regional de entrada y salida (en millones de m ³ /año) para el acuífero de Chichimequillas. Tomado de CEA-UAQ (2002)	24
Figura 7	Esquema que representa los flujos regionales de entrada y salida para el valle de Pedro Escobedo-San Juan del Río, en millones de m ³ /año. Tomado de CEA-UAQ (2002)	26
Figura 8	Mapa de Pendientes	31
Figura 9	Mapa de Cobertura Vegetal y Uso del Suelo	32
Figura 10	Mapa de Erosión en la Cuenca del Río Chichimequillas	35
Figura 11	Con el aumento de la construcción de viviendas sobre las laderas y la consecuente pérdida de vegetación se propicia la erosión, tal como ocurre en La Cañada, al suroccidente de la cuenca	37
Figura 12	Municipios con mayor riesgo de erosión hídrica y porcentajes de superficie con riesgo mayor de 200 ton/ha/año	37
Figura 13	Sitio de disposición final de los residuos sólidos del Municipio de El Marqués, localizado 4 Km al SW de La Griega	38
Figura 14	Disposición inadecuada de los residuos en el área. A la izquierda basuras incineradas a la orilla de la vía que conduce a Atongo; en la siguiente foto se aprecia basurero en una laguna transitoria producida durante la temporada de lluvias, vía a Santa María de los Baños	39
Figura 15	2 casos en los que hay problemas con las aguas residuales. En la se muestra una fuga por rotura en la tubería. A la derecha se señalan con los polígonos, los sitios donde son vertidos las aguas negras producidas por hombres y animales de la vivienda, en uno de los casos el flujo alcanza el cauce. Santa María de los Baños	40
Figura 16	Localización de Áreas Protegidas y Propuestas en los alrededores de la Cuenca	42
Figura 17	Mapa de las Provincias Geológicas en México. En color rojo e identificada con el número 15 está la Faja Volcánica Transmexicana, y en color crema y con el número 24 se ubica la Sierra Madre Occidental	43
Figura 18	Basaltos de olivino con fracturamiento; 19b . Basaltos rojizos por la acción de la oxidación y muy meteorizados, con relleno de cuarzo secundario. Alrededores de la Presa del Carmen	49
Figura 19	Domo riolítico ubicado en Santa María de los Baños, se puede observar su color rosa y algo de fracturamiento	50
Figura 20	Ignimbritas consolidadas en las que se puede observas en color blanco las pómez aplastadas. Vía Sta María de los Baños-La Laborcilla. 21b .	

	Ignimbrita con fragmentos en una matriz clara en las cercanías de La Carbonera; con la flecha se señala un lítico de andesita	51
Figura 21	Dacitas muy fracturadas en las cercanías del poblado de Lajitas. En 22b se pueden advertir las estrías presentes en un plano de falla sobre estas rocas	52
Figura 22	Pómez Ezequiel Montes (PEM), sobreyaciendo a los Basaltos Querétaro (BQ), muy oxidados al sur de Saldarriaga	55
Figura 23	En a se observa el diaclasamiento columnar de las ignimbritas sobre la pared sur de La Cañada. En b , se presenta el contacto entre la ignimbrita (Ig) y los basaltos (B) que la suprayacen	57
Figura 24	Niveles de la Pómez Ezequiel Montes en una cantera cerca de Saldarriaga. En 24b , se observa un detalle de los clastos del depósito	58
Figura 25	Se puede observar el bandeamiento de flujo, en a para un domo del externo, y en b casi de manera horizontal para el domo central. En c , se percibe el fuerte diaclasamiento columnar del domo central que ha provocado la caída de bloques cerca de las viviendas. Una panorámica del domo central, en la cual se ve su elongación en dirección casi NS, se puede apreciar en la figura d .	59
Figura 26	Dique ácido que está cortando las Andesitas Cenizas en la localidad de Aguazul	60
Figura 27	Fallamiento normal en los basaltos Santacruz, fácilmente distinguible gracias a los niveles oxidados (B); con el achurado se resalta la zona de roca molida por la falla. 28b , en otro ramal de la falla, se nota el truncamiento del horizonte B. Libramiento México-San Luis Potosí	62
Figura 28	Depósitos fluviolacustres, en el que se observa como un nivel de arenisca conglomerática está desplazado por la acción de una falla normal. Libramiento México-San Luis Potosí	63
Figura 29	Visual del frente montañoso que conforma uno de los escarpes de la falla Lajitas en el tramo comprendido entre Santa María de los Baños y Atongo	66
Figura 30	Plano de falla sobre las riolitas de los domos oligocénicos	67
Figura 31	Panorámica de los escarpes alineados de la falla Presa de Rayas. Dichos escarpes se señalan con las flechas	68
Figura 32	Tramo final de la Franja de roca triturada (RT) por acción de la falla Presa de Rayas en lo alrededores de la presa del mismo nombre; a la derecha y separado por la línea, se advierte la aparición de roca (R) relativamente poco afectada. Aguas debajo de la Presa Los Pirules	68
Figura 33	Plano de falla sobre la traza de la Falla Presa de Rayas en la presa Los Pirules	69
Figura 34	Alargamiento en sentido EW de los depósitos del volcán Santacruz	70
Figura 35	Se aprecia el gran tamaño que alcanzan los planos de falla sobre las rocas oligocénicas	71
Figura 36	Modelo de elevación con la ubicación de las estructuras geológicas	75
Figura 37	Carta Geomorfológica de la zona de estudio	80
Figura 38	Fases en el desarrollo del Ordenamiento Territorial	85
Figura 39	Mapa de Potencialidades para el desarrollo de actividades en la cuenca del río Chichimequillas	93
Figura 40	Mapa de Aptitud para Uso del Suelo en la cuenca del río Chichimequillas	96
Figura 41	Definición y relación entre Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo. Tomada de CEPAL-BID (2000)	97

Figura 42	Panorámica del sector urbanizado donde se ha realizado la explotación de la ignimbrita en La Cañada. En la derecha (42b), se observa una ampliación del recuadro donde se nota el talud superior una vivienda, señalada con la flecha, comprometido en su estabilidad	100
Figura 43	Llanura de inundación del río Chichimequillas a su paso por Santa Cruz. En el centro de la foto se pueden apreciar algunas construcciones ubicadas a poca distancia del cauce	101
Figura 44	Vivienda situada al borde del canal. San Vicente Ferrer	101
Figura 45	Mapa de Fenómenos Naturales presentes en la Cuenca	102
Figura 46	Esquema que representa el Escenario Tendencial para la cuenca del Río Chichimequillas	109
Figura 47	Esquema que representa el Escenario Mejorado para la cuenca del Río Chichimequillas	110
Figura 48	Mapa de Propuesta de Uso presentada en este trabajo para la cuenca del río Chichimequillas	116
Figura 49	Mapa de Paisaje propuesto en este estudio	126

LISTA DE TABLAS

	Descripción	Pág
Tabla 1	Síntesis de los mapas retomados y generados en este trabajo.	5
Tabla 2	Balance hídrico para el acuífero de Chichimequillas.	25
Tabla 3	Balance hídrico para el acuífero de San Juan del Río	27
Tabla 4	Características de los acuíferos de la zona de estudio	27
Tabla 5	Escenario Tendencial y Mejorado para el Sector Ambiental	105
Tabla 6	Escenario Tendencial y Mejorado para el Sector Agropecuario	106
Tabla 7	Escenario Tendencial y Mejorado para el Sector Urbano e Industrial	107
Tabla 8	Escenario Tendencial y Mejorado para el Sector Minero y Turístico	108
Tabla 9	Matriz DOFA	111

RESUMEN

La Caracterización Geológico-Ambiental de la Cuenca del Río Chichimequillas se basa en una recopilación, descripción y análisis ambiental del área que incluye diversos aspectos como son las aguas subterráneas, las pendientes, la cobertura vegetal y el uso actual del suelo, la erosión, la disposición de residuos, las áreas naturales protegidas y la cobertura y calidad de los servicios públicos. A lo anterior se agrega la descripción de la geología de la zona que por encontrarse en la confluencia de las provincias de la Sierra Madre Occidental y la Faja Volcánica Transmexicana comprende unidades volcánicas y volcanosedimentarias con edades que van desde el Oligoceno hasta el Plioceno, y desde riolitas y dacitas hasta basaltos. Además se observaron 3 fallas normales en dirección ENE pertenecientes, por su orientación, al sistema Chapala-Tula.

Se realiza un ejercicio partiendo de la información recogida y de las observaciones hechas en campo para la construcción de escenarios tendencial y mejorado para varios sectores, que al final contribuyen a la proposición de un Reordenamiento Territorial de la cuenca desde el punto de vista geológico, en el que se considera al sistema Ambiental esencial para la oferta de servicios requeridos en el desarrollo de los demás sectores. Además se hace una valoración de la importancia de la geología y la historia geológica en la evolución y conformación de los paisajes, presentando un nivel básico de clasificación que diferencia entre tres formas dominantes: cóncavas, convexas o planas.

ABSTRACT

The Geologic-Environmental characterization of the Rio Chichimequillas basin is based on a compilation, description and environmental analysis of the area that includes such diverse aspects as underground waters, terrain slopes, vegetation coverage and the present land use, as well as the erosion, the disposition of residuals, the natural protected areas, and the cover and quality of the public services. To this, a description of the geology of the zone is added because this zone lies in the confluence of the provinces of the Sierra Madre Occidental and the Transmexican volcanic belt, it includes volcanic and volcanosedimentary units with ages that go from the Oligocene to the Pliocene, and from the rhyolites and dacites to basalts. In addition, three normal faults were observed in the ENE direction, belonging for their orientation, to the Chapala-Tula system.

An exercise is performed that starts from the compiled information and the field observations in order to construct tendencial and improved stages for several sectors, which in the end contribute to the proposal of a new Territorial ordering of the basin from the geological point of view that considers the Environmental system as fundamental for the supply of services that are required for the development of the other sectors. Furthermore, an evaluation of the importance of geology and geologic history on the evolution and landscape conformation is performed, presenting a first order classification that differentiates between three dominant forms, concaves, convex or flat.

1. GENERALIDADES

1.1 INTRODUCCIÓN

El área metropolitana de Querétaro, conformada por la ciudad capital, y las áreas urbanas de La Cañada (Municipio de El Marqués) y Corregidora, como en otros lugares de México, se ha desarrollado de manera independiente al estudio y conocimiento de la geología y estructuras geológicas presentes en su entorno, así como del impacto ambiental resultante. Esto trae como consecuencia un aprovechamiento irracional de los recursos naturales, en especial el agua, olvidando que la protección del ambiente representa una de las principales prioridades del desarrollo.

A pesar de que el presente estudio busca integrar información multidisciplinaria, el conocimiento de la base geológica se considera muy relevante por conformar éste el sustrato sobre el cual se desarrollan las actividades humanas. Por consiguiente la descripción y cartografía de las unidades litológicas presentes en la cuenca del río Chichimequillas abarcan una parte importante del trabajo en cuestión.

Los desafíos básicos del Ordenamiento Territorial, entendido éste como el plan que busca la redistribución y racionalización del control y manejo del territorio, de acuerdo con las características de los recursos disponibles, se basan en la combinación de mejorar el crecimiento económico que beneficie a la población, con una sostenibilidad ambiental, que fomente una competitividad dentro de una concertación de entidades públicas y organizaciones participativas privadas en un marco normativo.

Tomando en cuenta lo anterior, y puesto que un Plan de Ordenamiento Territorial (POT), debe ser integral en cuanto al conocimiento del territorio y de las actividades que en él se realizan o se pueden realizar; el conocimiento geológico de la región se destaca por su importancia, considerando las posibles aplicaciones que se pueden tener dentro de los diferentes estudios que conforman un POT.

Este análisis pretende llevar a cabo mediante el estudio de las condiciones geológicas de la cuenca, un diagnóstico del territorio sobre el cual se pueda explicar aquellos factores naturales que se han presentado y que en cierta forma son responsables de la evolución del paisaje natural. En este entorno, hay que tomar en cuenta que las actividades antrópicas se han dado con el desconocimiento de las características y potencialidades que ofrece el medio para su racional aprovechamiento.

Una vez obtenido el diagnóstico apropiado de las condiciones del ambiente, es posible, en términos del análisis prospectivo, construir escenarios posibles para el futuro del área y su entorno geográfico en el mediano plazo: Uno, denominado escenario *Tendencial*, en el que se contempla la continuidad del patrón de comportamiento presente en la actualidad; y otro el escenario *Mejorado*, que considera que se llevarán a cabo diversas acciones para recuperar el medio y lograr un equilibrio en el uso y manejo de los recursos.

En la búsqueda de aportar mayores herramientas, proporcionadas por el sustrato geológico, se desea resaltar la relevancia del estado actual del territorio en diferentes aspectos del tema ambiental (cobertura y uso actual del suelo, erosión, residuos, agua potable y alcantarillado, áreas protegidas).

Los estudios de paisaje que se realizan en un territorio deberían comenzar con el reconocimiento, descripción y cartografía de las características geológicas, puesto que las morfologías que conforman los paisajes se derivan de la interacción de la historia geológica, que determina la presencia o ausencia del relieve en un área, junto a la actividad antrópica determinada por la agricultura, asentamientos humanos, apertura de vías, etc. Por lo anterior el paisaje se vuelve un recurso ambiental importante, además de representar un valor cultural para la sociedad. En el presente trabajo se describen las unidades del paisaje para la cuenca enfocadas en el factor geológico y sus relaciones con el entorno biótico y antropogénico, y dividiéndolas en tres formas dominantes cóncavas, convexas y planas.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo General.

El objetivo general de este trabajo consiste en realizar la Caracterización Geológico-Ambiental de la Cuenca del Río Chichimequillas, ubicada en el Estado de Querétaro, México, que sirva como un instrumento más en el desarrollo y planificación de la región.

1.2.2 Objetivos Específicos.

- Actualizar la cartografía geológica, incluyendo la documentación de las principales fallas.
- Obtener la carta geomorfológica para la cuenca.
- Identificar y describir los posibles fenómenos naturales que afecten el área.
- Confrontar la propuesta presentada por el Plan Estatal de Ordenamiento Territorial (PEOT) que elaboró la Secretaría de Desarrollo Sustentable (SEDESU), con las observaciones y conclusiones hechas en campo dentro de la zona propuesta en este estudio.
- Elaborar a partir del diagnóstico ambiental de la cuenca, dos escenarios probables del futuro de la región, uno Tendencial, y otro Mejorado, ya explicados precedentemente.
- Realizar una clasificación de las unidades de paisaje, tomando la información geológica como fuente básica.

1.3 METODOLOGÍA.

Para alcanzar los objetivos antes señalados, se llevaron a cabo las siguientes etapas durante el desarrollo del trabajo:

Recopilación Bibliográfica. Se compiló la información existente sobre la zona de trabajo, tanto a nivel regional como local, para su posterior lectura y análisis. Las principales fuentes de información fueron la UNAM, el Centro de Recursos Naturales del Estado de Querétaro, la Secretaría de Desarrollo Sustentable (SEDESU) del

Gobierno del Estado, el Municipio de El Marqués, así como diversos bancos de información consultados a través del Internet.

Fotointerpretación. A partir de las fotografías aéreas disponibles, se hizo una identificación de los puntos clave a visitar, de acuerdo con la problemática a resolver, así como un mapa previo de las unidades litoestratigráficas y estructuras observadas. De igual manera en esta etapa se elaboró la carta geomorfológica preliminar.

Campo. Durante esta etapa se hicieron recorridos por el área de estudio, identificando las unidades litológicas aflorantes, delimitando los contactos geológicos, cartografiando las estructuras observadas, tomando datos referentes a la erosión y movimientos de masa. Igualmente fue de gran importancia la información suministrada verbalmente por los habitantes del área.

Elaboración del mapa geológico. Con los datos recopilados en campo referentes a litologías, estructuras y datos estructurales, se elaboró un mapa borrador geológico junto con las estructuras reconocidas durante la etapa previa de fotointerpretación y corroboradas durante el campo.

Análisis de secciones delgadas. Con el fin de contar con información más detallada sobre la composición petrográfica de algunas unidades litoestratigráficas reconocidas en los trabajos de campo, se colectaron varias muestras de roca, de las cuales se seleccionaron un total de 18, con el objeto de realizar láminas delgadas. Se identificaron los minerales constitutivos, las texturas presentes y se llevó a cabo su clasificación petrográfica.

Digitalización de mapas temáticos y redacción del texto. Con el programa Arc-View se digitalizaron todos los mapas. En la tabla 1, se explica que mapa fue retomado en su totalidad; cuales son producto de este trabajo; y cuales fueron modificados en ciertas áreas de acuerdo a lo observado en campo.

Tabla 1. Síntesis de los mapas retomados y generados en este trabajo.

Mapa	Figura	Retomado	Modificado con datos de campo	Producto de este trabajo
Acuíferos	5	X		
Pendientes	8	X		
Cobertura vegetal y uso del suelo	9	X		
Erosión	10		X	
Áreas protegidas y propuestas	16	X		
Modelo elevación con estructuras	36			X
Geomorfológico	37		X	
Potencialidades	39	X		
Aptitud de uso	40	X		
Fenómenos naturales	45			X
Escenario Tendencial	46			X
Escenario Mejorado	47			X
Propuesta de uso	48			X
Paisaje	49			X
Geológico-Estructural	Anexo 1			X

Para la elaboración de la cartografía se eligió el programa ArcView, debido a las posibilidades que tiene para el manejo de información multivariada a partir de una misma base de datos, contando con la ventaja adicional de estar siempre referenciada a un sistema de coordenadas. Este programa tiene una interfase gráfica relativamente fácil de usar que permite cargar datos espaciales y tabulares, que luego se puedan mostrar como mapas, tablas o gráficas. Además, va más allá de un simple programa de dibujo puesto que permite hacer análisis espaciales, mantener georeferenciados todos los datos mostrándolos en mapas, creando y editando datos geográficos y tablas, al tiempo que da acceso a bases de datos externas para construir mapas temáticos y su posterior presentación. Asimismo, los mapas son dinámicos ya que cualquier cambio que se registre en un dato se verá automáticamente reflejado con la actualización de la figura.

1.4 LOCALIZACIÓN Y VÍAS ACCESO.

1.4.1 Localización.

El área de estudio está restringida a la cuenca del Río Chichimequillas, principalmente en jurisdicción del municipio de El Marqués, y en menor medida en los municipios de Colón y Querétaro; y comprendida entre las siguientes coordenadas aproximadas, tanto geográficas como UTM (Figura 1 y 2):

Coordenadas	Norte	Sur	Occidente	Oriente
Geográficas	20°57'00"	20°34'30"	100°24'00"	100°06'25"
UTM Zona 14N	2.314.000	2.274.400	354.000	385.250

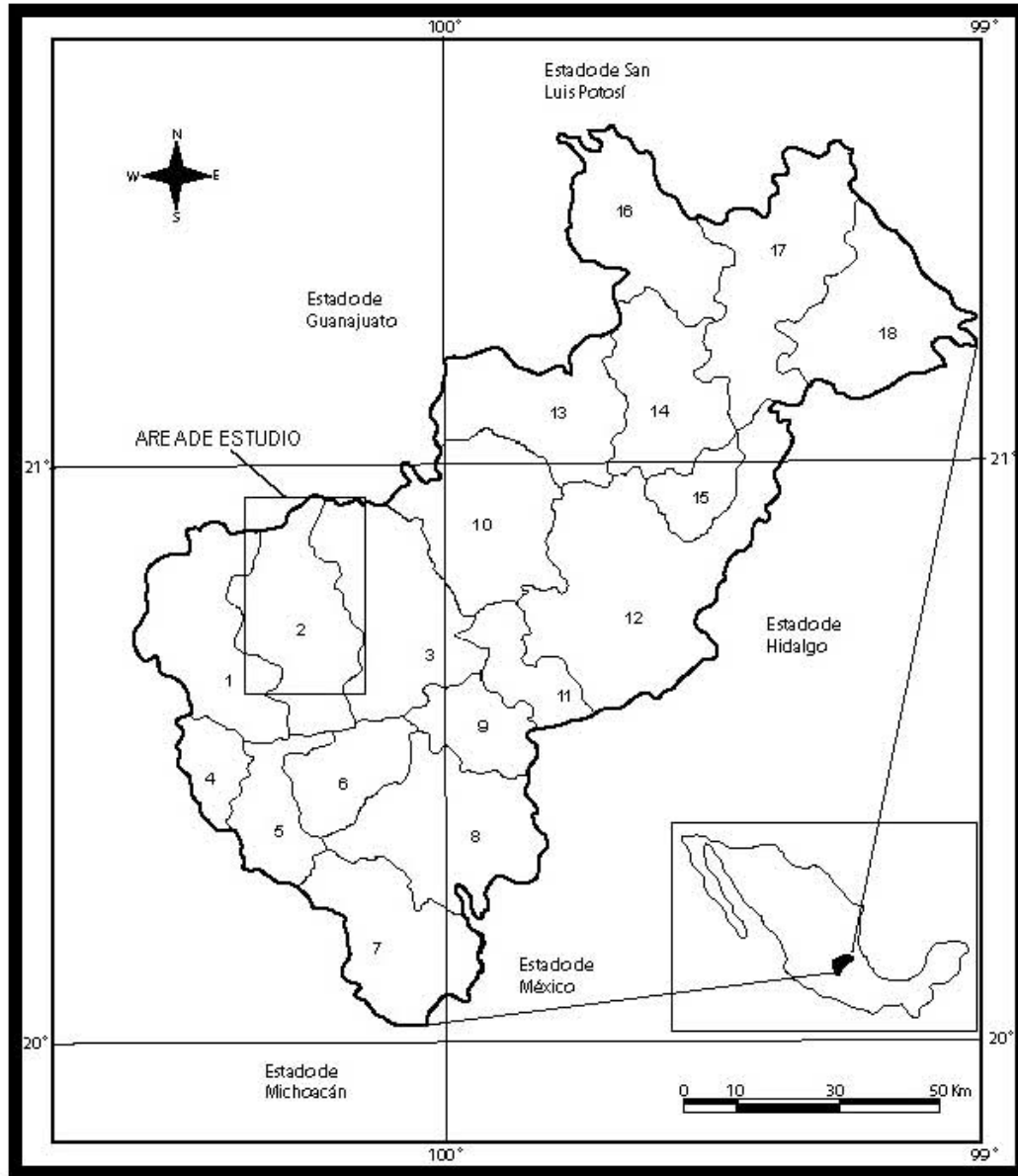


Figura 1. Localización de la zona de estudio en el entorno estatal. Municipios 1. Querétaro, 2. EL Marqués, 3. Colón, 4. Corregidora, 5. Huimilpan, 6. Pedro Escobedo, 7. Amealco, 8. S. Juan Río, 9. Tequisquiapan, 10. Tolimán, 11. Ezequiel Montes, 12. Cadereyta, 13. Peñamiller, 14. Peñol Amoles, 15. San Joaquín, 16. Arroyo Seco, 17. Jalpan, 18. Landa de Matamoros

La cuenca está incluida dentro de 4 cartas topográficas escala 1:50.000 del INEGI, siendo estas F14C66 (Ajuchitlancito), F14C65 (Querétaro), F14C55 (Buenavista) y F14C56 (Colón). Desde el punto de vista fisiográfico, dentro de la cuenca se destacan

como elementos principales en el relieve y paisaje natural El volcán Zamorano, localizado en el extremo norte; y el volcán Santacruz, ubicado al suroccidente de la cuenca.

1.4.2 Vías de acceso.

La zona se ubica al nororiente de la ciudad de Querétaro, a una distancia media de 25 km, a la cual se puede acceder empleando dos carreteras: la ruta 57 que la conecta con San Luis Potosí, desviándose a la derecha por la vía que conduce a Puerto de Aguirre y Chichimequillas; y por la vía que une al oriente de Querétaro con la población de La Cañada.

La zona es también atravesada por el libramiento que enlaza la autopista México-Querétaro con la carretera 57, y por la vía férrea que comunica el centro con el norte del país.

1.5 JUSTIFICACIÓN

Hasta hace poco el principal referente que tenían los gobiernos locales, estatales y nacionales para fomentar el desarrollo de una ciudad, estado o país, eran los llamados Planes de Desarrollo. Estos instrumentos eran básicamente promotores del desarrollo económico, dejando de lado o tocando muy poco el tema ambiental; sin embargo, las incesantes necesidades humanas y el incremento de las actividades económicas ejercían una presión cada vez mayor sobre los recursos naturales, llegando en muchos casos a un ritmo superior del que se podría sostener a un mediano y largo plazo.

Con el fin de lograr un uso más eficaz, eficiente y sostenible de los recursos, el Programa Agenda 21 de las Naciones Unidas ([CEPAL, 2001](#)), propuso un enfoque integrado de la planificación de las políticas de desarrollo económico y la gestión del medio físico, el llamado Ordenamiento Territorial, como una forma práctica de lograrlo; puesto que a través del análisis de los usos de la tierra se puede reducir los conflictos y explotar el suelo de una manera apropiada y sostenible.

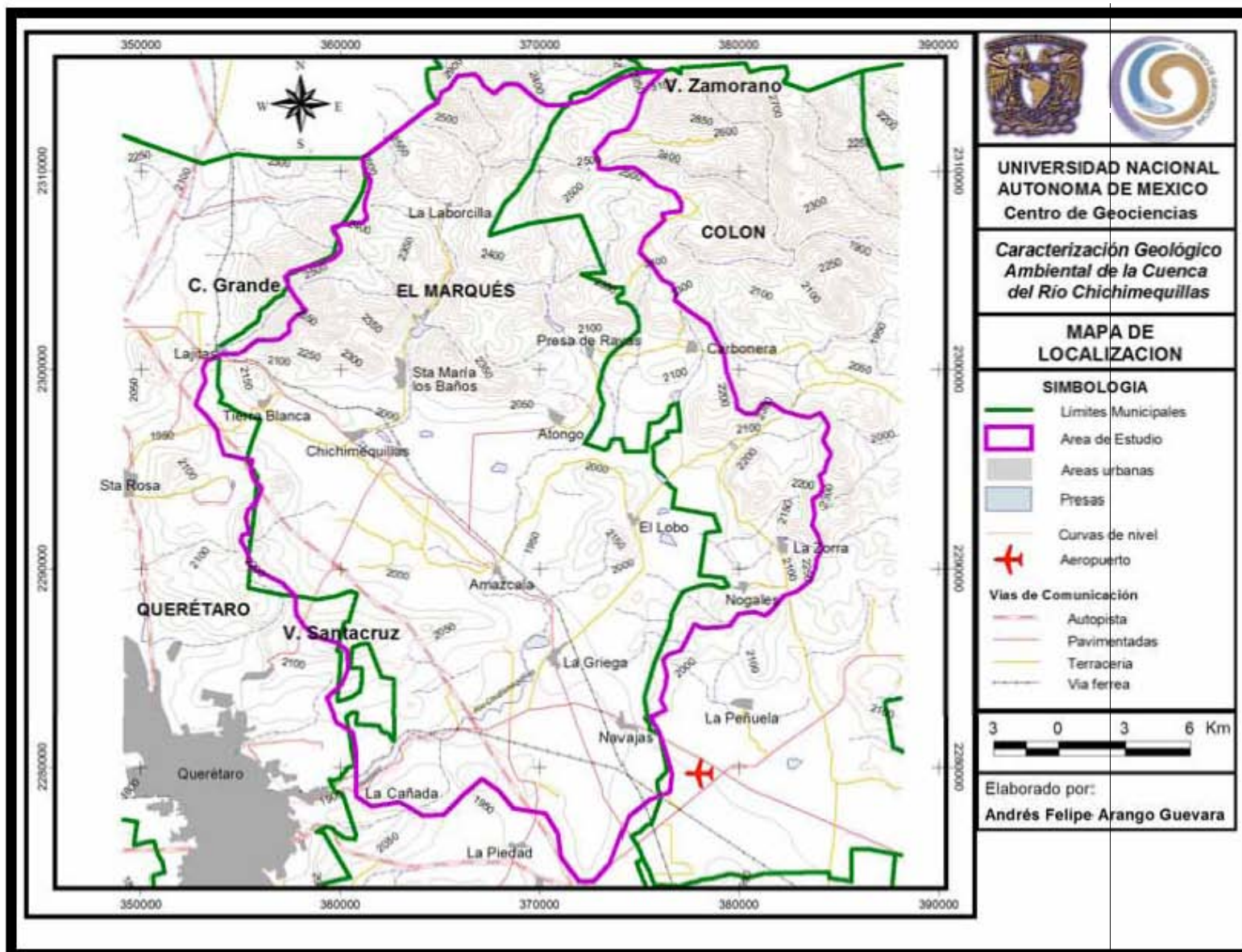


Figura 2. Localización de la cuenca del Río Chichimequillas

Un componente importante del ordenamiento, aunque poco valorado por los políticos y los planificadores, es el enfoque geológico que conlleva, entre otros aspectos importantes, la evaluación de amenazas, vulnerabilidades y riesgos para un territorio. En la práctica, pocas veces dentro de un Plan de Ordenamiento Territorial (POT), el componente geológico se encuentra adecuadamente analizado, aunque es justo decir también que en muchas menos ocasiones se cuenta con los elementos y el personal necesario para desarrollarlo.

El Estado de Querétaro, a través de la Secretaría de Desarrollo Sustentable (SEDESU), ha desarrollado el Programa Estatal de Ordenamiento Territorial, el cual se encuentra actualmente en la última fase de revisión. Cabe hacer notar que este documento, aunque se desarrolla de manera adecuada en términos generales, abordando la temática ambiental, económica y social, afronta la problemática de las amenazas naturales de un modo somero debido, por una parte a la escala del trabajo (1:250.000), y por la otra, la poca confiabilidad de la cartografía geológica disponible, que constituye uno de los instrumentos básicos para un análisis de este tipo.

El presente trabajo tenía como objetivos primordiales, en un principio, la descripción geológica de la región, así como una primera reseña de los fenómenos naturales presentes que pudiesen conllevar a situaciones potenciales de riesgo para los habitantes e infraestructura de la cuenca por la presencia de fenómenos o procesos naturales, y orientado siempre con la intención de aplicar los resultados al beneficio de la comunidad.

En el análisis fotogeológico, y durante los primeros reconocimientos en campo, se pudo indagar y constatar con las personas que viven en el área y con funcionarios tanto municipales como estatales, que los fenómenos naturales presentes en la cuenca tenían características espaciales muy limitadas (deslizamientos y caídas de roca), o como en el caso de las áreas inundables durante los periodos de lluvia, eran muy bien conocidas por todos.

Lo anterior, sumado al momento justo en que el POT fue puesto en conocimiento del grupo de trabajo, provocó una nueva visión de los objetivos de la investigación. El viraje consistió en complementar lo propuesto mediante la elaboración de un diagnóstico ambiental de la cuenca, que propicie una evaluación de la aptitud de los suelos de la cuenca y la presentación de dos escenarios probables del futuro de la región, uno Tendencial y otro Mejorado. Aunque en diversas propuestas de ordenamiento se plantean 3 escenarios (pesimista, tendencial y positivo), en este informe no se consideró el primero de estos escenarios, puesto que en los ejercicios de referencia, no se advertía mayor diferencia entre los dos primeros escenarios.

Como un punto extra, surgió la idea de disertar un poco sobre las implicaciones geológicas en el paisaje, con el objetivo de resaltar el importante papel de la historia geológica en la conformación de los paisajes. Para tal fin se empleó la metodología recientemente lanzada por [García Quintana et al. \(2004 y 2005\)](#), en la cual se evitan estimaciones numéricas y se hace una valoración subjetiva que busca simplificar su elaboración y ponerla al alcance de la mayor cantidad posible de usuarios.

1.6 ANTECEDENTES

Existen varios documentos que muestran resultados de estudios emprendidos en la zona de estudio llevados a cabo con el fin de analizar diversas problemáticas.

[Ledesma-Vega \(1973\)](#), realiza un estudio preliminar en los valles de Querétaro, San Juan del Río y Tequisquiapan, con el objetivo de cuantificar la recarga anual de los acuíferos y su relación con las extracciones por los pozos. En este trabajo retoma la geología de otras fuentes, elabora algunos cortes geológicos y por último reconoce las zonas de recarga en las sierras localizadas al norte y al sur del área, y posiblemente en la zona plana.

En 1978, Demant describió una estructura orientada NNW, nombrada Taxco-San Miguel Allende (TSMA) y, [Johnson y Harrison \(1990\)](#), documentaron otra estructura

regional de orientación Este-Noreste denominada Chapala-Tula (ChT); ambos sistemas son de influencia en la zona de análisis y sus alrededores. Al oriente de Querétaro, [Demant \(1978\)](#), también describió un desplazamiento en sentido sur del límite de las serranías ignimbríticas, a lo largo de las fallas que van desde San Miguel de Allende hasta Taxco.

[Bocco \(1984\)](#), realizó un análisis de parámetros morfométricos, la topografía y la geología para producir una carta geomorfológica 1:250000, que en su parte oriental abarca el área de estudio. Emplea una clasificación genética, en la cual las formas se dividen en dos grupos (relieve endógeno y exógeno), los cuales se dividen a su vez en clases y tipos de mayor a menor grado. Asimismo, detecta las direcciones de los principales lineamientos regionales, NNW y ESE, que en su opinión gobiernan la evolución de las características del relieve.

En su trabajo de 1989, [Carrasco-Núñez et al.](#) realizan un estudio del volcán Zamorano, considerándolo un estratovolcán andesítico de edad miocénico-pleistocénica que representa una de las manifestaciones más alejadas del frente volcánico de la Faja Volcánica Transmexicana (FVTM). Describen su secuencia evolutiva en tres etapas, la primera consiste en la edificación del volcán central por derrames de lava intercalados con depósitos piroclásticos de composición andesítica, que fue afectado posteriormente por un fracturamiento, en segundo lugar ocurre la emisión de ignimbritas riolíticas, y en la tercera etapa se da el emplazamiento de domos dacítico-andesíticos y de derrames de lava andesítica en forma de mesas. Concluyen además que por las características químicas, mineralógicas y volumétricas de los depósitos se puede inferir que la cámara magmática se emplazó someramente.

En un trabajo posterior, [Verma y Carrasco-Núñez \(2003\)](#), basados en relaciones estratigráficas, datos geoquímicos y edades $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$, afirman que las ignimbritas que afloran en el área tienen entre 30 y 28 Ma, similares a otras rocas riolíticas e ignimbríticas de la Sierra Madre Occidental (SMOc), representando por ende la parte más meridional de esta provincia. Reconstruyen nuevamente la historia eruptiva del

volcán Zamorano, indicando que las rocas más antiguas expulsadas por el volcán, dacitas que conforman el cono, tienen una edad aprox de 10 Ma; a continuación se incrementa la tasa de efusión generando lavas andesíticas de 9,6 Ma, una tercera etapa forma domos a través de fisuras y por último pequeñas mesetas de andesitas basálticas emplazadas a través de fisuras sobre las ignimbritas. Sugieren que las rocas miocénicas marcan el inicio de la actividad en esta parte de la FVTM, y que la transición entre las dos provincias (SMOc y FVTM), fue súbita y no gradual.

[Aguirre-Díaz et al. \(2000\)](#), describen de manera general el comportamiento de los sistemas de fallas Taxco-San Miguel de Allende (TSMA) y Chapala-Tula (ChT) en el valle de Querétaro, región en la cual se intersectan los 2 sistemas en una amplia franja que abarca al menos desde Huimilpan hasta Sta Rosa Jauregui, y desde Apaseo El Alto (Guanajuato) hasta Amazcala (Qro), lo que origina un arreglo ortogonal de fallas normales formando horts y grabens. El graben de Querétaro está limitado por las fallas ENE-WSW (Ch-T) en sus lados norte y sur, y por fallas NNW-SSE (TSMA) en sus costados occidental y oriental; primero se formaron estructuras con orientación NNW; luego las fallas ENE originaron un graben, afectado a continuación por un fallamiento NNW, formándose un nuevo graben con dicha orientación sobre el anterior. Todo esto significa que algunas de las fallas NNW son más jóvenes que las ENE. Consideran además, que una falla del sistema TSMA originó la sismicidad en el poblado de Sanfandila, Querétaro, a principios de 1998.

[Aguirre-Díaz y López-Martínez \(2001\)](#), llevan a cabo la descripción de la caldera de Amazcala, localizada 30 Km al NE de la ciudad de Querétaro. Dicha estructura la describen como de forma elíptica formada entre 7,6 y 6,6 Ma, y que produjo rocas de composición riolítica como son la ignimbrita Colón, la pómez Ezequiel Montes, y finalizó con la instalación de los domos emplazados en los alrededores y en el centro de la caldera. Por su distancia desde la zona de subducción y por su edad, la catalogan como la caldera situada más en el interior de la Faja Volcánica Transmexicana, así como la más antigua de esta misma provincia.

La intersección de las fallas NNW con las ENE en la vecindad de la ciudad de Querétaro fue analizada por [Aguirre-Díaz et al. \(2005\)](#). En dicho trabajo cartografían un total de 74 fallas normales, dentro de las que se destacan las que van en dirección NNW por ser más extensas y tener mejores expresiones morfológicas, aunque las ENE aparezcan en mayor cantidad, indicando además que los desplazamientos ocurridos en los dos sistemas de fallas se han sobrepuesto en el tiempo.

A partir de un análisis geológico-estructural, [Reyes-Zaragoza \(2001\)](#), determina la relación cinemática de los sistemas de fallas TSMA y ChT, localiza, describe e identifica las unidades afectadas por ellas; igualmente elabora la reconstrucción de la evolución del área desde el Oligoceno hasta el presente.

Basados en la estratigrafía, las relaciones de fallamiento y algunos fechamientos isotópicos, [Alaniz-Alvarez et al. \(2001\)](#), determinan que la región comprendida entre San Miguel de Allende y Querétaro sufrió 4 eventos de deformación extensional desde el Oligoceno hasta el Plioceno reciente. El primer evento es sincrónico con la extensión de la Mesa Central, los 2 siguientes son considerados etapas de transición que se desarrollan entre el Mioceno Medio y Tardío respectivamente, y un último evento asociado con la extensión NS del sector central de la FVTM. Proponen una relación directa entre la deformación extensional y el vulcanismo, los cuales migraron hacia el SE con el tiempo. La deformación en el centro de México ha sido fuertemente controlada por las estructuras preexistentes, ya que las orientaciones de estructuras antiguas se repiten en los eventos de fallamiento más jóvenes.

[Alaniz-Alvarez et al. \(2002\)](#), concluyen que el sistema de fallas TSMA es una zona de debilidad cortical con más de 500 km de longitud y hasta 35 km de ancho, por la cual se liberó parte de la extensión posteocénica del centro de México, y a lo largo de la cual se intersectan 2 y hasta 3 sistemas de fallas normales. Reconoce los 4 eventos deformacionales descritos en su trabajo previo, ligando el tercero de ellos a la formación de la provincia Volcánica de la SMOc, y el cuarto, también de alargamiento, relacionado a la génesis de la FVTM. Mediante análisis con el programa ReActiva

calculan que durante la extensión cuaternaria de la FVTM, la orientación de las fallas del sistema TSMA, están orientadas desfavorablemente para una potencial reactivación, aunque afirman que se sabe de varias fallas de este sistema activadas durante este evento.

En su tesis grado [Galván-Pérez y Cabrera-Arriaga \(2002\)](#), realizan un estudio geofísico del Valle de Querétaro, determinando la existencia de varios bloques separados por fallas, así como las diferentes zonas de recarga del acuífero, entre las que se encuentra la de La Cañada al este. El acuífero parece no estar afectado de manera importante por las fallas; asimismo concluyen que el sistema de fallas EW, más antiguo que el NNW, no afecta significativamente la continuidad lateral del acuífero, aunque si influye en su espesor. Por último, recomienda llevar a cabo una mejor administración y explotación del recurso agua en la región, ante la sobreexplotación del acuífero.

En el estudio de la [CEA-UAQ \(2002\)](#), se efectúan trabajos dirigidos a la definición de las estructuras acuíferas y sus fronteras, basados en un reconocimiento geológico y geofísico, así como sitios de recarga, desplazamiento y calidad de las aguas subterráneas, de los valles de Querétaro, San Juan del Río, Chichimequillas, Tequisquiapan y Huimilpan. Esto con el objetivo de tener un mejor conocimiento de los acuíferos y tener un acercamiento a las condiciones presentes y futuras de explotación, así como a la disponibilidad de dicho recurso.

Los eventos sísmicos de 1998 ubicados en el poblado de Sanfandila, fueron analizados por [Zúñiga et al. \(2003\)](#), quienes concluyen que el segmento sismogénico representa una posible reactivación de las fallas con tendencia NW y con movimiento casi dip slip. Este estilo y localización de fallamiento es consistente con el sistema TSMA; además, puede marcar el límite entre la Provincia de Basin y Range con la Provincia de FVTM, puesto que al sur de la región los eventos muestran características propias del sistema Chapala-Tula. Asimismo, reconocen que al sur y al este de la ciudad de Querétaro se intersectan estos 2 sistemas de fallas produciendo bloques dentro de los cuales crecieron varios centros volcánicos.

2. CARACTERIZACIÓN FÍSICO AMBIENTAL DE LA ZONA

La cuenca del río Chichimequillas se encuentra ubicada principalmente dentro de la jurisdicción del municipio de El Marqués, al sur del Estado de Querétaro, aunque abarca también pequeñas porciones de los municipios de Colón y Querétaro.

2.1 DESARROLLO SOCIOECONÓMICO

A continuación se describen solamente las características del Municipio de El Marqués, puesto que en su jurisdicción se encuentra la mayor parte de la cuenca del río Chichimequillas. Según el Censo de Población y Vivienda del año 2000, el municipio cuenta con 71.397 habitantes, con una densidad de 90,67 hab/km² (INEGI, 2001), en un área de 706 km² (CRM, 1992). Entre las principales poblaciones aparte de la capital del municipio, La Cañada, se destacan: Amazcala, Chichimequillas, La Griega, Saldarriaga, Atongo, Tierra Blanca, Alfajayucan, Navajas, El Lobo y Santa María de los Baños.

Las actividades agropecuarias son las que ocupan un lugar preponderante en la economía del municipio, puesto que del total de la superficie, el 96.9% se dedica a ellas (Ayuntamiento El Marqués, 2005). El área restante está ocupada por áreas urbanas, agroindustriales y cuerpos de agua.

El Marqués como municipio conurbado de la Ciudad de Querétaro, y buena parte de la zona de estudio, juegan un papel muy importante dentro de la Región Centro-Norte del país, puesto que es punto de paso y enlace entre la ciudad de México y el norte de la República, ya que por el área cruzan tres importantes vías de comunicación, las carreteras 57 y 45, así como la vía férrea.

El municipio de El Marqués, con un grado de urbanización del 12%, junto a los municipios vecinos de Colón y Pedro Escobedo, presentan un nivel de desarrollo socioeconómico de medio a alto (SEDESU, 2005), favorecido por encontrarse en la periferia del corredor industrial San Juan del Río- Querétaro. Asimismo, su grado de

desarrollo está muy ligado a su cercanía con la capital, así como a la presencia de la red vial que atraviesa el municipio y lo comunica con el corredor industrial.

Por su ubicación geográfica, el modelo de crecimiento imperante en El Marqués no se aleja mucho del que predomina en las demás municipios importantes del Estado, en los que la población tiende a concentrarse cada vez más en las áreas urbanas y parques industriales. Por lo tanto, debe esperarse un incremento en la demanda de servicios básicos e infraestructura que ejercerá una presión importante sobre los recursos naturales disponibles.

Entre los principales problemas detectados en el municipio consignados en el Plan de Desarrollo Municipal ([Ayuntamiento El Marqués, 2005](#)) están los siguientes:

- Crecimiento desordenado del área urbana por la falta de un marco jurídico urbano.
- Insuficiencia de infraestructura de agua potable, alcantarillado y saneamiento, aproximadamente un 60 % de la población carece de estos servicios, además existe una marcada deficiencia en el servicio, las instalaciones y el equipamiento.
- Incorporaciones ilegales de tierras ejidales o comunales así como algunas reservas ecológicas, lo que provoca el crecimiento de asentamientos urbano-rurales irregulares.
- Escasez de reservas territoriales.
- Deterioro ambiental provocado por las descargas de aguas residuales sin tratar que contaminan los cauces del río Querétaro, canales y arroyos adyacentes, así como, por el manejo inadecuado de desechos sólidos domésticos e industriales.

Dentro de algunos objetivos estratégicos planteados en este Plan de Desarrollo, y que buscan proponer soluciones, se destacan los siguientes que tienen injerencia dentro del campo ambiental:

Crear el marco jurídico urbano. Este objetivo pretende proponer un reglamento que sirva de base para el futuro desarrollo de la región.

Incrementar la dotación de infraestructura y servicios públicos. Dotar de agua potable a zonas marginadas, canalizar la red de drenaje a plantas de tratamiento y llevar energía a aquellas poblaciones necesitadas. Contando con la colaboración y apoyo de dependencias gubernamentales estatales y federales se busca reducir en un 20% anual el rezago en dichas coberturas.

Reducir y controlar el establecimiento y crecimiento de asentamientos humanos irregulares, especialmente en zonas de alto riesgo. Con este objetivo pretenden monitorear las zonas de potenciales asentamientos, al igual que reubicar asentamientos irregulares a centros de población ya establecidos, aminorando así el gasto en infraestructura y servicio. Se espera tener un consenso entre las dependencias involucradas para llevar a cabo las acciones concretas

Incrementar el uso eficiente y racional del agua. Buscan evaluar la eficiencia de los sistemas de riego y tecnificarlos si es del caso, con el fin de evitar el desperdicio del agua y ahorrar cantidades significantes en la extracción desde los acuíferos.

Además del mencionado Plan de Desarrollo, el Municipio de El Marqués cuenta con los siguientes 3 instrumentos que pretenden regular el crecimiento de los centros poblados más importantes:

- Plan de Desarrollo Urbano de La Cañada, El Marqués, Querétaro, 2001-2020.
- Plan Subregional de Desarrollo Urbano Navajas-Galeras.
- Plan de Desarrollo Urbano del Centro de Población Palo Alto - El Paraíso, El Marqués, Querétaro. 2002-2020.

Cabe mencionar también que el territorio fue contemplado dentro del Plan de Ordenamiento Estatal, elaborado por [SEDESU \(2005\)](#), y se encuentra entre los municipios que suscribieron un convenio para la elaboración de un Plan de Ordenamiento de la Zona Conurbada, junto con Querétaro, Corregidora y Huimilpan.

2.2 CLIMA.

Está determinado básicamente por los factores geográficos tales como la altitud de la Sierra Madre Oriental, que bloquea el paso de los vientos húmedos procedentes del Golfo de México. Por lo tanto pueden distinguirse 3 zonas bien diferenciadas (SARH, 1988): Al sur predomina el clima templado, en la zona central, incluyendo la cuenca, prevalecen los climas seco y semiseco; y al norte imperan los climas cálido y semicálido.

2.3 PRECIPITACIÓN.

El Estado recibe 681 mm de precipitación media anual, con variaciones en las que influyen los factores físicos antes mencionados: En las zonas bajas la precipitación varía entre 500 y 600 mm, mientras que en las zonas montañosas está comprendida entre 400 y 1700 mm. La temporada de lluvias abarca de Mayo a Octubre, siendo Junio y Julio los meses más lluviosos, con precipitaciones medias mensuales de 120 a 170 mm; durante los meses de noviembre a abril la precipitación media mensual es menor a 10 mm. La temperatura media anual del Estado es de 17°C, con tendencia regional creciente de sur a norte y con cambios locales inversamente proporcionales a la altitud (SARH, 1988). La precipitación media anual en el valle de Chichimequillas es del orden de 520 mm (CNA, 2000).

2.4 HIDROGRAFÍA.

El estado de Querétaro forma parte de dos grandes cuencas hidrográficas, la del Río Lerma y la del Río Pánuco, correspondientes a las regiones hidrológicas 12 y 26, respectivamente, destacándose en la primera el río Querétaro, y en la segunda los ríos San Juan, Moctezuma y Extoraz.

El río Querétaro se sitúa en la subcuenca del río Laja, perteneciente a la cuenca del río Lerma, en la llamada región hidrológica número 12. Sigue un curso con dirección E-W

al cruzar la ciudad de Querétaro, confluye luego con el río Pueblito internándose en territorio del Estado de Guanajuato donde desemboca al río La Laja. Su cuenca cubre una superficie mayor a los 2.000 km² dentro de la entidad y su escurrimiento potencial supera los 100 millones de m³ anuales. El régimen de la corriente es intermitente y por ella salen del Estado alrededor de 40 millones de m³/año. (SARH, 1988).

El río Chichimequillas de carácter intermitente es el principal tributario del río Querétaro y su cuenca cubre un área aproximada de 743 Km². Su curso no es fácil de seguir en las cartas topográficas, pero nace en la parte alta de la zona montañosa en las faldas del volcán Zamorano. En su recorrido toma el nombre de Arroyo Grande hasta su desembocadura en la Presa El Carmen, tras la cual cambia su nombre a Río El Pinal, el cual conserva hasta atravesar la población que le da el nombre final. Antes de la población de Amazcala tiene un rumbo NW-SE, y tras pasar esta localidad adopta una dirección general norte sur hasta aproximadamente la altura de la población de La Griega, tras la cual gira en sentido NE-SW hasta llegar a la localidad de la Cañada. Además, no se tienen datos disponibles acerca de su escorrentía.

Durante su recorrido recibe las aguas residuales de varias localidades y áreas industriales, así como los desechos sólidos que se generan en algunas poblaciones, tal como se aprecia en la Figura 3; donde a la contaminación generada por el agua negra que corre por el cauce, se suma las basuras que arroja el pueblo de Santa Cruz. En otros lugares, como en el tramo comprendido entre Santa Cruz y Amazcala, el cauce del río es intervenido totalmente por la acción de las ladrilleras asentadas en sus inmediaciones (Figuras 4a y 4b), las cuales han taponado el cauce. En estos sitios es común observar también la disposición de materiales y residuos al mismo.

En su parte alta la red de drenaje es predominantemente de tipo subparalela, algo densa, lo que sugiere la poca permeabilidad de las rocas. En la parte oriental de la cuenca, en la zona correspondiente a los domos anulares de la caldera de Amazcala, el drenaje es radial y menos denso; en tanto en la zona plana el drenaje es escaso, con cauces de poca disección por la baja pendiente y a la reducida capacidad de infiltración.



Figura 3. Residuos sólidos en la orilla del río Chichimequillas a su paso por la localidad de Santa Cruz



4a



4b

Figura 4a-4b. Intervención del río Chichimequillas por la acción de las ladrilleras asentadas en sus inmediaciones, las cuales han taponado el cauce. Inmediatamente después de la ladrillera el cauce es el sitio donde arrojan materiales y residuos, tal como se aprecia en la figura 4b.

En la cuenca del río Chichimequillas por su parte, las presas más importantes se localizan al norte y al centro sur del área, destacándose entre ellas las tres más importantes: La presa del Carmen con una capacidad de 4 millones de m³, ubicada en la localidad de Santa María de los Baños; la presa de Pirules con 2 millones de m³ de almacenamiento, situada al noroccidente de la población de Presa de Rayas; y la de

Las Palmas, cercana a la localidad de La Griega, con 1,5 millones de m³ ([Ayuntamiento El Marqués, 2005](#)).

El río San Juan escurre de sur a norte hasta aguas abajo de la población de San Juan del Río, al sureste del Estado; luego cambia su curso hacia el NE, y se une al río Tula para formar el Moctezuma que, a su vez, es afluente del río Pánuco. Su cuenca ocupa una superficie de 2.840 km² en la entidad y su escurrimiento natural, en promedio es de 184 millones de m³ por año ([SARH, 1988](#))

El río Moctezuma de régimen permanente, sigue un curso SW-NE y constituye el límite político con el estado de Hidalgo; su cuenca cubre una superficie de 4.400 km² en Querétaro, donde se genera un escurrimiento medio anual de 444 millones de m³. El río Extoraz, su afluente más importante fluye de poniente a oriente y se localiza en la porción norte del Estado; su cuenca abarca 3.045 km², y su escorrentía potencial es de 185 millones de m³ por año ([SARH, 1988](#)).

2.5 ACUÍFEROS.

Dentro del área de estudio, se encuentra todo el acuífero de Chichimequillas, y una parte del acuífero de San Juan del Río-Pedro Escobedo, tal como se puede observar en la Figura 5. Al occidente de la cuenca, aunque fuera de la zona de estudio, y limitando con el de Chichimequillas, se localiza el acuífero de Buenavista.

Aunque se localiza por fuera del área de estudio, al S-SW (Ver Figura 5), el acuífero del valle de Querétaro, tiene notable importancia a nivel estatal, debido a la gran demanda de agua requerida para abastecer a la capital. Este valle está limitado al norte por el parteaguas que lo separa del valle de Buenavista, en tanto al oriente y al occidente sus límites son sierras alargadas en dirección NS, que han sido consideradas por [CEA-UAQ \(2002\)](#), fronteras de flujo.

Aunque aquí se describen por separado, los acuíferos de Pedro Escobedo-San Juan del Río y Chichimequillas se pueden integrar en una gran extensión, pues conforman una sola planicie con comunicación subterránea, que se extiende a lo largo de unos 50 km.

2.5.1 Acuífero de Buenavista

Este acuífero ocupa un área de 81,9 km², y es del tipo semiconfinado a libre. Su conductividad hidráulica es de 5,5 m/día, con un flujo que se orienta en general hacia el centro del valle (CEA-UAQ, 2002). Su límite con el acuífero de Chichimequillas va por la divisoria que corre aproximadamente por las poblaciones de Lajitas, Puerto de Aguirre y Montenegro, a una altura aproximada de 2.000 m.

Por su frontera norte, la entrada por flujo regional es de 6,5 millones de m³ anuales en promedio, y la salida hacia el acuífero de Querétaro por el sur, es de 1,4 millones de m³ al año. La profundidad de nivel estático puede variar desde 25 m hasta valores mayores a 150 m, particularmente en el lado centro meridional del valle. Los problemas de abatimiento en el acuífero son considerables y ocurren de manera heterogénea: menos de 1,0 por año en la parte norte a más de 2,40 m hacia la zona centro-sur, en las inmediaciones del poblado de Buenavista (CEA-UAQ, 2002).

2.5.2 Acuífero de Chichimequillas.

Está conformado por una capa superficial aluvial y bajo ésta, rocas fracturadas andesíticas y ácidas que afloran en las sierras circundantes, abarcando una superficie de 223 km². Limita al norte con el frente montañoso correspondiente con la Provincia de la Sierra Madre Occidental; al oriente con los domos que dan forma a la Caldera de Amazcala; al occidente limita con el acuífero de Buenavista; y al sur está en contacto con el acuífero de San Juan del Río-Pedro Escobedo, ligeramente al sur de la población de Amazcala.

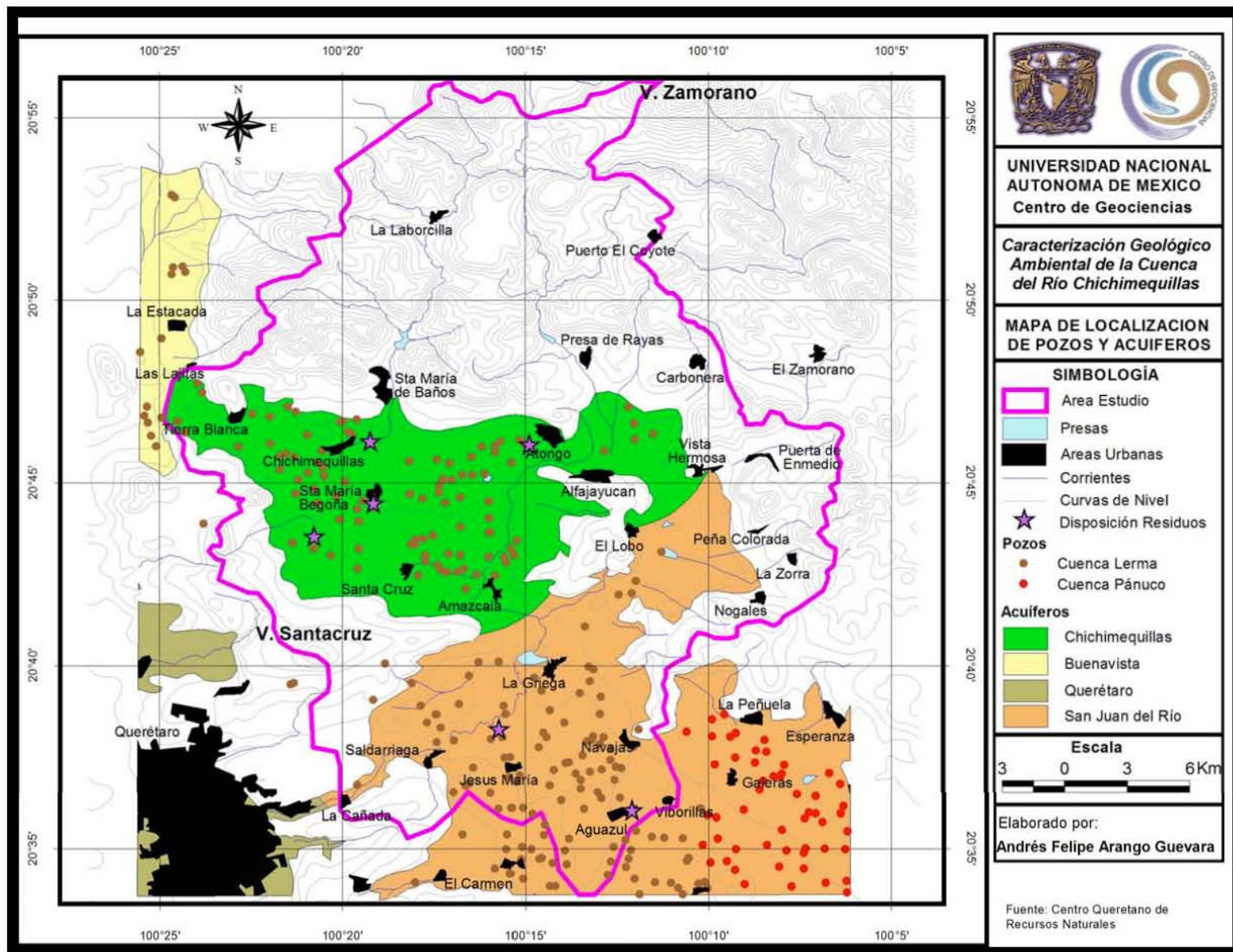
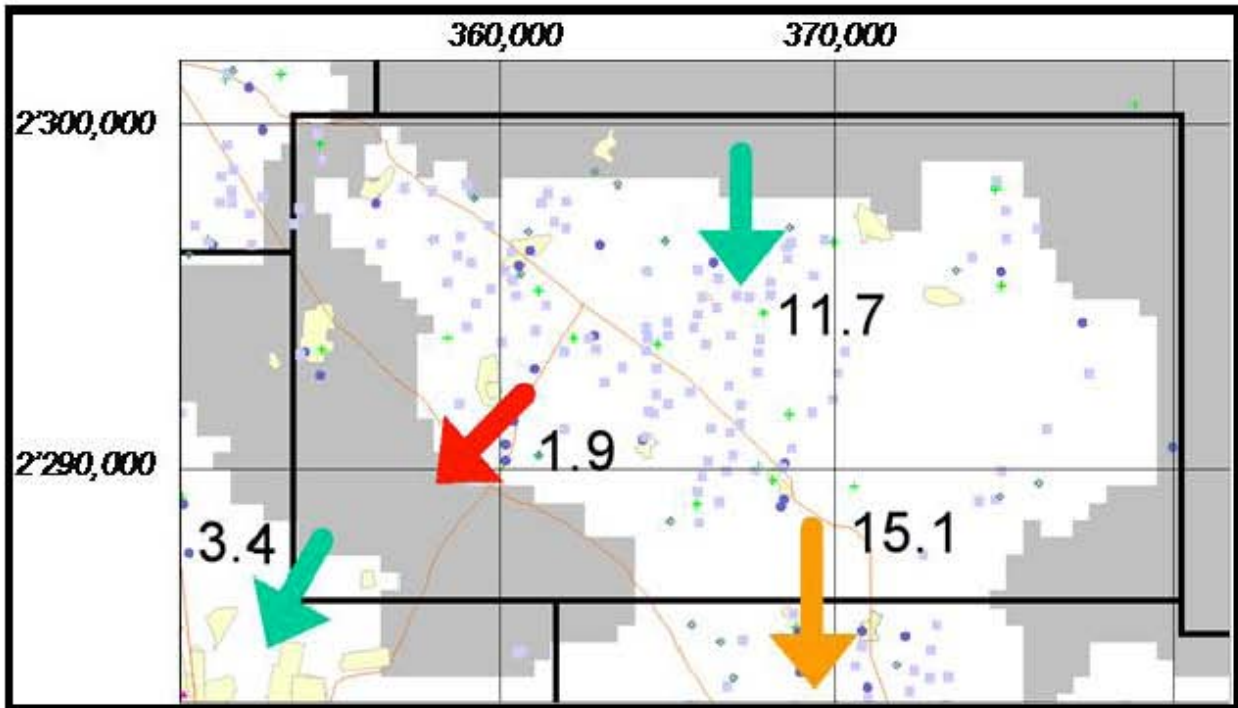


Figura 5. Mapa de Acuíferos, localización de pozos y sitios de disposición de residuos.

Funciona como un acuífero libre a semiconfinado con un espesor promedio de 300 m (SEDESU, 2005), proviniendo su principal recarga del costado norte con un volumen estimado de 11,7 millones de m³ anuales en promedio, en tanto que la salida hacia el acuífero de Querétaro es de 1,9 y hacia el de San Juan del Río – Pedro Escobedo es de 15,1 millones de m³ por año (Figura 6). La profundidad del nivel estático varía entre 50 y 100 m, con los valores más bajos hacia el centro sur del área y los más altos ubicados en la periferia, especialmente hacia el norte del valle. Los abatimientos al occidente están alrededor de 1,50 m/año, en tanto al oriente se vuelven del orden de 0,5 m o menos; los mayores descensos, superiores a 2 m por año, coinciden con las áreas que concentran los pozos en la franja central del valle, mientras que al norte los niveles son constantes o con muy poco descenso, coincidiendo con la zona de recarga natural de este acuífero (CEA-UAQ, 2002).



Figuras 6. Esquema que representa el flujo regional de entrada y salida (en millones de m³/año) para el acuífero de Chichimequillas. Tomado de CEA-UAQ (2002).

La descarga subterránea principal va en dirección norte–sur, hacia la zona de Pedro Escobedo, aunque debido a la alta densidad de pozos en el centro-norte del valle, se origina un cono de abatimiento hacia el cual también se orienta el flujo subterráneo. El

balance hídrico muestra que este acuífero está en condición deficitaria (CEA-UAQ, 2002). En la siguiente tabla se observa el balance hídrico para este acuífero:

Tabla 2. Balance hídrico para el acuífero de Chichimequillas. Fuente: CEA-UAQ (2002)

Entradas y Salidas	Estimado en millones de m³
Flujo regional de entrada	11,7
Infiltración por lluvia y retornos por riego	34,7
Oferta de agua subterránea	46,4
Flujo regional de salida	17,0
Extracciones por bombeo	60,4
Déficit	31,0

De acuerdo a CNA (2000), este acuífero tiene veda para su aprovechamiento de agua mediante decreto desde el año 1949, y reafirmado por otros edictos en 1957 y 1964.

2.5.3 Acuífero de San Juan del Río - Pedro Escobedo (SJR-PE)

El acuífero limita al norte con el de Chichimequillas al sur de Amazcala; al occidente limita por la población de La Cañada con el acuífero de Querétaro al cual alimenta; así como con la sierra formada por los derrames lávicos del volcán Cimatario; al norte limita con los domos meridionales de la caldera de Amazcala. Aunque en el mapa no se observa toda el área que abarca esta unidad hidrogeológica, en general posee una forma de rectángulo inclinado, con una orientación noroeste de aproximadamente 45°.

El valle de San Juan del Río - Pedro Escobedo se localiza al sur y al este de la zona de estudio; su acuífero es el de mayor tamaño, con pozos exploratorios que han alcanzado los 480 m, sin llegar al fondo impermeable (SARH, 1988). Es un acuífero libre, y el más importante del Estado ya que ocupa una extensión cercana a los 850 km². Está constituido por material piroclástico retrabajado y capas aluviales de geometría irregular y espesor máximo de 150 m, seguido por rocas fracturadas de composición básica y un espesor registrado de 300 a 400 m. Las recargas provienen del área de Amealco al sur, y desde su parteaguas norte (Figura 7), a través de la infiltración de corrientes; asimismo, dicha recarga es favorecida por los retornos de riego, por precipitación y por infiltración inducida desde las presas ubicadas en el área. La profundidad del nivel estático fluctúa entre 20 y 120 m, predominando las profundidades mayores de 70 m;

los niveles someros se ubican cerca de San Juan del Río, y las mayores profundidades, entre 110 y 130 m, se ubican en las inmediaciones de Saldarriaga y El Colorado. Los mayores abatimientos de hasta 2,5 m por año se presentan cerca del área de Pedro Escobedo y aguas abajo de la presa Constitución, aunque el promedio de abatimiento de todo el acuífero es ligeramente superior a 1,5 m por año (CEA-UAQ, 2002).

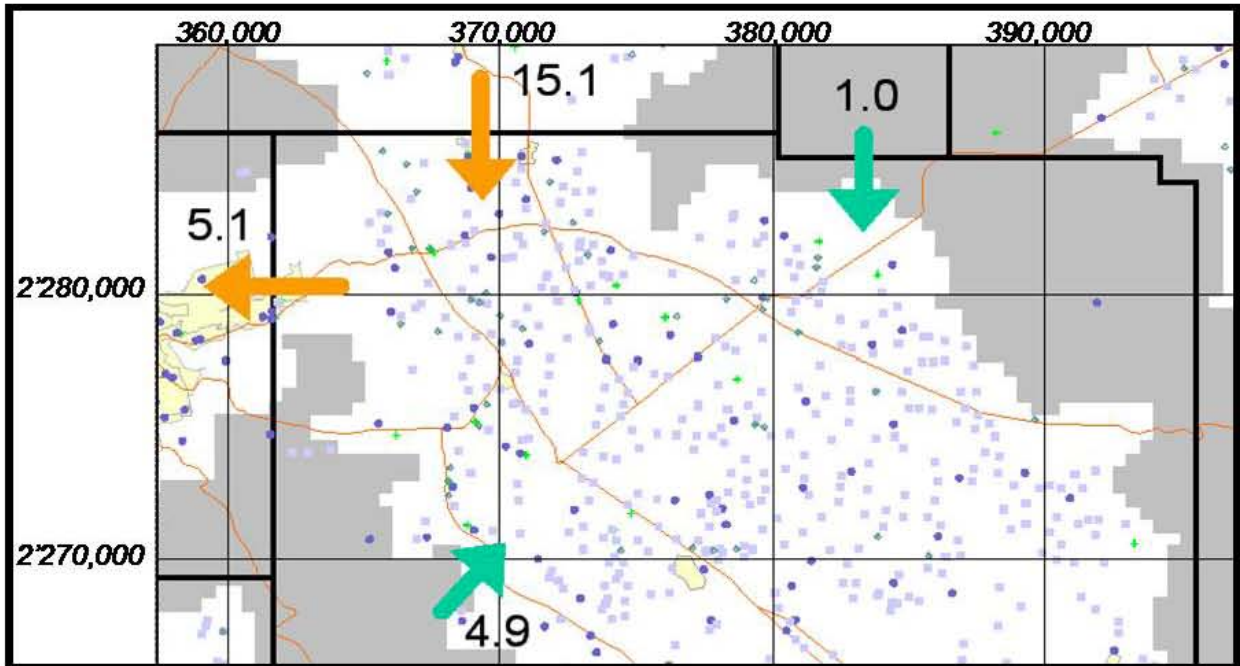


Figura 7. Esquema que representa los flujos regionales de entrada y salida para el valle de Pedro Escobedo-San Juan del Río, en millones de m³/año. Parte de la recarga y descarga no aparece en esta gráfica pues se encuentra fuera del área de estudio. Tomado de CEA-UAQ (2002).

Otra característica primordial es que el valle se reparte entre dos regiones hidrológicas: el lado SE pertenece a la cuenca del río San Juan (afuente del Alto Pánuco) y el NW a la del río Querétaro (que pertenece a la región Lerma-Chapala). Las direcciones del movimiento regional desagua muestran que hay un parteaguas subterráneo que divide el flujo en dos direcciones, uno que drena hacia el valle de Querétaro y otro orientado hacia el oriente conforme a la salida natural del valle de San Juan (CEA-UAQ, 2002). Su balance hídrico, al igual que en el acuífero de Chichimequillas es negativo, tal como se advierte en la tabla 3.

Tabla 3. Balance hídrico para el acuífero de SJR-PE. Fuente: CEA-UAQ (2002)

Entradas y Salidas	Estimado en millones de m³
Flujo regional de entrada	24,1
Infiltración lluvia y retornos por riego	101,3
Oferta de agua subterránea	125,4
Flujo regional de salida	9,9
Extracciones por bombeo	284,3
Déficit	168,8

En la siguiente tabla se presenta un resumen de algunos parámetros que presentan los acuíferos localizados dentro del área de trabajo.

Tabla 4. Características de los acuíferos de la zona de estudio.

Acuífero	Conductividad Hidráulica (m/día)	Transmisividad (m²/día)	Profundidad agua (m)	Déficit (mill m³)
Chichimequillas	4.60	950	50 a 100	31,0
SJR - PE	2 a 20	Variable hasta 4.000	20 a 120	168,8

Para el año 2025 se estima que el acuífero de Querétaro se habrá agotado (COTAS, 2002, en Perrusquía, 2003), lo que puede provocar una mayor presión sobre el acuífero de Chichimequillas, pues se considera una opción para afrontar la escasez de agua en el futuro cercano.

2.6 PENDIENTES.

Los rangos de pendientes fueron retomados de SEDESU (2005), con el objeto de mantener la uniformidad, y si dicha entidad desea luego insertar este estudio, lo haga sin mayor dificultad. Las mayores pendientes se sitúan, acorde a lo que se puede observar en un mapa topográfico, hacia el Norte de la cuenca y en menor medida hacia su extremo oriental, correspondiendo principalmente con la presencia de las ignimbritas, los domos riolíticos y dacíticos y algunos taludes de las andesitas del volcán Santacruz. Las pendientes medias se localizan hacia el noroccidente, al extremo oriental y suroccidental de la cuenca y coinciden con algunos de los productos básicos de la cuenca. Las partes más suaves, menores de 3° (6%) de inclinación, se ubican principalmente en el área correspondiente a la zona plana del valle y en las mesetas andesíticas del norte de la cuenca (Figura 8).

2.7 COBERTURA VEGETAL Y USO DELSUELO.

La vegetación hace referencia a la comunidad vegetal de un lugar, determinada por las formas de vida dominantes, tales como árboles, hierbas y arbustos que le dan su aspecto o fisonomía, su afinidad biogeográfica, o alguna característica morfológica, así como por su estructura horizontal. Aunque para fines prácticos se pueden representar en un mapa, en la naturaleza raras veces se encuentran fronteras bien delimitadas. (SEDESU, 2005).

Basados en la recopilación de otros trabajos el Programa de Ordenamiento Territorial (POT) realizado por SEDESU (2005), ajustó las descripciones y nomenclatura. Tomando en cuenta la información anterior, para el área de estudio las coberturas y usos del suelo retomados del informe en cuestión (Figura 9), son las siguientes:

2.7.1 Bosque tropical caducifolio

Es una comunidad dominada por árboles de 4 a 12 m de altura con copas muy anchas, que durante la época seca del año, se mantienen sin hojas. Se encuentran en laderas con climas cálidos y subhúmedos o semisecos, sobre suelos someros y pedregosos de rocas básicas, en el costado norte del volcán Santacruz. La actividad antrópica intensa en la región (talas y ganado), ha alterado fuertemente el bosque, dejando unos manchones que corresponden a relictos de una distribución anterior, y sólo se observa en el flanco norte del volcán Santacruz.

2.7.2 Bosque de Oyamel.

Bosque casi puro y denso de 15 a 30 m de alto, ubicado entre los 2800 y los 3200 msnm, sobre laderas pronunciadas, con climas frescos y húmedos en la región más alta del volcán El Zamorano y asociado a árboles como el aile, ocote, álamo y encino. Este es el único bosque de Oyamel en Querétaro que se encuentra claramente definido.

2.7.3 Bosque de Encino.

Es una de las comunidades más extendidas de las zonas templadas y van desde los climas semisecos a los subhúmedos, en altitudes entre los 2200 y 3000 m. Se ubican sobre el extremo norte de la cuenca y en las afueras de ésta, en el municipio de Colón. Generalmente están asociados a pastizales y a veces con matorrales xerófilos.

2.7.4 Bosque de Encino con vegetación secundaria (perturbado).

Tienen una altura similar a los anteriores, pero con los árboles más espaciados entre sí, como consecuencia de la tala de árboles, para obtener madera y para extender las áreas de pastoreo. Intercalados entre los encinos se encuentran especies indicadoras de perturbación como el huizache, el granjeno y el nopal, del tipo matorral, y en el estrato arbustivo la predomina el ocotillo, el cual llega a formar zonas cubiertas casi exclusivamente por esta especie. Son áreas ubicadas al norte de la cuenca, susceptibles de ser recuperadas debido a que aún conservan suelo y gran parte de las especies originales.

2.7.5 Bosque de Pino-Encino

Son comunidades de transición entre los bosques de encinos y de coníferas, situadas al SE del volcán Zamorano, y que forman masas vegetales considerables.

2.7.6 Matorral crasicaule

Su distribución es en zonas con climas secos, en laderas y lomeríos entre los 1400 y 2500 m de altitud, sobre suelos someros derivados de andesitas, riolitas y basaltos, y por ende un alto porcentaje de pedregosidad. Generalmente son comunidades de árboles y arbustos de 2 a 4 m, donde predominan el nopal hartón y el garambullo, y algunos elementos leñosos como los huizaches, el palo bobo y el granjeno. En el estrato arbustivo se encuentran plantas de menor tamaño como el xonocostle y el maguey.

Este matorral posee una buena preservación por situarse en suelos pobres, poco redituable para el ganado. Adicionalmente, la mayoría de las especies poseen espinas que actúan como defensa, protegiéndolas contra el ganado que pastorea libremente.

2.7.7 Matorral crasicaule con vegetación secundaria (alterado).

Son comunidades más abiertas en las que las plantas miden de 1-2 m. Esta variante se reconoce fácilmente por la aparición de un mayor número de especies arbustivas, generalmente de huizaches, así como por manchones desmontados en cuyo lugar han crecido elementos herbáceos. Se sitúa especialmente al sur de la cuenca.

2.7.8 Matorral subtropical con vegetación secundaria

Tipo de vegetación con árboles y arbustos de 3 a 4 m de alto de hojas chicas, caracterizado por la presencia de elementos espinosos, y ubicado en laderas con pendiente media, entre los 2,100 y 2,500 m bajo un clima semiseco semicálido, en los alrededores del cerro Grande. Se destacan el granjeno, guajillo, mezquitillo y garambullo, así como algunas especies inermes (escobilla y manto de coyote) entre otras. El difícil acceso para el ganado y las espinas hacen que estas especies estén bien conservadas.

2.7.9 Pastizal inducido

Esta vegetación se ha favorecido con fines pecuarios, a partir de la destrucción o alteración de otros tipos de vegetación. Se reconocen por la presencia de elementos característicos o que alguna vez fueron dominantes en las comunidades vegetales originales y por la presencia de algunas especies de pastos introducidos.

Se encuentran en terrenos con pendientes que van de ligeras hasta muy pronunciadas en forma de pequeños parches, asociados a bosques de encino o matorrales espinosos. Estas características, junto con las zonas que no presentan cubierta vegetal alguna, favorecen la pérdida de suelo.

2.7.10 Plantación forestal.

Corresponde a especies forestales que se plantan con el fin de realizar una explotación comercial. Se localiza en la parte alta de la cuenca, en cercanías al volcán Zamorano.

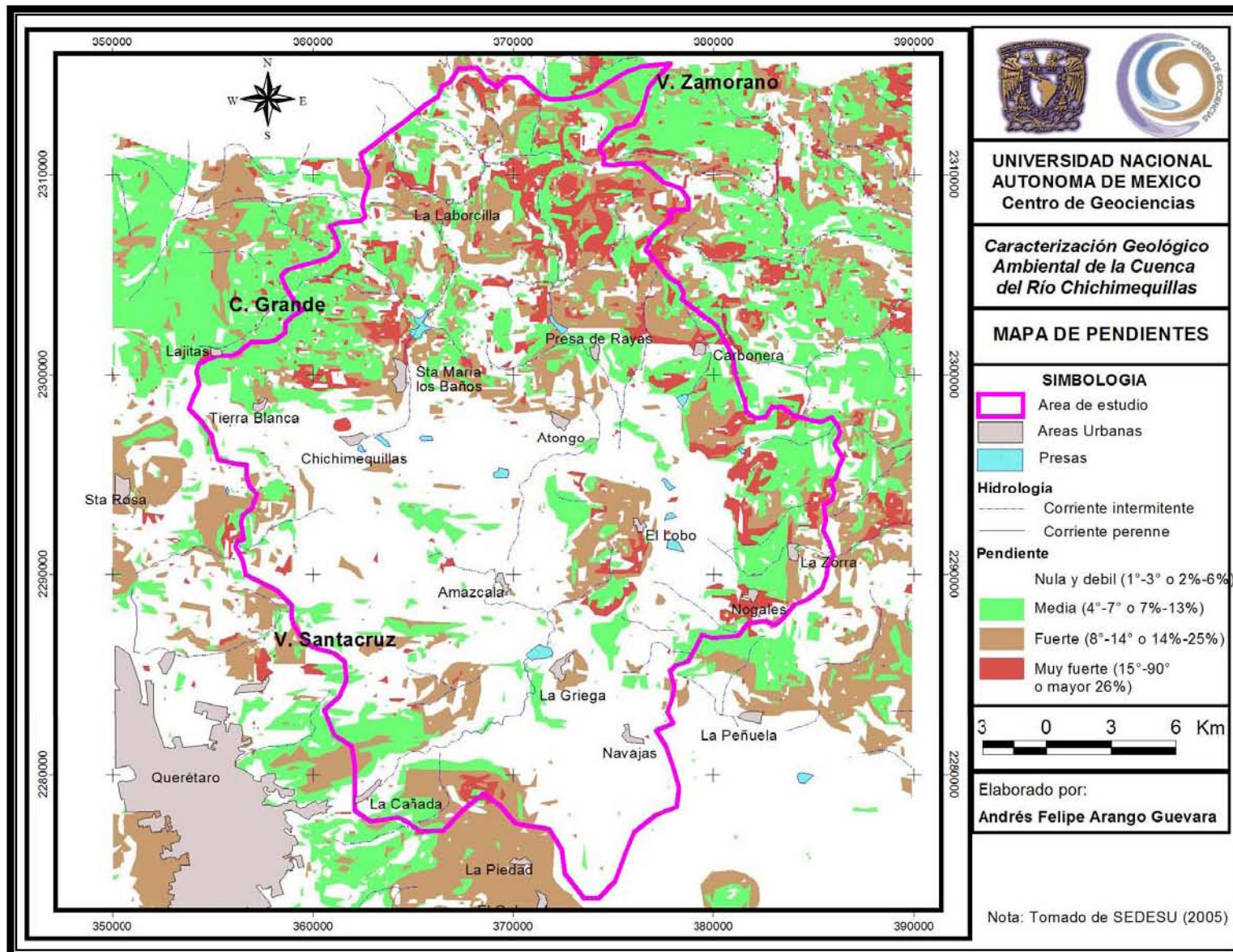


Figura 8. Mapa de Pendientes

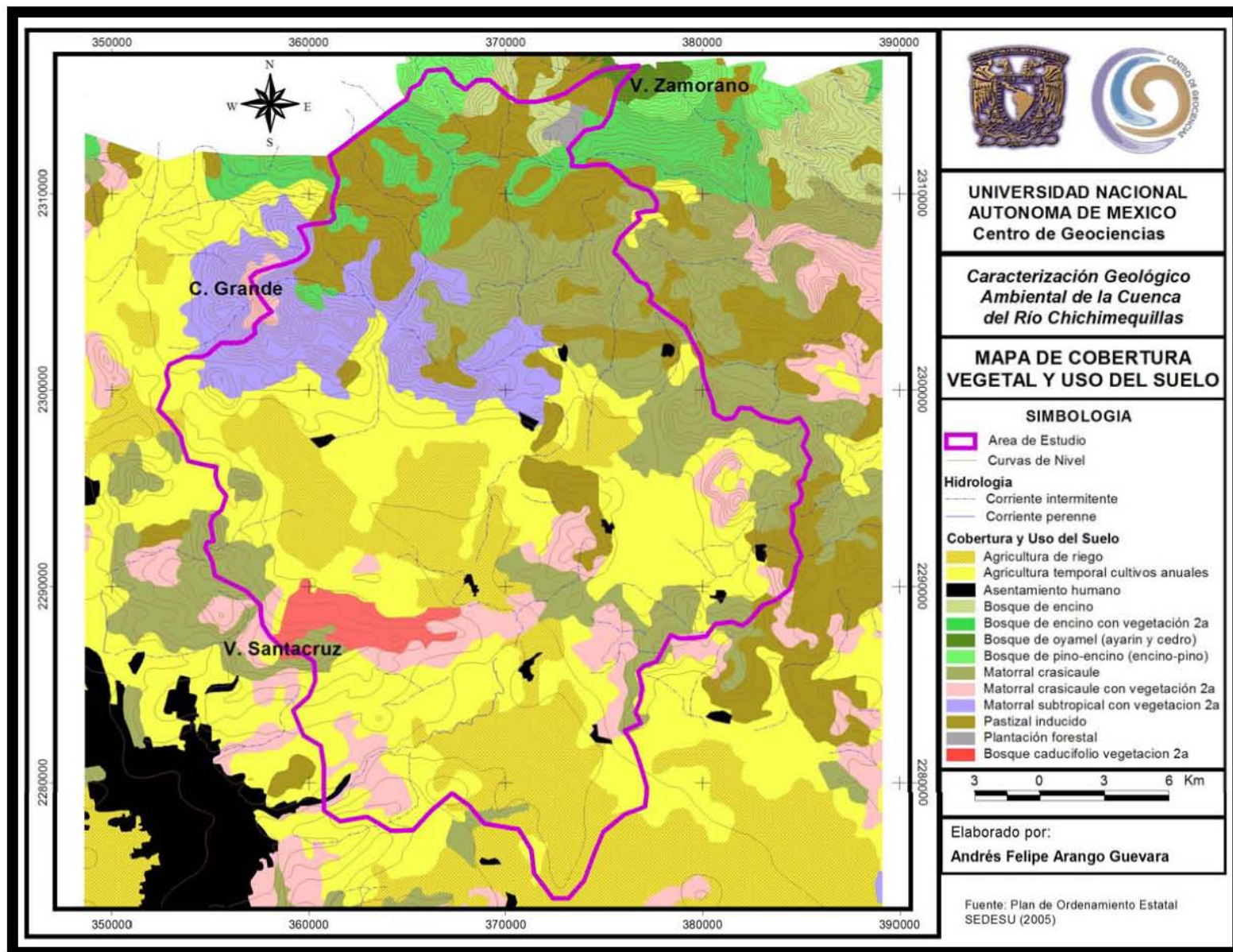


Figura 9. Mapa de Cobertura Vegetal y Uso del Suelo.

2.7.11 Agricultura

Se presentan dos tipos de agricultura: de riego y de temporal, determinadas por la diversidad y rendimientos de los cultivos, así como en el nivel tecnológico utilizado, y localizadas casi siempre en el valle o en áreas de pendientes suaves.

2.7.11.1 Agricultura de riego. Son cultivos con agua constante y disponible, a través de pozos. Los tipos de especies cultivadas son perennes como los frutales y cíclicos como las hortalizas (brócoli, chile, jitomate, trigo, cebada, maíz, frijol y lenteja) y los forrajes (alfalfa, sorgo). Algunas veces hay limitantes para el desarrollo de la agricultura de riego debido a la textura y profundidad del suelo, así como la presencia de rocas

2.7.11.2 Agricultura de temporal. Se da sobre colinas y valles dependiendo de la precipitación pluvial para su desarrollo, lo que causa que la producción sea baja. La mayoría de las áreas donde se desarrolla esta agricultura están caracterizadas por suelos someros que se encuentran limitados por roca y tepetate. Los principales cultivos son de subsistencia (maíz, frijol, calabaza), así como de maguey.

2.7.12 Asentamientos.

Hace referencia a los diversos centros poblados localizados en la cuenca del río Chichimequillas y listados en el numeral 2.1 de este trabajo.

2.8 EROSIÓN

Es la ruptura y desgaste de las partículas de la superficie en su lugar de origen, por la acción de algún agente erosivo, siendo los más comunes el viento y el agua, y el subsiguiente transporte de dichas partículas a otro sitio (Flanagan, 2002). La erosión puede presentarse de manera areal (erosión laminar) o de manera lineal (en surcos y cárcavas).

La erosión como proceso natural afecta de manera negativa al suelo, ya que lo destruye y arrastra, evitando su conservación. Asimismo, las actividades antrópicas pueden

incrementar la velocidad de erosión con efectos más severos, debido usualmente, a la reducción de la cobertura vegetal mediante la tala de árboles y el sobrepastoreo, exponiendo directamente el suelo a las fuerzas erosivas del viento y el agua, debilitándolo y fragmentándolo, en particular por el aumento de la escorrentía, que se lleva las partículas y las deposita en otros lugares.

SEDESU (2005), realiza un análisis sobre el “Potencial de erosión hídrica” para el estado, considerando que las regiones con mayor riesgo se localizan en las sierras de laderas convexas y abruptas, como son las que se presentan al norte de la cuenca del río Chichimequillas conformadas por las ignimbritas. Por el contrario, las zonas de menor potencial erosivo son las llanuras localizadas al centro y sur del estado; es decir áreas como la del valle geográfico del río Chichimequillas; sin embargo, aclara que en estas últimas zonas, dicho problema puede alcanzar también cierta magnitud debido al mal manejo del recurso suelo, aunado a la deforestación y al excesivo riego.

Para la cuenca del río Chichimequillas, aunque conservando las categorías del trabajo de SEDESU, se adaptó el mapa de erosión del Estado mencionado anteriormente, puesto que las escalas de trabajo son diferentes y se pierden detalles. Además, se modificaron ciertas áreas y se cartografiaron algunas nuevas, gracias a la información obtenida con las fotografías aéreas y la información recolectada en campo. A continuación se presenta una breve descripción de las categorías de erosión actual presentes en la zona de estudio (Figura 10).

2.8.1 Erosión no manifiesta.

Corresponde a sitios en los cuales no hay evidencias de pérdidas de horizontes de suelo. Se localiza principalmente en la región del valle, una porción al sur de la cuenca y otra comprendida entre las poblaciones de La Griega y Tierra Blanca, igualmente, se presenta en otras áreas al noroccidente de la cuenca y en los alrededores del volcán Zamorano.

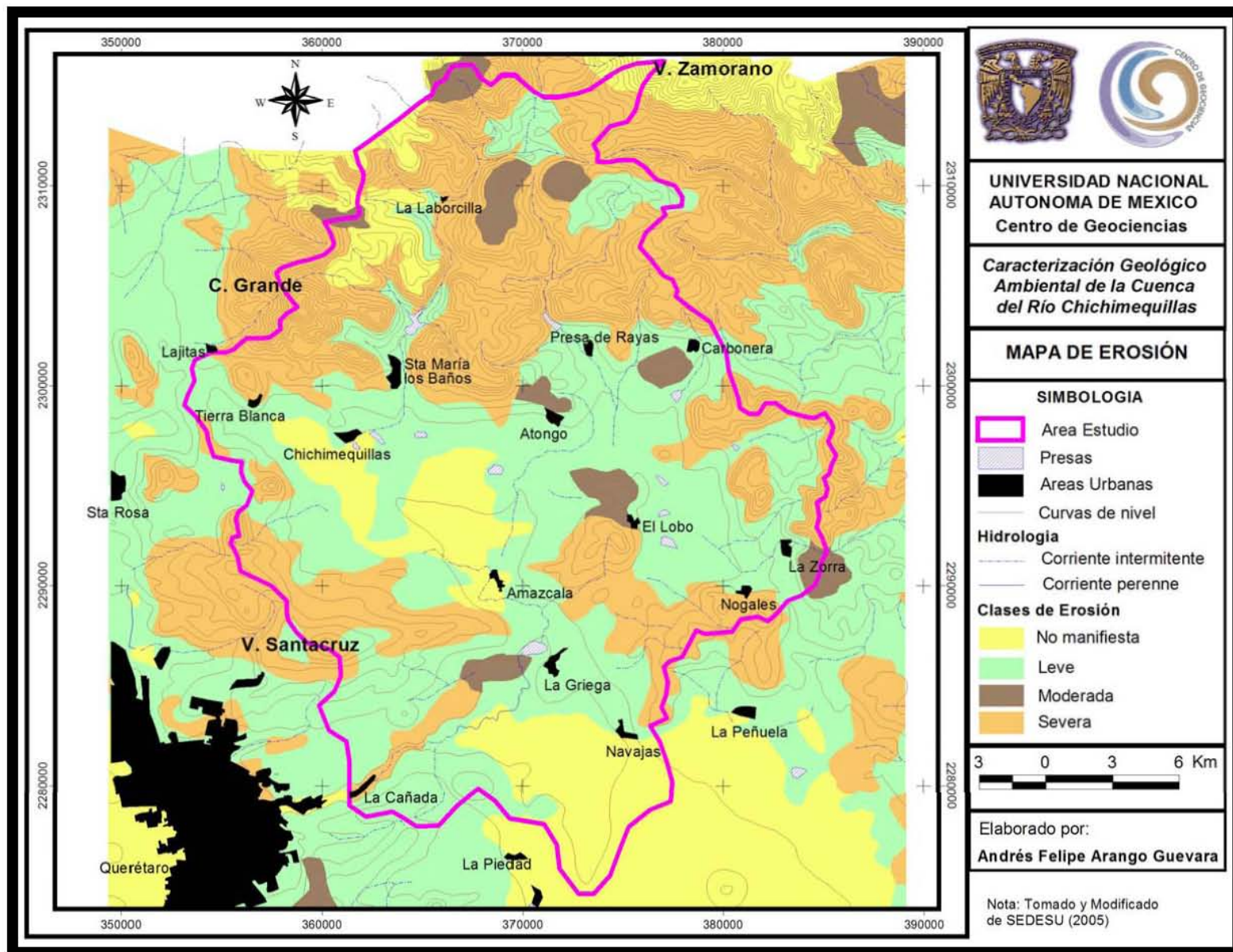


Figura 10. Mapa de Erosión en la Cuenca del Río Chichimequillas.

2.8.2 Erosión leve.

Abarca buena parte del valle, así como algunas regiones montañosas al suroccidente y suroriente del valle en las cuales predomina la agricultura temporal, pastizal y matorrales. Igualmente se presenta de manera dispersa en el área montañosa al norte de la cuenca, en sitios donde las pendientes no son tan fuertes y hay en general una aceptable cobertura vegetal; lo que limita la erosión a niveles bajos.

2.8.3 Erosión moderada.

Comprende zonas dispersas donde se observa erosión laminar, causada principalmente por la acción de las gotas de lluvia y flujos de agua superficiales que remueven el suelo a una profundidad somera. Esto ocurre en áreas cuya cobertura vegetal es poca (matorrales y pastizales inducidos), bien sea en pendientes suaves o pendientes moderadas.

2.8.4 Erosión severa.

Se ubica principalmente en la zona montañosa del norte de la cuenca y en las áreas de los domos ácidos de la caldera de Amazcala, así como sobre las lavas que conforman el volcán Santacruz, en las que predominan las pendientes fuertes a muy fuertes. Un sitio a destacar son las laderas en los alrededores de La Cañada (Figura 11), en los que las características propias de la erosión se ven intensificadas el creciente desarrollo urbano en un área de pendientes fuertes, algunas veces con poco o ningún control, es así que se pueden observar continuos descapotes de vegetación, material suelto producto de los cortes, y vías sin cunetas para controlar la escorrentía. Dentro de esta categoría se incluye también un área en las cercanías del poblado de Saldarriaga, en la cual la explotación minera es intensa removiendo prácticamente toda la cobertura preexistente en el proceso de remoción.

[SEDESU \(2005\)](#) ubica a los municipios del Estado de acuerdo al porcentaje de superficie con riesgo de erosión mayor de 200 ton/ha/año (Figura 12). Los municipios de El Marqués y Colón tienen un 20% y 25% de su territorio con riesgo de erosión respectivamente. Se destaca que los municipios con mayor riesgo son San Joaquín y

Pinal de Amoles, por encima del 80%, localizados al norte del Estado. En cambio, el municipio con menor riesgo es el de Corregidora, con un porcentaje inferior al 5%.



Figura 11. Con el aumento de la construcción de viviendas sobre las laderas y la consecuente pérdida de vegetación se propicia la erosión, tal como ocurre en La Cañada, al suroccidente de la cuenca.

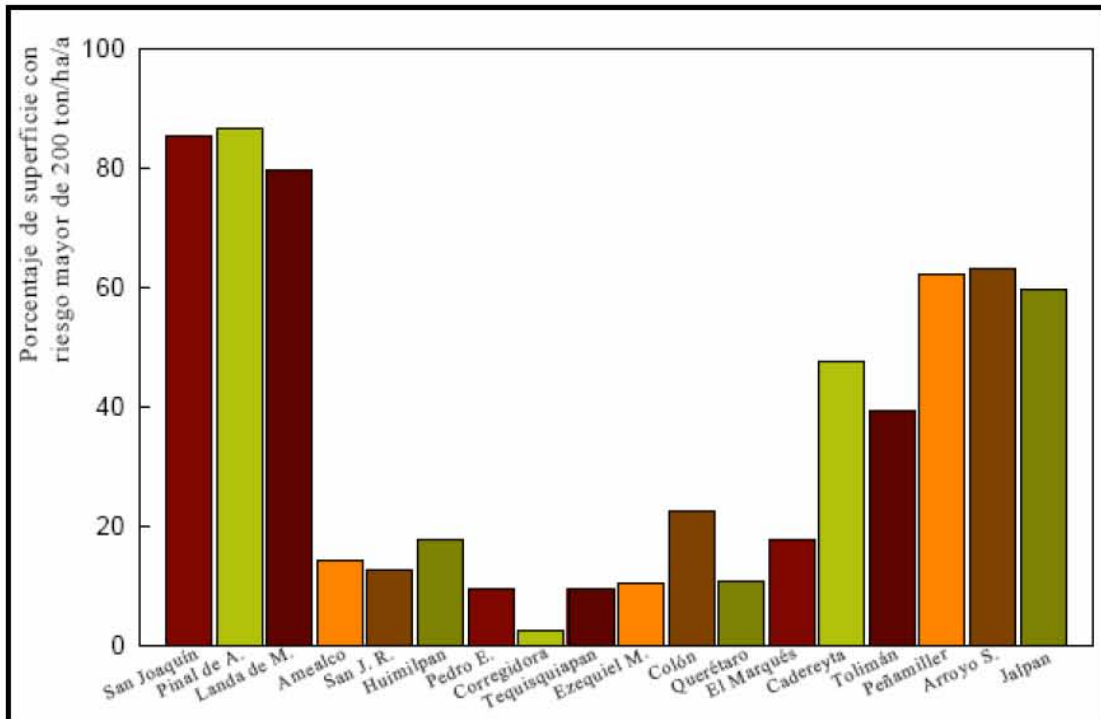


Figura 12. Municipios con mayor riesgo de erosión hídrica y porcentajes de superficie con riesgo mayor de 200 ton/ha/año. Fuente: Plan de Ordenamiento Estatal.

2.9 RESIDUOS.

Dentro del municipio no se cuenta con un relleno sanitario en el que se pueda disponer adecuadamente los residuos que se producen. Dentro del área de estudio se pudo identificar la presencia de un depósito de basura a cielo abierto (Figura 13), ubicado en las cercanías a las localidades de Saldiarraga y La Griega, el cual no cumple con la normatividad vigente establecida por las dependencias reguladoras del medio ambiente. En este sitio se arrojan los desechos sin hacer celdas ni cubrirlas con material impermeable, por el contrario las basuras allí arrojadas se encuentran al aire libre, formando una montaña en la que algunos recicladores ejercen su labor.



Figura 13. Sitio de disposición final de los residuos sólidos del Municipio de El Marqués, localizado 4 Km al SW de La Griega.

Muchos de estos residuos son arrojados en lugares de menor tamaño (Ver Figura 6), por su cercanía a las poblaciones y/o por la irregularidad en la cobertura del servicio. Casi todos estos parajes anteriormente fueron bancos de explotación de material, por lo que se aprovecha la excavación y cortes abandonados para tirar los desechos (Figura 14a), algunas veces incinerándolos. Durante la temporada de lluvias estos lugares se llenan y forman lagunas transitorias (Figura 14b) en los que se observa flotar la basura.

El mayor problema radica que al filtrarse el agua hacia el subsuelo lleve consigo contaminantes potenciales que pueden perjudicar la calidad del agua subterránea.

Otros problemas ligados a la inadecuada disposición de las basuras tienen que ver con la falta de personal operativo; la escasez de herramientas para efectuar tal trabajo; el insuficiente parque vehicular para la recolección, al tiempo que las unidades existentes se encuentran en pésimas condiciones; y la anormalidad en la prestación del servicio, llevado a cabo sin planeación y de acuerdo a las necesidades inmediatas que se presentan (Ayuntamiento El Marqués, 2005). Además, no existe una cultura del reciclaje, siendo las personas que trabajan allí de manera informal, quienes de alguna manera lo llevan a cabo.



Figura14a-14b. Disposición inadecuada de los residuos en el área. A la izquierda basuras incineradas a la orilla de la vía que conduce a Atongo; en la siguiente foto se aprecia basurero en una laguna transitoria producida durante la temporada de lluvias, vía a Santa María de los Baños.

2.10 AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO.

La cobertura de agua potable a través de redes se está quedando atrás debido a la velocidad con la que se construyen nuevas viviendas. En la actualidad un poco más de la mitad de la población carece del servicio puesto que no cuentan con conexiones para el agua potable (Ayuntamiento El Marqués, 2005). Este servicio es prestado en su defecto, a través de la entrega de agua mediante pipas cuya limpieza ha sido puesta en

duda por la comunidad, y sin tener una programación a corto, mediano o largo plazo. De acuerdo a [Perrusquía \(2003\)](#), otro problema es que la falta de agua se ha traducido en que pozos que originalmente fueron clasificados para uso agrícola, estén surtiendo a casas y plantas industriales, generando mayor competencia entre los usuarios.

Asimismo, el servicio de recolección de aguas negras cuenta con algunas deficiencias, pues se registran casos en los cuales algunas viviendas de los poblados no se encuentran conectadas a la red. De acuerdo a [INEGI \(2001\)](#), El Marqués cuenta con sólo el 55% de sus viviendas conectadas a la red de alcantarillado. Esta situación se empeora cuando muchos de sus habitantes evacuan las aguas negras producidas por humanos y animales directamente sobre las vías y/o en cauces de agua.

En otros casos, las tuberías se encuentran rotas y se presentan fugas, problema común en la población de Santa María de los Baños (Figura 15). Por último, en la zona rural las descargas no tratadas se localizan principalmente donde se llevan a cabo actividades relacionadas con la cría de ganado, así como en los alrededores de las áreas con industria. Todo esto implica realizar campañas oficiales de conexiones a las redes de alcantarillado, así como exigir a los grandes contaminadores un tratamiento previo de sus aguas residuales.



Figura 15. 2 casos en los que hay problemas con las aguas residuales. A la izquierda se muestra una fuga por rotura en la tubería. A la derecha se señalan con los polígonos, los sitios donde son vertidos las aguas negras producidas por hombres y animales de la vivienda, en uno de los casos el flujo alcanza el cauce. Santa María de los Baños.

En este ámbito, se reconocen otros problemas institucionales como son: inexistencia de un programa de conservación hidráulico en el municipio, no hay limpieza y desazolves de drenes y presas, y las solicitudes de mantenimiento de drenajes, letrina y drenes no se planean ni se hacen regularmente ([Ayuntamiento El Marqués, 2005](#)).

2.11 ÁREAS PROTEGIDAS

La diversidad biológica constituye un legado natural y cultural de las actuales y futuras generaciones, que puede tener fines como son: el manejo de recursos hídricos, la conservación de suelos, la producción de recursos forestales protectores y/o productores, la preservación de valores paisajísticos, y la conformación y mantenimiento de hábitats. Con el objetivo de mantener y proteger este patrimonio, minimizando los impactos que produce la intervención del hombre sobre ellos, el estado cuenta con un sistema de Áreas Naturales Protegidas ([SEDESU, 2005](#)), dentro del cual existen zonas ya decretadas y otras propuestas (Figura 16).

2.11.1 Área Decretada.

Dentro de la zona de influencia del área de estudio se encuentra la zona sujeta a conservación ecológica de Peña Colorada, decretada el 22 de enero del 2002. Esta zona tiene una extensión de 3.506 hectáreas dentro del municipio de Querétaro, de la cual el 41% es de propiedad privada. No hay población residente en el área.

2.11.2 Área Propuesta.

Son zonas que por conformidad del gobierno, organizaciones y la sociedad civil se erigen como de carácter prioritario para su conservación. En la zona de estudio se destaca el área del Zamorano por representar el punto más alto del Estado y ser un paraje donde existen relictos de bosques y donde nacen algunos drenajes que fluyen tanto hacia Querétaro como hacia Guanajuato. Es importante resaltar que esta área es de común interés para los dos estados, por lo que cualquier acuerdo que se pretenda lograr debe tener en cuenta el consenso de los interesados.

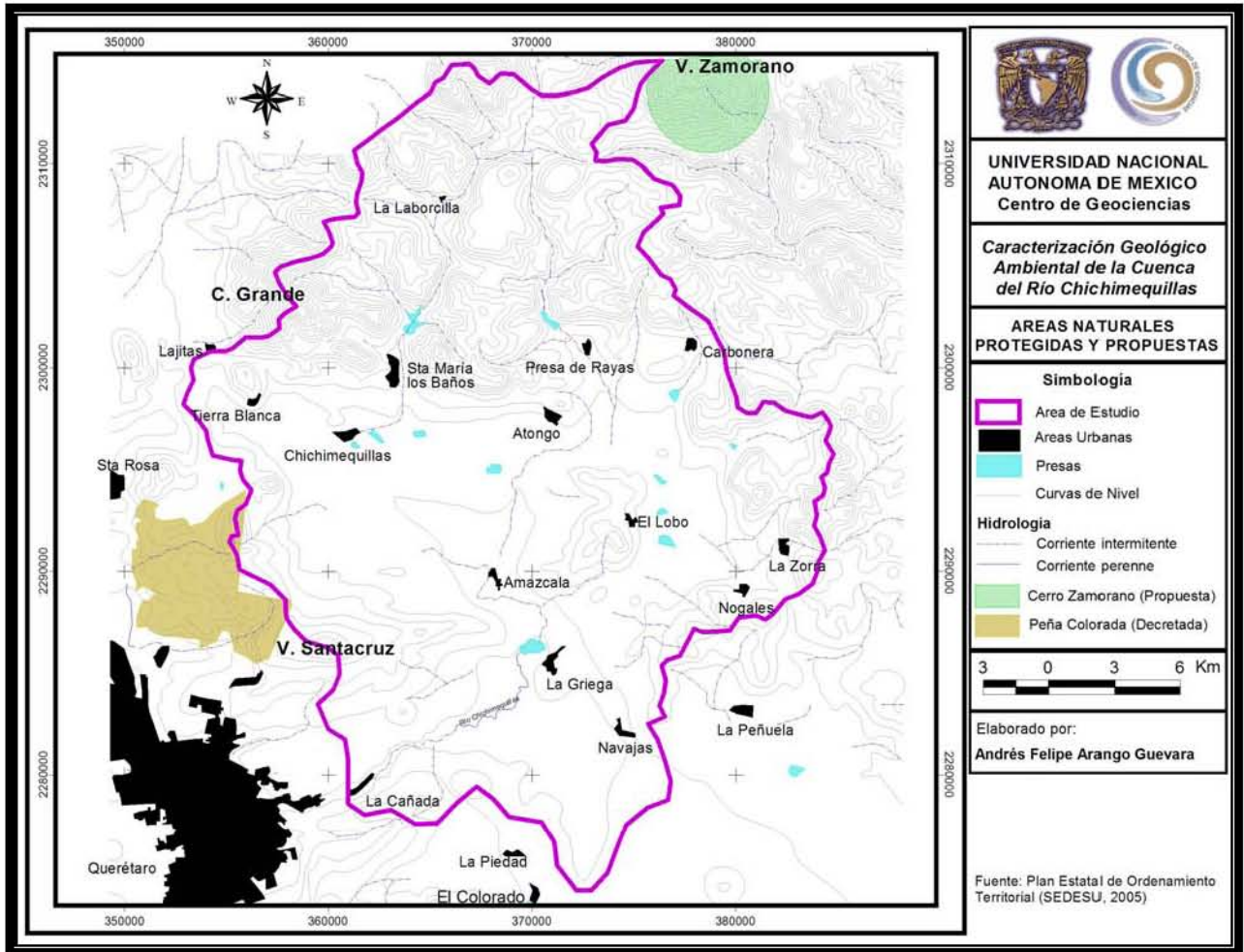


Figura 16. Localización de Áreas Protegidas y Propuestas en los alrededores de la Cuenca.

3. MARCO GEOLÓGICO REGIONAL

3.1 PROVINCIAS GEOLÓGICAS.

De acuerdo a la clasificación preliminar de las Provincias Geológicas Mexicanas elaborada por [Ortega et al. \(1992\)](#), el área de estudio se ubica en los límites de las provincias geológica de la Faja Volcánica Transmexicana, en su margen centro-norte, y la Sierra Madre Occidental o Faja Ignimbrítica Mexicana; y a su vez se encuentra cerca del límite del Cinturón Mexicano de Pliegues y Fallas, por su costado oriental (Figura 17).

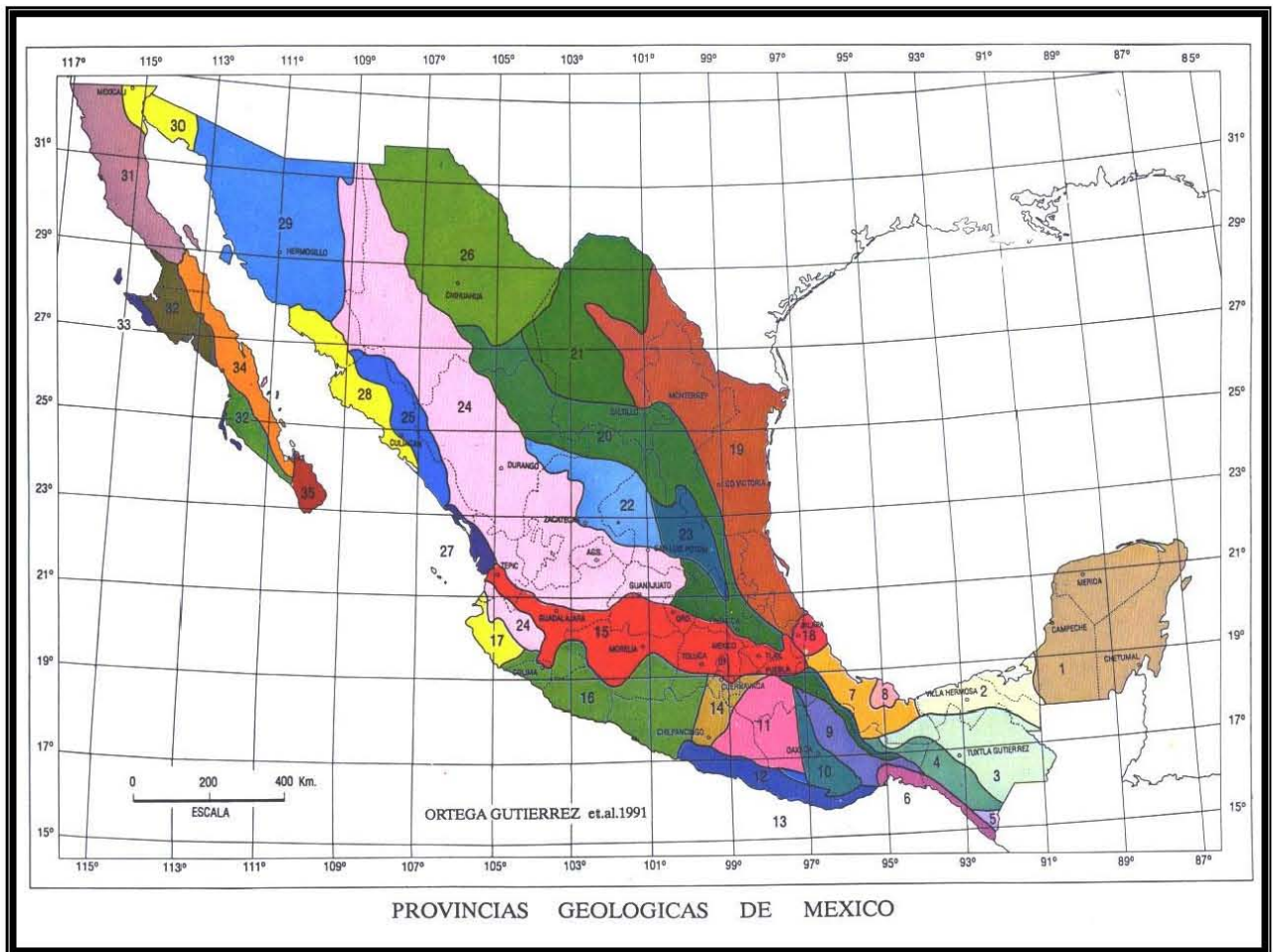


Figura 17. Mapa de las Provincias Geológicas en México. En color rojo e identificada con el número 15 está la Faja Volcánica Transmexicana, y en color crema y con el número 24 se ubica la Sierra Madre Occidental. Fuente: [Ortega et al. \(1992\)](#).

3.1.1 Sierra Madre Occidental (SMOc).

Es una de las provincias volcánicas silíceas más grandes del mundo, con unas dimensiones de 1200 Km de largo por 200 a 500 Km de ancho, que se extiende desde el sur de USA hasta su interacción con la FVTM (McDowell y Ketzer, 1977; Ferrari *et al.*, 1999a; Ferrari *et al.*, 2002; Aguirre-Díaz y Labarthé-Hernández, 2003). Su origen se ha atribuido a la subducción de la Placa Farallón (Wark, 1991), aunque su mecanismo de formación no ha sido entendido claramente.

En general, la SMOc se considera producto de un paroxismo ignimbrítico (Ignimbrite flareup), ocurrido en el lapso de los 38 a 28 m.a (Aguirre-Díaz y McDowell, 1991; Aguirre-Díaz y Labarthé-Hernández, 2003). Aranda-Gómez *et al.* (2000), lo sitúan entre los 32 y 28 m.a. en su borde oriental, con desplazamiento hacia el Pacífico hasta el Mioceno temprano. En este último período de tiempo ocurrió otro pulso ignimbrítico mayor en toda la parte sur de la SMOc distribuido en 2 episodios a los 34 y 27 m.a. y otro entre los 24 y 20 m.a. (Nieto-Samaniego *et al.*, 1999; Ferrari *et al.*, 2002); asimismo esta provincia sufrió una extensión moderada durante dos períodos: 23-20 m.a. en su parte este y entre los 15-10 m.a en su parte occidental (Ferrari *et al.*, 2002). Aguirre-Díaz y McDowell (1991), afirman que bajo esta cubierta ignimbrítica existe una secuencia volcano-plutónica de edad Eocénica.

La SMOc fue afectada por la deformación extensional asociada a la provincia de Basin and Range, así como por desplazamientos laterales entre el bloque Jalisco y la SMOc durante el Mioceno medio (Henry y Aranda-Gómez, 1992; Ferrari, 1995; Ferrari *et al.*, 1999a). Nieto-Samaniego *et al.* (1999), reconocen en la SMOc una gran variación de este a oeste del estilo tectónico, volcánico, así como de fallamiento.

Ferrari *et al.* (2002), por su parte, proponen que la generación del volcanismo silíceo se debió a la subducción de una placa joven, entre los 20 y 10 m.a., justo antes de la ruptura de la corteza continental que formó el Golfo de California. La existencia de 2 desprendimientos (detachment) consecutivos de la placa Farallón ocurridos entre el Mioceno inferior y medio fueron definitivos en el volcanismo y extensión de la SMOc.

El cambio que se presenta en la composición silícica del Oligoceno y Mioceno inferior hacia una máfica a intermedia a partir del Mioceno medio, ha sido interpretado como el límite entre la SMOc y el FVTM. En su trabajo, [Cerca-Martínez et al. \(2000\)](#), reconocen en la Sierra de Guanajuato tres secuencias volcánicas diferentes, una de las cuales representa la transición entre el vulcanismo de la SMOc y del FVTM, que ocurrió entre los 22 m.a y 14 m.a., la cual se caracteriza por domos de lava riolíticos a andesíticos y algunas ignimbritas andesíticas. Estos autores relacionan esta transición a cambios importantes de las placas al occidente y sur de México, así como a la migración hacia el sur del punto triple del Pacífico, Norteamérica y Farallón en el Mioceno medio.

3.1.2 Faja Volcánica Transmexicana (FVTM).

La FVTM ha sido definida como una provincia cenozoica continental de origen volcánico ([Ortega et al., 1992](#); [Aguirre-Díaz et al., 1998](#)), con una orientación E-W, entre los paralelos 19° y 21°, y cuyas dimensiones varían entre 20 y 200 km de ancho por 1000 km de longitud ([Aguirre-Díaz et al., 1998](#)), originada por la subducción a lo largo de la trinchera del pacífico desde el Mioceno medio ([Ferrari et al., 1994](#); [Ferrari, 2004](#)), y cuya orientación ha permanecido casi constante desde el Mioceno Tardío con desplazamiento de la actividad volcánica hacia la trinchera ([Ferrari et al., 1999b](#); [Aranda-Gómez et al., 2000](#)).

Algunas características que hacen particular a la FVTM son la variabilidad en las estructuras volcánicas; la presencia de algunas rocas alcalinas de afinidad intraplaca a pesar del dominio del vulcanismo calco alcalino, que pueden interpretarse como basaltos de isla oceánica OIB derivados de un manto no contaminado por la subducción, y que se han emplazado desde Mioceno hasta el presente; la oblicuidad de una parte del arco con respecto a la trinchera; así como la variabilidad en el ancho del arco ([Ferrari, 2000](#)). [Sedlock et al. \(1993\)](#), sugiere que el arco volcánico puede ocultar un límite tectónico entre diferentes terrenos tectonoestratigráficos.

La oblicuidad de la FVTM, tendría que ver con diferencias en la inclinación de la placa que subduce. Pardo y Suárez (1995), en Ferrari (2000), proponen que las variaciones en el ángulo de subducción, desde 50° en la zona del Bloque de Jalisco, hasta más somero en Michoacán y subhorizontal en Oaxaca, generan la oblicuidad reflejada en superficie.

El volcanismo de la FVTM se caracteriza de manera general, por 3 pulsos de gran intensidad (Ferrari *et al.*, 1999a; Ferrari, 2000): El primero tuvo lugar al inicio del mioceno tardío (11-8 m.a), con el emplazamiento de grandes mesetas andesítico-basálticas en el sector occidental y central, y algunos estratovolcanes andesíticos como el Zamorano (Carrasco-Núñez *et al.*, 1989). Posteriormente hay un un intervalo de volcanismo reducido. Luego, en el plioceno inferior (5-3 m.a) el volcanismo se torna bimodal, con complejos de domos riolíticos y basaltos alcalinos en el sector occidental y formación de calderas en el central. Durante el Plioceno tardío-Cuaternario, la composición de los productos se torna de nuevo de intermedia a básica.

La diferencia en la composición química y en los rasgos volcánicos de la FVTM permite dividirla en 3 sectores (Ferrari, 2000):

- El Sector Occidental sobrepuesto a la SMOc y al Bloque de Jalisco y limitado por el rift de Colima al oriente. El volcanismo emplazado sobre el bloque es monogenético de composición basáltico-andesítico, en cambio el ubicado sobre la SMOc es bimodal, originado por estratovolcanes, domos ácidos y centros monogenéticos basálticos. Pasquaré *et al.* (1987), identificaron en este sector que los volcanes pleistocénicos muestran una tendencia NW ligada a fallas.
- El sector central que abarca entre el rift de Colima y el sistema de Fallas Taxco San Miguel Allende (TSMA), se caracteriza por el campo volcánico Michoacán Guanajuato, con centros monogenéticos y pequeños volcanes escudo de composición basáltico a basáltico andesítico. De acuerdo a Pasquaré *et al.* (1987),

los sistemas de fallas que cruzan este sector van en sentido ENE, NS, NNE y WNW, y sobre ellas se emplaza el volcanismo Plio-Cuaternario.

- Al oriente del sistema TSMA se ubica el tercer sector, en el cual las estructuras volcánicas son variadas, estratovolcanes, calderas, y complejos de domos de composición andesítica a riolítica alineados a lo largo de estructuras preexistentes. En este sector [Pasquaré et al. \(1987\)](#), identifica poco control tectónico en comparación con el fallamiento presente en los otros dos sectores.

[Demant \(1978\)](#), ya había observado que los principales estratovolcanes estaban alineados NS, casi de manera ortogonal al eje volcánico. [Alaniz-Álvarez et al. \(1998\)](#), proponen que los volcanes monogénéticos tienen un alineamiento paralelo al arco, en tanto que los estratovolcanes se emplazan sobre estructuras transversales al arco con baja tasa de deformación. Asimismo estos autores, al igual que [Alaniz-Alvarez et al. \(2001\)](#), sugieren que la deformación extensional en la FVTM fue sincrónica con el vulcanismo desde el Mioceno.

Es importante señalar que la FVTM es una provincia geológica con fallamiento activo, tal como lo muestran trabajos recientes de [Aguirre-Díaz et al. \(1998\)](#), [Aguirre-Díaz et al. \(2000\)](#), [Szynkaruk et al. \(2003\)](#), y [Alaniz-Álvarez et al. \(2001\)](#), entre otros, sumado al registro de sismos históricos junto al reciente episodio sísmico de Sanfandila ([Zúñiga et al., 2003](#)), localizado unos kilómetros al sur de la ciudad de Querétaro.

4. GEOLOGÍA

4.1 GEOLOGÍA LOCAL

Al norte de la cuenca del Río Chichimequillas afloran rocas de la Provincia de la Sierra Madre Occidental representadas por basaltos, domos riolíticos e ignimbritas con edades Oligocénicas. Recubriendo estas rocas en algunos sectores, y hacia el centro y sur de la misma cuenca, se distribuyen rocas ácidas (riolitas, dacitas, tobas e ignimbritas) y básicas (andesitas y basaltos), pertenecientes a Faja Volcánica Transmexicana y con un rango de edades que oscila desde el Mioceno hasta el Pleistoceno (Anexo 1).

4.1.1 Paleógeno - Oligoceno.

Está representado por basaltos de olivino que son la base de la secuencia estratigráfica de la cuenca, así como por ignimbritas y riolitas.

4.1.1.1 Basaltos Los Baños (Pobb). Rocas básicas de color gris y gris azulado que se presentan en forma masiva cuando se encuentran sanas, aunque en general aparecen diaclasadas y fracturadas lo que ha favorecido su meteorización, y ubicadas principalmente en las cercanías de la población de Santa María los Baños, y al noroccidente de la localidad de Atongo (Figura 18a). En algunos tramos de la vía que de Presa de Rayas comunica con la localidad de Matanzas, estas andesitas se observan muy meteorizadas con una tonalidad rojiza debido a una intensa oxidación, así como con cavidades rellenas con cuarzo secundario (Figura 18b).

En sección delgada se pueden observar fenocristales de olivino subhedrales alterados a iddingsita, así como plagioclasas euhedrales a subhedrales; la matriz está compuesta por plagioclasa, piroxenos y opacos. Su textura varía de intergranular a subofítica y en menor proporción glomeroporfídica, aunque puede aparecer también la textura hialopilítica.

Esta unidad se encuentra infrayaciendo a las ignimbritas Zamorano, por lo que su edad debe ser inferior. Podría correlacionarse con la denominada andesita Presa de Manantiales (Nieto-Samaniego, 1990) y la andesita El Cedro (Alaniz-Álvarez *et al.*, 2001). Estos últimos la describen siempre yaciendo bajo domos y derrames riolíticos de edad oligocénica. Cerca-Martínez *et al.* (2000), obtuvo unas edades de $30,5 \pm 0,5$ Ma. y $30,7 \pm 0,6$ Ma. en K-Ar, para la andesita El Cedro, situándola estratigráficamente por debajo de la secuencia ignimbrítica de la Sierra Madre Occidental.

En el área de Querétaro se puede correlacionar con las denominadas Andesitas El Salitre, pues su mineralogía es similar; asimismo, autores como Alaniz-Alvarez *et al.* (2001) y Carreón-Freyre *et al.* (2005), las han correlacionado con rocas oligocénicas de la Formación El Cedro del Distrito Minero de Guanajuato.

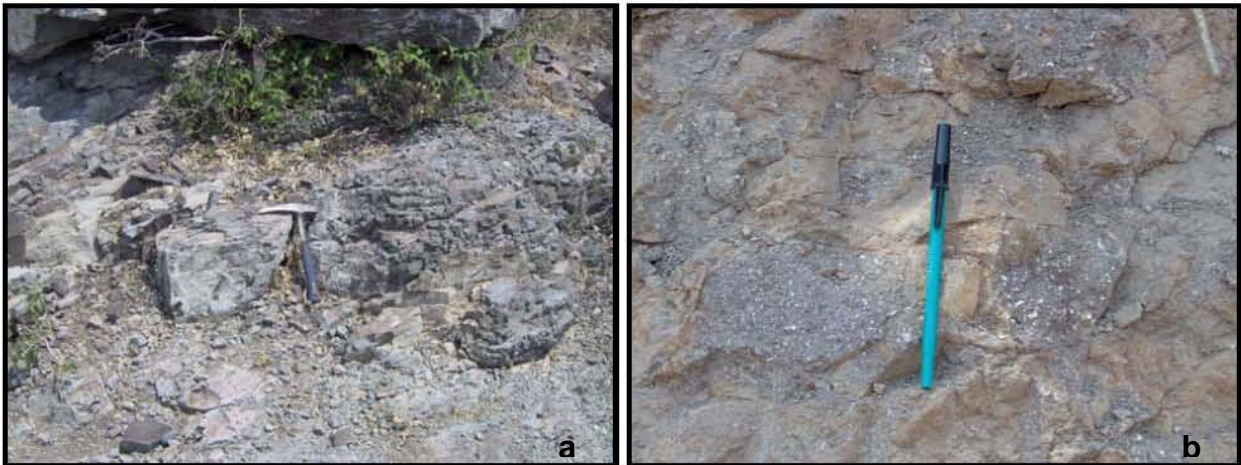


Figura 18a. Basaltos de olivino con fracturamiento; **18b.** Basaltos rojizos por la acción de la oxidación y muy meteorizados, con relleno de cuarzo secundario. Alrededores de la Presa del Carmen.

4.1.1.2 Domos Atongo (Poda). Corresponde a domos de composición riolítica localizados entre las poblaciones de Atongo y Presa de Rayas, en los alrededores de la localidad de Santa María de los Baños, y al sur de Alfajayucan. Son rocas de color blanco y rosado claro, muy vesiculadas debido al escape de gases y con algo de fracturamiento (Figura 19); en ellas se puede observar fenocristales de cuarzo y plagioclasa en una matriz blanca con bandeamiento.

Al microscopio se observa una roca inequigranular, porfírica con fenocristales de cuarzo subhedrales y algunos minerales opacos, en una matriz de cuarzo microcristalino.

Aguirre-Díaz y López-Martínez (2001), obtuvieron un fechamiento de $31 \pm 1,0$ Ma. con $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ en sanidina. Además las relaciones de campo muestran que las riolitas se meten entre los basaltos.



Figura 19. Domo riolítico ubicado en Santa María de los Baños, se puede observar su color rosa y algo de fracturamiento.

4.1.1.3 Ignimbrita Zamorano (Poiz). Es una unidad conformada por un paquete muy espeso de depósitos de flujos piroclásticos masivos, muy compactos de composición riolítica, de color predominantemente rosado, y en menor proporción blanco; intercalados con algunos niveles de ceniza originadas a partir de una caída libre y que cubre una vasta superficie en los alrededores del volcán Zamorano. Dentro de estas rocas se pueden reconocer a simple vista pómez colapsadas o fiammes (Figura 20a), así como abundantes fragmentos líticos de andesita (Figura 20b).

Carrasco-Núñez *et al.* (1989), clasificaron la ignimbrita en 2 subunidades, y aunque para efectos de este trabajo no se siguió dicha división, a continuación se hará una breve descripción de ellas.

Unidad Inferior: Cubre una mayor área alrededor del volcán. Está constituida por una secuencia de hasta 150 m de espesor de ignimbritas con una consolidación irregular, con horizontes de tobas de caída hacia la base.

Unidad Superior: Aflora en los cerros El Pinalillo y en las laderas suroccidental y nororiental del volcán. Abarca varias capas individuales de ignimbritas consolidadas, que presentan en su parte superior fracturamiento columnar, sin tobas de caída libre.

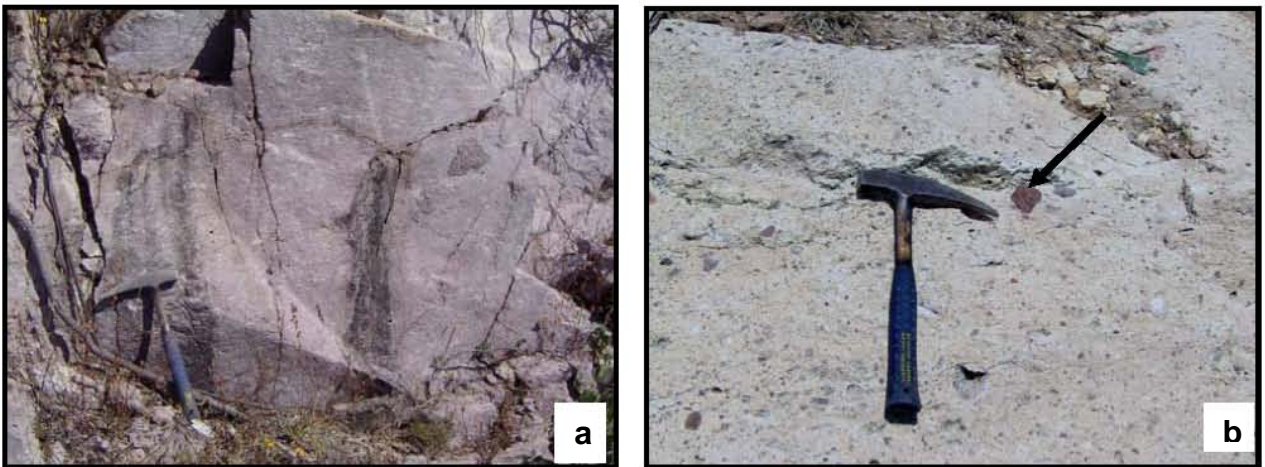


Figura 20a. Ignimbritas consolidadas en las que se puede observar en color blanco las pómez aplastadas. Vía Sta María de los Baños-La Laborcilla. **20b.** Ignimbrita con fragmentos en una matriz clara en las cercanías de La Carbonera; con la flecha se señala un lítico de andesita.

Carrasco-Núñez *et al.* (1989), afirman que la edad de la ignimbrita es menor a los 30.9 m.a, cubriendo un área de 450 Km², y un volumen aproximado de 27 km³. Posteriormente Verma y Carrasco-Núñez (2003), recalculan el área cubierta por la ignimbrita en 500 km² y un volumen aproximado de 75 Km³; además obtuvieron edades mediante ⁴⁰Ar/³⁹Ar en 3 muestras que oscilan entre 29,9 ± 0,3 hasta 28,1 ± 0,3 Ma. Estas edades sugieren de acuerdo a lo dicho por estos autores, que esta unidad puede correlacionarse con otras ignimbritas, representando la parte más sur del vulcanismo

asociado a la Sierra Madre Occidental. De igual forma, [Aguirre-Díaz y López-Martínez \(2001\)](#), obtuvieron 2 edades por $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ para la unidad de ignimbritas así: 31 ± 1 y $29,3 \pm 0,3$ Ma.

4.1.2 Neógeno - Mioceno.

El Mioceno está caracterizado por la presencia de los productos básicos del volcán Zamorano y el Cerro Grande, derrames andesíticos y basálticos, así como por las Dacitas El Paisano y las rocas generadas durante la actividad de la Caldera de Amazcala.

4.1.2.1 Dacita El Paisano (Nmdp). Son rocas ácidas de color gris claro y blanco, con fenocristales de plagioclasa, feldespato y algunas biotitas, que se disponen en forma de domos al occidente de la cuenca. En algunos sectores sobre la vía del tren, en las proximidades de la población de Lajitas, las lavas se observan muy fracturadas, tomando en algunos puntos aspectos de brecha (Figura 21a). En dicho afloramiento se pudieron observar algunos planos de falla con estrías que indican movimientos normales en las rocas (Figura 21b).

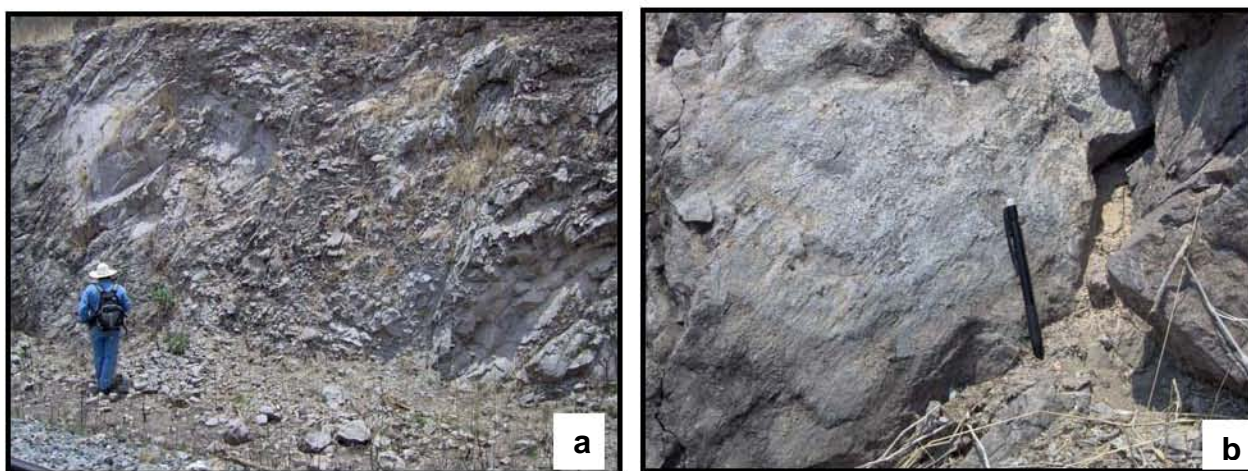


Figura 21a. Dacitas muy fracturadas en las cercanías del poblado de Lajitas. En **21b** se pueden advertir las estrías presentes en un plano de falla sobre estas rocas.

En sección delgada a roca es porfírica con fenocristales de plagioclasa, así como de hornblenda y biotita, parcialmente reemplazadas por minerales opacos; todos ellos orientados de manera subparalela debido al flujo. Se puede observar un cristal de

cuarzo en forma redondeada indicando reabsorción. La matriz es afanítica con un arreglo pilotaxítico.

En fotografías aéreas y en campo es posible observar cómo esta unidad se encuentra cubierta por la andesita Cerro Grande y por los productos del volcán Santacruz. Estas rocas son comparables a las dacitas Cerro Colorado de [Pérez-Venzor et al. \(1996\)](#), al NW de Querétaro con una edad de 16 Ma.; [Alaniz-Alvarez et al. \(2001\)](#), cartografían esta unidad como parte de las dacitas Obrajuelos, domos de igual composición que afloran en la hoja Querétaro, asignándole una edad entre el Oligoceno y el Mioceno medio. [Martínez-Reyes y Mitre-Salazar \(2005\)](#), reportan una edad de 14 Ma mediante el método de K/Ar en una muestra tomada en el Cerro el Paisano, al SW de Santa Rosa Jáuregui, por lo que denominan esta unidad como dacitas El Paisano.

4.1.2.2 Andesitas Cerro Grande (Nmag). Son rocas producto de un aparato volcánico pequeño que se ubica al noroccidente de la cuenca y que se encuentran recubriendo a la dacita.

En su trabajo, [Alaniz-Alvarez et al. \(2001\)](#), agrupa a esta unidad junto con los derrames provenientes de los volcanes La Joya y Palo Huérfano, localizados al occidente y por fuera de la cuenca del río Chichimequillas, asignándoles una edad del Mioceno medio, puesto que las edades para los productos básicos del volcán La Joya es de $9,9 \pm 0,4$ Ma ([Valdez-Moreno et al., 1998](#)), y del volcán Palo Huérfano es de 12,4 Ma ([Pérez-Venzor et al., 1997](#)).

4.1.2.3 Andesita Arroyo Hondo (Nmaa). Son lavas básicas de color gris oscuro y textura afanítica a porfirítica en muestra de mano, que constituyen la estructura del Volcán Zamorano. Se presenta tanto en forma masiva como diaclasada, en especial hacia la parte más baja de la unidad.

Esta andesita presenta algunas intercalaciones de niveles piroclásticos, ya reconocidos por [Verma y Carrasco-Núñez \(2003\)](#), compuestos por líticos de andesita y escoria. La

edad obtenida por estos autores, mediante el método de $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ en roca total es de $9,6 \pm 0,4$ Ma.; además, las relaciones de campo establecen que se encuentran sobreyaciendo a las ignimbritas de la Sierra Madre Occidental.

4.1.2.4 Volcaniclásticos de Querétaro (Nmvg). Son estratos horizontales poco consolidados de depósitos fluviales, lacustres y algunos piroclásticos, compuestos principalmente por material volcánico, conformado por clastos que oscilan desde algunos centímetros hasta partículas tamaño limo, con un espesor variable. En el área de estudio se ubican hacia el suroccidente, en los flancos del cañón labrado por el río en las inmediaciones de La Cañada.

Esta unidad se encuentra subyaciendo al basalto Querétaro, por lo que su edad debe ser inferior a la reportada para los basaltos. [Alaniz-Alvarez et al. \(2001\)](#), reporta en su trabajo que estos volcaniclásticos cubren a las dacitas y los productos básicos del volcán La Joya, asimismo concluye que la formación de estos depósitos está relacionada con el volcanismo ocurrido en la región en el Mioceno Medio y Tardío.

4.1.2.5 Andesitas Carbonera (Nmac). Son domos de colores grises y tonalidades rojizas, que presentan varios de ellos una elongación en dirección NE, muy cercano al EW; algunos de ellos exhiben cimas aplanadas, en tanto otros tienen cimas más abruptas. Aunque sus formas llevan a pensar que algunos son más erosionados que otros, y por ende, más antiguos, petrográficamente son similares tal como se describe a continuación.

Se analizaron 4 secciones delgadas para igual número de domos, localizados al centro-oriente de la cuenca. Las rocas con algunas ligeras variaciones se caracterizan por ser microporfiríticas, inequigranulares, con fenocristales de hornblenda euhedrales y subhedrales muy alterados, así como de plagioclasa menos alterados que pueden ser euhedrales y anhedrales. La matriz casi siempre está marcada por las plagioclasas, y las texturas típicas son hialopilitica, pilotaxítica e intersertal, Sólo en una de las muestras se notó la presencia en pocas cantidades de clinopiroxeno.

No fue posible advertir algún contacto directo que permitiera establecer relaciones estratigráficas. Verma y Carrasco-Núñez (2003), infieren que están por encima de la ignimbrita Zamorano, y le asignan una edad aproximada de 9 Ma.

4.1.2.6 Basaltos Querétaro (Nmbq). Corresponde a mesas basálticas localizadas al suroccidente de la cuenca, compuestas de rocas de color gris oscuro algo vesiculados y sin cristales observables en muestra de mano. En su parte superior se observan con una coloración rojiza producto de la oxidación y meteorización a través del tiempo.

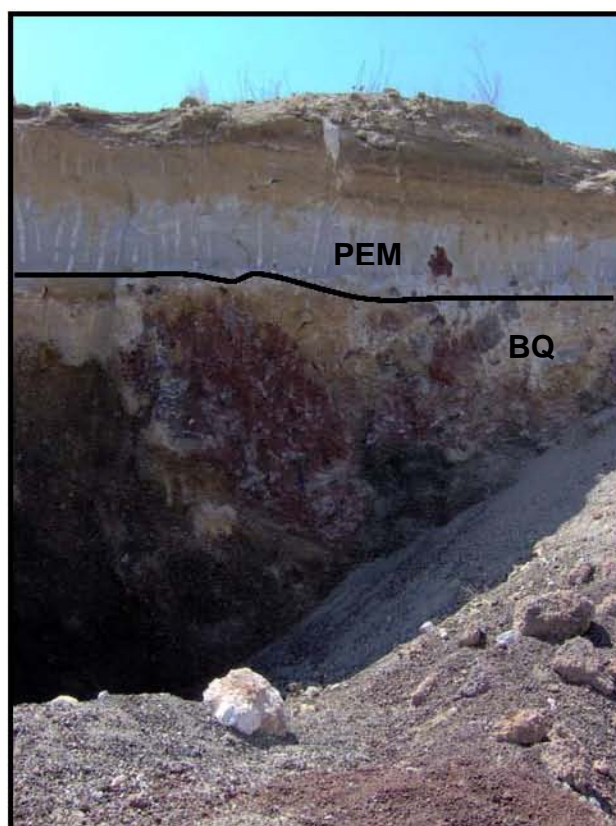


Figura 22. Pómez Ezequiel Montes (PEM), sobreyaciendo a los Basaltos Querétaro (BQ), muy oxidados al sur de Saldarriaga.

Los basaltos han sido fechados en $8,1 \pm 0,8$ Ma por K-Ar en roca total, en las cercanías del antiguo aeropuerto de Querétaro (Pasquaré *et al.*, 1991), y en $7,5 \pm 0,5$ Ma al norte de la ciudad (Aguirre-Díaz y López-Martínez, 2001). Las relaciones de campo muestran

que estos basaltos se encuentran por debajo de la pómez Ezequiel Montes, tal como se observa en una pequeña cantera al sur de la población de Saldarriaga (Figura 22).

Las andesitas que aparecen en el flanco sur del volcán Zamorano, y denominadas andesita Mesa Redonda por Carrasco-Núñez *et al.* (1989), a pesar de no poseer dataciones ni relaciones estratigráficas claras que permiten establecer de manera clara su edad, se agrupan con los basaltos Querétaro debido a que tienen una fuerte similitud en composición y forma. De acuerdo a Verma y Carrasco-Núñez, 2003, su composición varía de andesita basáltica a basalto, y su origen se atribuye a emplazamiento a través de fisuras.

Estas andesitas presentan una morfología de mesetas con la cima aplanada y cuyas longitudes pueden alcanzar hasta los 5 km y espesores hasta de 80 m aproximadamente. La roca se observa masiva de color gris y gris oscuro, poco meteorizada, con textura afanítica. A nivel petrográfico la unidad enseña pocos fenocristales de plagioclasa y clinopiroxeno, así como óxidos de hierro y manganeso en una matriz de plagioclasa con textura pilotaxítica.

4.1.2.7 Ignimbrita Colón (Nmic). Es una unidad de ignimbritas de composición riolítica y color predominantemente blanco, aunque algunas veces presenta coloraciones rosáceas y amarillentas, con un espesor que oscila entre 3 y 10 m aproximadamente. Estas rocas que afloran en el sector de La Cañada, dentro del cañón que el río esculpió, muestran fuerte diaclasamiento columnar (Figura 23a), un grado variable de soldamiento, pudiéndose observar en muestra de mano clastos de pómez en una matriz arenosa de pocos cristales. Vale la pena mencionar que mucho del adoquín que recubre las vías de la ciudad de Querétaro ha sido extraído de esta unidad.

Esta roca fue denominada así por Aguirre-Díaz y López-Martínez (2001), cuya secuencia reportan un espesor de 80 m, en los alrededores de la población de Colón, sugiriendo como probable origen las fases de colapso de la caldera. Estos autores

reportan una edad de $7,3 \pm 0,5$ m.a obtenida mediante el método de $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ en una sanidina y consideran que la Ignimbrita recubre a la pómez Ezequiel Montes.

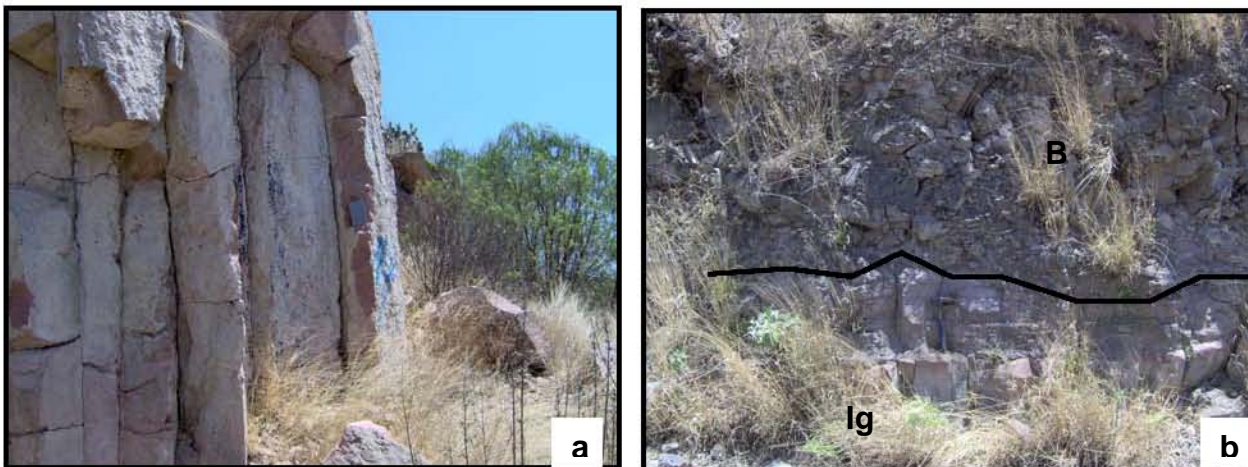


Figura 23. En **a** se observa el diaclasamiento columnar de las ignimbritas sobre la pared sur de La Cañada. En **b**, se presenta el contacto entre la ignimbrita (lg) y los basaltos (B) que la suprayacen.

En el área de estudio, la ignimbrita presenta características similares a las descritas para la ignimbrita Colón; sin embargo, las relaciones de campo muestran siempre que esta unidad se encuentra por debajo de los basaltos Querétaro y por ende de la pómez Ezequiel Montes. Es así que aunque en este trabajo se conserva el nombre para las rocas, se presentan varias probabilidades: que no correspondan a la Ignimbrita Colón, que la datación esté errada, o que sean producto de un pulso anterior de la caldera de Amazcala.

4.1.2.8 Pómez Ezequiel Montes (Nmpe). Corresponde a una secuencia de varias capas de depósitos piroclásticos de caída, intercalados con unos delgados niveles de oleadas piroclásticas. Algunos de estos niveles muestran pómez redondeadas y semiredondeadas, evidencia de retrabajamiento originado por corrientes de agua (Figura 24a).

Los niveles están compuestos por un tamaño de grano de lapilli y ceniza, siendo los granos más gruesos encontrados hasta de 7 cm aproximadamente (Figura 24b). El color predominante es el gris claro, aunque en las capas retrabajadas, el color varía

desde amarillo hasta café. Dentro de los niveles predomina la gradación normal, y en menor medida la gradación inversa o niveles sin ninguna gradación aparente.

[Aguirre-Díaz y López-Martínez \(2001\)](#), reportan espesores de esta unidad hasta de 43 m en pozos y de 32 m en canteras cerca de la localidad de Ezequiel Montes. Las relaciones de campo muestran que esta unidad se encuentra estratigráficamente por debajo de la ignimbrita Colón, y los autores arriba mencionados estiman una edad para esta unidad entre 7,5 y 7,3 Ma.



Figura 24a. Niveles de la Pómez Ezequiel Montes en una cantera cerca de Saldarriaga. En **24b**, se observa un detalle de los clastos del depósito.

4.1.2.9 Domos Riolíticos de la Caldera Amazcala (Nmca). Son rocas de composición riolítica que aparecen conformando la periferia de la denominada por [Aguirre-Díaz y López-Martínez \(2001\)](#), caldera de Amazcala. Las rocas, algunas veces vesiculadas, son de color blanco y crema, y en algunas partes muestran un color rojizo debido a la oxidación que ha sufrido la roca. Aunque en general en campo muestran textura afanítica, en algunas localidades se pueden identificar cristales de cuarzo embebidos

en una matriz afanítica. Topográficamente no son muy altos, mostrando algunas formas alargadas, también se puede observar obsidiana, bandeamiento de flujo y diaclasamiento columnar en varios de estos domos (Figura 25a y 25b).

Estos domos se emplazan a lo largo de las fracturas que se forman alrededor de la caldera en forma de anillo, obteniendo la misma configuración de las fracturas al salir el material volcánico a la superficie.

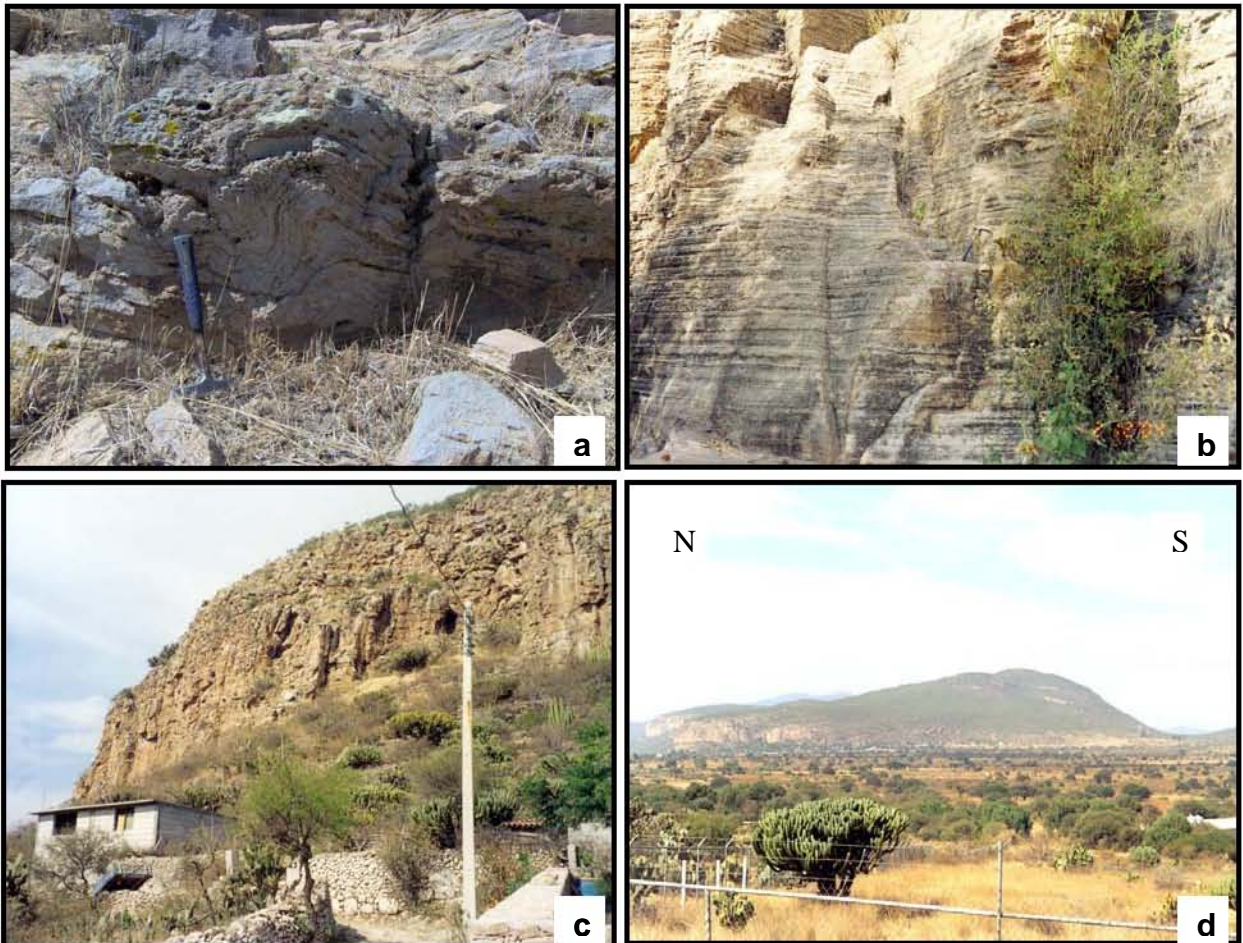


Figura 25. Se puede observar el bandeamiento de flujo, en **a** para un domo del externo, y en **b** casi de manera horizontal para el domo central. En **c**, se percibe el fuerte diaclasamiento columnar del domo central que ha provocado la caída de bloques cerca de las viviendas. Una panorámica del domo central, en la cual se ve su elongación en dirección casi NS, se puede apreciar en la figura **d**.

En el centro de la mencionada caldera, se observa un domo alargado en dirección NNE, con fuertes escarpes que presentan un notable diaclasamiento columnar (Figura

25c y 25d). De acuerdo a [Aguirre-Díaz y López-Martínez \(2001\)](#), la elongación del domo coincide con el eje más largo de la caldera, y además sugieren que el domo central se pudo haber formado durante la resurgencia de la caldera. Estos autores reportan una edad $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ en sanidina de $6,6 \pm 0,3$ Ma.

Dentro de esta unidad se agrupan también algunos domo riolíticos de color gris claro a rosa y fuertemente fracturados, situados al suroriente de la cuenca por fuera del área de estudio, y a los que [Carrillo-Martínez \(1990\)](#), les asigna una edad del Mioceno superior. Sin embargo, existe un dique riolítico en la localidad de Aguazul que corta las andesitas Cenizas (Figura 26), y que podría representar los últimos rezagos de vulcanismo riolítico hacia inicios del Plioceno.



Figura 26. Dique ácido que está cortando las Andesitas Cenizas en la localidad de Aguazul.

4.1.3 Neógeno - Mioceno-Plioceno.

Abarca la actividad volcánica básica del centro y sur de la cuenca generada a través de los volcanes Santacruz y Cimatario, así como por algunos conos pequeños.

4.1.3.1 Andesitas Cimatario y Cenizas (Nmpc). Son lavas andesíticas de color gris oscuro y textura afanítica y vesiculadas, que afloran al suroccidente de la cuenca, y las

cuales fueron emitidas por el volcán Cimatario. Esta unidad se encuentra sobre los basaltos Querétaro y la pómez Ezequiel Montes.

En lámina delgada la roca presenta algunos fenocristales de olivino parcialmente iddingsitizados, plagioclasa y algunos clinopiroxenos, con texturas glomeroporfídica marcada por cúmulos de olivino y plagioclasa. La matriz esta conformada por plagioclasa microcristalina y minerales opacos.

Por su parte la andesita Cenizas presenta el mismo aspecto de color y textura que la Cimatario, con la diferencia de que la primera parece haber sido emitida a través de conos volcánicos más pequeños.

[Aguirre-Díaz y López-Martínez \(2001\)](#), obtuvieron edades en $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ de $5,6 \pm 0,4$ Ma para la denominada Andesita Cimatario y de $5,2 \pm 0,2$ Ma para la andesita Cenizas; asimismo, las catalogan como andesitas basálticas en un diagrama TAS (Total Álcali-Silica) de clasificación. Se agrupan en este trabajo puesto que corresponden a un mismo tipo de roca, y ya que parecen corresponder a un pulso magmático que se sobrepone o está muy cercano en edad.

4.1.3.2 Basalto Santacruz (Nmmps). Corresponde a rocas de composición basáltica de color gris oscuro, algunas veces vesiculadas, expulsados por el volcán Santacruz localizado al nororiente de la ciudad de Querétaro. En campo es posible apreciar niveles rojizos, es decir más oxidados, que sirven para identificar el fallamiento normal que se da en esta unidad (Figura 27).

En la fotografía aérea es claro la una dirección preferencial de alargamiento que muestran sus productos en dirección EW, esto debido al fallamiento normal que ha afectado estas rocas.

La roca al microscopio es inequigranular y ligeramente porfirítica; los fenocristales son de plagioclasa y muy pocos de ortopiroxeno, clinopiroxeno y olivino euhedrales a

subhedral iddingsitizado. La matriz es afanítica y está conformada por plagioclasa, clinopiroxeno y minerales opacos con textura pilotaxítica, y la relación entre ellos es a veces intergranular.

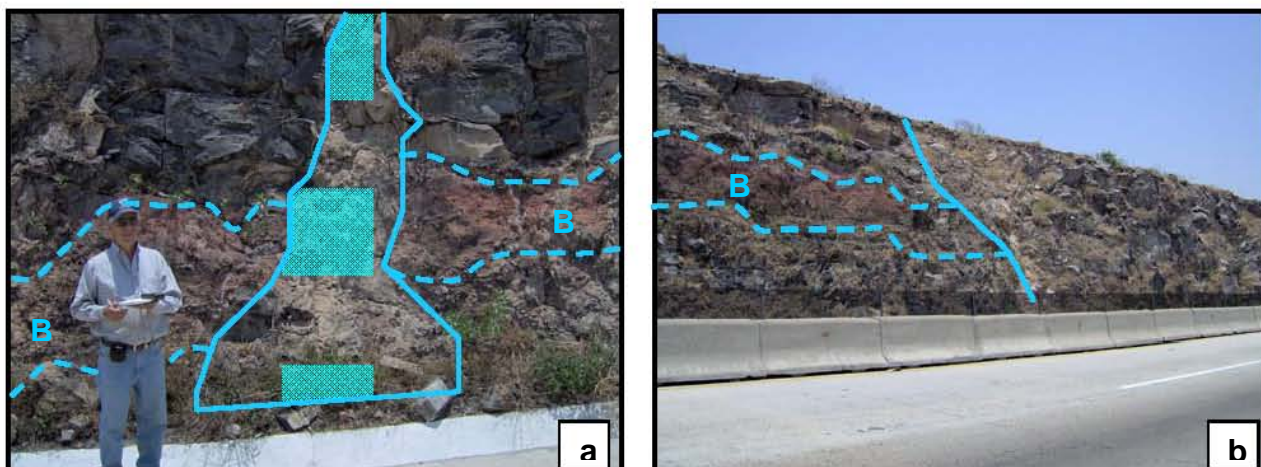


Figura 27a. Fallamiento normal en los basaltos Santacruz, fácilmente distinguible gracias a los niveles oxidados (B); con el color azul claro se resalta la zona de roca molida por la falla. **27b,** en otro ramal de la falla, se nota el truncamiento del horizonte B. Libramiento México-San Luis Potosí.

Estos basaltos están recubriendo los depósitos de la Pómez Ezequiel Montes, así como las dacitas miocénicas. Aunque no se conoce su edad, por la poca disección y erosión que muestra este volcán se presume que es contemporáneo al vulcanismo básico del Mioceno tardío representado por las andesitas Cimatario, que poseen características similares.

4.1.4 Neógeno - Pleistoceno.

4.1.4.1 Depósitos del valle (Npda). Son depósitos que están rellenando la parte superior del valle, en los que se alternan niveles finos de arcillas y arenas, con algunos más gruesos resultado de la acción de corrientes. Asimismo, es frecuente encontrar caliche embebido dentro de estos sedimentos.

Algunas veces se ven afectados por un fallamiento normal, tal como se advierte en la figura 28. La edad de dichos depósitos no es clara, y aunque se presume Cuaternaria (Alaniz-Alvarez *et al.*, 2002); Aguirre-Díaz y López-Martínez (2001), afirman que la edad

puede variar desde los 10 hasta las 4,6 Ma, basados en datos de algunas lavas intercaladas en los depósitos.

4.1.4.2 Depósitos de Piedemonte (Npdp). Corresponden a los depósitos más recientes del valle, producto de la acción combinada de la gravedad y el agua sobre las laderas de rocas preexistentes, por lo que su composición es muy variada y depende de la roca parental de la cual se desprenden.



Figura 28. Depósitos fluviolacustres, en el que se observa como un nivel de arenisca conglomerática está desplazado por la acción de una falla normal. Libramiento México-San Luis Potosí.

4.2 DISCUSIÓN

La estratigrafía descrita se basa principalmente en las observaciones efectuadas durante los recorridos de campo, sustentada con el análisis de las secciones delgadas, así como con las dataciones hechas en trabajos anteriores. En el presente trabajo no se realizaron fechamientos, puesto que no se contemplaban dentro del presupuesto del proyecto bajo el cual se llevó a cabo este estudio. Esta ausencia de edades radiométricas supone una limitante al momento de querer afinar con mayor detalle la columna estratigráfica, por ejemplo:

- Hubiese sido deseable contar con dataciones en el caso de la andesita Cerro Grande, pues no hay otra unidad que la recubra, sólo se puede determinar a grandes rasgos su edad mediante comparaciones con productos parecidos de los volcanes La Joya y Palo Huérano, ubicados al noroccidente de la cuenca.
- Las andesitas Carbonera no muestran ningún contacto directo, y sólo se agruparon por poseer características petrográficas muy parecidas, por lo que un par de fechamientos pueden aclarar su posición en la columna estratigráfica regional, así como si la agrupación basada en la mineralogía es correcta o no.
- Los basaltos Santacruz aparecen divididos por la disección provocada por el cauce del río Chichimequillas (Anexo 1). Las rocas localizadas al occidente del cauce, si bien petrográficamente son ligeramente distintas ya que muestran fenocristales de plagioclasa y Hornblenda, se agruparon en esta unidad debido a la similitud geomorfológica y a la continuidad que aparentan tener al observarse en fotografías aéreas.
- En el caso de la unidad aquí denominada ignimbrita Colón, se requiere contar con una edad para confirmar o no si corresponde a la misma roca que aflora al oriente de la caldera de Amazcala, puesto que las características visuales son similares, pero las relaciones de campo muestran siempre que esta unidad se encuentra por debajo de los basaltos Querétaro cuya edad es de $8,1 \pm 0,8$ Ma, y por ende muy alejada de los $7,3 \pm 0,5$ Ma reportada para la Ignimbrita.

4.3 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

Tal como se describió en el capítulo 3, el área de estudio se encuentra ubicada en un contexto tectónico donde convergen la Provincia Geológica de la Sierra Madre Occidental y la Faja Volcánica Transmexicana. Si bien es cierto que dentro del área de estudio se encuentran unidades litoestratigráficas pertenecientes en su mayor parte a la última provincia, a excepción de las rocas oligocénicas, se debe tener en cuenta que los

rasgos tectónicos observados obedecen a un estilo de carácter más bien regional que local.

Así por ejemplo, muy cerca de la región se pueden encontrar zonas afectadas por los sistemas de fallas regionales de Taxco-San Miguel de Allende (TSMA), de orientación NNW descrito por [Demant \(1978\)](#), y otro en sentido ENE denominado por [Johnson y Harrison \(1990\)](#), como Chapala-Tula (ChT). Esta zona de intersección de los sistemas confluyen en el Graben de Querétaro, localizado muy cerca al occidente y suroccidente de la cuenca del río Chichimequillas.

Como ya lo había reconocido [Alaniz-Alvarez et al. \(2002\)](#), el sistema de fallas TSMA, constituye un límite entre bloques corticales con espesores de corteza y topografía distintos. Lo anterior implica que la cuenca del río Chichimequillas está ubicada sobre el bloque más oriental de la Faja Volcánica Transmexicana, sobre el cual [Pasquaré et al. \(1987\)](#), ya habían identificado poco control tectónico en comparación al fallamiento presente en los otros dos sectores.

En esta cuenca sólo se observaron fallas normales en dirección ENE, pertenecientes por su orientación al sistema Chapala-Tula, lo que parece sugerir que la falla de Querétaro pudiese corresponder con el límite más oriental del sistema Taxco San Miguel de Allende en la región. Además, también se reconocieron algunas pocas fallas de rumbo que desplazan a algunas mayores, y lineamientos en sentido ENE la mayoría, y algunos hacia el NW. En general dichas estructuras parecen haber comenzado su actividad principal a partir Mioceno superior, tal como lo sugirieron [Alaniz-Alvarez et al. \(2001\)](#), quienes consideran que el sistema Chapala-Tula empieza a ser el predominante después de los 5,6 Ma.

A continuación se hará la presentación de las principales estructuras que pudieron reconocerse en campo, con el propósito de clarificar la geometría estructural y la evolución tectónica de esta región.

4.3.1 Falla Lajitas.

Corresponde a una falla normal que comienza a la altura de la localidad de Lajitas y transcurre por 20 km aproximadamente, finalizando hacia el NE de la población de Atongo; con direcciones que oscilan entre N80°W y N75°E y buzamientos al SSW y SSE. Algunos de sus tramos se han interpretado puesto que están cubiertos por material de los depósitos de piedemonte y del relleno del valle, y sobre los cuales no hay evidencia de corte.

Geomorfológicamente se identifica por la presencia de fuertes escarpes subverticales de hasta 100 m de altura alineados (Figura 29), así como por la existencia de un par de facetas triangulares en su recorrido. En campo se puede observar que pone en contacto los basaltos Los Baños con las dacitas, y además, se ven planos de falla, fracturas y estrías que afectan a las dacitas (Figuras 21a y 21b), y al domo oligocénico en Atongo (Figura 30). De acuerdo a lo anterior la mínima edad que se puede considerar para el movimiento de esta falla es la del Mioceno medio.



Figura 29. Visual del frente montañoso que conforma uno de los escarpes de la falla Lajitas en el tramo comprendido entre Santa María de los Baños y Atongo

Un poco al sur de la falla principal, y al noroccidente de la población de Chichimequillas existen un par de fallas sintéticas que afectan de manera exclusiva a las dacitas. La primera tiene un rumbo N80°E y una extensión de 2 Km, y la segunda falla más pequeña posee una longitud de 900 metros con un rumbo de N75°E. Ambas fallas tienen sus buzamientos hacia el SE y se aprecian planos de fallas, algunos de ellos con estrías.



Figura 30. Plano de falla sobre las riolitas de los domos oligocénicos

4.3.2 Falla Presa de Rayas.

La falla Presa de Rayas forma un escarpe sobre las ignimbritas oligocénicas que puede alcanzar hasta los 90 m de altura aproximadamente. Su rumbo general durante sus 12 km de recorrido es EW con ligeras variaciones hacia el NE y NW, y sus buzamientos son en su mayoría hacia el S.

La falla inicia a la altura de la presa de Los Pirules, en las cercanías de la población de Presa de Rayas y termina unos 2 Km al NW de la población de El Zamorano, fuera del área de estudio. Un tramo central de unos 3,5 km se infiere puesto que estaría oculto por los sedimentos que conforman el relleno del valle.

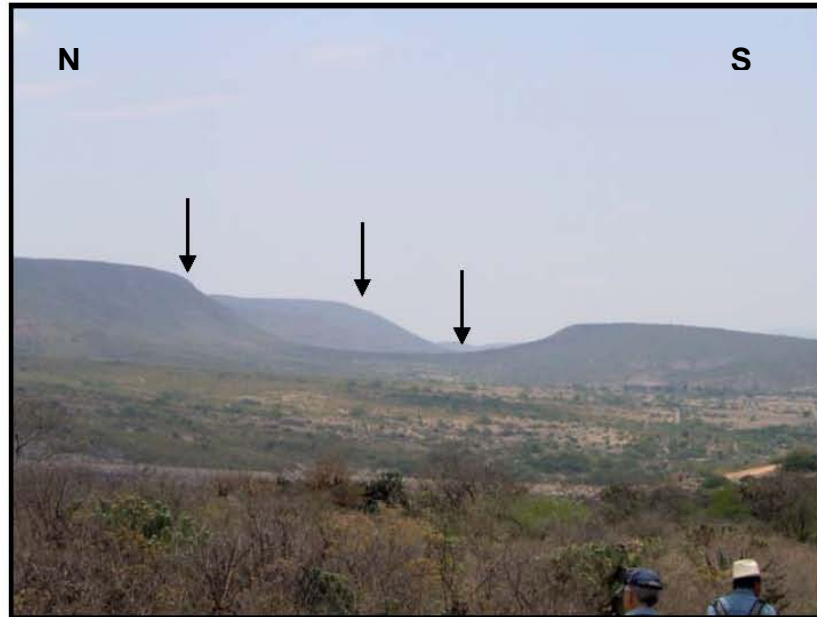


Figura 31. Panorámica de los escarpes alineados de la falla Presa de Rayas. Dichos escarpes se señalan con las flechas.



Figura 32. Tramo final de la Franja de roca triturada (RT) por acción de la falla Presa de Rayas en lo alrededores de la presa del mismo nombre; a la derecha y separado por la línea, se advierte la aparición de roca (R) relativamente poco afectada. Aguas debajo de la Presa Los Pirules.

Se reconoce geomorfológicamente por sus escarpes inclinados (Figura 31), los cuales se alinean por buena parte de su recorrido. En campo se distingue una franja de unos 30 m en la que la roca está triturada cerca de la presa Los Pirules (Figura 32), así como también se aprecian planos de falla con estrías y otro indicador cinemático como escalones, que afectan de manera exclusiva las rocas ácidas del oligoceno (Figura 33).



Figura 33. Plano de falla sobre la traza de la Falla Presa de Rayas en la presa Los Pirules.

4.3.3 Falla San José El Alto.

Esta falla afecta los basaltos del costado sur del volcán Santacruz y se reconoce fácilmente por el desplazamiento de niveles rojizos de la roca (Figuras 27a y 27b). Dichas rocas muestran un alargamiento, muy notorio en el paisaje cuando se observa una fotografía aérea o un mapa topográfico, en dirección EW producto de la tectónica de las fallas.

La longitud de esta falla es de unos 13 Km de longitud con algunos escarpes que alcanzan los 50 m aproximadamente; su rumbo oscila entre los N75°E y EW con buzamientos hacia el SSE. Hacia el occidente y en los límites del graben de Querétaro, esta falla se intersecta y muere contra la falla Querétaro, lo que indica que esta la Falla San José es anterior al sistema Taxco-San Miguel de Allende.

Sobre el costado norte del volcán se observa una falla cuyas evidencias se limitan a la expresión topográfica de ciertos escarpes hasta de 30 m de altura y la alineación de estos (Figura 34), por lo que en el mapa geológico anexo se describe como fotointerpretada.

Aguirre-Díaz *et al.* (2005), agrupa las estructuras localizadas en el costado norte del volcán Santacruz dentro de un cluster de fallas que denomina “San José El Alto-Amazcala”, las cuales forman pequeños horsts y grabens. Sin embargo, durante el desarrollo de este trabajo no se observaron evidencias de campo que corroboren la existencia de la falla más septentrional y algunas más pequeñas descritas en dicho cluster; por dicha razón en el mapa aparecen sólo como lineamientos.



Figura 34. Alargamiento en sentido EW de los depósitos del volcán Santacruz

Fuera de los límites de la cuenca, pero cerca del área de trabajo y al sur de la localidad de El Zamorano, existe una falla normal cuyos rumbos oscilan entre N70°W y N80°E con buzamientos hacia el SSE y SSW, que pone en contacto las rocas oligocénicas con los depósitos fluviolacustres que rellenan el valle. En campo se observan en algunos sectores de su traza, cierto trituramiento de la roca, así como grandes planos de falla hasta de 2,5 m de alto (Figura 35), algunos con estrías que permiten determinar su

movimiento como normal. Lo anterior quiere decir que es la única falla con actividad en los alrededores, si se considera a los depósitos del valle como recientes.

Es importante resaltar que esta falla es la única de las indicadas que afecta los depósitos del valle, tal como se aprecia en la vía que comunica a la cabecera del municipio de Colón con la localidad de Puerto de Enmedio, en las coordenadas UTM 0385936-2294036. Sin embargo, no es posible determinar la edad de actividad de esta falla, debido a la escasa precisión de la edad de los sedimentos depositados en el valle.



Figura 35. Se aprecia el gran tamaño que alcanzan los planos de falla sobre las rocas oligocénicas

Dentro de los límites de la cuenca, no hay evidencia que permita clarificar la relación de edad entre los dos sistemas de fallas que confluyen en el valle de Querétaro, puesto que las fallas presentes en la zona de estudio se asocian al sistema Chapala-Tula (por su dirección ENE).

4.3.4 Falla Querétaro.

A pesar de que esta falla se encuentra fuera de la cuenca, debido a su importancia en el entorno geológico, a continuación se hará una descripción somera de ella.

Esta estructura hace parte del sistema de Fallas Taxco San Miguel de Allende, y en la zona, conforma su límite oriental. Es una falla normal, que conforma el borde oriental del denominado graben de Querétaro, con una longitud aproximada de 22 km,

alcanzando su máxima expresión topográfica en la parte sur de la ciudad, donde desplaza las andesitas producidas por el volcán Cimatario y los escarpes pueden sobrepasar los 120 m de altura.

En su parte norte la falla tiene un rumbo aproximado NS y desplaza a las dacitas el Paisano y a las lavas del volcán Santacruz. En la parte central la falla corta rocas de la andesita El Salitre y al volcanoclástico de Querétaro, y los pone en contacto con los Basaltos Querétaro. En la parte sur su rumbo comienza con una orientación general de N40°W, afectando de nuevo a los volcanoclásticos, y en su parte final su rumbo se torna NNW, exponiendo grandes escarpes sobre las andesitas Cimatario.

[Alaniz-Alvarez et al. \(2001\)](#), la divide en tres sectores, aunque en la figura 36 y en el anexo 1 sólo se observan los llamados centro y sur que corren por el flanco derecho de Querétaro hasta el volcán Cimatario. [Aguirre-Díaz et al. \(2005\)](#), por su parte afirma que la falla de Querétaro y la falla Cimatario, ubicada ésta al SE de la ciudad, son una sólo interrumpida por un breve corte originado por una falla en sentido ENE.

En un contexto más regional, existen dos ideas sobre la edad de actividad para los dos sistemas, la primera afirma que las fallas del sistema Chapala-Tula cortan al sistema Taxco-San Miguel de Allende ([Szykaruk et al., 2004](#); [Sutter et al., 1992](#), en [Alaniz-Álvarez et al., 1998](#)), y otra hipótesis discutida por [Andreani et al. \(2005\)](#), quienes sugieren que los sistemas son sincrónicos, emplazados desde el Oligoceno, y que han estado activos hasta el Plioceno.

4.3.5 Lineamientos.

Los lineamientos observados hacia el centro y suroccidente de la cuenca, presentan en especial una tendencia ENE que está acorde con lo descrito para las demás estructuras regionales pertenecientes al sistema Chapala-Tula. En tanto al norte y suroriente del área, predominan los lineamientos con dirección NW.

Estas estructuras en sentido NW, podrían ser la extensión al norte del denominado semigraben de La Estancia ([Dávalos-Alvarez et al., 2005](#)), ubicada al suroriente de la cuenca del río Chichimequillas, el cual es señalado por truncamiento de unidades y expresión geomorfológica, marcando una dirección N40°-50°W. Sin embargo, vale la pena aclarar que durante los recorridos de campo no se observó ninguna evidencia de un fallamiento con este rumbo, y asimismo, los rasgos geomorfológicos que aparentan ser manifiestos a la altura de la localidad de La Estancia, más al norte, en terrenos de la cuenca no son claros, y en caso de existir, estarían recubiertos por derrames lávicos de los volcanes Cimatario y Santacruz.

4.4 HISTORIA GEOLÓGICA

Sobre el basamento mesozoico de rocas sedimentarias, que aflora en una pequeñísima porción en el área de Juriquilla fuera del área de estudio, se depositan las diferentes unidades litoestratigráficas descritas en este trabajo y que pertenecen a las Provincias de la Sierra Madre Occidental y de la Faja Volcánica Transmexicana.

Para la cuenca del río Chichimequillas la primera unidad corresponde a derrames de rocas básicas, los basaltos de olivino del norte de la cuenca, sobre los cuales se emplazan los domos riolíticos y las ignimbritas oligocénicas, que representan el vulcanismo coetáneo con la gran formación de ignimbritas de la Sierra Madre Occidental durante ésta época.

Luego del hiato que se produce durante el Mioceno inferior, se produce una reorganización de las placas y la migración de la zona de subducción ([Ferrari et al., 1994](#)), lo que origina la migración del arco de la Sierra Madre Occidental con dirección NW, a una posición casi EW como es en la actualidad; es decir, la transición entre las provincias de la SMOc y la Faja Volcánica Transmexicana.

A partir del Mioceno medio se emplazan los domos dacíticos del Paisano en la región noroccidental de la cuenca, seguido por un vulcanismo que produce andesitas a partir

de los volcanes Cerro Grande y Zamorano, así como la depositación de los volcániclos de Querétaro; la actividad volcánica continuó en el Mioceno Superior con el emplazamiento de más rocas básicas como son las andesitas en el norte de la cuenca y las mesetas del basalto Querétaro. Es a finales del Mioceno cuando comienza su actividad el sistema de fallas Taxco-San Miguel de Allende cuya actividad se extiende justo hasta el límite occidental de la cuenca.

Durante el Mioceno tardío, se produce al oriente de la cuenca la formación de la caldera de Amazcala que expulsa durante su actividad la ignimbrita Colón y la pómez Ezequiel Montes y finaliza con el emplazamiento de los domos riolíticos conformando el anillo alrededor de la caldera. Esta actividad riolítica puede continuar hasta el Plioceno inferior, tal como se observa en el dique que intruye a las andesitas Cenizas.

Entre el Mioceno superior y el Plioceno inferior se produce otro pulso magmático básico que origina rocas andesíticas emitidas a partir del volcán Cimatario y Santacruz y focos menores que originaron las andesitas Cenizas.

Debido a la escasa precisión que aún existe sobre la edad de los sedimentos que rellenan el valle, no se puede situar con mayor certeza el tiempo de su depositación, y por lo tanto su ubicación exacta dentro de la historia geológica de la región.

Sobre todo este entramado se produce erosión y posterior depositación en los piedemontes de los sedimentos acarreados por el agua y la gravedad.

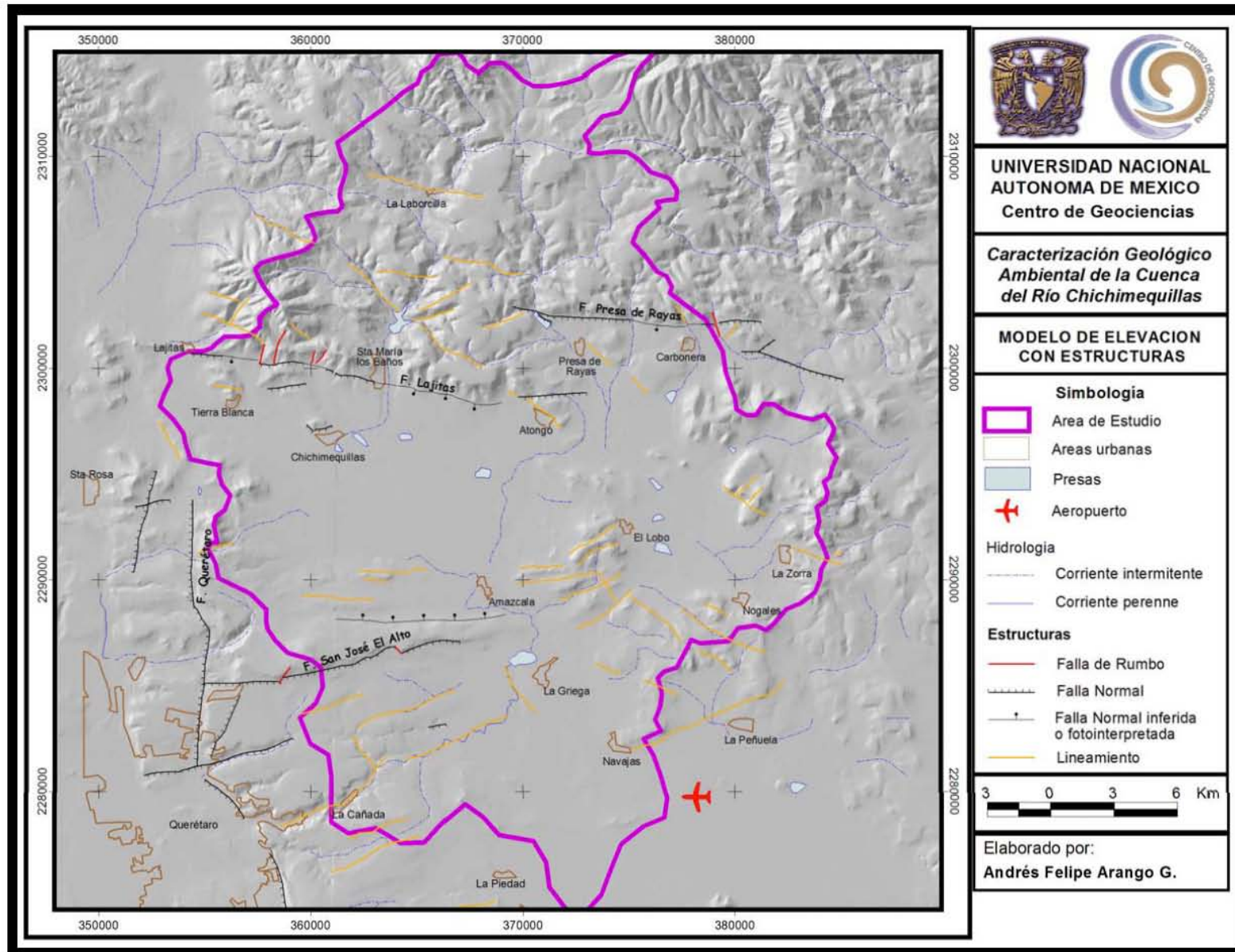


Figura 36. Modelo de elevación con la ubicación de las estructuras geológicas.

5. GEOMORFOLOGÍA

La juventud del relieve mexicano es producto de las orogenias que, aunque comenzaron en el Cretácico, continúan su desarrollo en el Neógeno-Cuaternario. El relieve dentro del Faja volcánica Transmexicana, formada por la actividad volcánica desde el Mioceno, de acuerdo a [Lugo-Hubp \(1990\)](#), consiste de una serie de planicies escalonadas que se extienden desde cerca de las costas de Colima y Nayarit hasta la región de los volcanes de Pico de Orizaba y Cofre de Perote en Veracruz.

La cuenca se encuentra dentro de una región semiárida, en la que la precipitación es baja, la vegetación no es muy abundante, y los cauces no tienen agua o son intermitentes. Por consiguiente, en la actualidad a la incisión del relieve por parte de los drenajes, el transporte y posterior depositación de sedimentos, no es muy perceptible, excepto cuando se presentan lluvias fuertes y cortas que producen pequeños torrentes.

Dentro del Plan de Ordenamiento del Estado, [SEDESU \(2005\)](#), se llevó a cabo una clasificación geomorfológica, la cual es modificada en este trabajo, retomando algunos nombres de los allí empleados, así como agregando nuevas categorías (Figura 37). Estas unidades también se compararon con el estudio que realizó [Bocco \(1984\)](#), para la carta topográfica 1:250000 de Querétaro, en la cual utilizó parámetros morfométricos y geológicos para producir un mapa geomorfológico, considerando la interacción de varios factores empleando dos grandes divisiones del Relieve, Endógeno y Exógeno.

5.1 RELIEVE ENDÓGENO

Es aquel que se forma debido a las fuerzas internas que actúan sobre la corteza. Se distinguen 7 formas dentro de la cuenca, a saber:

5.1.1 Derrames mesetiformes.

Esta unidad se localiza al norte del área de estudio. Hace referencia a lavas de composición máfica con una morfología aplanada en forma de mesetas que en su

mayoría sobreyacen las ignimbritas, y las cuales se presume se depositaron a través de derrames fisurales muy posteriores. En esta categoría también se agrupan 2 unidades de andesita que presentan esta forma tabular en su cima en cercanías a La Carbonera.

La erosión es en general severa, con algunos sitios moderada, debido en especial a la presencia de matorral y pastizales que ofrecen poca cobertura contra el viento y el agua.

5.1.2 Laderas volcánicas.

Corresponde a las laderas de los flancos del volcán Zamorano, al norte, y Cerro Grande, al noroccidente de la cuenca; que presentan pendientes de moderadas a fuertes. Los flancos están conformados principalmente por rocas básicas y en menor proporción por dacitas.

La erosión es muy poca en los flancos del volcán Zamorano debido a la cobertura por parte de los bosques, en tanto en el área del cerro Grande la erosión es severa debido a la combinación de las pendientes medias y fuertes con la poca cobertura vegetal.

5.1.3 Sierras fracturadas

Esta unidad corresponde a la parte montañosa ubicada al norte de la cuenca, y se encuentra conformada principalmente por las ignimbritas de edad oligocena, y en menor proporción por domos riolíticos de similar edad. Se caracterizan por sus ser montañas de pendientes abruptas, cortadas por drenajes rectilíneos debido al control que ejercen las fracturas y con una fuerte incisión.

Las rocas tienen escarpes hasta de 50 m con procesos erosivos fuertes, favorecidos además de la pendiente por la existencia de matorrales y pastizales inducidos.

5.1.4 Domos.

Corresponde a cerros en forma de domos de composición ácida, producto de vulcanismo, que se localizan al occidente (dacitas) y oriente (riolitas) de la zona de

estudio y en cuyas cimas la erosión ha actuado intensamente. Se destacan por poseer poca cobertura vegetal por el escaso desarrollo de suelo, fuertes pendientes, lo que ha permitido que la erosión actúe sobre ellas; aunque el poco tiempo que han estado expuestas, no ha favorecido una disección profunda.

5.1.5 Bloques asimétricos por fallamiento.

Corresponde a derrames básicos con muy poca disección de los volcanes Cimatarío y San José, ubicados al suroccidente de la cuenca. Son materiales jóvenes y por ende menos erosionados que los del Oligoceno. Tienen una forma de mesas alargadas en sentido SW-NE y en forma de bloques asociadas a la acción de las fallas que corren y las afectan en sentido ENE dentro de la cuenca y otras NNW que corren por el costado oriental de la ciudad de Querétaro. El grado de erosión es severo en el flanco norte del volcán San José, en tanto el resto de esta unidad presenta un grado leve.

5.1.6 Formas aisladas del relieve.

Son formas que se elevan solitarias en medio del valle, sin importar la litología. Sus formas corresponden a cerros elongados en sentido ENE, y otras formas cóncavas de menor tamaño. Sus pendientes oscilan de medias a fuertes, con severo grado de erosión.

5.2 RELIEVE EXÓGENO.

Se forma debido a la acción de la degradación del relieve mediante la meteorización de las rocas, siendo los principales agentes externos que contribuyen a la degradación son la precipitación, la escorrentía, el hielo y el viento. Cuando la erosión de rocas y suelos es la que prevalece se denomina relieve denudatorio, en tanto cuando domina la agradación posterior o depositación se llama relieve acumulativo.

5.2.1 Relieve Denudatorio.

5.2.1.1 Valles en forma de V estrechos. Corresponde a valles localizados en el norte de la cuenca. Los cauces, intermitentes todos ellos, han socavado las rocas sobre las

montañas de pendientes moderadas a fuertes, formando valles estrechos con alta disección, controlados por las fracturas, la litología y el tiempo al que ha estado expuestas las rocas.

5.2.1.2 Valles en forma de V abiertos. Corresponde a corrientes entre perennes e intermitentes que han socavado valles mucho más amplios que los anteriores, sobre la zona montañosa del norte de la cuenca conformada principalmente por ignimbritas del Oligoceno. Estos valles poseen márgenes inestables, por lo que tienden a arrastrar sedimentos y acumularlos de manera veloz al llegar al piedemonte.

5.2.2 Relieve Acumulativo.

5.2.2.1 Planicie de Tobas y Volcaniclásticos. Hace relación al valle principal o nivel base del área, conformado por los depósitos de la pómez Ezequiel Montes, así como en ciertos lugares un relleno sedimentario de grano fino.

En su estudio, [Bocco \(1984\)](#), agrupa esta planicie con otras de su estilo en El Bajío, originadas por la tectónica pliocuaternaria y que posteriormente fueron afectadas por procesos volcánicos que las desmembraron, alterando la red hídrica preexistente.

5.2.2.2 Rampa de Piedemonte. Bajo esta denominación se agrupan todos los depósitos originados a partir del escurrimiento ladera abajo y posterior depositación de los detritos a través de las corrientes, originados por la erosión de las zonas elevadas con suelos y vegetación pobres. Se caracterizan por presentar disección nula o débil y por sus pendientes suaves que disminuye en la dirección del valle.

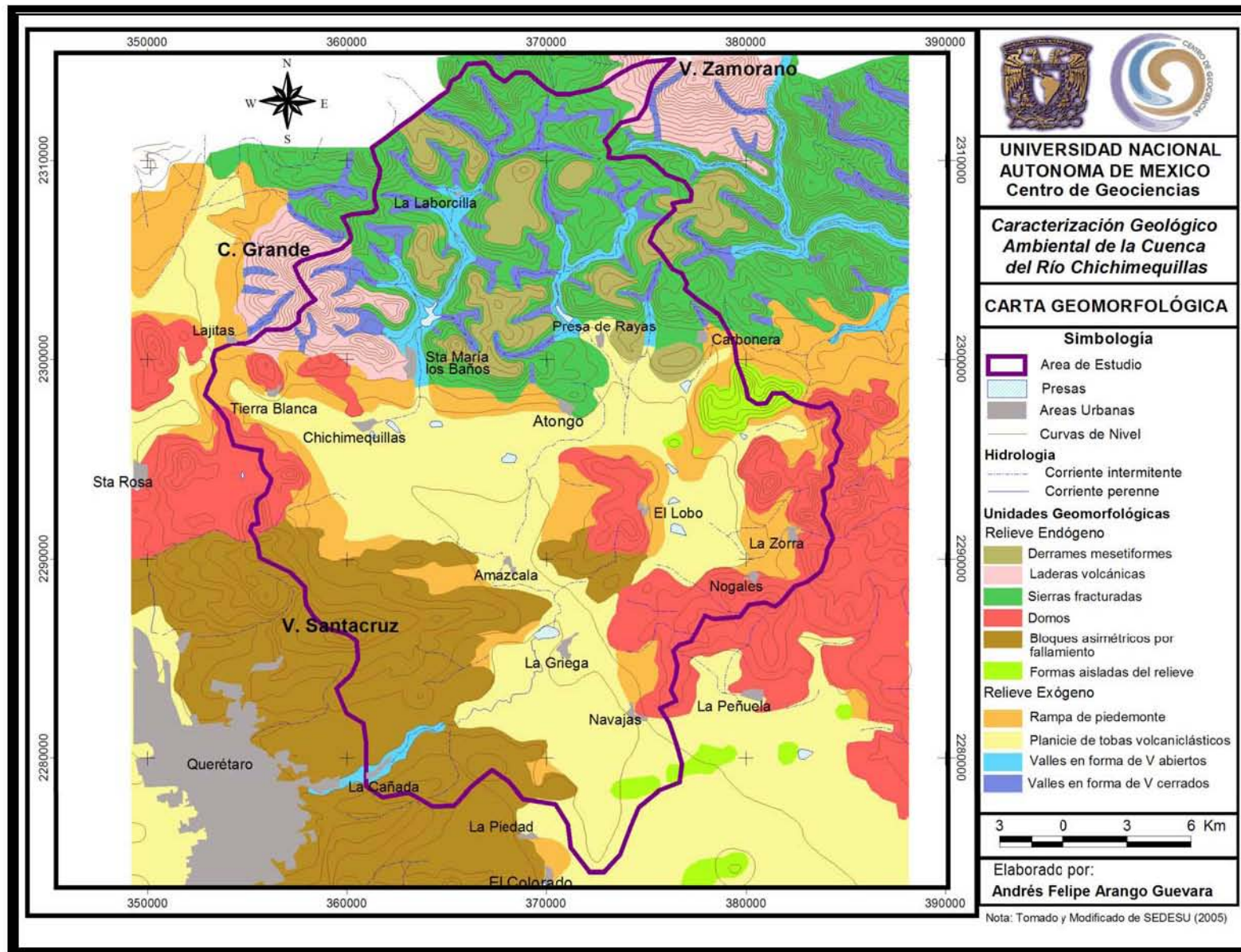


Figura 37. Carta Geomorfológica de la zona de estudio.

6. ORDENAMIENTO TERRITORIAL

6.1 GENERALIDADES

Tomando en cuenta que el ordenamiento forma parte de la planeación, es importante conocer de donde se deriva en tiempos recientes este último concepto. Este se aplicaba anteriormente sólo en países del antiguo bloque comunista, sin embargo, hoy en día se ha extendido a un gran número de economías “capitalistas”, cobrando relevancia en países en desarrollo durante los últimos 50 años. Según [García-Villa \(1989\)](#), las razones del auge en su aplicación son, entre otras, la conciencia que adquirida por los gobiernos de que el ritmo de su crecimiento económico es insuficiente para atender las necesidades de una población en aumento, y a la existencia de economías en las cuales es necesario usar de manera eficaz y sostenida, los recursos productivos desaprovechados o en algunos casos sobre explotados.

[Massiris \(1999\)](#) comenta cómo los países europeos manejan sus políticas de ordenamiento territorial tanto dentro de un contexto interno como internacional. De este modo, definen su papel en la organización y funcionamiento en el espacio continental y los escenarios de uso y ocupación de su territorio interno, a diferentes escalas. En el contexto internacional, el ordenamiento territorial europeo es guiado por la "Carta Europea de Ordenación del Territorio", suscrita por todos los países de la Comunidad Europea. En dicha carta se define el ordenamiento como "la expresión espacial de las políticas económica, social, cultural y ecológica de cualquier sociedad, concebida como disciplina científica, técnica administrativa y acción política, en una práctica interdisciplinaria y global para lograr el desarrollo equilibrado de las regiones y la organización física del espacio".

En diferentes países el concepto de Ordenamiento Territorial varía tanto en su definición como en su concepto; en los países de lengua inglesa es denominado “Land Use Planning”, que quiere decir planeación del uso del suelo; en los países de habla

hispana tiene varias acepciones como son Planificación Territorial, Ordenamiento del Territorio, inclusive se utiliza el término Planeación Ambiental.

De acuerdo al Ministerio de Desarrollo ([Mindesarollo, 1998](#)), en Colombia, el Ordenamiento Territorial debe ser una política de estado y un instrumento de planificación, que permita una apropiada organización político-administrativa de la Nación, y la proyección espacial de las políticas de desarrollo social, económico, ambiental y cultural de la sociedad, garantizando un nivel de vida adecuado para la población y la conservación del ambiente. Es una política de Estado puesto que orienta una planeación del desarrollo democrática y participativa, mediante la concertación con la ciudadanía, mirando los problemas de los entes territoriales desde un punto de vista global. Es un instrumento de planificación ya que busca aportar procedimientos que acerque las políticas de desarrollo a una problemática específica del territorio.

De acuerdo a un documento del [IGAC \(1998\)](#), el Ordenamiento Territorial se define como el proceso mediante el cual se orienta la ocupación y utilización de un territorio, disponiendo cómo mejorar la ubicación en el espacio geográfico de los asentamientos humanos (población y vivienda), la infraestructura física tal como las vías, servicios públicos y las construcciones, y las actividades socioeconómicas. Los principios que rigen este Ordenamiento son:

- Participación de grupos y actores sociales durante la formulación del plan y la concertación del futuro de los intereses propios y colectivos.
- Que sea competitivo buscando más y mejores bienes y servicios.
- Equitativo, es decir, tenga igualdad de oportunidades para todas las personas.
- Que sea sostenible, es decir, que busque el uso racional de los recursos naturales y del medio ambiente, empleando materiales hoy, sin comprometer los recursos de generaciones venideras.

Los objetivos que debe perseguir un Ordenamiento del Territorio deben ir encaminados a proporcionar un nivel de ingreso, condición de vida y trabajo, así como calidad

ambiental; conservar el potencial del uso del suelo y sus recursos, desarrollar de manera equilibrada las regiones; utilizar de manera racional el territorio y promover la gestión responsable de los recursos naturales; así como velar por la existencia de una coordinación entre los diferentes organismos encargados de velar por la puesta en marcha y ejecución del ordenamiento.

El proceso de urbanización por sí sólo no implica necesariamente impactos ambientales negativos; sin embargo, si el crecimiento de una zona urbana no se planea, tal como ha ocurrido en muchos países latinoamericanos, tienden a aparecer suburbios en la periferia de las ciudades, muchos de ellos localizados en zonas con potenciales riesgos (inestabilidad de laderas, inundaciones, etc.), y que en gran parte no cuentan con los servicios básicos, generando al mismo tiempo una presión considerable sobre los recursos disponibles en los alrededores.

Las evaluaciones hechas en algunas ciudades latinoamericanas, mediante Planes de Ordenamiento o a través de la metodología utilizada en el Programa GEO Ciudades de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), confirman que el estado del medio ambiente y sus impactos en salud pública y calidad de vida ambiental de los ciudadanos están íntimamente ligados con la evolución de la gestión pública en materia urbano-ambiental.

La lenta y parcial articulación de los temas ambientales y urbanos, se ha dado por una incipiente coordinación intergubernamental, así como por el rezago persistente en la generación de conocimiento e información que respalde y oriente tanto la acción pública como la participación ciudadana (PNUMA, 2004).

6.2 FASES DEL ORDENAMIENTO TERRITORIAL

De acuerdo al IGAC (1998), el proceso de Ordenamiento Territorial implica realizar y cumplir con varias fases para su ejecución y puesta en marcha (Figura 38): Descripción, Diagnóstico, Prospectiva, Instrumentación y Ejecución.

6.2.1 Descripción.

En esta fase se efectúa una descripción detallada de los elementos que componen cada uno de los sistemas (ambiental, social, económico y administrativo). Es decir mediante un inventario se puede identificar los diversos recursos con los que se cuenta.

6.2.2 Diagnóstico.

En esta paso se evalúa la situación de los recursos con los que se cuenta, haciendo la clasificación, espacialización y síntesis de todos los sistemas ya mencionados, finalizando con una evaluación integral de estos aspectos, obteniendo una radiografía del modelo territorial actual. Para cumplir con el diagnóstico se deben lograr los siguientes objetivos:

- Hacer un análisis integral del estado actual del territorio, estudiando cada uno de los aspectos administrativo, ambiental, social y económico.
- Espacializar y priorizar los problemas que afectan el normal desarrollo territorial.
- Evaluar la estabilidad del área de estudio con un enfoque integral.
- Determinar la aptitud de cada zona del territorio.

La síntesis territorial debe caracterizar, evaluar, clasificar y representar cartográficamente cada uno de los sistemas analizados, esto permite a continuación elaborar cuadros en los cuales se presente en una matriz DOFA, las potencialidades (fortalezas y oportunidades), así como las limitantes (debilidades y amenazas).

Por ser el tema del medio ambiente uno de los objetivos de este trabajo es necesario presentar una breve descripción del sistema ambiental. De manera simplificada, está conformado por los recursos naturales y el ambiente, y en su estudio se analiza integralmente la naturaleza y los elementos que en síntesis dan origen al paisaje, como resultado de la interacción de diversos factores y procesos como el clima, el agua, las rocas, el relieve, los suelos, la vegetación, la fauna, los cultivos, los bosques, la temperatura, la infraestructura, la población y las amenazas naturales. Esto constituye

la base sobre la cual se pueden generar los principios ordenadores de este proceso. Para [Mindesarrollo \(1998\)](#), este sistema debe abarcar el análisis de los siguientes 4 grandes temas estratégicos: áreas protegidas y recursos naturales, cuencas hidrográficas y/o hidrogeológicas, cobertura y uso del suelo e inventario de amenazas naturales. Una vez se cuenta con estos estudios y su representación cartográfica, se puede abordar la zonificación ambiental, la cual será una expresión integral de los factores y procesos que conforman el paisaje.

El último paso en el diagnóstico consiste en hacer una evaluación de la aptitud general del territorio, en la que se determina qué tipo de actividad o uso del suelo es buena o no para una determinada zona. Esta evaluación se utiliza como base para reglamentar los usos del suelo, indicando cuales pueden ser los usos más apropiados según la aptitud.



Figura 38. Fases en el desarrollo del Ordenamiento Territorial.

6.2.3 Prospectiva Territorial.

Una de las aplicaciones más importantes que se puede hacer una vez que se cuenta con la información integral del territorio, es llevar a cabo un análisis prospectivo para

lograr que el escenario actual si es el adecuado lo siga siendo en el futuro, y en caso contrario, diseñar programas para que lo que no funciona bien en el presente pueda ser modificado en aras de tener escenarios deseables y sustentables.

Este proceso consiste en elaborar a partir del diagnóstico, los escenarios sobre el modelo territorial futuro, traduciéndolos en imágenes territoriales, dependiendo del grado de intervención planificadora y ordenadora. En la construcción de dichos escenarios es conveniente contar con la participación de todos los representantes de los grupos presentes en el territorio. Los escenarios pueden catalogarse en:

Escenario Tendencial. Este escenario determina cuál podría ser el comportamiento de las variables (población, servicios, vías, recursos naturales) sin ninguna acción de planeación y ordenamiento.

Escenarios Alternativos. Se obtiene a partir de las metas que cada actor del proceso planificador (social, económico, administrativo y ambiental) pretende. Por consiguiente se trata de escenarios no integrados.

Escenarios Concertados. Corresponde al escenario deseado, producto del consenso entre todos los involucrados en la planificación, representando el objetivo integral del modelo territorial que se quiere lograr con la puesta en marcha del Ordenamiento Territorial. Dicho modelo determina como quiere que sea el desarrollo urbano, la infraestructura de vías y servicios, la reglamentación de los usos del suelo, entre otros.

Una vez realizada la evaluación integral del territorio, y se cuente con el diseño de los escenarios concertados que recogen las expectativas, se realiza una **Propuesta del Plan**, en la que se determina la estrategia general del Ordenamiento Territorial a través de un modelo, en el cual se identifican áreas con características comunes y la política que se debe implementar y seguir en cada una de ellas.

6.2.4 Instrumentación.

En esta etapa todas las conclusiones acerca de los problemas y soluciones descritos durante el Diagnóstico y la Prospectiva se convierten en acciones concretas. Para tal fin se lleva a cabo todo el procedimiento jurídico que pueda sustentarlo con la normatividad vigente.

6.2.5 Ejecución.

Esta etapa comprende:

- La operación del plan, es decir, la puesta en marcha del ordenamiento.
- Seguimiento y control de los sectores administrativos, políticos, fiscales y sociales.
- Evaluación permanente con objeto de medir el grado en que las acciones realizadas, contribuyen al logro de los objetivos propuestos en el Ordenamiento.
- Los ajustes que sean necesarios y que apunten a alcanzar el modelo deseado.

6.3 ORDENAMIENTO EN MÉXICO

6.3.1 Ordenamiento Ecológico.

El Ordenamiento ecológico en México tiene como antecedentes jurídicos la Ley General de Asentamientos Humanos de 1976, y la Ley de Planeación de 1983. En sí, el Ordenamiento fue introducido a la legislación por la Ley Federal de Protección al Ambiente de 1982 (Godínez y Juandiego, 2000).

La normatividad vigente corresponde a la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA, 1996), la cual trata el tema del ordenamiento en los artículos: 1, 2, 3, 5, 7, 8, 15, 17 al 19, 19 Bis, 20, 20 Bis, 20 Bis1, 20 Bis2, 20 Bis3, 20 Bis4, 20 Bis5, 20 Bis6, 20 Bis7 y 23. Además dicha ley define el ordenamiento como: *“El instrumento de política ambiental cuyo objeto es regular o inducir el uso del suelo y las actividades productivas, con el fin de lograr la protección del medio ambiente y la preservación y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, a partir del análisis de las tendencias de deterioro y las potencialidades de aprovechamiento de los mismos.”*

La ley sostiene que la política ecológica debe buscar la corrección de los desequilibrios que afectan la calidad de vida de la población y, a la vez, controlar el crecimiento de los asentamientos humanos para mantener una relación equilibrada entre los recursos disponibles y la población, cuidando el sustrato ambiental que es parte crucial de la calidad de la vida. La mezcla de usos residenciales con productivos no debe afectar áreas con alto valor ambiental, teniendo como meta el establecimiento de áreas de conservación ecológica en torno a los asentamientos humanos.

La ley en sus Artículos 7 y 8 faculta a los Estados y los Municipios respectivamente, para la formulación, expedición y ejecución de los programas de ordenamiento ecológico del territorio, dándole a los últimos el control y la vigilancia del uso y cambio de uso del suelo, establecidos en dichos programas de ordenamiento.

En su artículo 15 hace énfasis en la coordinación entre las dependencias y entidades de la administración pública, así como a la concertación de acciones con la sociedad, como factores indispensables para la eficacia de las acciones ecológicas.

En el artículo 19 se consideran los criterios necesarios para la formulación del ordenamiento ecológico tales como: la naturaleza y características de los ecosistemas existentes en el territorio; la vocación de cada zona, en función de sus recursos naturales, la distribución de la población y las actividades económicas predominantes; los desequilibrios existentes en los ecosistemas por efecto de actividades antrópicas o fenómenos naturales; el equilibrio que debe existir entre los asentamientos humanos y sus condiciones ambientales y el impacto ambiental de nuevos asentamientos humanos, vías de comunicación y demás obras o actividades.

Los artículos 20 BIS 3 y 20 BIS 4, piden que los programas de ordenamiento ecológico regional y local, deberán contener por lo menos:

- Descripción de los atributos físicos, bióticos y socioeconómicos de la región, el diagnóstico de sus condiciones ambientales y las tecnologías utilizadas por los habitantes.

- La determinación de los criterios de regulación ecológica para la preservación, protección, restauración y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales que se localicen en la región, así como para la realización de actividades productivas y la ubicación de asentamientos humanos.
- Los lineamientos para la ejecución, evaluación, seguimiento y modificación.

El artículo 20 BIS 5 pide que cualquier procedimiento que se lleve a cabo sobre los programas de ordenamiento ecológico local, estén conformes a las siguientes bases:

- Exista congruencia en los niveles general, regional y local del ordenamiento.
- El ordenamiento ecológico local debe regular el uso del suelo.
- Puesto que las regulaciones del uso del suelo del ordenamiento local se refieren a las áreas fuera de los límites de los centros de población, se requiere seguir el procedimiento que establezca la ley para realizar proyectos de desarrollo urbano.
- Los ordenamientos locales deben ser compatibles con los planes de desarrollo.
- Cuando un ordenamiento ecológico local incluya un área natural protegida, competencia de la Federación, el programa debe ser elaborado y aprobado en forma conjunta por los Gobiernos de los Estados y de los Municipios involucrados.
- En los ordenamientos locales, se debe velar por la existencia de mecanismos que garanticen la participación de los particulares, ONGs y demás interesados.

En dicha ley entre otros apartes (artículo 23), plantea que si se quiere lograr los objetivos de una planificación adecuada, se requiere que los programas de desarrollo urbano tomen en cuenta los lineamientos y estrategias contenidas en los programas de ordenamiento ecológico; es decir, que estos dos elementos estén ligados y permita una interacción entre los 2 planes. En cuanto se determinen zonas que presenten actividades altamente riesgosas, propone crear zonas de amortiguamiento en las que no se permitirán los usos habitacionales u otros que pongan en riesgo a la población.

6.3.2 Ordenamiento Territorial.

Desde el año 2000, las secretarías de Desarrollo Social (SEDESOL), del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), así como el Consejo Nacional de

Población (CONAPO) y el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), con la participación activa de los gobiernos de los estados, han venido aunando esfuerzos con el fin de formular programas estatales de ordenamiento territorial, buscando que estos se encuentren articulados al Programa Hábitat, con énfasis especial en los lugares que presentan conurbación y metropolización, y sin olvidar que la ordenación abarca tanto las zonas urbanas y las rurales.

Es así que se trata una política interinstitucional de ordenamiento territorial, que busca la planeación integral de todo el territorio mexicano y que tiene como visión a futuro consolidar 3 factores en los que la intervención del gobierno en sus diferentes niveles sea notable a saber: ciencia, política y administración ([Legarrea, 2002](#)).

6.3.3 Ordenamiento en Querétaro.

En el pasado reciente el Estado de Querétaro ha sufrido un importante aumento poblacional, en especial en su zona sur, lo que ha conllevado cambios en la estructura económica del Estado, que a su vez también ha generado diferencias importantes en la distribución de los recursos económicos y la población entre los municipios. Este crecimiento ha provocado el surgimiento de grandes concentraciones poblacionales, que requieren de recursos cada día mayores para mantenerse, lo que a su vez origina una mayor presión sobre los recursos naturales disponibles, en especial sobre el suelo y el agua. Lo anterior se ha reflejado en el deterioro ambiental, y por consiguiente, en evidente disminución en la calidad de vida de sus habitantes.

Como respuesta a esta situación, el Plan Estatal de Desarrollo 1998-2003, en sus apartados de “Desarrollo Sustentable” establece dos lineamientos principales: Desarrollo humano integral y mejoramiento ambiental, con los que se busca ordenar tanto los asentamientos humanos como los recursos naturales ([SEDESU, 2005](#)).

El Gobierno del Estado de Querétaro, a través de la Secretaría de Desarrollo Sustentable (SEDESU), que actúa como dependencia ejecutora, se unió a los esfuerzos de un Grupo Interinstitucional, en el que también participaron la Secretaría de

Desarrollo Urbano y Obras Públicas (SDUOP), SEDESOL, INEGI, SEMARNAT y el COESPO, con el fin de elaborar el **Plan Estatal de Ordenamiento Territorial** (PEOT), como un instrumento de planeación que establezca políticas territoriales y que abarquen el ámbito ambiental y el urbano.

Estas entidades estaban de acuerdo en que el Estado debe contar con un modelo espacial que oriente el desarrollo “Para que éste sea ecológicamente equilibrado, económicamente viable y socialmente equitativo y promueva desde un punto de vista integral las políticas que tiendan al desarrollo sustentable”. Este modelo debe fungir como la base para la regulación de las actividades productivas de acuerdo a la aptitud de uso del suelo. Cabe mencionar que toda la metodología aplicada en el desarrollo del Plan de Ordenamiento, pertenece a la primera generación de PEOT's en el país.

La explicación de las potencialidades y limitantes, así como la evaluación de la aptitud son retomadas en este trabajo, de aquellas definidas para el PEOT, pero con énfasis en la descripción en la zona de la cuenca del Río Chichimequillas.

6.3.3.1 Potencialidades y Limitantes. Se considera como potencialidad a las características que denotan una aptitud para el desarrollo de una actividad (únicamente desde el punto de vista de las propiedades del suelo). Una limitante, por su parte, es una condición que restringe el desarrollo de ciertos uso por sus características naturales o porque pueden desencadenar impactos severos. Sin embargo, los terrenos que pudieran ser clasificados con limitaciones pueden considerarse como no disponibles, pero no necesariamente deteriorados ([SEDESU, 2005](#)).

Como se mencionó durante la descripción de las fases del ordenamiento, la determinación de los posibles usos es imprescindible para elaborar un Modelo de Ordenación, puesto que en éste se asignan los terrenos destinados a cada sector de actividad económica (agrícola, ganadera, forestal, etc.).

Para desarrollar dicho modelo, SEDESU (2005), recopiló y/o generó la información cartográfica sobre los temas requeridos con una escala de origen 1:250,000. Se cruzaron variables tales como tipo de suelo, pendiente, cantidad de lluvia y erosión, para determinar la potencialidad del medio natural en el desarrollo de las actividades agrícola, ganadera y forestal, mediante la construcción de una matriz apropiada para tal fin y obteniendo los resultados, que en específico para la cuenca en estudio se detallan a continuación (Figura 39):

Terrenos con potencial agrícola. Corresponde a aquellas áreas en las que la precipitación media anual es igual o superior a 600 mm; la pendiente es menor del 6%, y los suelos son fértiles y ricos en materia orgánica y nutrientes. En la zona de trabajo se pudieron diferenciar tres categorías de acuerdo con los parámetros indicados, predominando ampliamente la categoría más baja, en tanto la categoría intermedia se ubica al oeste del pueblo de Chichimequillas, al sur de la cuenca, así como en algunas mesetas al norte de la cuenca.

Terrenos con potencial ganadero. En la cuenca, estas tres clases se localizan al nororiente, con un ligero predominio de la clase alta.

Alta. Son zonas con pendientes que oscilan entre el 2% y 15%, o bien, áreas con relieve ondulado e inclinaciones hasta de 10%; predominan los suelos fértiles y ricos en materia orgánica y nutrientes; en cuanto a la precipitación varía entre 400 y 800 mm en promedio al año.

Media. Se trata de zonas con limitante por erosión, implicando una mayor inversión económica para el desarrollo de la actividad agrícola, por lo que las condiciones son más adecuadas para el desarrollo de pastizales.

Baja. Corresponde a áreas en la parte media de las montañas, predominando los terrenos con inclinaciones entre 10 y 25%; con erosión directamente proporcional a la pendiente. El manejo de pastizales presenta inconvenientes y más aún la ganadería extensiva, particularmente, por la accesibilidad y la pendiente.

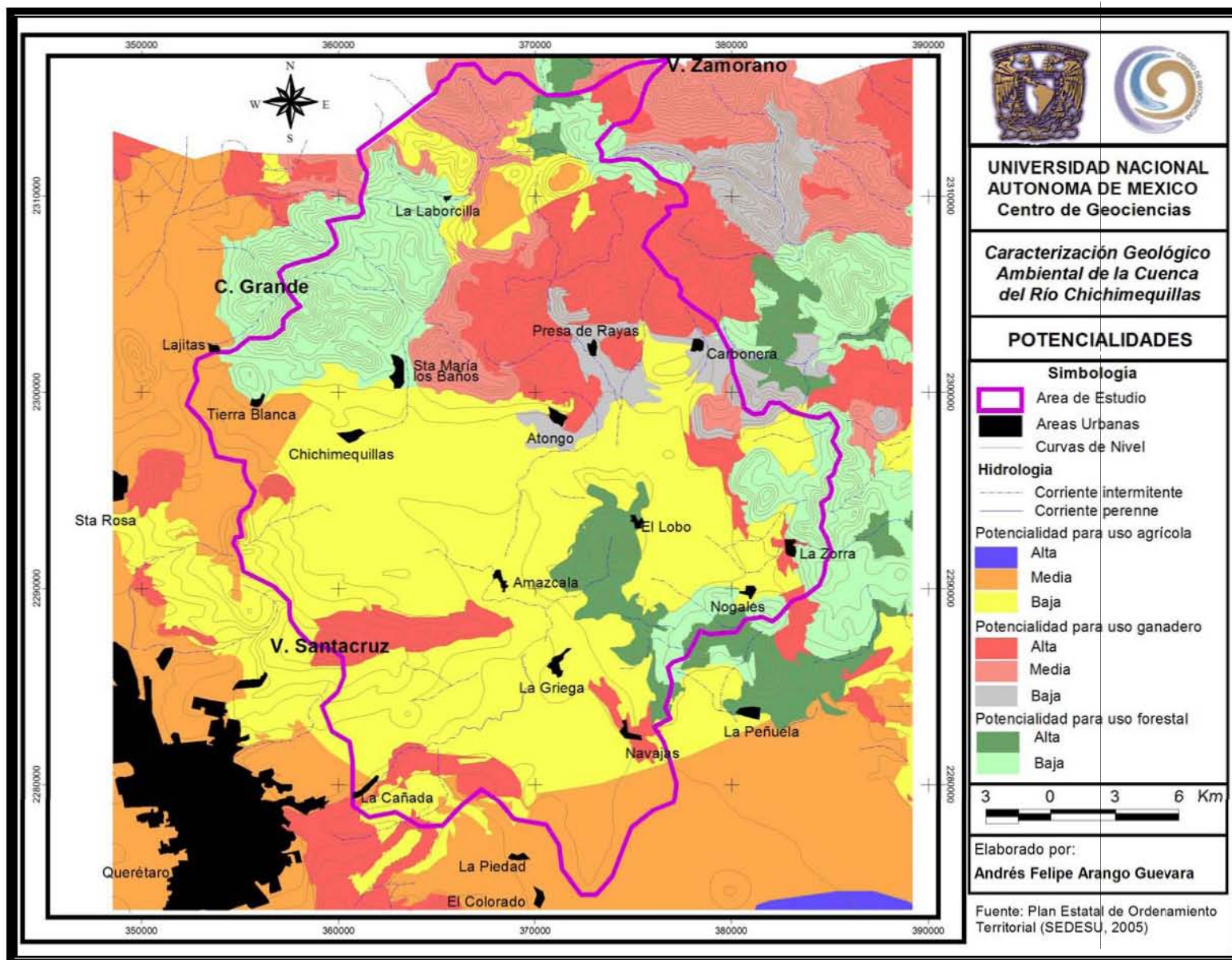


Figura 39. Mapa de Potencialidades para el desarrollo de actividades en la cuenca del río Chichimequillas.

Terrenos con potencial forestal. Estos terrenos se ubican al extremo norte y al oriente de la cuenca y se pudieron diferenciar dos categorías:

Alta. Comprende terrenos de relieve ondulado, en general, con pendientes de 10 a 25%; con limitantes para el uso agrícola y ganadero, por lo que el uso forestal es el adecuado, en tanto se realice con prácticas de conservación y manejo.

Baja. Son terrenos que presentan limitantes severas para cualquier uso, incluido el forestal, en especial por la pendiente que puede alcanzar hasta el 40%; sin embargo, pueden sostener un bosque templado en las áreas con precipitación superior a los 800 mm anuales y, en áreas con menor precipitación, matorrales de zonas áridas. El uso adecuado se debería orientar a fines recreativos o a la conservación de vida silvestre.

6.3.3.2 Evaluación de la Aptitud. Luego de obtener el diagnóstico integrado de cada uno de los sistemas, y determinadas las potencialidades, se preparan los mapas de aptitud relativa de cada uno de los usos que sirven como una herramienta auxiliar para el diseño de las estrategias y políticas de manejo territorial del área. Por último, estos diversos mapas se mezclan en uno sólo que muestre la espacialización de cada una de las variables analizadas en un área determinada.

En el área de estudio (Figura 40), se puede observar que la aptitud forestal se presenta al extremo norte, en los alrededores de los cerros Grande y Alto, al sur de la localidad de La Cañada, y en el extremo norte de la cuenca.

La aptitud para la ganadería intensiva está asociada a la presencia del agua, en las cercanías de los pozos, que soportan el desarrollo de bovinos y cerdos. En la zona es clara la gran presencia de actividades de avicultura dispersas en los municipios, en especial en el valle alrededor de los poblados de Amazcala, Chichimequillas y Atongo. La ganadería extensiva muy asociada a los pastizales inducidos, presenta buena aptitud en las mesetas localizadas al norte de la cuenca, así como al oriente de la misma.

La aptitud para la agricultura de riego está estrechamente asociada a la presencia de pozos. Dentro de la cuenca, las áreas planas que conforman el valle son las mejores para desarrollar esta clase de agricultura. La agricultura de temporal sólo presenta niveles medios de aptitud en la zona, ligada casi siempre a la existencia de bordos y presas. De acuerdo al informe de SEDESU, esta clase de agricultura es más apropiada en la parte sur del estado, particularmente en los municipios de Corregidora, Huimilpan, Pedro Escobedo, San Juan del Río y Amealco, por ser la más húmeda de la entidad.

La aptitud para los asentamientos humanos está estrechamente relacionada con la presencia de agua y de zonas de pendientes muy suaves. Por lo tanto, las áreas con mayor aptitud para este sector tienen un conflicto fuerte pues la zona del valle como se mencionó anteriormente, posee las características para desarrollar un uso del suelo agrícola o industrial, este último por su cercanía a las grandes vías de acceso. En el caso particular de la cuenca, se determinaron las zonas al occidente, cercanas a Querétaro, como las propicias para llevar a cabo asentamientos humanos e industriales.

La aptitud minera localizada al suroccidente del área, zona en la cual ya existen explotaciones de material, presenta también cierto grado de conflicto pues coincide con las zonas aptas para desarrollar poblaciones y con el uso agrícola.

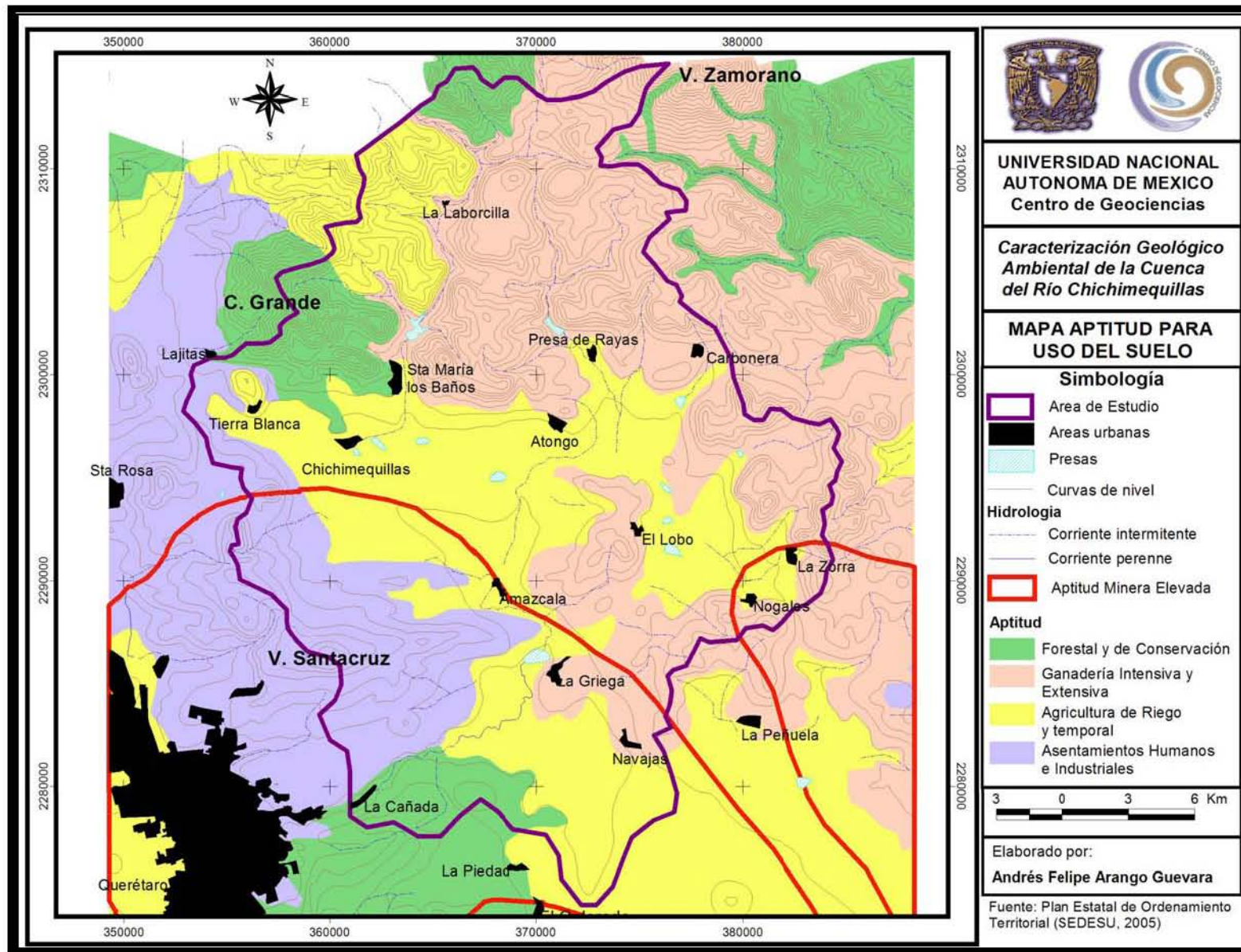


Figura 40. Mapa de Aptitud para Uso del Suelo en la Cuenca del río Chichimequillas.

6.4 AMENAZAS NATURALES.

Las amenazas naturales son aquellos elementos del medio ambiente que son o pueden ser peligrosos al hombre y a sus actividades y que están causados por fuerzas muchas veces consideradas como extrañas a él, refiriéndose específicamente a todos los fenómenos atmosféricos, hidrológicos, geológicos (sismos, volcanes, deslizamientos, hundimientos) y a los incendios que por su ubicación, severidad y frecuencia, tienen el potencial de afectar adversamente al ser humano, sus estructuras y actividades (OEA, 1991). Por ser "naturales" no se incluyen los fenómenos originados por el hombre, tales como las guerras y la contaminación.

La vulnerabilidad definida como la probabilidad de que una comunidad, expuesta a una amenaza natural, según el grado de fragilidad de sus elementos (infraestructura, vivienda, actividades productivas, grado de organización, sistemas de alerta, desarrollo político-institucional y otros), pueda sufrir daños humanos y materiales (CEPAL-BID, 2000), ha adquirido importancia debido al aumento de los desastres en los últimos años. El origen de la vulnerabilidad está íntimamente ligado a la actividad humana sobre la naturaleza. Entonces, el riesgo que se da como una función combinada de la amenaza y la vulnerabilidad (Figura 41), se considera intrínseco a la sociedad.

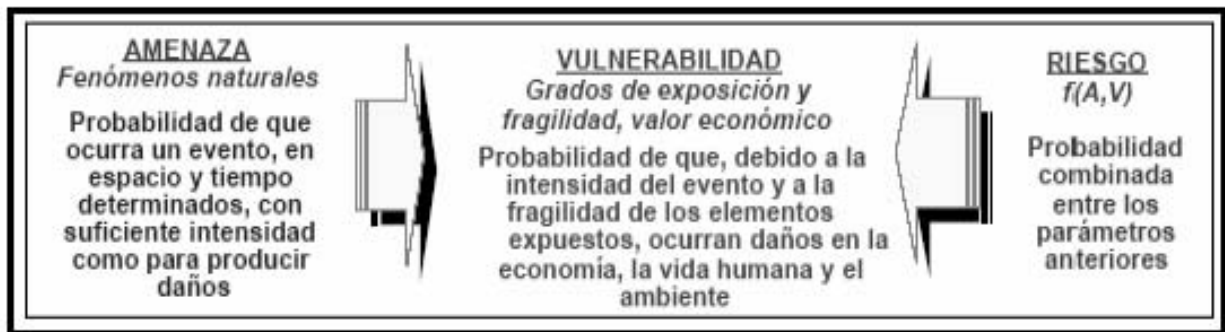


Figura 41. Definición y relación entre Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo. Tomada de CEPAL-BID (2000).

Al establecer la política preventiva en el desarrollo, la tarea prioritaria debe estar encaminada a reducir la vulnerabilidad, puesto que atacar las fuerzas naturales puede no ser posible o muy costoso en términos sociales, económicos y políticos (CEPAL-BID,

2000). Por lo tanto, la reducción de la vulnerabilidad es una inversión clave, no sólo para reducir los costos humanos y materiales provocados por los desastres naturales, sino también como una medida para alcanzar un desarrollo sostenible.

El crecimiento de las actividades antrópicas con la consecuente explotación de los recursos naturales, implica la transformación del espacio natural preexistente. Cuando el aprovechamiento de los recursos y las modificaciones del espacio natural rompen con el equilibrio ecológico de manera considerable, la zona alterada será más propensa a un desastre en caso de que algún fenómeno natural se presente, deteriorando la calidad de vida de los habitantes y con considerables pérdidas económicas. Un “gran” desastre provendría de los agotamientos de los acuíferos, puesto que los veloces abatimientos de sus niveles freáticos, representan también una amenaza en la región, ya que compromete la disposición del agua para fines de consumo humano, agrícola e industrial en el mediano y largo plazo.

Es en este panorama donde el Ordenamiento Territorial juega un papel importante y definitivo; es decir, la incorporación de la variable ambiental dentro de los programas y políticas de ordenamiento, es garantía de que se reducirá en un primer término la vulnerabilidad y por consiguiente la ocurrencia de los desastres, al tiempo que se puede mejorar el aprovechamiento de los recursos naturales.

6.4.1 Fenómenos Naturales.

En la región los fenómenos relacionados con la precipitación son los que pueden tener mayor presencia debido a las características semiáridas de la zona. El PEOT identifica 3 amenazas típicas para áreas áridas y semiáridas: desertificación, erosión y salinización, que aunque son de ocurrencia general en gran parte del Estado, también se presentan en la cuenca.

En el marco regional se han presentado eventos sísmicos como el de Pinal de Amoles de 1887, y Landa de 1989, entre otros (Aguirre Díaz *et al.*, 2005). Recientemente, en las inmediaciones del área sólo se han reportado los movimientos de Sanfandila de

1998, ubicada 20 Km al SE de la ciudad de Querétaro, y cuyo mayor evento registró una magnitud de 3,1 (Zúñiga *et al.*, 2003), sin embargo los datos reportados hasta el momento hacen suponer que la sismicidad es muy local (Dávalos Alvarez *et al.*, 2005). Por lo tanto, aunque la región de la Faja volcánica mexicana es tectónicamente activa, con los datos considerados hasta ahora en el registro sísmico permiten pensar que la amenaza sísmica no aparenta ser alta en la zona.

Aunque se buscaron evidencias de agrietamientos, durante los recorridos de campo, así como mediante indagaciones directas con la comunidad y con las entidades estatales y municipales, no se encontró indicio alguno en toda el área de estudio.

Durante las visitas de campo se pudieron identificar algunos puntos en los cuales se presentan algunos fenómenos que podrían considerarse como amenazas, pero con poca incidencia en el territorio (Figura 45), los cuales son la caída de bloques y las inundaciones.

Caída de bloques. Este movimiento de masa se caracteriza por la caída de bloques de roca debido al fracturamiento que tienen, asociado a las fuertes pendientes del terreno. En la zona, este fenómeno se presenta en las siguientes ubicaciones:

- Sobre las ignimbritas oligocénicas del norte de la cuenca, en los taludes de las vías que comunican a Santa María de los Baños con La Laborcilla y la Carbonera con Puerto del Coyote, se pueden ver caídas de bloques que no superan el metro de diámetro.
- En las ignimbritas en el sector de La Cañada, donde las explotaciones de dicho material han originado taludes potencialmente inestables, haciendo que pedazos de la roca continuamente rueden ladera abajo (Figura 42a y 42b).
- En las riolitas localizadas atrás del poblado de Puerto de en Medio, con bloques que varían desde centímetros hasta 1,5 m en tamaño.
- Sobre los cortes en las dacitas ubicadas en el libramiento que conduce a San Luis Potosí, al occidente de la cuenca. En este caso aunque se aprecian bloques

hasta de 2 m, sobre la vía se han ubicado mallas que evitan los bloques resbalen hasta el pavimento y pongan en peligro el tráfico.

Inundaciones. Estas se presentan durante la época de lluvias en el área comprendida entre Amazcala y Santa María Begoña, por ser la llanura de inundación del río y presentar algunas zonas deprimidas más bajas que impiden el flujo normal del agua. En la Figura 43 se observa cómo el río formó una pequeña llanura de inundación durante su historia, y sobre la cual se han asentado algunas viviendas que, en temporada de lluvias cuando el cauce lleve agua suficiente para desbordarse, pueden padecer las crecientes respectivas.

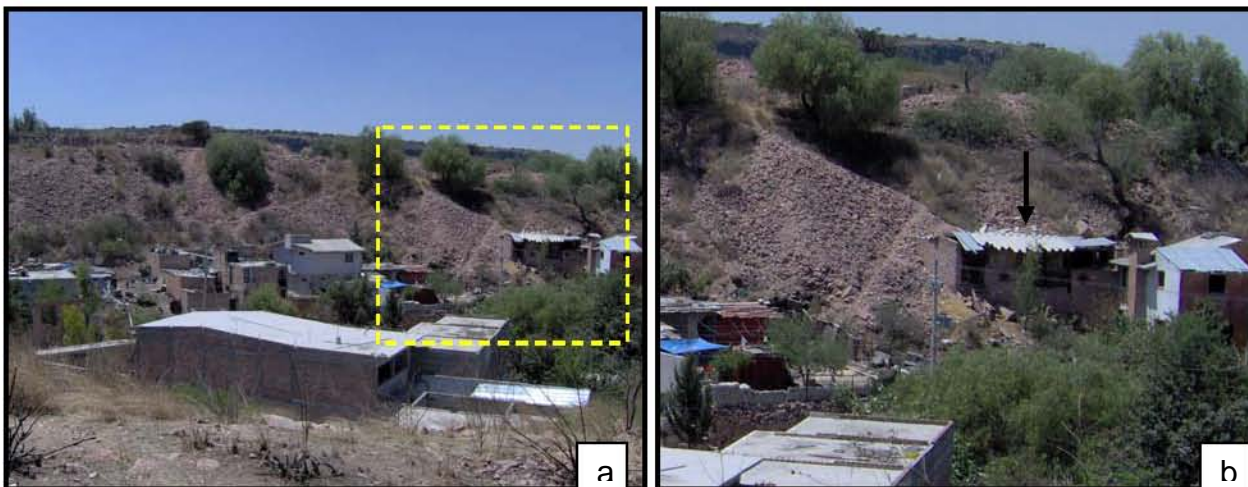


Figura 42a. Panorámica del sector urbanizado donde se ha realizado la explotación de la ignimbrita en La Cañada. En la derecha (**42b**), se observa una ampliación del recuadro donde se nota el talud superior una vivienda, señalada con la flecha, comprometido en su estabilidad.

En el caso de las inmediaciones de Saldarriaga, la población comenta que las inundaciones aparecieron desde que se construyó el libramiento hacia San Luis Potosí, puesto que la vía limita e interrumpe el libre desagüe de la aguas en la época de lluvias, anegando las zonas bajas.

En la localidad de San Vicente Ferrer se puede advertir cómo algunas viviendas se ubican a un costado de un canal de aguas (Figura 44), lo que las pone en peligro ante

la posibilidad de un desbordamiento del caño, aunado a que la misma presencia de la morada dificulta una eventual limpieza del canal.



Figura 43. Llanura de inundación del río Chichimequillas a su paso por Santa Cruz. En el centro de la foto se pueden apreciar algunas construcciones ubicadas a poca distancia del cauce.



Figura 44. Vivienda situada al borde del canal. San Vicente Ferrer

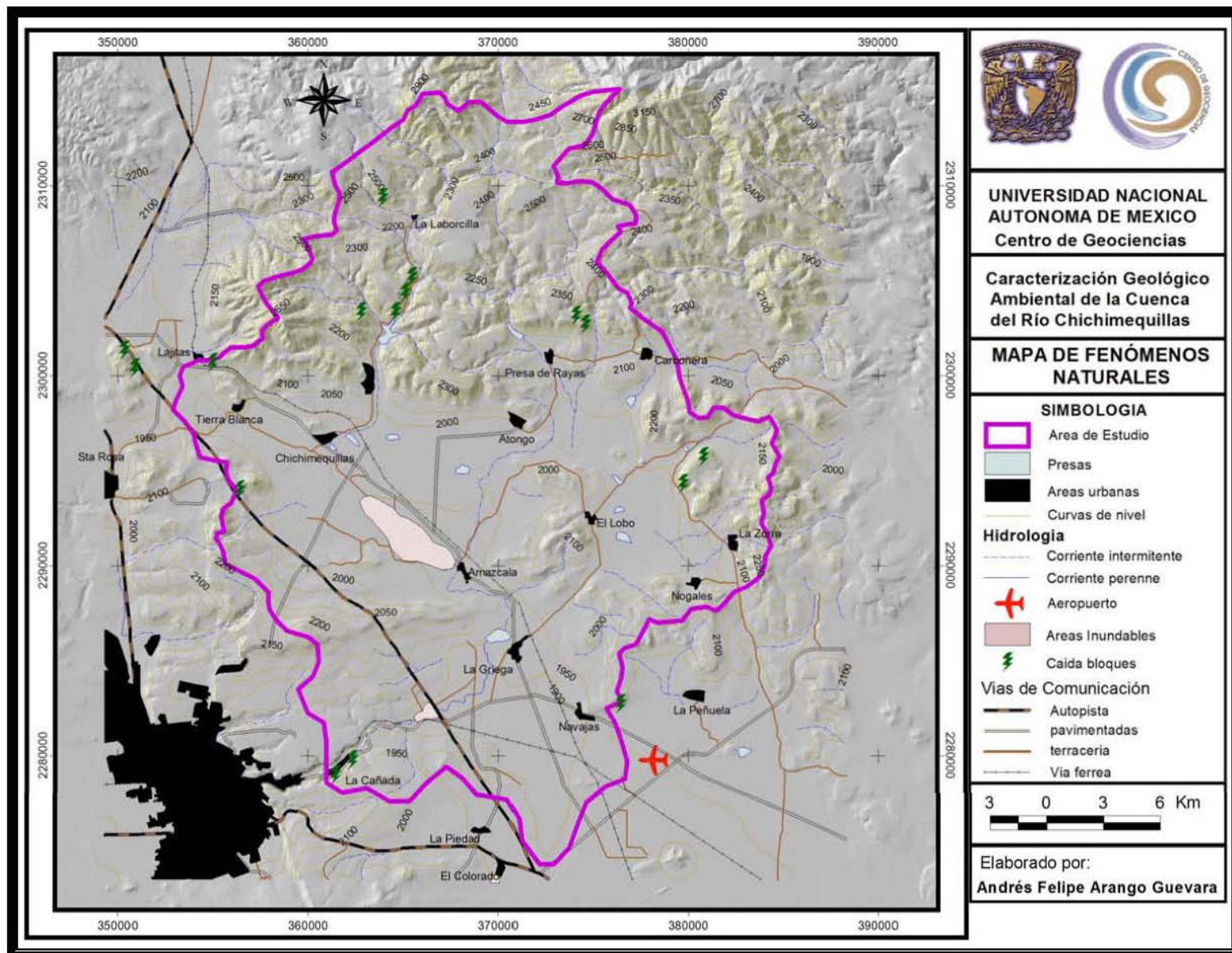


Figura 45. Mapa de Fenómenos Naturales presentes en la Cuenca.

Paradójicamente estos fenómenos no son “tan naturales”, pues aunque se presentan por que existen regiones que tienen ciertas características propias que facilitan su generación, el principal detonante lo ejerce el hombre con su intervención, bien sea haciendo cortes de vías sin diseño, banquetes para las viviendas, impermeabilizando el suelo o constriñendo el libre flujo del agua.

Aunque en este trabajo no se abordó el análisis del peligro que pudiesen conllevar la ubicación de las presas del Carmen y Los Pirules, aguas arriba de las localidades de Santa María de los Baños y Presa de Rayas; se requiere por lo menos que el Estado a través la entidad correspondiente, realice los mantenimientos necesarios a las cortinas de las presas, puesto que la gente que reside en dichas poblaciones afirma que nunca han visto cuadrilla alguna llevando a cabo esas actividades.

6.5 CONSTRUCCIÓN DE ESCENARIOS POSIBLES

Con el diagnóstico anterior, el siguiente proceso es poder elaborar un modelo territorial planteando un conjunto de escenarios posibles sobre el futuro del área y su entorno en un mediano plazo, dependiendo del grado de intervención planificadora y ordenadora. Estos escenarios, en los que se analizan diversas variables (agua, agricultura, áreas urbanas, etc), deben ser el resultado de una discusión inter y multidisciplinaria en mesas de trabajo para los diversos sectores involucrados en el desarrollo.

En esta ocasión se realizó un ejercicio únicamente desde el punto de vista Geológico-Ambiental, partiendo de la información recogida y de las observaciones hechas en campo para la construcción de escenarios en los sectores ambiental, agropecuario y forestal, desarrollo urbano e industria, minería y turismo, plasmado en las tablas 3, 4, 5 y 6, así como en las Figuras 46 y 47; y para los cuales se pueden proponer dos grandes escenarios:

Escenario Tendencial. Se refiere a la visión de la zona en un futuro, mostrando los puntos de las situaciones críticas, considerando el mismo patrón de comportamiento que impera en la actualidad y basado en la hipótesis de continuar con el manejo vigente

de los recursos. Estos problemas son los que debe solucionar o corregir el ordenamiento territorial.

Escenario Mejorado. Representa la imagen del modelo territorial que se desea lograr mediante la ejecución del ordenamiento territorial, considerando que se llevan a cabo acciones para recuperar el medio y con tendencia a un equilibrio en el uso y manejo de los recursos.

Aunque los escenarios no acostumbran a mostrarse mediante el uso de mapas, se construyeron las Figuras 46 y 47, como un ejercicio en este trabajo en el que se enseñan esquemas de cómo podría representarse espacialmente estos escenarios, sin pretender indicar que esa sea la configuración definitiva de las áreas en ellas mostradas.

En general, se considera que el sector ambiental es un punto álgido y esencial para el progreso de los demás sectores, pues de él depende la oferta de servicios biofísicos requeridos en los demás ámbitos de desarrollo. Una mejora en la cantidad y calidad de los recursos naturales (agua, suelo, aire, vegetación), conllevará a la búsqueda del equilibrio entre su preservación y explotación.

Cualquier labor que busque mejorar el espectro ambiental debe abarcar un trabajo interinstitucional que implique no sólo el nivel municipal, sino también los municipios vecinos, así como el estado de Guanajuato, es decir con alcance regional o al menos semi-regional.

A manera de conclusión del valor de la información presente y su análisis se construye una matriz DOFA (Tabla 7), la cual se puede aplicar en el proceso de ordenamiento de la región.

Tabla 3. Escenario Tendencial y Mejorado para el Sector Ambiental

	Escenario Tendencial	Escenario Mejorado
Agua	Explotación continua y sin limitaciones de los acuíferos, provocando mayores abatimientos, y en consecuencia aumentan los costos de explotación que se le revierten a los usuarios finales.	Reforestación en especial en los nacimientos y a lo largo de los cauces de agua, lo que beneficia los niveles de infiltración y recarga de los acuíferos, así como en el disminución de la erosión
	Disputas entre los sectores industriales, agrícolas y urbanos por la cantidad y disponibilidad de agua.	Explotación adecuada y limitada del agua, permitiendo un balance positivo entre recarga y descarga
	Cortes de suministro del agua para poder abastecer a todos los consumidores	Mantenimiento en las presas y cuerpos de agua menores, para evitar su colmatación
	Suministro del agua se concentra cada vez más en el corredor Querétaro-San Juan del Río, en detrimento de las demás poblaciones	No hay grandes concentraciones urbanas lo que permite una mejor distribución del agua entre los diferentes consumidores
Bosques	Mayor presión sobre los pocos relictos boscosos (tala) del norte de la cuenca, posible desaparición del recurso en el mediano plazo	Mantenimiento y mejoramiento del estado del bosque en los alrededores del volcán Zamorano, siendo éste un área protegida
	Graves problemas de erosión del suelo con tendencia al abandono de tierras	Programas de control de erosión
	Con la tala de vegetación hay tendencia a la desaparición de la fauna silvestre	Preservación y aumento de especies animales
	Tendencia a desertificación de zonas abandonadas, en especial al norte y oriente de la cuenca	Recuperación de áreas degradadas, en especial aquellas situadas en los cauces y nacimientos de agua
Contaminación	Con el crecimiento de los diversos centros de población no hay cubrimiento suficiente de alcantarillado, por lo que hay vertimientos de aguas negras sobre el suelo y cauces	Existencia de plantas de tratamiento de aguas residuales en sitios estratégicos, restringiendo la cantidad de vertimientos al suelo
	Carencia de plantas de tratamiento de agua en general, en sectores urbano e industrial	Instalación de plantas de tratamiento de aguas residuales y sistema de aprovechamiento de ellas
	Contaminación por disposición de residuos sólidos a cielo abierto, en especial en antiguas explotaciones y en los lechos de ríos	Localización y adecuación de un sitio para la disposición final de los residuos sólidos, no sólo municipales sino del ámbito regional, haciendo del reciclaje organizado un modelo económico con plusvalía
	Con el crecimiento poblacional, habrá mayor generación de residuos sólidos y muchos sitios de disposición irregulares	La calidad del aire es aceptable, emisiones menos contaminantes
	Contaminación del aire en la zona de La Cañada por aumento de tráfico vehicular, desarrollo industrial y por las explotaciones mineras a cielo abierto	
	No hay coordinación entre las dependencias e instituciones	Trabajo Interinstitucional efectivo que permite la coordinación

Generales	Incumplimiento con la legislación ambiental	Respeto hacia las leyes y normas ambientales
	Creencia o percepción de que los recursos naturales son ilimitados y por ende la pérdida de recursos naturales tiene como consecuencia la emigración de la gente del campo	Descentralización de la educación ambiental hacia las comunidades rurales, con el fin de que ellos se encarguen de cuidar y conservar los recursos, bajo un sistema de estímulos.
	Inventarios de recursos incompletos	Inventarios de recursos naturales

Tabla 4. Escenario Tendencial y Mejorado para el Sector Agropecuario

	Escenario Tendencial	Escenario Mejorado
Agrícola	Fuerte competencia por el agua con los sectores urbano e industrial	Distribución del recurso agua en todos los sectores productivos, previos balances de los consumos requeridos
	El riego se emplea ineficientemente y con grandes pérdidas	Alta tecnificación, particularmente para el manejo del agua, buscando una mayor productividad
	En los terrenos con aptitud agrícola se producen cambios en el uso del suelo por zonas urbanas e industriales	El suelo es usado de acuerdo con la aptitud determinada
	Ante la presión de nuevas tierras agrícolas se talan los bosques y acaba la vegetación primaria, por ende existe agotamiento de los suelos lo que implicará avance de la desertificación y de la erosión	Incentivo para explotación de bosques productores en los lugares adecuados, con normatividad adecuada, pensando también aprovechamiento alternativo (venta de oxígeno)
	Producción de cultivos no adecuados, y poca rotación de los mismos	Rotación de cultivos, que conlleva a conservación de suelos agrícolas y aumento de la productividad
	Uso excesivo de fertilizantes	Limitación al uso de fertilizantes y agroquímicos en la producción
	Disminución en número de familias dedicadas a la agricultura y abandono de los terrenos	Apoyo a los pobladores de las regiones agropecuarias, tanto en conocimiento como en actividades productivas
Ganadería	Expansión de ganadería extensiva, con agotamiento de potreros y problemas de erosión	Ganadería intensiva y diversificación de especies
	Pastizales pobres con pocos nutrientes, con un abuso en la utilización de productos sintéticos y deterioro en la calidad de la carne	Pastizales adecuados gracias a la rotación de potreros, por ende mejoras en la calidad de la carne
	Falta de diversificación de actividades pecuarias	Producción intensiva de otras especies como pollos y cerdos

Tabla 5. Escenario Tendencial y Mejorado para el Sector Urbano e Industrial

	Escenario Tendencial	Escenario Mejorado
Urbano	Competencia del recurso agua con la industria y la agricultura	Perímetros urbanos claramente delimitados por la disponibilidad de agua
	El crecimiento urbano en zonas no aptas y que no respeta las áreas verdes necesarias, así como zonas de amortiguamiento de ríos, bosques y áreas protegidas	Recopilación de estudios geológico-ambientales adecuados antes de declarar zonas de expansión urbana
	Expansión urbana sin planificación a mediano y largo plazo	Equipamiento urbano y servicios básicos garantizados
	Concentración de la población urbana y desarrollo industrial en el eje Querétaro-SJR, con la creciente demanda de servicios ambientales, ocupando tierras cultivables y la presión sobre el entorno	La población no se concentra exclusivamente en el corredor Querétaro-SJR, también hay diversificación hacia las zonas rurales
	Ante la migración de la gente del campo a la ciudad se forman cinturones de miseria y asentamientos irregulares, aumento en la delincuencia	Descentralización de algunos servicios de la capital hacia poblaciones más pequeñas
	Deficiencia de manejo de residuos en áreas urbanas	Adecuada disposición de residuos urbanos e industriales
	Aumenta el caudal de aguas residuales no tratadas, ante deficiencia en plantas de tratamiento	Desarrollo de plantas de tratamiento de agua para uso urbano
	En torno al aeropuerto se forma otro polo de desarrollo sin planificación	Se diseñan y aplican planes para minimizar el impacto del aeropuerto
	Desequilibrio en infraestructura vial, con saturación de la autopista México-Querétaro y problemas en el sistema regional	Planeación en el desarrollo vial con diversas opciones de tránsito para vehículos pesados y de transporte
Industrial	Crecimiento industrial se da dentro de las ciudades y está fundamentado en criterios económicos sin tomar en cuenta los aspectos ambientales	Planeación de las industrias con criterios de sustentabilidad, social, ambiental y económica y equipadas con modernas plantas de tratamiento, al tiempo que reutilizan las aguas tratadas Las zonas industriales ocupan espacios diseñados para ellas, con cinturones de amortiguamiento en cercanías de las zonas urbanas
	El desarrollo industrial está casi todo canalizado hacia la zona metropolitana de Querétaro, sin encadenar el resto del estado y rezagando su desarrollo	La industria está integrada a cadenas de producción que aprovechan íntegramente los insumos, así como promoción de pequeña industria
	Las dependencias de gobiernos (sobre todo las municipales) carecen de instrumentos de gestión y ordenamiento territorial.	Se ha logrado una mayor conexión y operatividad entre las distintas dependencias y niveles de gobierno. Hay

Falta de respeto a los planes de desarrollo urbano	control de los planes de desarrollo urbano
--	--

Tabla 6. Escenario Tendencial y Mejorado para el Sector Minero y Turístico

	Escenario Tendencial	Escenario Mejorado
Minería	Predominará la explotación de minerales para la construcción	Programas de apoyo al fomento minero y mejor planeación de esta actividad
	Explotaciones ineficientes con altos impactos ambientales	Tecnificación en la explotación minimizando los impactos ambientales y capacitación de recursos humanos, lo que eleva el nivel socioeconómico de la población ligada a esta actividad
	La minería no deja beneficio en las localidades cercanas a su explotación	La actividad minera proporciona insumos a la población, y esta reglamentada de acuerdo al ordenamiento territorial
	Conflictos de intereses que dificulta la explotación	Acuerdos entre todos los sectores productivos
Turismo	Se desperdicia el potencial turístico y se altera el ambiente	Manejar o reciclar el agua y los residuos que se generen
	El patrimonio se deteriora por turismo indiscriminado, en especial sobre áreas naturales	Se desarrolla el turismo alternativo, en especial el ecoturismo
	Falta promoción de nuevos lugares y opciones turísticas ambientales	Potencial turístico bien conocido debido a las campañas planificadas de promoción (atractivos volcánicos, cañadas, miradores, presas)

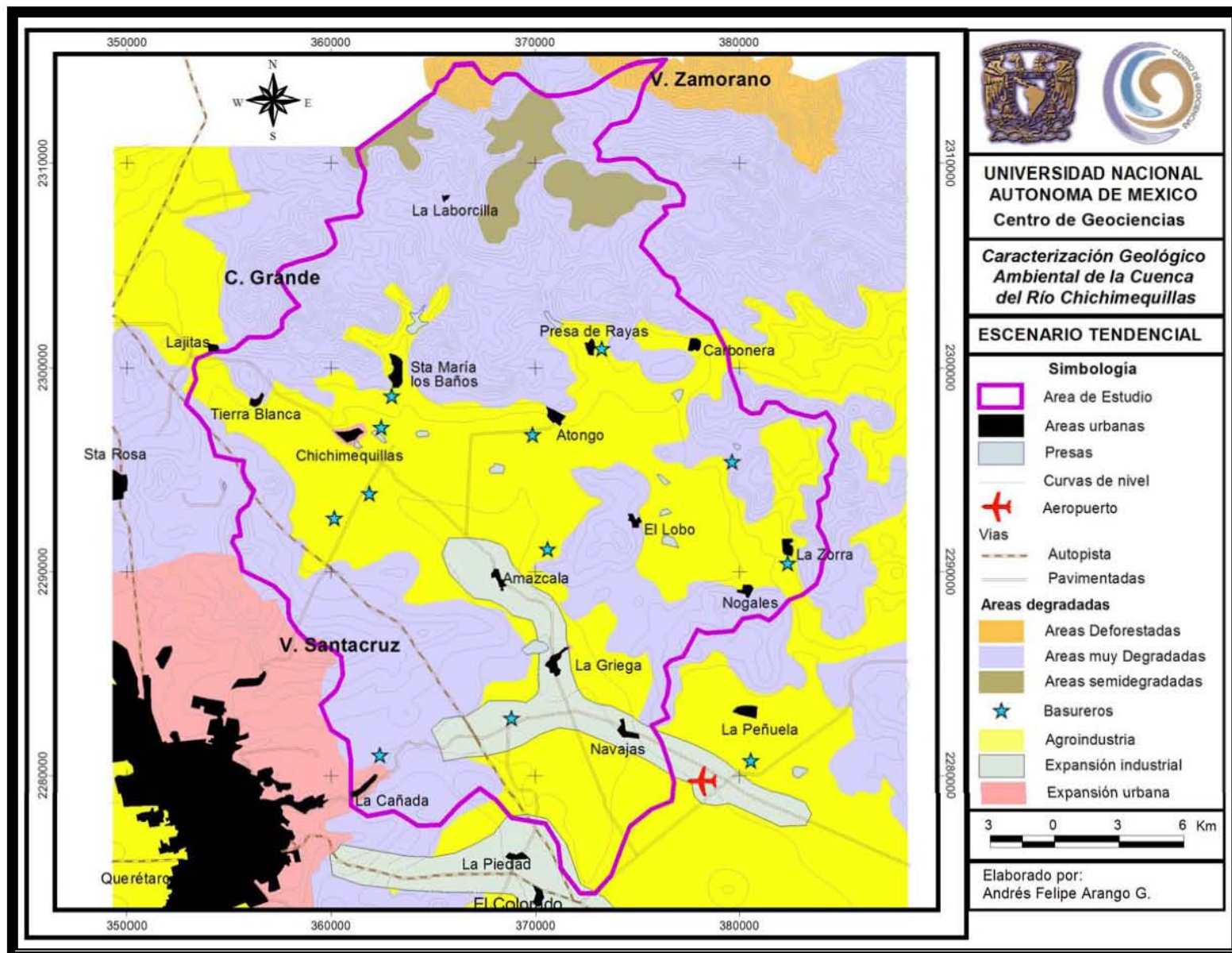


Figura 46. Esquema que representa el Escenario Tendencial para la cuenca del Río Chichimequillas

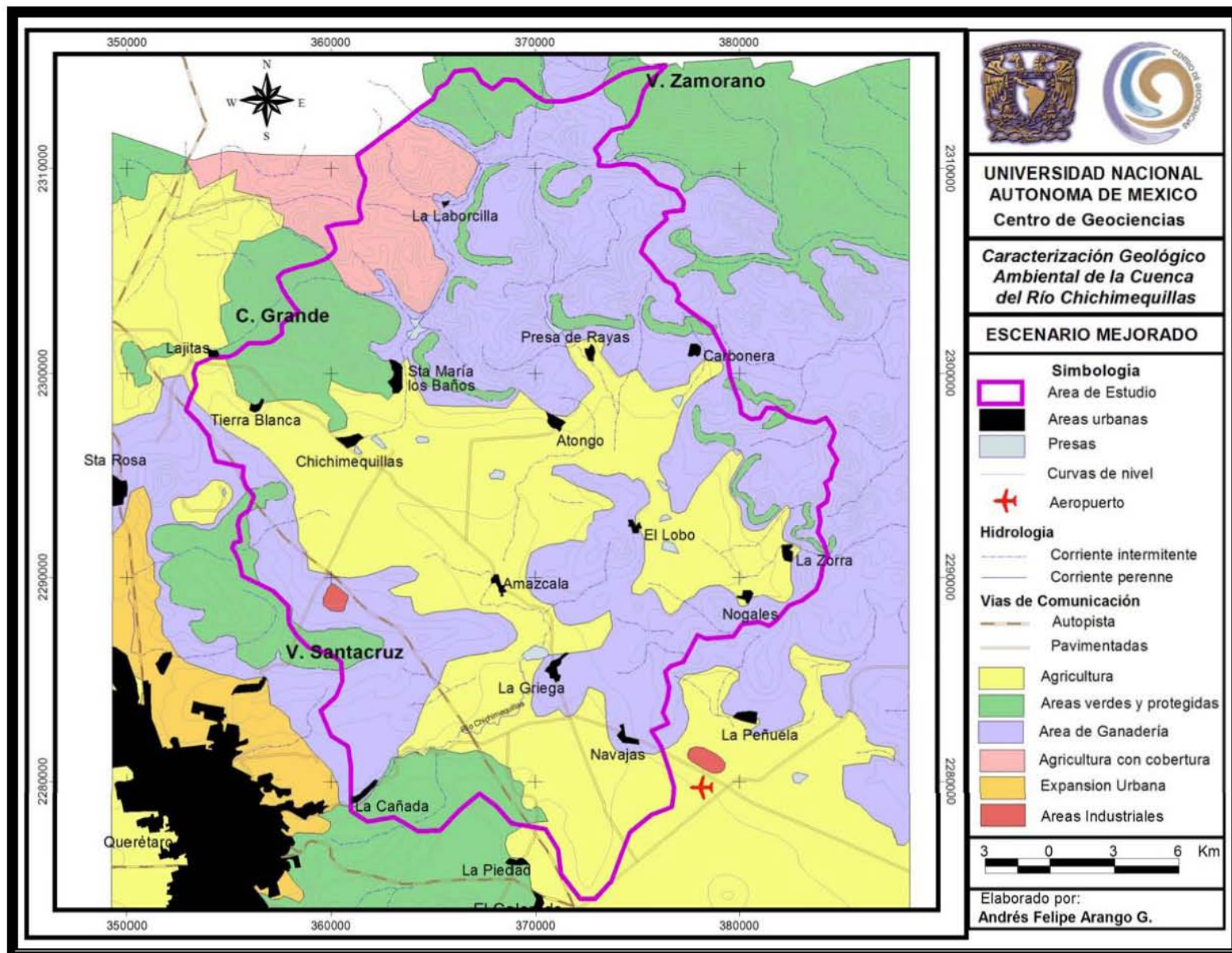


Figura 47. Esquema que representa el Escenario Mejorado para la cuenca del Río Chichimequillas

Tabla 7. Matriz DOFA

Debilidades	Oportunidades	Fortalezas	Amenazas
No hay documentación de los eventos naturales ocurridos en el pasado, en el mejor de los casos sólo hay un registro que contiene fecha y tipo de evento sin discriminar área, afectados, causas, etc.	Digitalizar la información cartográfica y actualizar los datos proporcionados por los diferentes participantes en el desarrollo de la planificación; así como centralizar la información.	Ubicación geográfica de la región, en un cruce de caminos	El aeropuerto, por la falta de planeación tiende a propiciar el crecimiento inadecuado favoreciendo el deterioro ambiental y la sobre explotación de recursos naturales
Poca coordinación entre las entidades y municipios para generación, manejo, aplicación y enriquecimiento de información básica.	Regulación del crecimiento de ciudades y poblaciones, descentralizando la zona metropolitana de Querétaro.	Hay información disponible. Sólo falta coordinar acciones.	No se regulan los aspectos jurídicos que le den validez a los POT.
Alguna información no es fácilmente accesible.	Promocionar la realización de POT municipales o de cuenca.	Apoyo de la comunidad y ONGs	Crecimiento favorecido en la zona metropolitana.
Información incompleta y poco articulada sobre los recursos naturales disponibles.	Un POT es un instrumento que sirva como política de estado y no del gobierno actual.	Vías de comunicación importantes.	No se aplique el Plan de Ordenamiento.
Los indicadores son definidos a nivel estatal, se requieren indicadores reales a escala municipal o en la cuenca.	Defender las zonas de desarrollo por actividad, reglamentado y procurando equilibrio, con base en el conocimiento de sus recursos actuales y potenciales.	Sumar en los ejercicios de planificación y ordenamiento el conocimiento de universidades y centros de Investigación.	No haya continuidad en los planes de desarrollo y de ordenamiento.
Falta describir con el marco jurídico del PEOT.	Priorizar las acciones dentro de los planes de Ordenamiento, ligado a un estimado financiero de su costo.	Posibilidad de generar más información a partir de convenios interinstitucionales	
Sobreexplotación de los acuíferos provoca limitaciones en la provisión de agua.			Carencia del recurso

Siendo el agua el principal recurso natural en juego, tanto para el consumo humano, agrícola e industrial, y ya que en el área casi el 100% del abastecimiento de los 3 sectores proviene de los acuíferos, el problema de su agotamiento y por ende escasez del agua puede ser atacado de varias maneras:

- Teniendo claros los balances hídricos subterráneos, con el fin de un futuro planificar un crecimiento controlado. En la actualidad y ante los evidentes desbalances cualquier aumento en los consumos del agua, traerá aun mayores efectos negativos (Suspensión del servicio, racionamientos).
- Buscar la conservación, recuperación y/o regeneración natural de sitios críticos como los alrededores del volcán Zamorano, el cerro Grande y los nacimientos de los drenajes.
- Campañas entre la comunidad que traten sobre de donde proviene el agua, como se extrae, sus costos, y quienes son sus beneficiarios.
- Aunar esfuerzos entre las entidades que manejan el agua, los municipios y las comunidades para realizar acciones contra las pérdidas de agua.
- Establecer consumos ponderados de agua, de tal manera que quien sobrepasa la media, sea penalizado con tarifas más costosas. Igualmente, a quienes sean sorprendidos malgastando el agua se les aplican multas ejemplares.

6.6 PROPUESTA DE USO DEL SUELO.

Con los elementos aportados por la revisión bibliográfica y los datos colectados en campo se presenta a continuación una propuesta alternativa para el uso del suelo en la cuenca (Figura 48), haciendo la salvedad de que por la escala empleada en este estudio, se pueden presentar variaciones en el caso dado de que se plantee un ordenamiento municipal o a nivel de cuenca, es decir, al aumentar la escala de observación y análisis, el grado de detalle será mayor y puede permitir una mejor definición de las áreas.

6.6.1 Uso Forestal.

- Se sugiere aumentar la cobertura del área boscosa en los alrededores del volcán Zamorano, puesto que se le considera como una zona para ser protegida en el futuro, al tiempo que se reforestan las superficies aledañas a nacimientos de agua y drenajes. Asimismo, al recuperar esta región se puede aprovechar como un polo de turismo alternativo al de la ciudad de Querétaro, en el que se puede promover un recorrido que incluya la visita y el descanso a las presas, previa adecuación de sus instalaciones.
- Dentro de la superficie propuesta para ganadería al norte y oriente de la cuenca, se procura que las áreas con mayor pendiente se sustraigan y se adecuen como zonas de protección, con el objeto de recuperarlas de la erosión y preservarlas de mayores impactos erosivos.
- Las zonas ubicadas en las cimas de los cerros al occidente de la cuenca y en la cumbre del volcán Santacruz, se propone extraerlas del área apta para asentamientos humanos y sumarlas al uso forestal de conservación, queriendo decir con esto que se debería preservar la cobertura vegetal presente en el momento, y de ser posible aumentarla.
- Las zonas mencionadas anteriormente se pueden unir con el área natural protegida de Peña Colorada (Ver Figura 16). En un futuro esta zona podría servir como un parque regional en el que se favorezca la recreación pasiva, al tiempo que tendría una función de paisaje con descanso visual.
- El cerro localizado al noroccidente de la población de Tierra Blanca no debe estar dentro del área agrícola. En cambio debe pertenecer a una zona forestal de conservación puesto que son rocas ácidas poco aptas para la agricultura por el escaso desarrollo de suelo, y al mismo tiempo servir como zona de amortiguación al área forestal de preservación del Cerro Grande.
- Por último, se plantea destinar una franja a ambos lados de los principales cauces de agua que por obligatoriedad conserve una zona forestal para controlar las posibles crecientes durante la temporada de lluvias, así como para evitar su urbanización. En el mapa sólo se destaca la franja del Río Chichimequillas por

ser el drenaje principal, lo que no implica que dicha faja no se extienda a más corrientes en el área.

6.6.2 Ganadería.

Las áreas propuestas como ganaderas cambian poco, con la excepción de las zonas explicadas en el punto anterior. En general, se sugiere en la medida de lo posible, que el desarrollo de la ganadería debería llevarse mediante una acción intensiva, haciendo rotación de potreros, para evitar el desgaste total de la vegetación, la recuperación de otras zonas y la disminución de la erosión.

6.6.3 Agricultura (Agroindustria).

El cambio principal formulado consiste en extraer el área situada al noroccidente de la cuenca, en cercanías a la localidad de La Laborcilla, y proponer que allí se lleve a cabo una agricultura de baja intensidad, que cuente con una cobertura arbórea como protección, además de sembrar en surcos y evitar el riego de manera indiscriminada. Lo anterior debido a que es una zona montañosa que presenta pendientes fuertes y moderadas, lo que podría favorecer la erosión en caso de no implementarse la agricultura de la manera adecuada.

El uso en la zona del valle se puede favorecer que sea agroindustrial, en tanto sea de bajo impacto implementando una producción limpia, que no contamine el suelo con excesivos fertilizantes, el agua con filtraciones de líquidos, y que no vicie el aire con quemas o emanaciones nocivas.

6.6.4 Asentamientos Humanos.

La aptitud continúa asociada preferencialmente a las superficies con pendientes suaves, en general en las cercanías de la ciudad de Querétaro, por la facilidad de comunicación y de prestación de los servicios públicos disponibles. Los cambios están representados en las áreas que se podrían extraer para generar áreas de conservación de vegetación, y algunas pocas incorporaciones al suroccidente de la cuenca, al oriente

de La Cañada, donde ya existen poblaciones pequeñas asentadas como son Saldarriaga, Jesús María y El Coyme.

Aunque este trabajo no tiene el alcance para determinar el número de viviendas requeridas para la zona metropolitana de Querétaro y El Marqués, se sugiere pensar en la idea de redensificar al interior de la capital, así como buscar polos alternativos de crecimiento urbano bien sea dentro de la cuenca del río Chichimequillas o en alguna otra región del estado, antes de pensar en una expansión de malla urbana de Querétaro.

No se cartografiaron zonas con aptitud minera debido a que el estudio no analizó detalladamente las ocurrencias de materiales o minerales; sin embargo, se estima que la superficie delimitada en el mapa de aptitud presentado por SEDESU es muy extensa, y se requiere de un trabajo específico en dicho tema para poder reducir y determinar los sitios exactos en los que se puede desarrollar esta actividad con beneficios económicos y con el menor impacto en el entorno. Sin embargo, si es posible aseverar que aquellos parajes en los que se hayan realizado explotaciones y éstas ya estén paralizadas, deberían ser objeto de una recuperación geomorfológica y ambiental con adecuación de pendientes, cobertura vegetal y manejo de aguas de escorrentía, y su posterior destinación a zonas verdes, con senderos y/o recreación que no implique usos habitacionales.

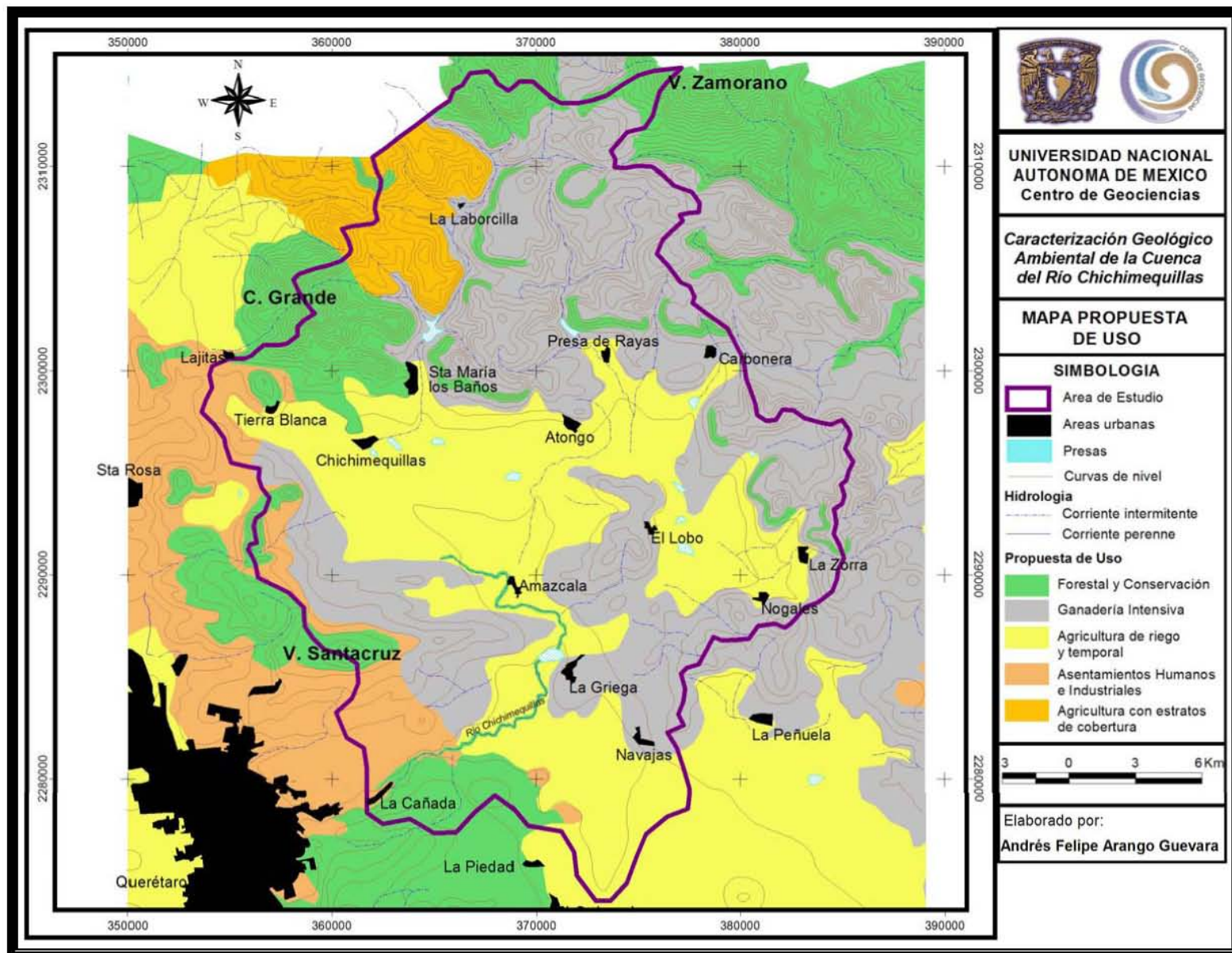


Figura 48. Mapa de Propuesta de Uso presentada en este trabajo para la cuenca del río Chichimequillas.

7. PAISAJE

Hay una considerable disparidad en los conceptos de paisaje, así como también se carece de una estandarización de las metodologías para su evaluación entre aquellos que han encarado su estudio. Estas diferencias han sido anotadas por autores como [Terkenli \(2001\)](#), [Gulinck et al. \(2001\)](#) y [Thomas \(2001\)](#), entre otros. Se han hecho intentos de almacenar y clasificar datos sobre los paisajes, así como diseñar métodos que sirvan para su estudio pero han terminado con resultados poco satisfactorios, debido a la presencia de problemas con la resolución espacial, el uso digital de los datos, y no menos importante, la relevancia necesaria para aquellos que hacen las políticas y toman las decisiones con respecto del tema.

Hasta hace pocos años en la evaluación de un paisaje se le prestaba mayor consideración a la existencia y consecuencias de las actividades humanas y biológicas, en tanto que la historia geológica y sus procesos recibían muy poca atención a pesar del hecho de que el sustrato rocoso es la base de todos los recursos naturales; siempre debido al protagonismo inherente que el ser humano ha puesto en si mismo, al desarrollar un territorio mediante elementos típicamente antropogénicos como vías, ferrocarriles, puentes, industrias, vivienda, agricultura, etc.

Con el paso del tiempo y en épocas recientes el concepto de paisaje ha evolucionado, y su descripción se ha tornado un tanto más compleja, tal como se aprecia en las siguientes definiciones:

- El Paisaje es una expresión visible del medio ambiente humanizado percibido principalmente a través de los sentidos, particularmente la visión, también mediante procesos cognitivos; un medio y un resultado de la acción y percepción humana ([Terkenli, 2001](#)).
- Para [Thomas \(2001\)](#), los paisajes son complejos de rocas, depósitos superficiales, suelos, plantas y animales, junto a las formas mismas del terreno.

- Los paisajes son sistemas dinámicos de la superficie terrestre que no sólo contienen objetos, sino que almacenan energía y materia, mantenidos por procesos de crecimiento, decaimiento, flujo y transformación. (Phillips, 1999; en Thomas, 2001).
- El paisaje es un área, como es percibida por la gente, cuyo carácter es el resultado de la acción e interacción de los factores naturales y/o humanos (Council of Europe, 2000; en Antrop, 2006).
- Etter (1992), define el paisaje como una porción de la superficie terrestre con patrones de homogeneidad, consistente en un complejo de sistemas conformados por la actividad de las rocas, el agua, el aire, las plantas, los animales y el hombre, que son una entidad reconocible y diferenciable de otras vecinas.
- El paisaje es identificado como una superficie geográfica heterogénea constituida por un grupo de ecosistemas que presentan una imagen o apariencia semejante, originado por la interacción de dichos componentes, sumado a la evolución biofísica y la historia de las culturas que nos precedieron (López-Barajas, 2002).

Los espacios rurales muestran una variedad de paisajes, cuya atracción reside en el balance entre sus componentes ecológicos, histórico-culturales y estéticos (García Quintana *et al.*, 2005), siendo su más importante modificación las relacionadas con las actividades agropecuarias, restringidas a la transformación o remoción de la cobertura vegetal.

Los paisajes por las características dinámicas de sus componentes, es decir, entre las fuerzas naturales y culturales, evolucionan continuamente, de una manera más o menos caótica, que refleja las necesidades sociales y económicas de la sociedad que los usufructúa en un momento dado. Los cambios que se presentan no siempre pueden

ser vistos por las personas de la misma manera (Antrop, 1998), para algunos constituye una mejora, en tanto para otros representa un detrimento del estado actual o de uno previo. Los cambios no son solamente graduales, sino que también se dan a partir de transformación súbitas y rápidas, originadas por fenómenos naturales y acciones antrópicas; por ende dichos cambios significan para muchos una amenaza, puesto que se caracterizan por una pérdida de biodiversidad e identidad de los paisajes, además de que sienten inquietud con el nuevo medio, y dificultad para adaptarse al cambio del paisaje (Antrop, 2006 y 2005).

Los cambios pequeños y graduales afectan al paisaje de un modo diferente a la manera en que lo haría un evento de gran magnitud; así por ejemplo una inundación mayor puede alterar la vegetación y causar impactos sobre construcciones en poco tiempo y mucho más rápido que los cambios originados por la erosión natural. Algunos cambios pueden interrumpir las estructuras existentes del paisaje y crear uno completamente nuevo, en tanto que otros cambios rompen muy poco la identidad del paisaje, permitiendo su preservación. Es fácil concluir que los 2 principales factores de cambio que interactúan dentro de un paisaje son los procesos naturales y las actividades antrópicas, aunque cada uno siguiendo sus propias reglas y escalas de tiempo y espacio.

El agente que ha provocado los mayores cambios en los paisajes en los tiempos históricos es el hombre, quien en su afán de expandir la frontera agrícola, levantar nuevos asentamientos, realizar actividades mineras, extender vías de comunicación, y en diversas actividades de desarrollo tecnológico, ha extraído enormes cantidades de vegetación, suelo y roca, excediendo con creces a la acción de cualquier otro agente geomórfico. De acuerdo a Hooke (2000), el total de suelo y roca removido durante los últimos 5000 años por la humanidad, sería suficiente para construir una cadena montañosa de 4000 m de alto, 40 km de ancho y 100 km de longitud; aclarando que si las tasas de extracción continúan a los ritmos actuales, se podría doblar la longitud de dicha cadena en los próximos 100 años.

En conclusión, los cambios acaecidos en los paisajes se han visto acelerados durante los últimos siglos, y más aún a partir del siglo XX, a medida que el importante desarrollo tecnológico le ha permitido al ser humano alcanzar y colonizar cada rincón del planeta.

7.1 COMPONENTES Y FACTORES DEL PAISAJE.

La superficie terrestre está compuesta de cuerpos de roca con diferente composición y por ende, mayor o menor resistencia a la erosión, además de estar distribuidos de manera heterogénea en su volumen y forma; estos elementos influyen de una manera importante la morfología de un territorio. Es por esto que todo lo que vemos en la superficie es el producto final de una evolución presidida por (Bloom, 1969; Burbank and Printer, 1999; y García Quintana *et al.*, 2004):

- El material geológico parental, es decir la litología y/o el material que es erosionado.
- Estructura tectónica, que controla la distribución en 3 dimensiones de las rocas.
- Evolución climática, la cual controla los diversos procesos erosivos.

Hay 3 tipos de componentes y factores en los paisajes que están interconectados unos con otros: Geóticos, Antrópicos y Bióticos (García Quintana *et al.*, 2004); el paisaje final registra las relaciones entre dichos agentes: humanos (antrópicos), vegetación (bióticos) y rocas (geóticos), y su importancia sobre los paisajes depende de la escala desde la cual se observen.

Debido a que los factores geóticos tienen una duración más larga en el tiempo y cambian a tasas diferentes a las de las actividades humanas, su importancia en los paisajes es notable a mayores escalas; en contraste, las proporciones más pequeñas de los componentes antropogénicos hace que su importancia en el paisaje sea inversamente proporcional a la escala de observación. El factor biótico se encuentra en una posición intermedia entre los factores geóticos y antrópicos debido a su amplia extensión, y por consiguiente su importancia relativa no depende tanto de la escala. De

acuerdo a las relaciones que se dan entre los factores mencionados, [García Quintana et al. \(2004\)](#), divide los tipos de paisaje en 3, así:

7.1.1 Paisajes dominados por la Vegetación.

En los cuales la cobertura vegetal (natural y cultivos), y los espesos suelos no permiten que las rocas afloren, o los afloramientos son escasos y aislados, tal como sucede en los trópicos.

7.1.2 Paisajes Geológicos.

En los que es casi exclusiva la presencia de las rocas debido a la escasez de vegetación y la poca presencia de suelos, como ocurre en los desiertos cálidos y fríos.

7.1.3 Paisajes Intermedios.

Donde la agricultura y el pastoreo bajo un régimen de escasa lluvia, con suelos delgados frecuentemente removidos, produce una situación en la que las rocas y la vegetación se observan en proporciones similares en el paisaje.

Debido a lo semiárido del clima, a la composición de las rocas, a la topografía de la zona y de acuerdo a las anteriores definiciones, el tipo de paisaje en la cuenca del río Chichimequillas varía entre los paisajes geológicos, que imperan hacia el norte y oriente de la cuenca, en tanto que los paisajes intermedios se aprecian con mayor claridad en la zona del valle y hacia el suroccidente de la misma. Por esta razón, tanto la geología como las actividades humanas conforman las condiciones primarias, en su orden, que configuran el paisaje de este territorio.

Es necesario aclarar, que a pesar de retomar esta clasificación, casi todos los paisajes hoy en día, en especial en los países desarrollados, son modificados artificialmente puesto que en ellos han quedado registrados los efectos de la actividad humana a través de los siglos (deforestación, reforestación, agricultura, construcciones, pastoreo), sobreimpuesta sobre el fondo que estructuran la geología y la vegetación.

Analizando detenidamente se puede notar que el paisaje y sus formas son consecuencia de la historia geológica de una región, por lo tanto la conjunción de las rocas, las estructuras, los procesos geológicos como la erosión y la sedimentación determinan la presencia o ausencia del relieve en un área, así como las demás características que describen un paisaje, incluyendo suelos, agricultura, asentamientos humanos, etc. Por esta razón [García Quintana et al. \(2004\)](#), recomienda entonces que en la interpretación de un territorio en el que predominen los denominados paisajes geológicos e intermedios debería comenzar siempre con la identificación de aquellos factores geológicos, lo cual facilita un mejor entendimiento, descripción, clasificación y valuación de un paisaje visual.

7.1.4 Influencia de los factores geológicos.

Los factores geológicos impiden, limitan o favorecen el desarrollo de la vegetación, al tiempo que limitan o favorecen la instalación de elementos antropogénicos. Se puede resaltar en este caso que la presencia de la cobertura vegetal está condicionada por factores climáticos, las características fisiográficas del territorio (altura, orientación, etc) y por las propiedades geológicas del sustrato (composición, permeabilidad, estabilidad, etc). La escasez de lluvia y el pobre desarrollo de suelo sobre las ignimbritas del norte de la cuenca realzan el control geológico de la vegetación, en tanto que hacia el valle los sedimentos han favorecido el auge de suelo, lo que sumado al riego constante por parte de los habitantes ha permitido el florecimiento de la agricultura.

En un área como ésta, en la cual se preserva buena parte de la estructura rural con algo de impacto urbano, los paisajes revelan un fuerte control geológico sobre la localización y tamaño de pueblos; el tipo e intensidad de usos agropecuarios (cultivos en los valles y matorrales y pastizales para la ganadería); el trazado de las vías de comunicación dependiendo del relieve; así como la ubicación y tamaño de algunos recursos de extracción.

7.1.5 Influencia de componentes antropogénicos.

Las propiedades geóticas pueden alterarse debido a actividades antropogénicas, como deforestación, cultivos, fuegos y reforestación, puesto que modifican sensiblemente la cubierta vegetal, bien sea por desaparición, reemplazamiento o decrecimiento, lo que convierte a una zona “natural”, a ser propensa a sufrir la erosión, la salinidad, etc. La acción del hombre puede también perturbar el relieve con las excavaciones y acumulaciones mineras, represas, infraestructuras de comunicación, explanaciones urbanas, etc. Lo anterior se puede observar especialmente hacia el suroccidente de la cuenca donde se explota material en canteras que han creado nuevos taludes en ladera y depresiones en el valle, aunque no lo suficientemente grandes como para ser discriminados en la escala de este trabajo.

7.2 MAPA DEL PAISAJE

Siguiendo el proceso de clasificación de paisajes propuesto por [García Quintana et al. \(2005\)](#), se han evitado análisis numéricos y espaciales, esto con el objeto de presentar una mayor simplicidad en su elaboración, su construcción y lectura esté al alcance de la mayor cantidad posible de usuarios. Además, se parte de la idea de que los paisajes son considerados como sistemas físicos integrados y que se pueden identificar en modelos de escalas diferenciables.

La generación del mapa de paisaje de la zona en cuestión se abordó desde tres aproximaciones casi simultáneas, a saber:

- La primera de ellas, está basada en el marco geológico de la región, provisto por la cartografía básica levantada a una escala 1:50000 para este proyecto.
- La segunda, a través de las fotografías aéreas disponibles para reconocer y definir los límites de las unidades de paisaje. En este punto las imágenes de satélite y los modelos de elevación son muy prácticos y apropiados para reconocer amplias áreas de un territorio; sin embargo, la información de la cobertura vegetal, la geomorfología y la erosión, son criterios subordinados a la pericia visual del observador.

- Finalmente, y en menor medida, las fotografías tradicionales tomadas durante la fase de campo proveen datos más puntuales para efectuar la comparación con los resultados obtenidos en los dos puntos mencionados arriba.

La siguiente descripción se enfoca en el factor geológico del paisaje, y en las relaciones entre éste y las características biótica y antropogénicas del paisaje. La variabilidad de los paisajes es significativa debido a su orografía irregular, diferencias geológicas y diversidad climática que se reflejan en la variedad de su cobertura vegetal.

Un nivel básico de clasificación de paisajes diferencia entre tres formas dominantes, ya sean cóncavas, convexas o planas ([García Quintana et al., 2004](#)). Aunque se pueden dar combinaciones que producen estructuras híbridas que se ubican en una posición intermedia entre las formas cóncavas y convexas, en este caso no se observó la necesidad de adicionar una categoría de este tipo, por la claridad y las notables diferencias entre las formas mencionadas.

El mapa de paisaje elaborado (Figura 49), tiene diferencias y similitudes con algunos de los otros mapas temáticos de la cuenca, pues representa la suma de varias características que exhiben esos mapas, lo cual es lógico puesto que se supone que las propiedades de un área en particular están relacionadas. Las unidades de paisaje indicadas en el mapa, muestran una gran semejanza con las unidades del mapa geológico, seguido por las del mapa geomorfológico, y en menor medida con el mapa de cobertura vegetal; lo que refleja la importancia de los diferentes constituyentes de un paisaje, más aún en este caso cuando se ha anotado que los procesos geológicos son aquellos que determinan la existencia o no del relieve.

7.2.1 Formas Cóncavas

7.2.1.1 Valles Estrechos. Son elementos generados por la erosión de la red fluvial sobre las rocas localizados en la zona norte de la cuenca, en los que predomina la erosión severa

7.2.2 Formas Convexas

7.2.2.1 Sierras Oligocénicas. Consiste de ignimbritas y domos riolíticos de edad oligocénica de pendientes abruptas en general, con severos grados de erosión y cubiertos por matorral crasicaule y matorral con vegetación secundaria, con predominio de pastizales hacia el sur de la sierra y de algunos bosques hacia el extremo norte.

7.2.2.2 Domos ácidos Miocénico-Pliocénicos. Corresponden a rocas de composición ácida en forma de domos con pendientes medias y fuertes, sobre los que predomina la erosión leve y severa. Esta unidad de paisaje se encuentra recubierta principalmente por matorral y los pastizales, y en menor medida por algunas zonas en las cuales se desarrolla la agricultura.

7.2.2.3 Aparatos Volcánicos Miocénicos. Corresponde a las estructuras de volcanes en los que se aprecia bien su forma cónica. La ladera sur del volcán Zamorano está cubierta en su mayor parte por bosques de Oyamel y Pino Encino, por lo tanto no existen indicios de erosión en el sector. En el caso del cerro Grande, el cual cuenta con una cobertura de matorral subtropical y crasicaule con vegetación secundaria, sus flancos se observan afectados en gran medida por la erosión.

7.2.2.4 Colinas Básicas Miocénicas. Son las lavas básicas arrojadas principalmente por los volcanes más recientes del Cimatario y el San José. El primero, muestra matorral con vegetación secundaria y agricultura con un grado de erosión leve; en tanto el volcán presenta el mismo tipo de cobertura que el anterior en su ladera sur, y bosque sub y caducifolio con vegetación secundaria con erosión severa y leve en su costado norte.

7.2.2.5 Cerros Aislados. Son formas convexas que se destacan como agujas en medio de la planicie que conforma el valle y que geológicamente están ligadas a otras unidades, pero que quedaron aisladas en el momento de la depositación de los sedimentos.

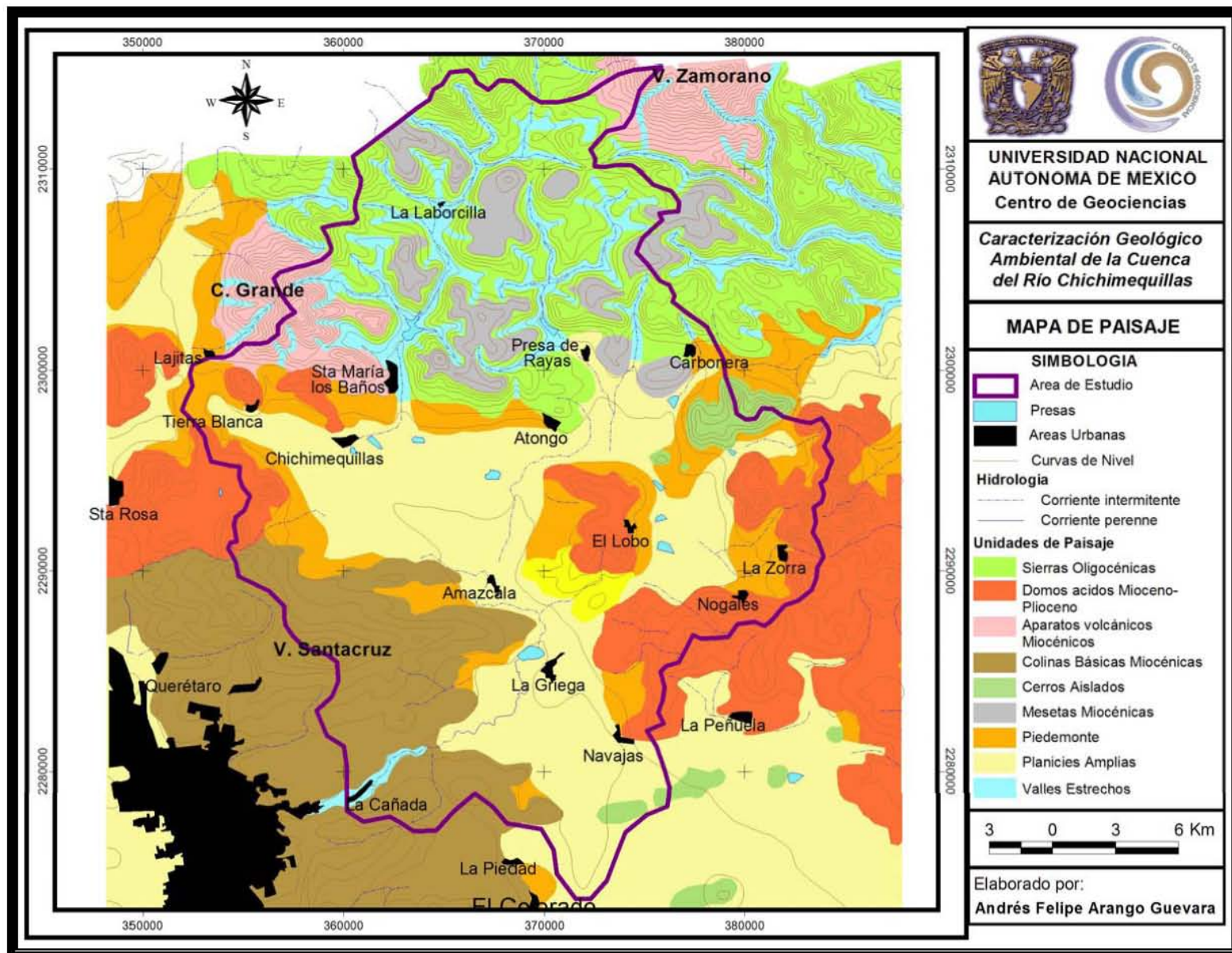


Figura 49. Mapa de Paisaje propuesto en este estudio.

7.2.3 Formas planas

7.2.3.1 Planicies Amplias. Desarrollados por la acción de la acumulación de sedimentos. Estos paisajes se tratan de llanuras fértiles con una cobertura agroindustrial muy desarrollada, en la que se aprecian cultivos de hortalizas, forrajes, maíz y frijol, en muchos casos como agricultura de riego, intercalados con la tenencia de ganado vacuno y porcino, así como algunas industrias.

7.2.3.2 Piedemontes. Son superficies algo inclinadas casi horizontales, producidas por la acción combinada de la gravedad y el agua sobre las laderas preexistentes, y sobre las cuales el grado de erosión es leve en su mayor parte. Se distribuyen por toda la zona de estudio.

7.2.3.3 Mesetas Miocénicas. Corresponde a los derrames de lavas básicas ubicados al norte de la cuenca y sobre los cuales se han desarrollado pastizales y matorrales, con diversos grados de erosión.

Puesto que en el mundo de hoy en día, la tierra es en general una propiedad privada de la cual sacan provecho sus propietarios, el paisaje se torna muy difícil de manejar ya que su manejo dependerá de la suma de varias voluntades. Sin embargo, el paisaje se puede considerar como una herencia común que va más allá de los límites de la propiedad privada ([Antrop, 2006](#)), por lo que puede servir para el beneficio y disfrute de sus moradores y visitantes. Se pretende entonces que este tipo de clasificación básica no se quede solamente en el papel y cumpla funciones prácticas desde el punto de vista económico y social, debido al fácil entendimiento por parte de los planificadores y por que no, de la ciudadanía en general. De tal modo, esta agrupación de unidades puede ser útil en las siguientes áreas:

- Para identificar y delimitar un patrimonio natural, como puede ser el caso de los aparatos volcánicos del Zamorano y cerro Grande. Asimismo, que las entidades

estatales establezcan una normatividad que regule sus usos, de acuerdo a sus características tales como la pendiente, la cobertura vegetal y la litología.

- Formular una estrategia económica que simplifique el uso y el desarrollo sostenible de un área, al tiempo que se puede explotar mediante el turismo organizado que reditúe con ingresos para el mantenimiento de las zonas. El turismo visto como una vía alternativa para generar recursos extras para los habitantes, proponiendo para tales fines las presas localizadas en las cercanías de las poblaciones de Santa María Los Baños y Presa de Rayas, ligándolas a un recorrido que llegue hasta el volcán Zamorano.
- Al mismo tiempo que se implementan los puntos anteriores, se debería acompañar de una campaña educativa con la comunidad que vive y aprovecha el territorio, para promover su mejor apreciación y convivencia más acorde con la naturaleza. Dicha campaña puede realizarse mediante talleres cortos en los que se expongan las razones, los medios, y los objetivos que se buscarían al formular un plan para un área determinada; todo esto acompañado con cartillas que expliquen de manera gráfica y sencilla lo discutido en los talleres.

Es importante anotar que el detalle de la clasificación de los paisajes, al igual que las unidades geomorfológicas, depende de la escala en la cual se realicen las observaciones, por lo tanto a una menor escala, el grado de detalle y el número de paisajes puede ser mayor.

8. DISCUSIÓN

8.1 ESTRATIGRAFÍA.

Como se mencionó en el capítulo de Geología, la estratigrafía descrita se basa principalmente en las observaciones efectuadas durante los recorridos de campo, soportada por los análisis de las secciones delgadas y las dataciones hechas en trabajos anteriores. La ausencia de edades radiométricas en el presente trabajo supone una limitante al momento de afinar con mayor detalle la columna estratigráfica, siendo los casos notorios los siguientes:

- Puesto que las andesitas cerro Grande, no cuentan con otra unidad que las recubra, sólo se puede determinar su edad a grandes rasgos mediante comparaciones con productos parecidos de los volcanes La Joya y Palo Huérfano.
- Las andesitas Carbonera no muestran ningún contacto directo, y sólo se agruparon por poseer características petrográficas muy parecidas, por lo que un par de fechamientos pueden aclarar su posición en la columna estratigráfica regional, así como si la agrupación basada en la mineralogía es correcta o no.
- Los basaltos Santacruz aunque divididos por la disección generada por el río Chichimequillas, se agruparon en esta unidad debido a la similitud geomorfológica y a la continuidad que aparentan tener al observarse en fotografías aéreas, a pesar de tener algunas diferencias petrográficas.
- La unidad aquí denominada ignimbrita Colón, requiere de una datación para confirmar o no si corresponde a la misma roca que aflora al oriente de la caldera de Amazcala, puesto que aunque las características visuales son similares, las relaciones de campo muestran que esta unidad se encuentra por debajo de los

basaltos Querétaro y por ende su edad es mayor a la reportada para la ignimbrita.

8.2 ESTRUCTURAS.

En las fotografías aéreas y sobre el mapa topográfico se observan varios lineamientos, algunos de los cuales alcanzan longitudes de varios kilómetros. Aunque [Aguirre-Díaz et al. \(2005\)](#) agrupa un cluster de pequeñas fallas normales que denomina “San José El Alto-Amazcala” en el costado norte del volcán Santacruz, en este estudio no se observaron evidencias de campo que corroboren su existencia como fallas, tan sólo se observan lineamientos fotogeológicos.

En mucha menor medida al sur de la cuenca [Dávalos-Alvarez et al \(2005\)](#), describen algunas estructuras en el semigraben de La Estancia en sentido NW; sin embargo no hay continuidad de dichas estructuras dentro del área de estudio, ya que no se advirtieron rasgos geológicos claros, tales como facetas triangulares, planos de falla o desplazamiento de unidades, que determinen que el fallamiento con este rumbo se prolongue dentro de la cuenca del río Chichimequillas.

8.3 ESCENARIOS POSIBLES Y PROPUESTA USO.

La construcción de los escenarios posibles se hizo pensando en proponer un ejercicio desde el punto de vista ambiental, partiendo de un diagnóstico generado por la información recogida y las observaciones hechas en campo. Dichos escenarios corresponden al paso siguiente en el desarrollo del Ordenamiento Territorial, y buscan imaginar y predecir los posibles cambios en el futuro de la cuenca y su entorno en un mediano plazo. No obstante, es importante aclarar que en un proceso normal de planificación territorial, los escenarios se deben construir necesariamente con la interacción de las opiniones e ideas de muchas personas con diversa formación, apoyadas por los integrantes de la sociedad civil quienes conviven día a día, con el medio y que directamente podrán ser beneficiados o perjudicados por las decisiones

que se plasmen en los planes de ordenamiento territorial. Las consultas y discusiones se deben de analizar en talleres programados para tal fin, con el objeto de llegar a un acuerdo que satisfaga a las diversas partes interesadas.

En este trabajo se pretende hacer énfasis en que el sector ambiental constituye la piedra angular en la que se debe fundar el progreso y desarrollo socioeconómico, puesto que la humanidad depende de una oferta constante de servicios por parte de la naturaleza. A pesar de lo anterior, la manera como el hombre explota los recursos no augura un futuro sostenible a largo plazo. Es en este instante crítico donde la planificación puede y debe jugar un papel importante e insustituible para encontrar el equilibrio entre la preservación y explotación de los recursos naturales (agua, suelo, aire, vegetación).

La propuesta alternativa de Uso del Suelo presentada en el capítulo 6 se ha elaborado exclusivamente desde el punto de vista geológico-ambiental, con todas las limitaciones que conlleva el no tener una mayor retroalimentación de otras disciplinas igualmente importantes. En ella se plasmaron las razones por las cuales se sugieren algunos cambios con relación a la propuesta original presentada en el PEOT. Lo anterior implica que sólo se trata de una base con la cual se busca plantear ahora un nuevo reordenamiento para la zona, con el objeto de que en el futuro sirva como punto de partida en una discusión entre los interesados en la planificación y desarrollo de la región.

8.4 CLASIFICACIÓN DEL PAISAJE.

La evaluación del paisaje se fundamentaba hasta hace poco en la presencia de la vegetación y las actividades humanas, en tanto que el entorno geológico y sus procesos recibían muy poca atención. En este trabajo se retoma la idea presentada por [García-Quintana et al \(2004\)](#), quienes sustentan que el sustrato rocoso es la base de todos los recursos naturales (Agua, vegetación, etc), ya que los factores geológicos poseen una mayor duración en el tiempo y el cambio que se da, no siempre es

apreciable en la escala de la vida humana, por lo que su importancia sobre los paisajes es fundamental.

Es pertinente señalar e insistir que, la elaboración del mapa de paisaje de este proyecto representa la suma de algunos mapas temáticos, no obstante, por el carácter geológico del trabajo, es notorio la fuerte influencia del mapas geológico, y en menor medida de la carta geomorfológica, lo que redundará en el concepto esgrimido en el desarrollo del Capítulo 7, de que los procesos a través de la historia geológica son los que determinan de manera predominante la existencia del relieve en una zona determinada.

8.5 A QUIEN VA DIRIGIDO EL TRABAJO.

El Ordenamiento Territorial pretende como uno de sus principales resultados, generar ante la sociedad una reflexión sobre la organización y las condiciones de las actividades humanas en un territorio. Es en otras palabras la elaboración de un diagnóstico del territorio y de las actividades que ahí se llevan a cabo, con un enfoque conceptual y metodológico que se centra en el contexto geográfico y cultural particular, y que casi siempre tiene una connotación ambiental; siendo sus objetivos finales un control adecuado sobre los usos del suelo, la integración social, así como un mejoramiento de la productividad y de la inversión pública, acordes con las propiedades del territorio previamente conocidas y evaluadas.

Este trabajo busca rescatar los valores ambientales de la cuenca, con la visión geológica de fondo, para que en el futuro sean compatibles con la organización del territorio en sus aspectos económicos y sociales, y en cuya definición es recomendable la contribución del mayor número posibles de participantes. El diagnóstico geológico preparado y presentado en este trabajo debe ser considerado como un elemento fundamental y necesario en la planificación del territorio estudiado, que puede ser analizado y evaluado en el corto plazo por todos los actores involucrados, particularmente en el Municipio de El Marqués, y en menor medida a nivel estatal y en los municipios de Querétaro y Colón.

En este sentido, este trabajo aporta resultados importantes y de usos inmediatos expresados en la cartografía geológica, geomorfológica, propuesta de uso del suelo y evaluación del paisaje, entre los principales. Cada uno de estos elementos constituye por si solo y en conjunto, herramientas de diagnóstico de las condiciones del territorio, básicas y valiosas en el momento de definir la distribución de los usos adecuados del suelo. Su importancia es mayor tomando en cuenta que la información disponible hasta el momento en estos temas era de poco detalle (geología, geomorfología), inexistente (paisaje), o correspondía a un nuevo planteamiento como el de la propuesta de uso.

Sin perjuicio de lo anterior, los temas álgidos y esenciales en el proceso de planificación continúan siendo las redes de infraestructura, la clasificación y el uso de los suelos, los asentamientos irregulares, la expansión urbana y los límites de las áreas urbanas (CEPAL, 2001). Para alcanzarlos se requiere un análisis amplio e interdisciplinario en el que la base ambiental se considera vital para llevar a buen término todo un nuevo *Sistema de Ordenamiento Territorial*, basado como se ha mencionando a lo largo de este trabajo, en un diagnóstico del medio físico sobre el cual se diseñarán las diferentes políticas que puedan orientar los esfuerzos conjuntos y ordenados de la sociedad dentro del marco del desarrollo sustentable.

Finalmente, durante las diferentes etapas de este trabajo, la interacción con el medio y con los diversos actores que lo habitan o en cierta medida circunstancialmente son o han sido corresponsables de los programas y planes de ordenamiento territorial, constituyó un factor que permitió en cada momento orientar los esfuerzos para los resultados del trabajo puedan ser conocidos por todos ellos.

8.6 POR QUÉ UTILIZAR UN SIG (ARC VIEW)?.

Aunque en la versión impresa del informe la utilización del Arc View no muestra ningún beneficio, en su versión digital se presenta la gran ventaja de que un usuario en el futuro podrá agregar, eliminar o complementar, las capas, datos o tablas que considere

necesarios. Es decir, en el proceso de planificación, se tendrá la gran ventaja de no iniciar de cero, sino por el contrario de comenzar a partir de una base preestablecida, sin perder la continuidad y cantidad de información generada con anterioridad.

8.7 GEOINDICADORES E INDICADORES AMBIENTALES

Puesto que se cuenta ya con información cartográfica georeferenciada, se puede establecer un programa a nivel estatal de geoindicadores, entendidos estos como medidas (magnitudes, frecuencias, tasas y/o tendencias) de fenómenos y procesos geológicos que ocurren cerca de o en la superficie terrestre, que están sujetos a variaciones lo suficientemente significativas como para comprender cambios ambientales producidos durante períodos de hasta 100 años y que evalúan eventos tanto catastróficos como graduales, que sin embargo pueden ser modificados directa e indirectamente por la actividad humana. Se enfocan hacia el análisis de los componentes abióticos de ecosistemas y geoformas, ligados muchas veces con ciertos sistemas biológicos (Berger y lam, 1996). Aunque su catálogo completo puede ser consultado en la página <http://www.lgt.lt/geoin/topic.php?tid=checklist>, se sugieren algunos como: caudales de corrientes, morfología de canales, calidad de aguas superficiales, calidad de aguas subterráneas, nivel freático, calidad de agua en la zona no saturada, nivel de lagos y salinidad, deslizamientos y Avalanchas, desplazamiento de superficie, calidad de los suelos y erosión de los suelos.

A estos geoindicadores se podrían sumar indicadores de tipo ambiental tales como: Cambio de uso del suelo y vegetación, tasa de deforestación, relación cobertura natural vs antrópica, áreas de cultivos, áreas protegidas y especies de flora y fauna.

La implementación de todos o algunos de los indicadores antes mencionados, podría significar un mejor conocimiento del medio natural, en su manejo, la predicción de su evolución futura (Hermelin, 2003), y por lo tanto, lograr una correcta gestión del entorno natural, enfocada hacia la planeación y el Ordenamiento Territorial.

9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

9.1 CONCLUSIONES

- Las condiciones actuales de los acuíferos son negativas, con balances hídricos deficitarios, estimándose en 31 millones de m³ (67%) para el de Chichimequillas; y en 169 millones de m³ para el acuífero San Juan del Río – Pedro Escobedo, más del doble de la oferta existente para este último.
- En la región no existe un sitio adecuado para la disposición de los residuos, los cuales son arrojados por parte de la comunidad en antiguas excavaciones y cortes, siendo algunas veces incinerados. En el peor de los casos, durante la temporada de lluvias se llenan y forman lagunas transitorias cuyos lixiviados pueden filtrarse hacia los acuíferos. El principal sitio de depósito de basura está a cielo abierto, sitio oficial del municipio de El Marqués, sin cumplir con la normatividad, formando una montaña en la que algunos recicladores ejercen su labor.
- La erosión más severa se localiza principalmente en la zona montañosa del norte de la cuenca, en las áreas de los domos de la caldera de Amazcala, así como sobre las lavas que conforman el volcán Santacruz, áreas en las que predominan las pendientes fuertes a muy fuertes. Asimismo, la explotación minera en las cercanías del poblado de Saldarriaga ha originado varios procesos erosivos intensos.
- Las unidades geológicas aflorantes en la cuenca son todas de carácter volcánico y volcano-sedimentario, y oscilan en edades desde el Oligoceno hasta el Cuaternario. No obstante, se presenta una discrepancia importante con respecto a la ignimbrita Colón, ya que aunque esta unidad presenta características similares a las descritas para dicha roca por otros autores, las relaciones de campo muestran siempre que esta ignimbrita se encuentra por debajo de los

Basaltos Querétaro y de la Pómez Ezequiel Montes; por lo que su edad sería mayor a los 8 m.a (datación de los basaltos), y no correspondería con los $7,3 \pm 0,5$ Ma (Aguirre-Díaz y López-Martínez, 2001) obtenidos para la ignimbrita.

- En la cuenca las principales fallas observadas son fallas normales en dirección ENE, pertenecientes al sistema Chapala-Tula, lo que parece reafirmar a la falla de Querétaro como el límite más oriental del sistema Taxco-San Miguel de Allende. Asimismo se reconocieron algunas fallas de rumbo que desplazan a algunas mayores, y lineamientos en sentido ENE la mayoría y, algunos hacia el NW. Se registraron un par de nuevas fallas denominadas aquí Lajitas y Presa de Rayas, con buzamientos hacia el sur preferentemente, caracterizadas geomorfológicamente por fuertes escarpes subverticales en las rocas oligocénicas.
- Fuera de la cuenca, pero muy cerca del área de trabajo y al sur de la localidad de El Zamorano, se reconoció una falla normal con dirección ENE, que pone en contacto las rocas oligocénicas con los depósitos fluviolacustres que rellenan el valle.
- Las amenazas por movimientos de masa, en especial las caídas de bloques, son de carácter puntual en la cuenca, siendo el punto de mayor atención el que se presenta en la Cañada, donde las ignimbritas están muy fracturadas y algunas viviendas están muy cerca de algunos taludes potencialmente inestables. En esta localidad las laderas padecen el creciente desarrollo urbano en un área de pendientes fuertes, algunas veces con poco o ningún control, material suelto producto de los cortes, descapotes de vegetación, y vías sin cunetas para controlar la escorrentía
- El área inundable entre Amazcala y Santa María Begoña corresponde con la planicie de inundación del río. En tanto los habitantes de Saldarriaga atribuyen

los anegamientos que sufren en su territorio a la barrera formada por la carretera para que el agua fluya libremente.

- Se presenta una propuesta alternativa para el uso del suelo en la cuenca, basada en los elementos aportados por la revisión bibliográfica y los datos colectados en campo. Los cambios se centran en un aumento en las áreas forestales y de conservación, al occidente y norte de la cuenca, así como en las márgenes de los ríos; de otra manera se plantea cambiar la zona de agricultura en la zona montañosa, por una de agricultura con cobertura para prevenir la erosión.
- La variable ambiental es la más importante y primordial para el progreso de otros sectores, pues de él depende la oferta de servicios biofísicos requeridos en el desarrollo. Es por esto que un Ordenamiento Territorial metodológicamente planteado y jurídicamente válido se convierte en el instrumento de planificación esencial en la búsqueda del equilibrio entre la preservación, conservación y explotación de los recursos naturales disponibles en la cuenca y en una región.
- Las unidades de Paisaje expuestas en este trabajo tienen como función identificar y delimitar un patrimonio natural, al tiempo que pueden servir para simplificar el uso y el desarrollo sostenible del área. Además se da una idea para su explotación económica, mediante el turismo ecológico como para generar recursos extras para los habitantes, proponiendo un recorrido que una las presas localizadas en las cercanías de las poblaciones de Santa María Los Baños y Presa de Rayas, con la zona a proteger del volcán Zamorano.
- El Ordenamiento Territorial, al igual que la clasificación de los paisajes, depende de la escala en la cual se realicen las observaciones, por lo tanto a una menor escala, el grado de detalle y el número de divisiones en cada mapa puede ser mayor.

9.2 RECOMENDACIONES

- Realizar un estudio más detallado sobre la ignimbrita que aflora en La Cañada, que incluya una datación, con el objeto de aclarar si se trata o no de la Ignimbrita Colón descrita por [Aguirre-Díaz y López.Martínez \(2001\)](#).
- Penalizar el desperdicio y abuso del agua, así como campañas de educación y concientización en la comunidad sobre como hacer más eficiente el consumo de agua y reducir las pérdidas.
- Permitir el crecimiento urbano, sólo y sólo si, existe la disponibilidad de agua para los nuevos desarrollos. En caso de no ser posible, fomentar la formación de núcleos urbanos más pequeños en otras áreas del estado que cuenten con suministro de agua.
- Monitorear las áreas inestables, tanto las registradas aquí como aquellas nuevas que puedan aparecer, así como las propensas a inundaciones, para prevenir “desastres” en el futuro.
- Decretar el área del volcán Zamorano y sus alrededores presentada en el capítulo de ordenamiento de este trabajo como zona Protegida en el menor tiempo posible, para hacer posible su reforestación. Igualmente favorecer la conservación, regeneración natural o reforestación en las áreas en torno del Volcán Santacruz y el Cerro Grande, con el fin de tener el futuro una mayor fuente de agua.
- Implementación de geoindicadores para determinar cambios importantes en el paisaje, en forma tal que puedan ser difundidos en términos sencillos entre planificadores y personas que toman decisiones.

- El gobierno estatal a través de las entidades correspondientes (SEDESU), debe buscar la realización de Planes de Ordenamiento Territorial Municipales o por cuenca para poder tener un mejor conocimiento de cada jurisdicción y distribuir así de manera apropiada los usos adecuados para el uso en cada región. En el caso de la cuenca del Río Chichimequillas aquí analizada, este estudio debe tomarse como base al momento de afrontar un Ordenamiento Territorial más detallado, pues se buscó plantear un nuevo reordenamiento para la zona con las limitaciones que representada la sólo visión geológica del área.
- Aprovechar la experiencia adquirida por SEDESU durante la elaboración del Plan de Ordenamiento Territorial, así como la existencia de un Centro de Geociencias que cuenta con una infraestructura y material humano disponible, con el fin de elaborar y apoyar estudios que representen un beneficio para el Medio ambiente en general en el Estado y sus alrededores.

10. BIBLIOGRAFÍA

- AGUIRRE DÍAZ, G., NIETO OBREGÓN, J. y ZÚÑIGA DÁVILA, F.R., (2005). "Seismogenic Basin and Range and intra arc normal faulting in the central Mexican Volcanic Belt, Querétaro, México". En: *Geological Journal*, vol 40, pág. 215-243.
- AGUIRRE DÍAZ, G.J. y LABARTHÉ HERNÁNDEZ, G. (2003). "Fissure ignimbrites: Fissure source origin for voluminous ignimbrites of the Sierra Madre Occidental and its relationship with Basin and Range faulting". En: *Geology*, Vol 31, No.9, pág. 773-776.
- AGUIRRE DÍAZ, G., y LÓPEZ MARTÍNEZ, M. (2001). "The Amazcala Caldera, Querétaro, México. Geology and geochronology". En: *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, Vol 111, pág. 203-218.
- AGUIRRE DÍAZ, G.J., ZÚÑIGA DÁVILA, F.R., PACHECO ALVARADO, F.J., GUZMÁN SPEZIALE, M., y NIETO OBREGÓN, J. (2000). "El Graben de Querétaro, México, observaciones de fallamiento activo". En: *GEOS*, Vol 20, No 1, pág. 2-7.
- AGUIRRE DÍAZ, G.J., FERRARI, L., NELSON, S.A., CARRASCO NUÑEZ, G., LOPEZ MARTÍNEZ, M. y URRUTIA FUCUGAUCHI, J. (1998). "El Cinturón volcánico Mexicano: Un proyecto Multidisciplinario". En: *GEOS*, Vol 18, No 2, pág. 131-138.
- AGUIRRE DÍAZ, G.J. y McDOWELL, F. (1991). "The volcanic section at Nazas, Durango, México, and the possibility of widespread Eocene volcanism within the Sierra Madre Occidental". En: *Journal of Geophysical Research*, Vol 96, No B8, pág. 13373-13388.
- ALANIZ ALVAREZ, S.A., NIETO SAMANIEGO, A.F., REYES ZARAGOZA, M.A, OROZCO ESQUIVEL, M.T., OJEDA GARCÍA, A.C. y VASALLO, L.F. (2001). "Estratigrafía y deformación extensional en la región de San Miguel de Allende-Querétaro, México". En: *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, Vol 18, No.2, pág. 129-148.
- ALANIZ ALVAREZ, S., NIETO SAMANIEGO, A.F., OROZCO ESQUIVEL, M.T., VASALLO, L.F. y SHUNSHAN XU (2002). "El sistema de fallas Taxco-San Miguel de Allende: Implicaciones en la deformación posteocénica del centro de México". En: *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, Tomo LV, No. 1, pág. 12-29.
- ALANIZ ALVAREZ, S.A., NIETO SAMANIEGO, A.F. y FERRARI, L. (1998). "Effect of strain rate in distribution of monogenetic and polygenetic volcanism in the Transmexican Volcanic Belt". En: *Geology*, Vol 26, No.7, pág. 591-594.
- ANDREANI, L., MARTINEZ REYES, J., LE ROY, C., y LE PICHON, X. (2005). "Es la Tectónica transpresiva en la parte central de México el resultado de un cizallamiento sinistral neógeno?". En: *GEOS*, Vol 25, No. 1, pág. 99.
- ANTROP, M. (2006). "Sustainable landscapes: Contradiction, fiction or utopia?". En: *Landscape and Urban Planning*, Vol. 75, pág. 187-197.
- ANTROP, M. (2005). "Why landscapes of the past are important for the future". En: *Landscape and Urban Planning*, Vol. 70, pág. 21-34.

- ANTROP, M. (1998). "Landscape change: Plan or chaos?". En: Landscape and Urban Planning, Vol. 41, pág. 155-161.
- ARANDA GÓMEZ, J.J., HENRY, C. y LUHR, J.F. (2000). "Evolución Tectonomagmática post-paleocénica de la Sierra Madre Occidental y de la porción meridional de la provincia tectónica de Cuencas y Sierras, México". En: Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana. Tomo LIII, No. 1, pág. 59-71.
- AYUNTAMIENTO EL MARQUÉS (2005). "Plan de Desarrollo Municipal 2004-2006". 142 pág.
- BERGER, A.R. y IAM, W. (1996). "Geoindicators: Assessing Rapid Environmental Changes in Earth Systems", Rotterdam, 466pág.
- BLOOM, A. (1969). "The Surface of the earth". Prentice Hall, New Jersey, 152 pág.
- BOCCO, G. (1984). "Cartografía Geomorfológica de el Bajío y Porciones Adyacentes, 1:250000". En: Boletín del Instituto de Geografía, UNAM, No. 14. pág 9-42.
- BURBANK, D.W. y PINTER, N. (1999). "Landscape evolution: The interactions of tectonics and surface processes". En: Basin Research, No. 11, pág. 1-6.
- CARRASCO NUÑEZ, G., MILÁN, M. y VERMA, S. (1989). "Geología del Volcán Zamorano, estado de Querétaro". En: Revista Instituto de Geología, UNAM, Vol 8, No. 2, pág. 194-201.
- CARREÓN FREYRE, D., CERCA, M., LUNA GONZÁLEZ, L. y GÁMEZ GONZÁLEZ, F. (2005). "Influencia de la estratigrafía y estructura geológica en el flujo del agua subterránea del Valle de Querétaro". En: Revista Mexicana de Ciencias Geológicas. Vol 22, No. 1, pág 1-18.
- CARRILLO MARTÍNEZ, M. (1997). "Resumen de la Geología de la Hoja Zimapán, estados de Hidalgo y Querétaro". Instituto de Geología, UNAM, 33 pág. Hoja 1:100.000.
- CEA UAQ - COMISIÓN ESTATAL DEL AGUA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO (2002). "Estudio Integral del Recurso agua en los acuíferos del estado de Querétaro". Informe 2 Tomos. Querétaro. Reporte Técnico. 553 pág.
- CEPAL - COMISIÓN ECONÓMICA PARA AMÉRICA LATINA (2001). "El Ordenamiento territorial como opción de políticas urbanas y regionales en América Latina y el Caribe". En: Serie Medio ambiente y Desarrollo, ONU - División de Medio Ambiente y Asentamientos Humanos. Santiago de Chile, 64 pág.
- CEPAL BID - COMISIÓN ECONÓMICA PARA AMÉRICA LATINA BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO (2000). "Un Tema del desarrollo: La Reducción de la Vulnerabilidad frente a los desastres". En: Seminario Enfrentando Desastres, Nueva Orleans. México D.F. México. 43 pág.
- CERCA MARTÍNEZ, L.M., AGUIRRE DÍAZ, G.J. y LÓPEZ MARTÍNEZ, M. (2000). "The Geologic Evolution of the Southern Sierra de Guanajuato, México: A documented example of the Transition from the Sierra Madre Occidental to the Mexican Volcanic Belt". En: International Geology Review, Vol 42, pág. 131-151.

- CNA – COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA (2000). “Determinación de la Disponibilidad de Agua en el acuífero Valle de Amazcala, Estado de Querétaro”. Gerencia de Aguas Subterráneas, 13 pág.
- CRM - CONSEJO DE RECURSOS MINERALES (1992). “Monografía Geológica-Minera del Estado de Querétaro”. Secretaría de Energía, Minas e Industria. Santiago de Querétaro, publicación M-4e. 64 pág.
- DÁVALOS ALVAREZ, O.G., NIETO SAMANIEGO, A.F., ALANIZ ALVAREZ, S.A. y GOMEZ GONZALEZ, J.M. (2005). “Las fases de deformación cenozoica en la región de Huimilpan, Querétaro, y su relación con la sismicidad local”. En: Revista Mexicana de Ciencias Geológica, Vol 22, No. 2, pág. 129-145.
- DEMANT, A. (1978). “Características del Eje Neovolcánico Transmexicano y sus problemas de Interpretación”. En: Revista Instituto de Geología, UNAM, Vol 2, No. 2, pág. 172-187.
- ETTER, A. (1992). “Estructura y Funcionamiento del Paisaje”. En: Manual de Ciencia del Paisaje. Teoría, métodos y aplicaciones. Barcelona, pág. 58-70.
- FLANAGAN, D.C. (2002). “Erosion”. En: Enciclopedia of Soil Science, pág. 395-401.
- FERRARI, L. (2004). “Slab detachment control on mafic volcanic pulse and mantle heterogeneity in central México”. En: Geology, Vol 32, No. 1, pág 77-80.
- FERRARI, L., LOPEZ MARTÍNEZ, M., y ROSAS ELGUERA, J. (2002). “Ignimbrite flare-up and deformation in the southern Sierra Madre occidental, western Mexico: Implications for the late subduction history of the Farallón Plate”. En: Tectonics, Vol 21, No.4, 24 pág.
- FERRARI, L., CONTICELLI, S., VAGGELLI, C., PETRONE, C. y MANNETI, P. (2000). “Late Miocene volcanism and intraarc tectonics during the early development of the Transmexican Volcanic Belt”. En: Tectonophysics, Vol 318, pág. 161-185.
- FERRARI, L. (2000). “Avances en el conocimiento de la Faja Volcánica Transmexicana”. En: Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, vol LIII, No. 1, pág 84-92.
- FERRARI, L., PASQUARÉ, G., VENEGAS SALGADO, S. y ROMERO RÍOS, F. (1999a). “Geology of the western Mexican Volcanic Belt and Adjacent Sierra Madre Occidental and Jalisco block”. En: Geological Society of America Special Paper, No. 334, pág. 65-83.
- FERRARI, L., LOPEZ MARTÍNEZ, M., AGUIRRE DÍAZ, G. y CARRASCO NUÑEZ, G. (1999b). “Space time patterns of Cenozoic arc volcanism in central Mexico: From the Sierra Madre Occidental to the Mexican Volcanic Belt”. En: Geology, Vol 27, No.4, pág. 303-306.
- FERRARI, L. (1995). “Miocene shearing along the northern boundary of the Jalisco block and the opening of the Southern Gulf of California”. En: Geology, Vol 23, No. 8, pág. 751-754.

- FERRARI, L., GARDUÑO, V.H., INNOCENTI, F., MANNETI, P., PASQUARÉ, G. y VAGGELLI, G. (1994). "A widespread mafic volcanic unit at the base of the Mexican Volcanic Belt between Guadalajara and Queretaro". En: *Geofísica Internacional*, Vol 33, pág. 107-124.
- FERRARI, L., GARDUÑO, V. H., PASQUARÉ, G. y TIBALDI, A. (1994). "Volcanic and evolution of Central México: Oligocene to Present". En: *Geofísica Internacional*, Vol 33, Num. 1, pág. 91-105.
- GALVÁN PÉREZ, H. y CABRERA ARRIAGA, E. (2002). "Estudio Geológico y Geofísico en el valle de Querétaro". Tesis de Grado. Fac. Ingeniería UAQ. Inédita. 113 pág.
- GARCÍA QUINTANA, A., Martín Duque, J.F., González Martín, J. A., García Hidalgo, J.F., Pedraza, J., Herranz, P., Rincón, R. y Estévez, H. (2005). "Geology and Rural Landscapes in central Spain (Guadalajara, Castilla-La Mancha)". En: *Environmental Geology*, Vol 47, pág. 782-794.
- GARCÍA QUINTANA, A., García Hidalgo, J.F., Martín Duque, J.F., Pedraza, J. y González Martín, J.A. (2004). "Geological factors of the Guadalajara landscapes (Central Spain) and their relevance to landscapes studies". En: *Landscape and Urban Planning*, Vol 69, pág. 417-435.
- GARCÍA VILLA, A. (1989). "Planificación y Evaluación del Turismo". México D.F., 98 pág.
- GODINEZ, R. Y JUANDIEGO, J. (2000). "Normatividad Federal y Programas sectoriales aplicables al Ordenamiento Ecológico General del territorio". En: *Primer Congreso Nacional de Ordenamiento del Territorio*. Guadalajara (México), p 369-386.
- GULINCK, H., MÚGICA, M., VICENTE DE LUCIO, J. y ATAURI, J. A. (2001). "A Framework for comparative landscape analysis and evaluation based on land cover data, with an application in the Madrid region (Spain)". En: *Landscape and Urban Planning*, Vol 55, pág. 257-270.
- HENRY, C. y ARANDA GÓMEZ, J.J. (1992). "The Real southern Basin and Range: Mid to late Cenozoic extensión in México". En: *Geology*, Vol 20, No 8, pág. 701-704.
- HERMELIN, M. (2003). "Los Geoindicadores una necesidad para Colombia". En: *Gaceta*, Vol VII, No. 10. pág. 1-5.
- HOOKE, R.B. (2000). "On the history of humans as geomorphic agents". En: *Geology*, Vol 28, No. 9, pág. 843-846.
- IGAC - INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI (1998). "Guía Simplificada para la elaboración del Plan de Ordenamiento Territorial Municipal". Convenio IGAC- Proyecto Checua – CAR – GTZ - KFW. Santa Fe de Bogotá, 77 pág.
- INEGI (2001). "XII Censo General de Población y Vivienda 2000". En: <http://www.inegi.gob.mx/est/default.asp?c=124> Consultada el 20 Octubre 2005.
- JOHNSON, C.A. y HARRISON, C.G. (1990). "Neotectonics in central México". En: *Physics of the Earth and Planetary Interiors*. No. 64, pág. 187-210.

- LEDESMA VEGA, S. (1973). "Estudio preliminar del comportamiento de los Acuíferos en los Valles de Querétaro, San Juan del Río y Tequisquiapan en el estado de Querétaro". Tesis de Grado. Fac. Ingeniería UNAM. 82 pág.
- LEGARREA M, M. (2002). "Programas Estatales de Ordenamiento Territorial". En: Notas, Revista de Información y Análisis, Núm 20. México DF, pág 36-42.
- LGEEPA (1996). "Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente". México DF, 94 pág.
- LÓPEZ BARAJAS, R y CERVANTES BORJA, J. (2002). "Unidades del paisaje para el desarrollo sustentable y manejo de los recursos naturales". En: Notas, revista de Información y Análisis, Num 20. pág 43-49.
- LUGO HUBP, J. (1990). "EL Relieve de la República Mexicana". En: Revista del Instituto de Geología, UNAM, Vol 9, Núm. 2, pág. 82-111.
- MARTÍNEZ REYES, J. y MITRE SALAZAR, L.M. (2005). "Contribución al conocimiento estratigráfico y estructural del Graben de Querétaro, México". En preparación.
- MASSIRIS, A. (1999). "Ordenamiento Territorial, Experiencias Internacionales y Desarrollos Conceptuales y legales realizados en Colombia". En: Perspectiva Geográfica, Revista del Posgrado de Geografía UPTC. Convenio Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC) – Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), Editorial UPTC, No 4, Tunja. 74 pág.
- McDOWELL, F. y KEITZER, R.P. (1977). "Timing of mid Tertiary volcanism in the Sierra Madre Occidental between Durango City and Mazatlan, Mexico". En: Geological Society of America Bulletin, Vol 88, pág. 1479-1487.
- MINDESARROLLO - MINISTERIO DE DESARROLLO ECONÓMICO (1998). "Lineamientos para el Ordenamiento Territorial Departamental". Santafe de Bogotá, Colombia. 94 pág.
- NIETO SAMANIEGO, A.F., FERRARI, L., ALANIZ ALVAREZ, S.A., LABARTHE, G. y ROSAS, J. (1999). "Variation of Cenozoic extension and volcanism across the southern Sierra Madre Occidental volcanic province, México". En: GSA Bulletin, Vol 111, No. 3, pág.347-363.
- NIETO SAMANIEGO, A.F. (1990). "Fallamiento y Estratigrafía Cenozoicos en la parte sudoriental de la Sierra de Guanajuato". En: Revista Instituto de Geología, Vol 9, pág. 146-155.
- OEA - ORGANIZACIÓN DE ESTADOS AMERICANOS (1991). "Desastres, Planificación y Desarrollo: Manejo de las Amenazas Naturales para reducir los daños". Departamento de Desarrollo regional y Medio Ambiente. Washington D.C. 142 pág.
- ORTEGA, F., MITRE, L.M., ROLDÁN, J., ARANDA, J.J., MORÁN, D., ALANIZ, S.A. Y NIETO, A.F. (1992). "Carta Geológica de la República Mexicana Esc 1: 2.000.000". Universidad Nacional Autónoma de México UNAM, Instituto de Geología y Secretaría de Energía, Minas e Industria. 1 Mapa con texto explicativo, 74 pág.

- PASQUARÉ, G., FERRARI, L., GARDUÑO, V.H., TIBALDI, A. y VEZZOLI, L. (1991). "Geologic map of the central sector of the Mexican Volcanic Belt, states of Guanajuato and Michoacán, México". En: Geological Society of America, Map and Chart Series MCHo72, 20 pág.
- PASQUARÉ, G., VEZZOLI, L. y ZANCHI, A. (1987). "Morphological and Structural model of Mexican Volcanic Belt". En: Geofísica Internacional, Vol 26, No 2, pág. 159-176.
- PEREZ VENZOR, J.A., ARANDA GOMEZ, J.J., McDOWELL, F.W. y SOLORIO MUNGUÍA, J.G. (1997). "Geología del Volcán Palo Huérfano, Guanajuato, México". En: Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, Vol 13, No.2, pág. 174-183.
- PERRUSQUÍA, G. (2003). "Sistemas Acuáticos Sustentables. Estudio para la ciudad de Querétaro y sus alrededores". Centro Queretano de Recursos Naturales. 90 pág.
- PNUMA - PLAN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL MEDIO AMBIENTE (2004). "Prospectivas del Medio Ambiente urbano en América Latina y el Caribe: Las evaluaciones GEO Ciudades y sus resultados". México D.F. 127 pág.
- REYES ZARAGOZA, M.A. (2001). "Estudio Geológico-Estructural de los sistemas de fallas de Querétaro, Querétaro". Tesis de Grado. Fac. de Ciencias de la Tierra. Univ. Autónoma de Nuevo León. 85 pág.
- SARH - SECRETARIA DE AGRICULTURA Y RECURSOS HIDRAULICOS (1988). "Sinopsis Geohidrológica del Estado de Querétaro". México D.F. 57 pág.
- SEDESU - SECRETARÍA DE DESARROLLO SUSTENTABLE (2005). "Programa Estatal de Ordenamiento Territorial". 625 pág.
- SEDLOCK, R.L., ORTEGA, F. y SPEED, R.C. (1993). "Tectonostratigraphic terranes and tectonic evolution of Mexico". En: Geological Society of America Special Paper, No.278, 153 pág.
- SZYNKARUK, E., GARDUÑO MONROY, V.H. y BOCCO, G. (2004). "Active fault systems and tectono topographic configuration of the central TransMexican Volcanic Belt". En: Geomorphology, Vol 61, pág. 111-126.
- TERKENLI, T.S. (2001). "Towards a theory of the landscape: The Aegean landscape as a cultural image". En: Landscape and Urban Planning, Vol 57, pág. 197-208.
- THOMAS, M. (2001). "Landscape sensitivity in time and space, an introduction". En: Catena, Vol. 42, pág. 83-98.
- VALDEZ MORENO, G., AGUIRRE DÍAZ, G.J. y LÓPEZ MARTÍNEZ, M. (1998). "El Volcán La Joya, estados de Querétaro y Guanajuato, Un estratovolcán Miocénico del Cinturón Volcánico Mexicano". En: Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, Vol 15, No. 2, pág. 181-197.
- VERMA, S. y CARRASCO NUÑEZ, G. (2003). "Reappraisal of the Geology and Geochemistry of Volcán Zamorano, Central Mexico: Implications for discriminating the Sierra Madre

Occidental and Mexican Volcanic Belt". En: International Geology Review, Vol 45, pág. 724-752.

WARK, D. (1991). "Oligocene ash flow volcanism, northern Sierra Madre Occidental: Role of mafic and intermediate compositions magmas in rhyolite genesis". En: Journal of Geophysical Research, Vol 96, No B8, pág. 13389-13411.

ZÚÑIGA, F.R., PACHECO, J.F., GUZMÁN SPEZIALE, M., AGUIRRE DÍAZ, G., ESPÍNDOLA, V.H, y NAVA, E. (2003). "The Sanfandila earthquake sequence of 1998, Querétaro, México: Activation of a Non Documented fault in the Northern edge of Central Transmexican Volcanic Belt". En: Tectonophysics, No. 361, pág 229-238.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO



Centro de
Geociencias

(Tesis de Maestría)
**Caracterización Geológica Ambiental
de la Cuenca del Río Chichimequillas**

CARTA GEOLÓGICA (Anexo 1)

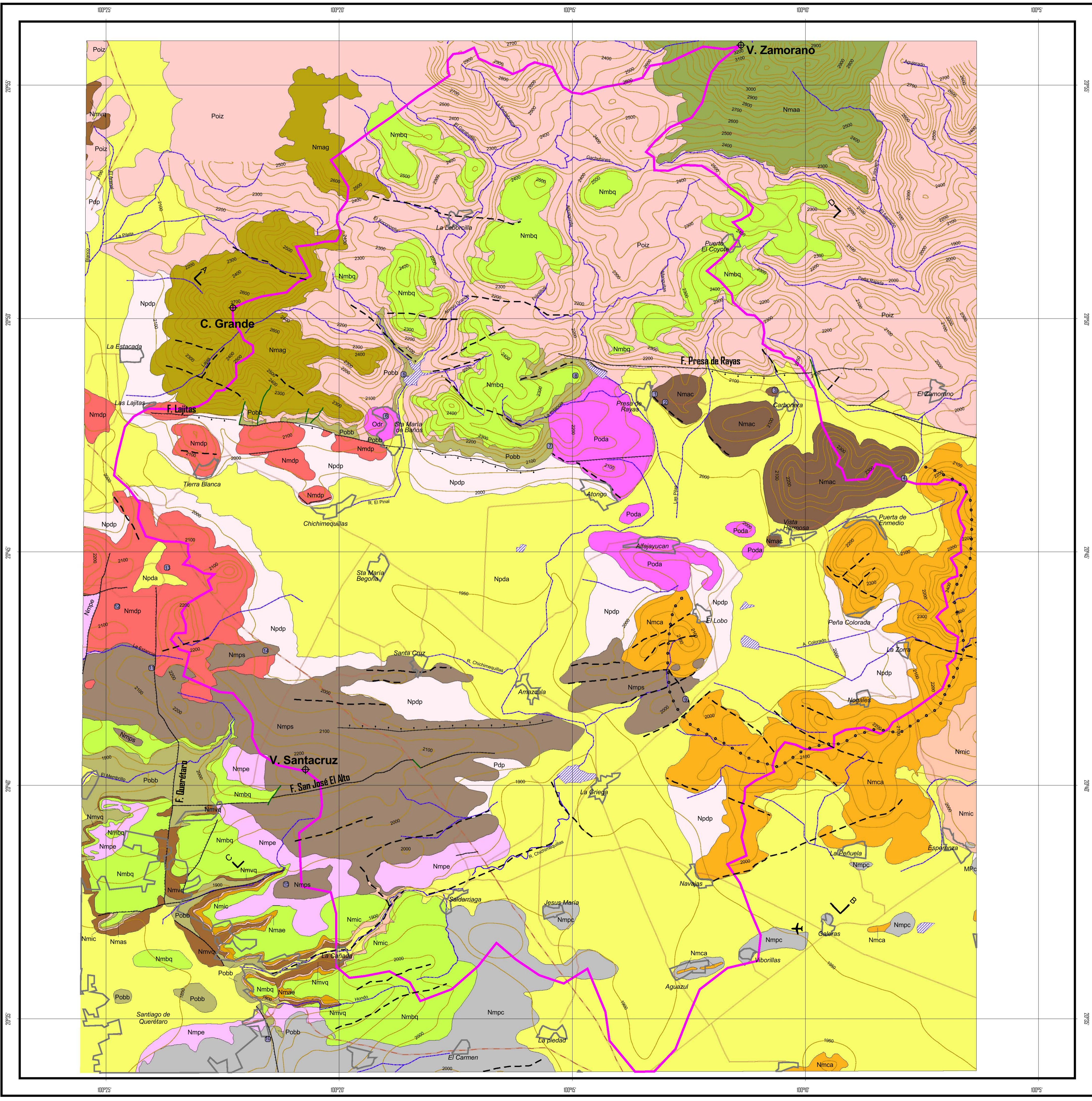
Simbología

- | | | | |
|--|---|--|-----------------|
| | Áreas Urbanas | | Curvas de nivel |
| | Límite de la Cuenca | | Presas |
| | Corriente intermitente | | Vías |
| | Corriente perenne | | Autopista |
| | Aeropuerto | | Carreteras |
| | Localización numerada de secciones delgadas | | Corte Geológico |
| | Caldera de Amazcala | | |
| | Volcán | | |
| | Falla Normal | | |
| | Falla Rumbo | | |
| | Lineamiento | | |
| | Falla Normal Inferida | | |

NEOGENO	Pleistoceno		Npdp	Depósitos de Piedemonte				
			Npda	Depósitos aluviales				
	Plioceno			Nmpc	Andesitas Cimatarío y Cenizas		Nmps	Basaltos Santacruz
				Nmca	Domos caldera Amazcala			
	Mioceno			Nmpe	Pómez Ezequiel Montes			
				Nmbq	Basaltos Querétaro			
				Nmac	Andesitas Carbonera			
				Nmae	Andesitas Menchaca			
				Nmic	Ignimbrita Colón			
				Nmvq	Volcanoclásticos Querétaro			
			Nmaa	Andesitas Arroyo Hondo				
			Nmag	Andesitas Cerro Grande				
		Nmdp	Dacitas El Paisano					
PALEOGENO	Oligoceno		Poiz	Ignimbritas Zamorano				
			Poda	Domos de Atongo				
			Pobb	Basaltos Los Baños				

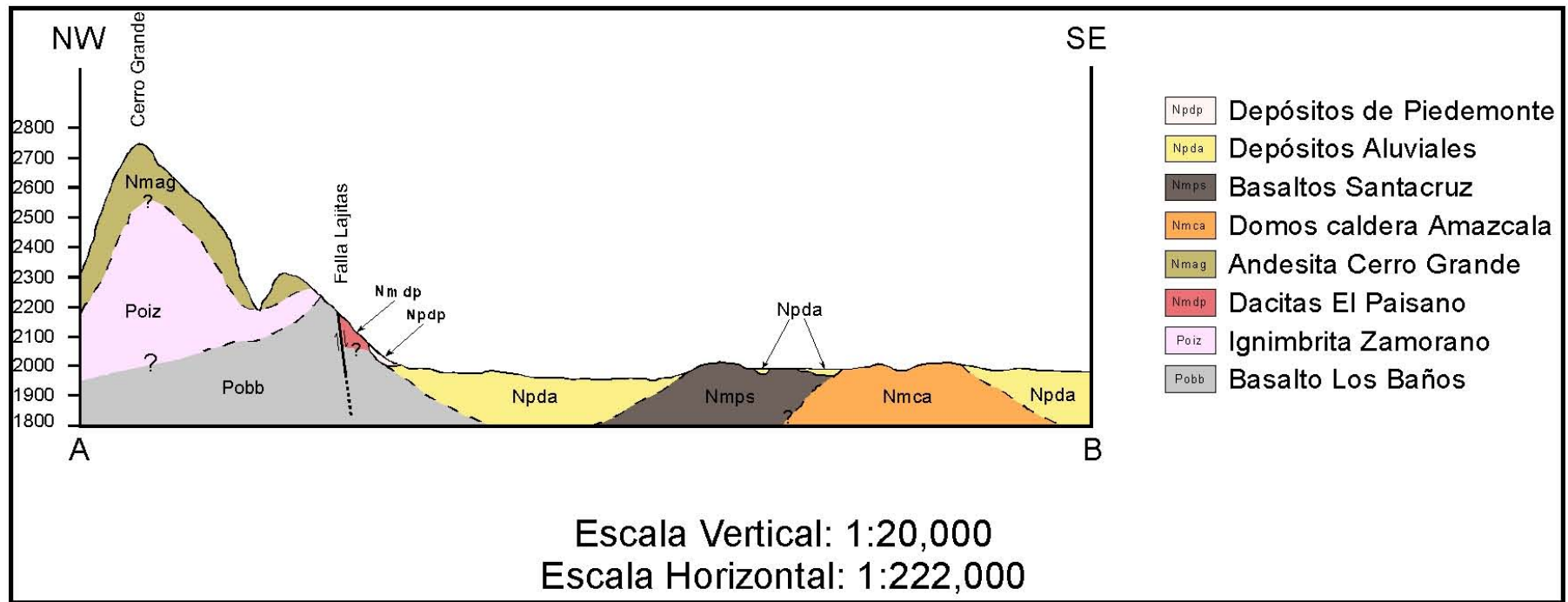


Elaborado por: Geol. Andrés Felipe Arango Guevara Agosto de 2006



ANEXO 2

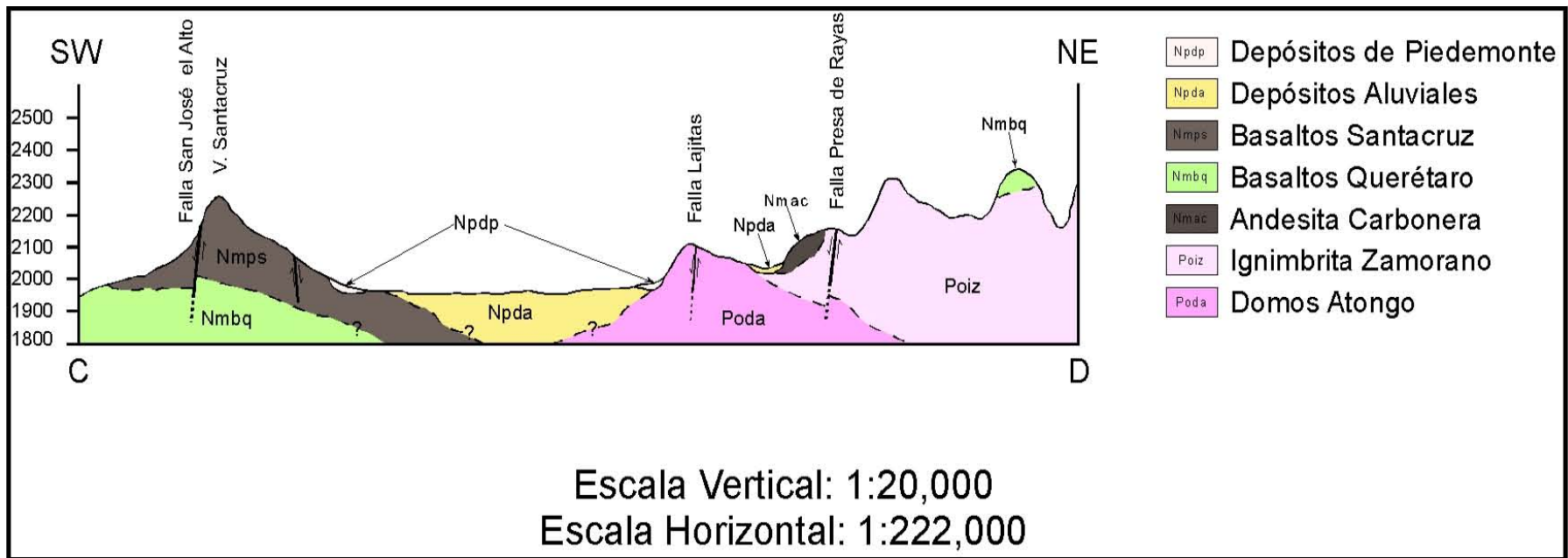
Corte A-B



En este corte se observa como la base de la secuencia estratigráfica descrita en la geología, aparece al noroccidente de la cuenca, en tanto hacia el sureste afloran unidades Miocénicas, así como los depósitos del valle. La Falla Lajitas, al NW, pone en contacto las dacitas con los basaltos Los Baños. Ver Anexo 1 para localización.

ANEXO 2

CORTE C-D



En este corte se observa como la intrusión de los domos riolíticos Atongo sobre la ignimbrita Zamorano y su posible desplazamiento en profundidad por la Falla Presa de Rayas. Al suroccidente se presentan los basaltos Santacruz recubriendo los basaltos Querétaro, afectados los últimos posiblemente por la acción de la Falla San José el Alto. Ver Anexo 1 para localización.

ANEXO 3 - SECCIONES DELGADAS.

1 – (SJ 12).

Localización. Camino Presa de Rayas-Saucillo. 20°48'25"- 100°13'08"

Descripción. Fenocristales de Hornblenda alargados euhedrales muy alterados (Sólo se observan relictos del mineral), Plagioclasa euhedrales y subhedrales de composición Andesina. Roca porfírica, inequigranular, hipocristalina, con textura Hialopílica.

Clasificación. Andesita de Hornblenda.

2 – (SJ 13).

Localización. Camino Presa de Rayas-Saucillo. 20°48'09"- 100°12'42"

Descripción. Muy similar a la anterior, pero con un poco más de fenocristales de Plagioclasa, cuya clasificación es Labradorita.

Clasificación. Andesita de Hornblenda.

3 – (SJ 14).

Localización. Cerro San Miguel. La Carbonera. 20°48'23"- 100°10'42"

Descripción. Fenocristales de Hornblenda euhedrales y subhedrales alterados, y de Plagioclasa (Andesina a Labradorita) subhedrales.

Roca porfírica, inequigranular, hipocristalina, con textura Pilotaxítica, determinada por las plagioclasas microcristalinas.

Matriz está determinada por las plagioclasa y minerales opacos.

Clasificación. Andesita de Hornblenda.

4 – (SJ 16).

Localización. Camino a Puerta de Enmedio. 20°46'33"- 100°07'50"

Descripción. Fenocristales de Plagioclasa (Andesina) euhedrales y subhedrales; Hornblenda euhedrales y subhedrales alterados. En menor medida se observan algunos cristales de Clinopiroxeno. Los cristales de hornblenda han sufrido reemplazamiento. Textura Subofítica.

Clasificación. Andesita de Hornblenda.

5 – (SJ 19).

Localización. Presa del Carmen. 20°48'51"- 100°18'34"

Descripción. Fenocristales de Olivino alterados a iddingsita subhedrales, y Plagioclasas (Labradorita) euhedrales a subhedrales

Roca Porfírica, Inequigranular, con textura subofítica a intergranular y en menor proporción glomeroporfídica.

Matriz está compuesta en su orden por Plagioclasa, minerales opacos y Ortopiroxenos.

Clasificación. Basaltos de Olivino

6 – (SJ 20).

Localización. Domo Sta María de los Baños. 20°45'37"- 100°19'19"

Descripción. Roca Inequigranular, Porfírica con fenocristales de Cuarzo subhedrales y minerales opacos, en una matriz de cuarzo microcristalino.

Clasificación. Riolita.

7 – (SJ 23).

Localización. Atongo. 20°47'24"- 100°15'26"

Descripción. Similar a la 19, pero menos porfírica, hay menor variación en el tamaño de grano, y con un poco más de piroxeno (Clinopiroxeno).

Se presenta de nuevo alteración y sustitución por hidróxidos.

Textura hialopilítica.

Clasificación. Basalto de Olivino.

8 – (SJ 24).

Localización. Mesa El Calvario-Presa de Rayas. 20°48'42"- 100°14'41"

Descripción. Muy pocos fenocristales de Plagioclasa euhedrales alterados y clinopiroxeno, este último más bien se observa como parte de la matriz.

Tamaño de grano es más o menos uniforme.

Matriz esta conformada por Plagioclasa y minerales opacos, con una textura Pilotaxítica.

Clasificación. Andesita.

9 – (SJ 27).

Localización. Rancho el Rosario, Caldera Amazcala. 20°41'41"- 100°12'29"

Descripción. Se observan fenocristales de Plagioclasa, algunos muy alterados, anhedrales y subhedrales, así como cristales euhedrales de Hornblenda muy alterada.

Roca Inequigranular, porfirítica, con texturas Glomeroporfídica marcada por cúmulos de hornblenda y plagioclasa, en menor medida Textura Intersertal.

Matriz esta conformada por Plagioclasa microcristalina, que le da una apariencia de flujo alrededor de los fenocristales y algo de vidrio.

Clasificación. Andesita de Hornblenda.

10 – (A 196c).

Localización. Central Camionera, (Fuera área estudio). 20°34'35"- 100°21'08"

Descripción. La roca es de grano fino con un 10% de fenocristales de Olivino parcialmente iddingsitizados, Plagioclasa y algunos clinopiroxenos

Roca Inequigranular, holocristalina, microporfirítica, con texturas Glomeroporfídica marcada por cúmulos de olivino y plagioclasa.

Matriz esta conformada por Plagioclasa microcristalina y minerales opacos.

Clasificación. Basalto de Olivino.

11 – (A 196f).

Localización. Presa La Majada, (Fuera área estudio). 20°42'85"- 100°24'05"

Descripción. La roca posee fenocristales de Olivino euhedrales a subhedrales parcialmente iddingsitizados, la Plagioclasa en cristales subhedrales es muy abundante.

Roca Inequigranular, holocristalina, porfirítica, con texturas Glomeroporfídica marcada por cúmulos de olivino y plagioclasa.

La matriz es de grano fino con microlitos de Plagioclasa orientada al azar, el clinopiroxeno y los opacos ocupan los espacios angulares entre el feldespatos definiendo un arreglo intergranular.

Clasificación. Basalto de Olivino.

12 – (A 196k).

Localización. Cerro SSW San José Buenavista, (Fuera área estudio).

Descripción. La roca es inequigranular, holocristalina y porfirítica, posee fenocristales de Plagioclasa y hornblenda parcialmente reemplazada por minerales opacos. Los fenocristales están orientados de manera subparalela, debido al flujo

La hornblenda tiene fenocristales prismáticos, la biotita está reemplazada por gránulos de minerales opacos. Se observa un cristal de cuarzo en forma redondeada, así como algunos microlitos de clinopiroxeno en la matriz.

La matriz es afanítica con un arreglo pilotaxítico.

Clasificación. Dacita.

13 – (A 191b).

Localización. La Solana (Fuera área estudio). 20°44'38"- 100°23'30"

Descripción. La roca es inequigranular, holocristalina y ligeramente porfirítica, posee fenocristales de Plagioclasa, algunos de los cuales tienen bordes redondeados indicando reabsorción. Los fenocristales de biotita y hornblenda fueron reemplazados por minerales opacos. Al igual que las plagioclasa, el cuarzo ha sido reabsorbido.

Los microlitos de la matriz tienen un arreglo subparalelo debido posiblemente al flujo.

Clasificación. Dacita.

14 – (A 192b).

Localización. Arroyo de La Colmena. 20°42'50"- 100°21'38"

Descripción. La roca es inequigranular, holocristalina, seriada. Posee fenocristales de Plagioclasa y de Olivino euhedrales a subhedrales parcialmente iddingsitizados.

La matriz aunque afanítica es de grano relativamente grueso, y está conformada por plagioclasa, clinopiroxeno y minerales opacos.

Clasificación. Basaltos de Olivino.

15 – (A 197b).

Localización. La Purísima. 20°37'37"- 100°20'55"

Descripción. La roca es vesicular, inequigranular, holocristalina, y ligeramente porfirítica. Posee fenocristales de Plagioclasa, y muy pocos de ortopiroxeno, clinopiroxeno y olivino iddingsitizado.

La matriz es afanítica, con textura pilotaxítica por flujo y la relación entre la plagioclasa, el clinopiroxeno y los opacos es intergranular.

Clasificación. Andesita Basáltica.