



Universidad Autónoma del Estado de México



Facultad de Planeación Urbana y Regional

“Diagnóstico Ambiental de la Microcuenca San José para Determinar su Potencial como Área Natural Protegida en el Estado de México”

Tesis

Que para obtener el título de
Licenciado en Ciencias Ambientales

Presenta:

Jhovany Quintana Mondragón

Directora de tesis:

M. en C. Patricia Mireles Lezama

Toluca de Lerdo, Estado de México; Abril de 2015

Agradecimientos

A mi padre y madre por brindarme incondicionalmente todo su apoyo en el desarrollo de mi vida académica y enseñarme que un buen profesionista parte de un gran ser humano.

A mis hermanos por brindarme su confianza y permitirme ser un ejemplo para ellos y para la familia.

A la maestra Patricia Mireles Lezama, por brindarme todo apoyo durante el desarrollo de este trabajo, no solo en el ámbito académico.

Al profesor Armando Reyes Enríquez, por ser un gran ejemplo de dedicación y una gran persona dentro y fuera del aula.

A mi novia Itzhel por ser una gran compañera, amiga, colega, confidente y sobre todo una gran persona, que nunca dejo que decayera ante las adversidades y demostrarme de forma muy contundente mis errores que afectan tanto a mi vida personal como profesional, lo cual me ha ayudado a ser cada vez más una mejor persona

A mis grandes y mejores amigos Pablo, Alejandro, Karen, Rodrigo, Víctor y Paula, por impulsarme en todo momento y compartir grandes momentos dentro y fuera del aula, los cuales se llevaran de por vida aunque nuestros caminos tomen diferentes rumbos.

Al maestro Julio Cesar Carbajal Monroy por sus aportes y sugerencias que ayudaron a mejorar el presente trabajo.

A Abraham por acompañarme en distintas ocasiones a campo y ser un gran amigo.

A Don Nino padre, Don Nino hijo y Don Juve por ser grandes personas y recibirme siempre con gran hospitalidad y fungir de guías durante los trabajos en campo y compartir su gran conocimiento para enriquecer el trabajo.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
ANTECEDENTES.....	1
JUSTIFICACIÓN	4
OBJETIVO GENERAL	4
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	5
PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN	5
CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL.....	6
1.1. CONSERVACIÓN DE RECURSOS NATURALES.....	7
1.2. LAS ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS (ANP), COMO INSTRUMENTO DE POLÍTICA AMBIENTAL PARA LA CONSERVACIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES.	10
1.3. EL ENFOQUE ECOSISTÉMICO	20
1.4. EL ENFOQUE ECOSISTÉMICO Y LAS ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS	24
1.5. EL ANÁLISIS DE PAISAJES COMO MEDIO DE ESTUDIO DE LAS ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS	26
CAPÍTULO II: MARCO METODOLÓGICO	33
2.1. EL INVENTARIO GEOECOLÓGICO.....	34
2.2. EL ESTABLECIMIENTO DE LA ESTRUCTURA TAXONÓMICO-COROLÓGICA	36
2.3. EL ANÁLISIS INTEGRADO DE LOS PAISAJES ELEMENTALES	37
2.4. LA SÍNTESIS ESTRUCTURAL Y DINÁMICA DEL TERRITORIO.....	40
CAPÍTULO III. RESULTADOS	41
3.1 CARACTERIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA VERTICAL DEL PAISAJE DE LA “MICROCUENCA SAN JOSÉ”	41
3.1.1. <i>Localización Geográfica y Rasgo Topográficos</i>	42
3.1.2. <i>Fisiografía</i>	45
3.1.3. <i>Climas</i>	46
3.1.4. <i>Geología-Litología</i>	51
3.1.5. <i>Geomorfología</i>	55
3.1.6. <i>Hidrología</i>	60
3.1.7. <i>Edafología</i>	63
3.1.8. <i>Cubierta Vegetal</i>	67
3.1.9. <i>Fauna</i>	73
3.1.10. <i>Uso Actual del Suelo</i>	74
3.1.11. <i>Aspectos sociales</i>	79
3.2. UNIDADES DE PAISAJE DE LA MICROCUENCA SAN JOSÉ	82
3.3. DIAGNÓSTICO DE LAS UNIDADES DE PAISAJE DE LA MICROCUENCA SAN JOSÉ.....	87
3.3.1. <i>Pendientes</i>	89
3.3.2. <i>Erosión hídrica</i>	94
3.3.3. <i>Zonas con potencial de recarga hídrica</i>	99
3.3.4. <i>Fragilidad Ambiental</i>	107
3.3.5. <i>Transitabilidad del Territorio</i>	117

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES QUE PERMITAN DETERMINAR A PARTIR DE LA CARACTERIZACIÓN Y DIAGNÓSTICO EL POTENCIAL DE LA MICROCUENCA SAN JOSÉ COMO ÁREA NATURAL PROTEGIDA.....	123
4.1 ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	124
4.1.1. <i>Análisis de resultados de pendientes</i>	124
4.1.2. <i>Análisis de resultados de erosión hídrica</i>	125
4.1.3. <i>Análisis de resultados de las Zonas con Potencial de Recarga Hídrica</i>	126
4.1.4. <i>Análisis de resultados de Fragilidad Ambiental</i>	128
4.1.5. <i>Análisis de resultados de Transitabilidad del Territorio</i>	129
4.1.6. <i>Análisis de resultados generales</i>	131
4.2 CONCLUSIONES	135
FUENTES DE INFORMACIÓN.....	139
ANEXOS	147
ANEXO I: FICHA DE DESCRIPCIÓN DEL YACIMIENTO ARQUEOLÓGICO ZACAZONAPAN. ESTADO DE MÉXICO.....	148
ANEXO II: REGLAS DE DECISIÓN PARA CALCULAR LA EROSIÓN HÍDRICA.....	152
ANEXO III: REGLAS DE DECISIÓN PARA CALCULAR ZONAS CON POTENCIAL DE RECARGA HÍDRICA EN SUBCUENCAS HIDROGRÁFICAS.....	153
ANEXO IV: REGLAS DE DECISIÓN PARA CALCULAR FRAGILIDAD AMBIENTAL	155
ANEXO V: PENDIENTES POR UNIDAD DE PAISAJE	157
ANEXO VI: EROSIÓN HÍDRICA POR UNIDAD DE PAISAJE.....	159
ANEXO VII: ZONAS CON POTENCIAL DE RECARGA HÍDRICA POR UNIDAD DE PAISAJE	161
ANEXO VIII: FRAGILIDAD AMBIENTAL POR UNIDAD DE PAISAJE	163
ANEXO IX: TRANSITABILIDAD DEL TERRITORIO POR UNIDAD DE PAISAJE	165

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Localización de la microcuenca San José	42
Figura 2: Fisiografía de México.....	45
Figura 3: Climograma Cuenca San José	50

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Comparación entre los Enfoques Convencionales y Enfoque Ecosistémico	24
Tabla 2: Comparación de modelos clásico y hacia donde apunta el futuro de las ANP, poniendo en práctica en Enfoque Ecosistémico.....	25
Tabla 3: Niveles de organización de la biodiversidad.....	27
Tabla 4: Variables de la estructura vertical del paisaje consideradas para la microcuenca San José.....	35
Tabla 5: Estructura taxonómico-corológica.....	36
Tabla 6: Indicadores ambientales aplicados a cada uno de los paisajes elementales dentro de la microcuenca San José	38
Tabla 7: Tipos de climas y sus características en la microcuenca San José.....	48
Tabla 8: Localización y superficie ocupada por las unidades geológicas y litológicas en la microcuenca San José.....	54
Tabla 9: Clasificación, localización y superficie de las geoformas en la microcuenca San José	58
Tabla 10: Datos morfométricos de la microcuenca San José	60
Tabla 11: Localización y superficie ocupada por las unidades edafológicas en la microcuenca San José.....	66
Tabla 12: Localización y superficie ocupada por las diferentes coberturas vegetales en la microcuenca San José.....	72
Tabla 13: Fauna reportada en el estudio técnico justificativo elaborado para el Parque Estatal “Los Tres Reyes”.....	74
Tabla 14: Localización y superficie ocupada por los diferentes usos del suelo en la microcuenca San José ...	78
Tabla 15: Total de población en las localidades ubicadas en las inmediaciones de la microcuenca San José.....	80
Tabla 16: Unidades de Paisaje de la Microcuenca San José	84
Tabla 17: Rangos cualitativos y cuantitativos de la pendiente, su relación con los procesos y algunas observaciones de su influencia sobre la aptitud y limitaciones del territorio.....	90
Tabla 18: Rangos de pendientes en la microcuenca San José.....	92
Tabla 19: Calificación de erodabilidad del suelo (CAERO) con base a la nomenclatura de cartas edafológicas de INEGI.....	95
Tabla 20: Calificación de textura del suelo (CATEX) por textura y fase	95
Tabla 21: Calificación de la topografía o pendiente (CATOP) por textura y fase	96
Tabla 22: Calificación de la topografía o pendiente (CATOP) por textura y fase	96
Tabla 23: Clasificación y valor de la erosión laminar.....	96
Tabla 24: Rangos de erosión en la microcuenca San José.....	99
Tabla 25: Ponderación de la posibilidad de recarga hídrica según tipo de pendiente y microrelieve.....	102
Tabla 26: Ponderación de la capacidad de recarga hídrica del suelo según su textura	102
Tabla 27: Ponderación de la posibilidad de recarga hídrica según el tipo de roca	103
Tabla 28: Ponderación de la posibilidad de recarga hídrica según el porcentaje de cobertura vegetal.....	103
Tabla 29: Ponderación de la posibilidad de recarga hídrica según el uso del suelo.....	104
Tabla 30: Potencial de recarga hídrica según el modelo propuesto	105
Tabla 31: Rangos de potencial de recarga hídrica en la microcuenca San José	107
Tabla 32: Escalas de comparación de Saaty	109
Tabla 33: Matriz pareada de los criterios	110
Tabla 34: Matriz normalizada a partir de la matriz pareada de criterios.....	111
Tabla 35: Calculo del vector propio de criterios a partir de la matriz normalizada.....	111
Tabla 36: Ponderación para determinar la fragilidad ambiental según tipo de pendiente y microrelieve....	112

Tabla 37: Ponderación para determinar la fragilidad ambiental según tipo de suelo	113
Tabla 38: Ponderación para determinar la fragilidad ambiental según tipo de vegetación	113
Tabla 39: Ponderación para determinar la fragilidad ambiental según tipo de erosión	113
Tabla 40: Ponderación para determinar la fragilidad ambiental según tipo recarga hídrica	114
Tabla 41: Clasificación de fragilidad ambiental según el modelo propuesto	114
Tabla 42: Rangos de fragilidad ambiental en la microcuenca San José.....	117
Tabla 43: Ponderación para determinar la transitabilidad del territorio según tipo de pendiente.	118
Tabla 44: Ponderación para determinar la transitabilidad del territorio según tipo de vegetación.	119
Tabla 45: Ponderación para determinar la transitabilidad del territorio según tipo de vía de comunicación.	119
Tabla 46: Clasificación de transitabilidad del territorio según el modelo propuesto.....	120
Tabla 47: Rangos de transitabilidad del territorio en la microcuenca San José	121
Tabla 48: Comparación de aspectos de gestión entre el Enfoque Convencional aplicado en México y el Enfoque Ecosistémico.....	135
Tabla 49: Comparación de los aspectos generales entre el presente trabajo y el Estudio Técnico Justificativo del Predio “Los Tres Reyes”	138
Tabla 50: Calificación de erodabilidad del suelo (CAERO) con base a la nomenclatura de cartas edafológicas de INEGI.....	152
Tabla 51: Calificación de textura del suelo (CATEX) por textura y fase.	152
Tabla 52: Calificación de la topografía o pendiente (CATOP) por textura y fase	152
Tabla 53: Ponderación de la posibilidad de recarga hídrica según tipo de pendiente y microrelieve.	153
Tabla 54: Ponderación de la capacidad de recarga hídrica del suelo según su textura	153
Tabla 55: Ponderación de la posibilidad de recarga hídrica según el tipo de roca	154
Tabla 56: Ponderación de la posibilidad de recarga hídrica según el porcentaje de cobertura vegetal	154
Tabla 57: Ponderación de la posibilidad de recarga hídrica según el uso del suelo.....	154
Tabla 58: Ponderación para determinar la fragilidad ambiental según tipo de pendiente y microrelieve. ...	155
Tabla 59: Ponderación para determinar la fragilidad ambiental según tipo de suelo.	155
Tabla 60: Ponderación para determinar la fragilidad ambiental según tipo de vegetación.	156
Tabla 61: Pendiente por unidad de paisaje.	157
Tabla 62: Erosión hídrica por unidad de paisaje.....	159
Tabla 63: Zona de potencial de recarga hídrica por unidad de paisaje.	161
Tabla 64: Fragilidad ambiental por unidad de paisaje.....	163
Tabla 65: Transitabilidad del territorio por unidad de paisaje.	165

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo se compone de cuatro capítulos, los cuales están estructurados partiendo de un razonamiento deductivo, debido a que la conclusión se halla implícita dentro de las premisas, por lo tanto las conclusiones son establecidas a partir de supuestos establecidos durante el desarrollo de la tesis.

Cabe señalar que **el principal aporte de este trabajo se enfoca a una propuesta metodológica basada en indicadores que permitan diagnosticar los atributos y procesos ambientales de un territorio determinado**, por lo tanto no pretende generar una propuesta de una nueva área natural protegida, más bien analizar las unidades del paisaje que componen la microcuenca San José y el Parque Estatal “Los Tres Reyes” en el decreto 2013 y 2014.

Partiendo de lo anterior, se tiene que el primer capítulo aborda los fundamentos teóricos de la conservación de los recursos naturales, del cual se desprende el establecimiento de las áreas naturales protegidas como instrumento de política ambiental para la conservación de recursos naturales *in situ*, además de los diferentes enfoques establecidos para el estudio y manejo de dichas áreas. Se analizan las deficiencias generadas por estudios llevados a cabo a partir de áreas de la ciencia que no son interdisciplinarias. En el segundo capítulo se abordan de manera general la metodología de Análisis Integrado de Paisajes aplicada para conseguir los objetivos de la investigación.

En el capítulo tres se describen las características de cada uno de los componentes de la estructura vertical del paisaje, para finalmente establecer la estructura horizontal, la cual nos determinara las unidades de análisis de la microcuenca San José. Con base a lo realizado en el apartado de caracterización se retoman las características descritas por cada componente del paisaje para analizarlas a partir de indicadores ambientales, los cuales nos permiten saber cuál es la situación actual del ambiente y de algunos de los procesos ambientales de mayor importancia desarrollados dentro del área de estudio. Finalmente en el capítulo cinco, se describen de manera puntual cuales son los principales resultados, aportes y deficiencias de este trabajo retomando básicamente los resultados obtenidos de la aplicación de los indicadores ambientales.

Antecedentes

Actualmente se conoce la gran diversidad biológica que existe en México, a tal grado de considerarle como un país megadiverso, al igual que Colombia, Brasil, Indonesia, Perú, China, Congo e India. Debido a la gran variedad de climas, topografía y su compleja historia geológica, México alberga alrededor de 10 por

ciento de la diversidad global de especies, por lo anterior, México es el quinto lugar en plantas, cuarto en anfibios, segundo en mamíferos y primero en reptiles, además de que posee el 80% de la biodiversidad mundial (WCMC, 1994; Groombridge y Jenkins, 2002 en SEMARNAT, 2010).

Esta gran diversidad biológica ha causado que en la mayoría de estos países esta riqueza se esté deteriorando a pasos acelerados principalmente por, la falta de herramientas eficientes de índole normativa, social, técnica y científica que promuevan la protección y conservación de los recursos naturales.

A causa del acelerado deterioro que han tenido los recursos naturales durante los últimos tres siglos, debido a la aparición de la revolución industrial, la creación de Áreas Naturales Protegidas, ha sido como lo menciona Villalobos, (2000) un instrumento estratégico para la conservación de la biodiversidad.

Este instrumento fue adoptado por muchos países a nivel mundial, ya que la creación de ANP's en su contexto actual, fue iniciada por Estados Unidos de América, con la creación del Parque Nacional Yellowstone, en 1872, con el propósito de proteger sus recursos, tales como una gran variedad de animales salvajes como: osos pardos, lobos, bisontes y alces. También se preserva el Gran Cañón de Yellowstone, el Old Faithful (Viejo fiel) y la colección de geiseres y fuentes termales más impresionante del mundo (National Park Service, 2011).

Cabe señalar que esta estrategia de conservación de los recursos naturales ha existido en México desde la época prehispánica, ya que aunque no eran consideradas ANP como tal, existían ciertos mecanismos de protección, como menciona Yañes (2007: 9), los mayas tenían dentro de su esquema de producción, la protección estricta de ciertas zonas y periodos de descanso para áreas agrícolas. Para el siglo XV, Netzahualcóyotl reforestó zonas cercanas al Valle de México y, durante el siglo XVI, Moctezuma II fundó algunos parques zoológicos y jardines botánicos.

Bajo el esquema del concepto actual y estricto de una ANP, se nombró en 1876 la primera Área Natural Protegida al Bosque del Desierto de los Leones, considerando la protección de los recursos hídricos mediante el cuidado de varios manantiales que proveían de agua a la Ciudad de México. Sin embargo, hasta 1917 se decreta esta zona como el primer Parque Nacional, al considerar además de su belleza natural de sus paisajes, con la posibilidad de hacerla un centro de recreación (CONANP, 2010).

A partir de esa primer declaratoria, se sucedieron otras con propósitos similares, es decir, de protección o conservación de los recursos naturales, destacando entre otras, un gran número de parques nacionales con fines de recreación y esparcimiento de la población, o bien para proteger de la tala clandestina a los

recursos forestales, mediante el establecimiento de zonas de reserva forestal y más aún para la conservación de especies faunísticas o florísticas endémicas, migratorias o en peligro de extinción, a través de refugios y áreas de protección de flora y fauna silvestres (Contreras y Rodríguez, 2004).

En México las Áreas Naturales Protegidas, en sus diferentes modalidades, están administradas por el gobierno federal, los estados, municipios, comunidades y privados.

Lo anterior, ha provocado que se dé un gran impulso para la creación de nuevos espacios para la conservación de la biodiversidad y del medio natural; así como los servicios ambientales que prestan estos espacios geográficos, aunque muchas veces estos actores entienden los objetivos de la conservación de manera diferente.

El Estado de México en la actualidad cuenta con 84 áreas naturales protegidas, entre sus distintas modalidades las cuales son: Parques Nacionales, Parques Estatales, Parques Municipales, Reservas Ecológicas Federales, Reservas Ecológicas Estatales, Áreas de Protección de Flora y Fauna, Acuerdo de Cimas y Montañas, Lomeríos y Cerros del Estado de México; y parques sin decreto. Que en conjunto suman 978,967.43 hectáreas (39.3% del territorio estatal), esto significa que el Estado de México es la entidad a nivel nacional con mayor superficie destinada para áreas naturales (GEM, 2008: 25-26).

Con lo anterior, el Gobierno del Estado de México a través de la Secretaría del Medio Ambiente y la Comisión Estatal de Parques Naturales y de la Fauna. (CEPANAF), con el fin de incrementar las Áreas Naturales Protegidas del Estado, se acercó a la Facultad de Planeación Urbana y Regional, con el fin de realizar el “Estudio Técnico Justificativo para el decreto como Área Natural Protegida, del predio conocido como Los Tres Reyes en el Municipio de Temascaltepec”, el cual sirvió como documento de partida para desarrollar este trabajo en el área comprendida por el microcuenca San José, dicho documento data del año 2012, sin embargo la publicación en la Gaceta de Gobierno del Estado de México se dio el 11 Marzo de 2013.

No obstante, durante el desarrollo del presente se modificó la poligonal del Parque Estatal "Los Tres Reyes", ubicado en los municipios de Temascaltepec y Zacazonapan Estado de México, integrándose una superficie de 644.69 hectáreas, mismas que se incorporan a las 150 hectáreas decretadas el 11 de marzo de 2013, cuya superficie total será de 794.69 hectáreas (GEM, 2014:5). Aunado a lo anterior es de suma importancia que para el desarrollo y culminación del presente trabajo se retoma el estudio llevado a cabo en 2012, fecha en que se dio inicio la presente investigación y en donde nace la inquietud de desarrollar un aporte metodológico al estudio en cuestión, sin embargo en los mapas de este documento se considera la

poligonal establecida en 2012; esta para el análisis; y de manera complementaria la poligonal de 2014, la cual únicamente se retoma para mostrar su distribución en el territorio.

Justificación

Es importante señalar que todos aquellos estudios que tienen como objetivo la conservación, protección, aprovechamiento y restauración de los recursos naturales, deben **considerar abordarse desde el Enfoque Ecosistémico (EE) el cual de acuerdo a FAO (2013) es una estrategia para la ordenación integrada de la tierra, el agua y los recursos vivos que promueve la conservación y el uso sostenible de manera equitativa.** Se basa en la aplicación de métodos científicos adecuados centrados en los niveles de organización biológica que abarca los procesos, las funciones y las interacciones esenciales entre los organismos y su ambiente, y que reconoce a los humanos, con su diversidad cultural, como un componente integrante de los ecosistemas.

El estudio técnico justificativo para la propuesta del Área Natural Protegida (ANP) de “Los Tres Reyes”, ubicada en el municipio de Temascaltepec, Estado de México, se realizó bajo límites establecidos previamente por la CEPANAF, sin que se realizara un estudio anterior para delimitarla bajo algún criterio ecológico o integral. Por tanto entre sus principales desaciertos desde el Enfoque Ecosistémico (EE) es que cuenta con un polígono geométrico, los límites establecidos no consideran variables naturales que permitan comprender e interpretar un gran número de procesos naturales, como la respuesta de la cuenca, paisajes, límites altitudinales, geomorfológicos, hidrológicos, distribución de especies, calidad ambiental, entre otros.

Dentro de la zona del ANP se observa que no se protege ningún proceso ecológico o ambiental. Por lo tanto para este estudio se establece como área de estudio la microcuenca San José con el objetivo de establecer un límite natural que respete la gran mayoría de los procesos ambientales que ocurren en la naturaleza.

Objetivo General

Diagnosticar los componentes ambientales de la microcuenca San José y determinar su potencial como área natural protegida.

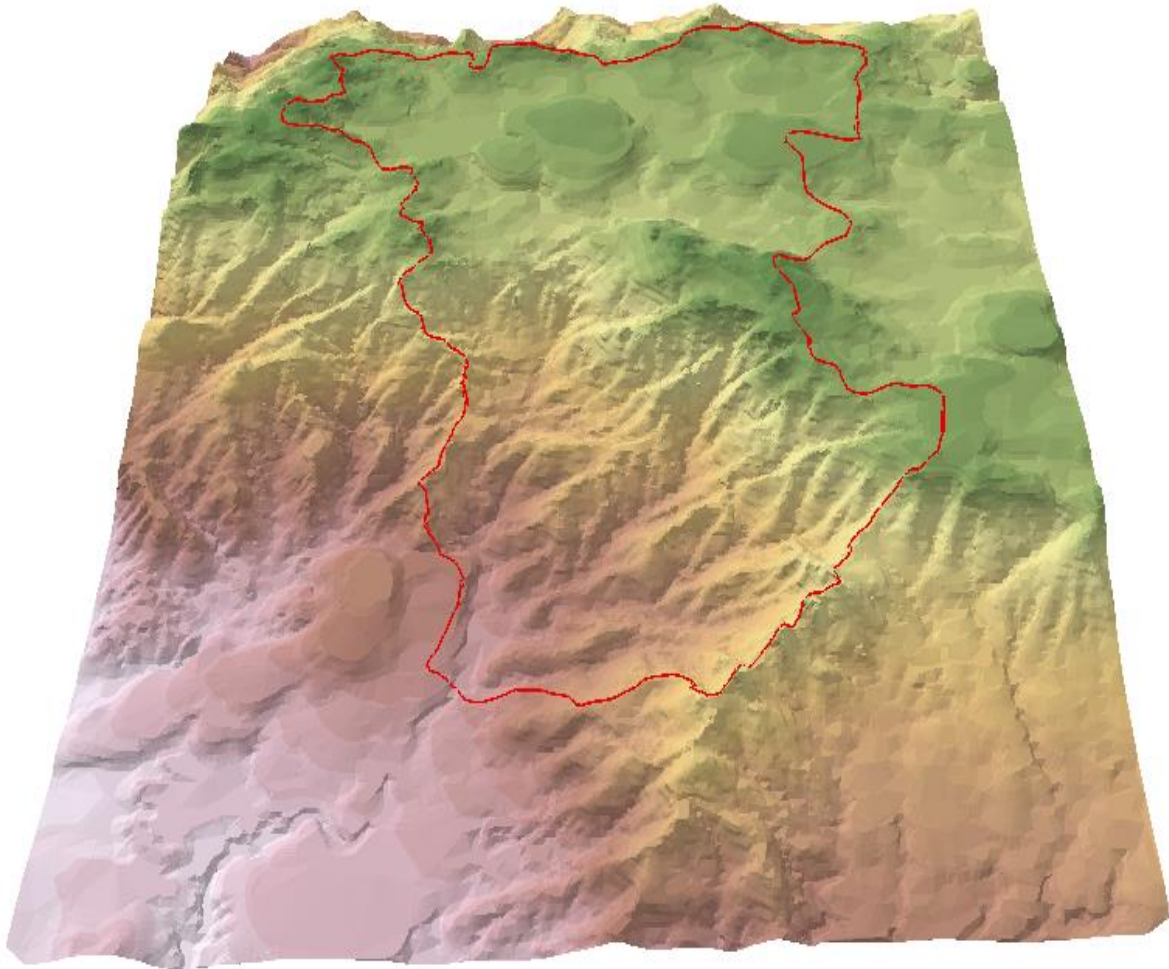
Objetivos específicos

1. Definir el marco teórico conceptual de las áreas naturales protegidas en un estudio por microcuencas, utilizando los componentes del paisaje como unidad de análisis.
2. Caracterizar los componentes del paisaje de la microcuenca San José.
3. Elaborar indicadores ambientales para diagnosticar los componentes ambientales de la microcuenca San José y determinar su potencial como área natural protegida.

Pregunta de investigación

¿Los componentes del paisaje de la microcuenca San José cuentan con los atributos necesarios para asegurar la conservación de los procesos bióticos y abióticos que se buscó proteger con el decreto del área natural protegida parque estatal “Los Tres Reyes”?

CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL



1.1. Conservación de Recursos Naturales

En los primeros tiempos del hombre, la caza y recolección silvestre contribuyeron al exterminio de algunas especies vegetales y animales, estas eran solo unas cuantas; las necesarias para poder alimentarse y cubrirse de las inclemencias del tiempo, no obstante se considera que el hombre vivía en equilibrio con su ambiente natural, por la simple razón de sobrevivir y adquirir de este los insumos necesarios para subsistir.

Aunque la agricultura se ha practicado solo durante los últimos 10.000 - 12.000 años, y la civilización urbana desde los últimos 6.000. Con la vida urbana llegó la presión sobre el ambiente natural y las tierras agrícolas. En zonas asiáticas con agricultura occidental existen evidencias muy extendidas de erosión de la tierra en tiempos antiguos. A la destrucción de la vegetación y el manto cobertor, siguieron los desiertos tras el levantamiento de las primeras civilizaciones en muchas áreas del Medio Este y África del Norte (NaturalezaEducativa, 2011).

Un problema que es muy estudiado en la actualidad es la relación Sociedad / Medio Ambiente la cual ha sido muy destructiva en cuanto al uso de los recursos naturales. Así lo demuestran los bosques arrasados, la acelerada pérdida de la biodiversidad, los crecientes problemas con el suelo a causa de la erosión, la compactación, los deslizamientos o su envenenamiento por el uso masivo de plaguicidas y fertilizantes sintéticos, los ríos contaminados y sedimentados, los acuíferos que se secan o son contaminados por las actividades antrópicas, los cambios en el ciclo hidrológico, entre otras afectaciones (Rodríguez, 2006).

Durante los últimos años se ha considerado como derecho humano la protección del medio ambiente, la cual debido a la configuración del constitucionalismo mundial, se exigen acuerdos supranacionales, cuyas bases radiquen en la satisfacción de necesidades básicas, tal es el caso del planteamiento del dialogo intercultural, la protección del medio ambiente y el aseguramiento de la democracia cosmopolita que sería el símil del constitucionalismo mundial en el ámbito político (Espinosa de los Monteros, 2006).

Como se sabe los problemas humanos son muy diversos en todos los temas existentes, como lo son los ambientales, sociales, económicos, culturales, etc., por lo que se hace necesario la pronta reacción para poder dar solución y si no es así, generar y poner en práctica acciones de conservación que ayuden a mitigar los problemas de manera acertada, evitando poner en riesgo nuestra estabilidad social, siempre y cuando no se comprometa la estabilidad y existencia del ambiente natural que nos brinda todos aquellos recursos básicos para poder subsistir con nuestro ritmo de vida actual.

Para llevar a cabo la conservación de los recursos naturales, es necesario visualizar un campo esencialmente interdisciplinario, es decir, cuyo nivel de complejidad exige por igual la participación de científicos naturales y sociales (Mascia *et al.* 2003; citado en Toledo, 2006).

El surgimiento del manejo integrado de recursos naturales, el cual con disciplinas afines se considera más apropiado que el basado en una disciplina única para manejar los complejos conflictos, que muchos países enfrentan actualmente con respecto al manejo de los recursos. El manejo integrado de los recursos propone integrar varias disciplinas e involucrar diferentes actores operando en sus propios subsistemas a través de diferentes escalas temporales y espaciales. Así, hace énfasis en identificar las estrategias de manejo para mantener el estado de los recursos naturales así como sus flujos de bienes y servicios y procesos ecológicos subyacentes (Xanat y Treviño, 2008).

Toledo (2005) propone una nueva estrategia de conservación llamada biorregional, la cual tiende a lograr una nueva estrategia de conservación, la cual logre remontar la visión reduccionista que hoy domina esta área del conocimiento y de la acción. Esta propuesta alternativa se basa en una visión que es espacial, multidisciplinaria, multicriterial y multiescalar, es decir, que no se reduce a lo meramente biológico.

La preocupación y objeto de análisis exclusivamente al mundo vivo (genes, especies y comunidades de organismos), el enfoque biólogo ha vuelto a la conservación una cuestión (a) monodisciplinaria, (b) monocriterial y (c) monoescalar. En efecto, al enfocar solamente los procesos biológicos, ecológicos y evolutivos (naturales), esta corriente dominante de la conservación soslaya o ignora el resto de los componentes y procesos de todo “hábitat natural “ (geológicos, físicos, químicos, climáticos) tales como las dinámicas geográficas que rebasan los procesos meramente biológicos (como el balance entre la pedogénesis y la morfogénesis estudiado por la ecogeografía); o los fenómenos geofísicos y geoquímicos que se ubican más allá pero en permanente retroalimentación con los componentes vivos de la biósfera y, en general todos aquellos procesos que tienen lugar al nivel de paisajes (Toledo, 2005).

El tratamiento meramente biológico de la conservación de la biodiversidad ha conducido al mantenimiento de varias falacias, las cuales a su vez han contribuido a darle forma a una cierta visión biotecnocrática. Un primer conjunto de falsedades surgen alrededor del “imperativo moral”, que busca y exige la conservación completa y total de la biodiversidad, y que ha conducido a posiciones recalcitrantes, intolerantes y coercitivas, que invocan el aislamiento y protección de “áreas naturales” a toda costa y por encima de cualquier impedimento social, económico, cultural o político (Toledo, 2005).

En consecuencia del deficiente planteamiento de la conservación y de la apropiación de los recursos naturales, se han generado efectos negativos en el ambiente, tales como la pérdida y degradación de los recursos naturales y la biodiversidad. Estas perturbaciones generan una desarticulación en los procesos del ecosistema, los cuales se terminan ignorando al momento de tomar decisiones para la conservación y apropiación del medio natural.

Uno de los elementos clave para entender cómo los habitantes de las zonas con abundantes recursos naturales, organizados en comunidades indígenas y/o campesinas, se apropian de su entorno natural es la conceptualización de cómo los sistemas ecológicos y las sociedades humanas intercambian bienes visibles y tangibles –ya sean renovables o no renovables– y servicios intangibles. Esta apropiación se lleva a cabo con la intención de satisfacer necesidades y deseos, que, además de estar en constante cambio, difieren drásticamente entre sí dependiendo de la forma en que las sociedades están estructuradas. Estos bienes y servicios no son más que una parte o fracción de un ecosistema, que identificado en el espacio, alcanza su expresión concreta en las llamadas unidades de paisaje (Toledo, 2006).

Cuando los hogares llevan a cabo el acto de apropiación tienen diferentes formas de interactuar con el ecosistema, cada una de las cuales impactan o afectan de manera diferente a los ecosistemas y paisajes, generando una expresión territorial y espacial. Por ejemplo, la apropiación que llevan a cabo los habitantes de comunidades rurales y de la cual obtienen recursos naturales a través de la recolección, la cacería y la pesca sin provocar cambios sustanciales en la estructura, arquitectura, dinámica y evolución de los ecosistemas, se lleva a cabo en lo que se podría denominar como un “medio ambiente usado” (MAU). En este “medio ambiente” el ecosistema mantiene prácticamente sus capacidades de automantenimiento, autoreparación y autoreproducción. En cambio, el “medio ambiente transformado o domesticado” (MAT) se podría entender como aquel en donde el acto de apropiación desarticula o desorganiza los ecosistemas para introducir un conjunto de especies domesticadas o en proceso de domesticación (agroecosistema) (García-Frapolli y Toledo, 2008).

Las apropiaciones mencionadas anteriormente, son las más comunes en casi todo el territorio de México. Aunque existe una tercera apropiación propuesta por la cual se lleva a cabo en un “medio ambiente conservado” (MAC), en donde porciones de tierra son conservadas con la finalidad de proteger sus funciones, especies, procesos y servicios, y cuyo mantenimiento resulta de utilidad porque genera servicios tales como el mantenimiento de la diversidad biológica y genética, captación de agua, captura de carbono, regulación climática, esparcimiento, contemplación e investigación científica. Usualmente, en este medio ambiente las

sociedades prohíben o limitan la realización de actividades productivas o extractivas (García-Frapolli y Toledo, 2008).

Esos ambientes conservados han sido estudiados y propuestos principalmente por biólogos, a los cuales históricamente se les ha encargado realizar estudios para identificar las zonas con características específicas para proteger los recursos naturales presentes en el área de interés propuesta para conservarse, muchas veces partiendo de que lo único que se tiene que conservar es la flora y la fauna existente, dejando de lado las relaciones bióticas-abióticas, sociales, económicas, políticas y culturales.

Esta estrategia de conservación fundamenta la acción de las nuevas ciencias, de las cuales se rescatan las Ciencias Ambientales, la cual fue creada debido a la preocupación que existe durante los últimos 50 años debido a la degradación del mundo natural, aunque el movimiento ambientalista o ambiental, a favor de la conservación de los recursos tuvo mayor auge durante el último medio siglo, sus raíces se extienden a finales del siglo XIX, cuando algunos advirtieron que regiones silvestres únicas de Estados Unidos iban desapareciendo (Nebel y Wright, 1999: 30).

1.2. Las Áreas Naturales Protegidas (ANP), como instrumento de política ambiental para la conservación de los recursos naturales.

Las consecuencias ocasionadas por la degradación de los recursos naturales, han tratado de mitigarse a través de políticas, principalmente en el ámbito ambiental, las cuales van desde leyes, normas y reglamentos que regulan la extracción y manejo de los recursos naturales, la disposición de los residuos sólidos, residuos peligrosos, entre otros.

A todo esto se debe de agregar la fragmentación de corredores naturales por acción antrópica, que ocurre a escalas breves de tiempo (en relación a escalas ecológicas y evolutivas) y con efectos más acentuados que los naturales. En tal sentido, el aislamiento de un área por efecto antropógeno deriva de la declinación del número de especies por extinción o emigración, pero sin que se favorezca la inmigración a la misma. Consecuentemente, cuanto más pequeñas y aisladas sean los fragmentos de hábitats naturales más susceptibles serán a la pérdida de biodiversidad (Richard y otros. 2006).

Durante el siglo XX, el conjunto de acciones del movimiento conservacionista mundial ha estado dirigido fundamentalmente a la creación de ANP. En las últimas

décadas se han realizado inmensos esfuerzos institucionales, monetarios y de conocimiento para crear estrategias que permitan la máxima conservación de la biodiversidad, entendida ésta, casi exclusivamente, como la máxima protección posible de especies. Actualmente existen en el mundo 105,000 ANP en 220 países, con una superficie equivalente al 11.5% de la superficie terrestre (Toledo, 2005).

En particular a partir de los años setenta, muchos países en vías de desarrollo han declarado con el fin de conservar el patrimonio natural mundial, un gran número de ANP cuyo tamaño y situación jurídica varían considerablemente. No obstante ha menuda no hay congruencia entre cantidad y calidad.

Desde la visión proteccionista nada justifica el evitar las acciones de conservación de la biodiversidad, de tal suerte que las ANP deben ser mantenidas por encima de los intereses de las poblaciones locales y sin que medie necesariamente una conexión con las políticas de desarrollo local y regional. Esta visión niega también toda posibilidad de balance entre conservación y producción. En su versión más extrema esta corriente reclama políticas de conservación coercitivas ejecutadas por los gobiernos (Toledo, 2005).

Esta visión se a llevada a cabo por grupos ambientalistas, los cuales desde su percepción, lo más importante en el ámbito de la conservación de los recursos naturales, es la biodiversidad, bajo el principio de que “ellos estuvieron aquí primero”, sesgando los ideales de la conservación a lo meramente biológico; olvidándose que para alcanzar esa armonía con el medio ambiente se necesita la atención y la participación de todos los actores, no solo de los naturales (Toledo, 2005).

La colonización de zonas económicamente frágiles, la expansión de la frontera agrícola, la explotación de materias primas y fuentes energéticas así como, en algunos casos, un número excesivo de visitantes presenta una amenaza creciente de los espacios. Una población en aumento, que vive dentro y alrededor de las ANP, confrontadas por las consecuencias de la pobreza, escases de tierras cultivables y los procesos de la transformación de la globalización ejerce una presión creciente sobre los recursos naturales disponibles, lo que tiene como consecuencia una degradación medioambiental. Estos problemas frecuentemente rebasan la capacidad de respuesta de las instituciones encargadas del manejo de las ANP, que a menudo se caracterizan por su debilidad política-administrativa; por lo que muchas de estas áreas declaradas como protegidas “se desarrollan solo en el papel” (Brenner, 2006).

En el aspecto ecológico, la importancia de estas áreas radica en el número de servicios ecosistémicos que brindan, entre los que se encuentran el mantenimiento

de la calidad y funcionamiento de las cuencas, del suelo, de la diversidad de ecosistemas y de refugio y crianza de especies. En el aspecto social, las ANP en México son el hogar de un número importante de culturas indígenas que encuentran en estos lugares uno de los pocos resquicios para llevar a cabo su forma de vida tradicional. De ahí que el compromiso oficial de promover la participación de las comunidades en esta protección ofrezca la posibilidad de contribuir significativamente al desarrollo económico sustentable de las reservas. Si la gestión de estas ANP está bien llevada a cabo, las comunidades que habitan en ellas tienden a participar activamente en el manejo de estos territorios (García-Frapolli y Toledo, 2008).

Dado que las ANP son sistemas abiertos, afectados y afectables por las dinámicas ecosistémicas, paisajísticas y sociales de las áreas que les rodean, resulta fundamental la creación de “reservas dinámicas” formadas por conjuntos de paisajes diversos que resultan de la acción humana y que operan como zonas vitales para la permanencia en el largo plazo de las ANP (Bengtsson *et al.* 2003, en Toledo, 2005).

Las ANP´s tienen como objetivo la conservación de recursos tangibles e intangibles, el verdadero reto no está en aumentar la superficie protegida, sino mantener la calidad de los ecosistemas y calidad de vida de los pobladores en los alrededores; para evitar que exista una disputa entre estos por mantenerse; bajo el principio de que ambos son complementarios y que uno necesita del otro para poder permanecer en condiciones aceptables, esto a partir de ser áreas inclusivas, partiendo de la buena gestión ambiental, la cual, de acuerdo con Cueto (2006) se refiere al conjunto de procedimientos y acciones mediante los cuales una entidad pública puede invertir, para modificar, influir u orientar los usos del ambiente, los impactos de las actividades humanas, su racionalidad, conservación, defensa y mejora, organizando y desarrollando los conceptos relacionados con la política ambiental.

La creación de ANP de acuerdo con Brañes (2000: 330-331), Aceves (2003:198-199) y la CONANP (2010) es el principal, pero no el único, de los instrumentos de política ambiental con mayor definición jurídica, para la conservación de la diversidad biológica y conservación de los recursos naturales *in situ*.

Aunque no es el único instrumento de política ambiental con mayor definición jurídica, sí es el más utilizado a nivel mundial, ya que la mayoría de los países cuentan con áreas protegidas en sus diferentes modalidades, con el fin conservar sus recursos naturales y el legado natural de cada territorio, gracias al sentimiento de apropiación de los habitantes de dichas zonas.

De acuerdo con la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) y el organismo dependiente de este, la Comisión Mundial de Áreas Naturales Protegidas (CMAP) de la cual México es país miembro, definen a las ANP como “un área geográfica de tierra y/o marina específicamente dedicada a la protección y mantenimiento de la diversidad biológica y de recursos naturales y los recursos sociales relacionados a esta, y manejada a través de medios jurídicos o de otra especie, que resulten efectivos (UICN, 2010).

Por otra parte la ONU, (1992) en la Cumbre de la Tierra define a las ANP como “áreas definidas geográficamente que hayan sido designadas o reguladas y administradas para lograr los objetivos específicos de conservación.”

Para el caso de México, la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, en su capítulo V, Título segundo, Capítulo I, Sección I, define a las ANP como “zonas del territorio nacional y aquéllas sobre las que la Nación ejerce soberanía y jurisdicción, en las que los ambientes originales no han sido significativamente alterados por la actividad del ser humano, o que requieren ser preservadas y restauradas” (LGEEPA, 2011).

Por parte de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) (2010), define a las ANP's como porciones terrestres o acuáticas del territorio nacional representativas de los diversos ecosistemas, en donde el ambiente original no ha sido esencialmente alterado ya que producen beneficios ecológicos cada vez más reconocidos y valorados.

Considerando las anteriores definiciones, las ANP, son áreas del planeta con alto valor ambiental, destinadas a conservar los recursos bióticos y abióticos, a partir de la participación social, económica, política, y cultural para asegurar la permanencia de los recursos naturales y la biodiversidad para que brinden servicios directos e indirectos al ser humano.

Cabe mencionar que todas las ANP's tienen como objetivo principal conservar los recursos naturales, aunque a nivel mundial existe una gran gama de clasificaciones con objetivos y manejos específicos; a continuación se menciona la clasificación mundial y la de México, la primera dada por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y la Comisión Mundial de Áreas Protegidas (UICN/CMAP) y la segunda la establece la federación en la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA).

En seguida se describen las categorías propuestas por UICN-CMAP (2009) que están aceptadas y reconocidas mundialmente por organizaciones con presencia internacional, como las Naciones Unidas y el Convenio Sobre la Diversidad Biológica.

Categoría I. Protección estricta

a) Reserva Natural Estricta

Objetivo

Conservar a escala regional, nacional o global ecosistemas, especies (presencia o agregaciones) y/o rasgos de geodiversidad extraordinarios: dichos atributos se han conformado principalmente o exclusivamente por fuerzas no humanas y se degradarían o destruirían si se viesen sometidos a cualquier impacto humano significativos.

b) Área natural silvestre

Objetivo

Proteger la integridad ecológica a largo plazo de áreas naturales no perturbadas por actividades humanas significativas, libres de infraestructuras modernas y en las que predominan las fuerzas y procesos naturales, de forma que las generaciones presentes y futuras tengan la oportunidad de experimentar dichas áreas.

Categoría II: Conservación y protección del ecosistema

Parque nacional

Objetivo

Proteger la biodiversidad natural junto con la estructura ecológica subyacente y los procesos ambientales sobre los que se apoya, y promover la educación y el uso recreativo.

Categoría III: Conservación de los rasgos naturales

Monumento natural

Objetivo:

Proteger rasgos naturales específicos sobresalientes y la biodiversidad y los hábitats asociados a ellos.

Categoría IV: Conservación mediante manejo activo

Área de manejo de hábitats / especies

Objetivo:

Mantener, conservar y restaurar especies y hábitats.

Categoría V: Conservación de paisajes terrestres y marinos y recreación

Paisaje terrestre y marino protegido

Objetivo:

Proteger y mantener paisajes terrestres/marinos importantes y la conservación de la naturaleza asociada a ellos, así como otros valores creados por las interacciones con los seres humanos mediante prácticas de manejo tradicionales.

Categoría VI: Uso sostenible de los recursos naturales

Área protegida manejada

Objetivo:

Proteger los ecosistemas naturales y usar los recursos naturales de forma sostenible, cuando la conservación y el uso sostenible puedan beneficiarse mutuamente.

Las categorías mencionadas anteriormente, se crearon hace aproximadamente 30 años, con la finalidad de facilitar la gestión de las ANP y ayudar a organizarlas y definir las. La intención original del sistema de Categorías de Gestión de Áreas Protegidas de la UICN era crear un entendimiento común y un marco internacional de referencia para las áreas protegidas tanto entre países como dentro de ellos (UICN-CMAP, 2009).

Consecuentemente la federación mexicana, en el año de 1988, crea la LGEEPA en la cual se encuentra establecida la normatividad referente a ANP, dentro del capítulo V, Título Segundo, Capítulo 1; en donde se describen los tipos y características de dichas áreas a nivel nacional:

Categoría I: Reservas de la Biosfera.

Se constituirán en áreas biogeográficas relevantes a nivel nacional, representativas de uno o más ecosistemas no alterados significativamente por la acción del ser humano o que requieran ser preservados y restaurados, en los cuales habiten especies representativas de la biodiversidad nacional, incluyendo a las consideradas endémicas, amenazadas o en peligro de extinción.

Objetivo:

Realizar en la zona núcleo actividades de preservación de los ecosistemas y sus elementos, de investigación científica y educación ambiental, mientras que se prohibirá la realización de aprovechamientos que alteren los ecosistemas; por otra

parte en la zona de amortiguamiento, realizar actividades productivas emprendidas por las comunidades que ahí habiten al momento de la expedición de la declaratoria respectiva o con su participación, que sean estrictamente compatibles con los objetivos, criterios y programas de aprovechamiento sustentable, en los términos del decreto respectivo y del programa de manejo que se formule y expida, considerando las previsiones de los programas de ordenamiento ecológico que resulten aplicables.

Categoría II: Parques Nacionales.

Se constituirán, tratándose de representaciones biogeográficas, a nivel nacional, de uno o más ecosistemas que se signifiquen por su belleza escénica, su valor científico, educativo, de recreo, su valor histórico, por la existencia de flora y fauna, por su aptitud para el desarrollo del turismo, o bien por otras razones análogas de interés general.

Objetivo:

Realizar de actividades relacionadas con la protección de sus recursos naturales, el incremento de su flora y fauna y en general, con la preservación de los ecosistemas y de sus elementos, así como con la investigación, recreación, turismo y educación ecológicos.

Categoría III: Monumentos Naturales.

Se establecerán en áreas que contengan uno o varios elementos naturales, consistentes en lugares u objetos naturales, que por su carácter único o excepcional, interés estético, valor histórico o científico, se resuelva incorporar a un régimen de protección absoluta. Tales monumentos no tienen la variedad de ecosistemas ni la superficie necesaria para ser incluidos en otras categorías de manejo.

Objetivo:

Realizar actividades relacionadas con su preservación, investigación científica, recreación y educación.

Categoría IV: Áreas de Protección de Recursos Naturales.

Áreas destinadas a la preservación y protección del suelo, las cuencas hidrográficas, las aguas y en general los recursos naturales localizados en terrenos forestales de aptitud preferentemente forestal, siempre que dichas áreas no queden comprendidas en otra de las categorías previstas dentro de la legislación vigente.

Objetivo:

Realizar actividades relacionadas con la preservación, protección y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales en ellas comprendidos, así como con la investigación, recreación, turismo y educación ecológica, de conformidad con lo que disponga el decreto que las establezca, el programa de manejo respectivo y las demás disposiciones jurídicas aplicables.

Categoría V: Áreas de Protección de Flora y Fauna.

Se constituirán de conformidad con las disposiciones de la LGEEPA, de la Ley General de Vida Silvestre, la Ley de Pesca y demás aplicables, en los lugares que contienen los hábitats de cuyo equilibrio y preservación dependen la existencia, transformación y desarrollo de las especies de flora y fauna silvestres.

Objetivo:

Realizar actividades relacionadas con el aprovechamiento, preservación, repoblación, propagación, aclimatación, refugio, investigación y aprovechamiento sustentable de las especies mencionadas, así como las relativas a educación y difusión en la materia

Categoría VI: Santuarios

Áreas que se establecen en zonas caracterizadas por una considerable riqueza de flora o fauna, o por la presencia de especies, subespecies o hábitat de distribución restringida. Dichas áreas abarcarán cañadas, vegas, relictos, grutas, cavernas, cenotes, caletas, u otras unidades topográficas o geográficas que requieran ser preservadas o protegidas.

Objetivo:

Desarrollar actividades de investigación, recreación y educación ambiental, compatibles con la naturaleza y características del área.

Categoría VII: Parques y Reservas Estatales, así como las demás categorías que establezcan las legislaciones locales.

Son áreas las cuales las autoridades de los Estados y del Distrito Federal, podrán promover ante el Gobierno Federal, el reconocimiento de las áreas naturales protegidas que conforme a su legislación establezcan, con el propósito de compatibilizar los regímenes de protección correspondientes. Para el Estado de México, las categorías locales están contenidas en el artículo 2.88 del Código para la Biodiversidad del Estado de México (2005), y se mencionan a continuación:

- a) I. Las reservas estatales;
- b) II. Los parques estatales;

- c) III. Los parques urbanos;
- d) IV. Los parques municipales;
- e) V. Las reservas naturales privadas o comunitarias;
- f) VI. Los paisajes protegidos;
- g) VII. Las zonas de preservación ecológica de los centros de población;
- h) VIII. Los santuarios del agua; y
- i) IX. Las que determinen otras disposiciones aplicables.

Además en este mismo artículo del código para la biodiversidad del Estado de México se menciona que las autoridades municipales no podrán someter a ninguna categoría especial de protección ningún área natural que se encuentre dentro del perímetro de una ya protegida por las autoridades estatales.

Categoría VIII: Zonas de conservación ecológica municipales, así como las demás categorías que establezcan las legislaciones locales.

Son áreas las cuales las autoridades de los municipios, podrán promover ante el Gobierno Federal, el reconocimiento de las áreas naturales protegidas que conforme a su legislación establezcan, con el propósito de compatibilizar los regímenes de protección correspondientes.

Categoría IX: Áreas destinadas voluntariamente a la conservación.

Son aquellas áreas que pueden presentar cualquiera de las características y elementos biológicos señalados en los artículos 48 al 55 de la LGEEPA; proveer servicios ambientales o que por su ubicación favorezcan el cumplimiento de los objetivos previstos en el artículo 45 de la misma Ley.

Objetivo:

Aprovechar y manejar el área conforme a la estrategia de manejo definida en el certificado que se emita por la federación.

Con lo anterior se demuestra que se a echo un gran esfuerzo por homogenizar las categorías de ANP a nivel mundial, sin embargo, no han sido del todo exitosas, debido a que están desarrolladas desde una perspectiva general, mientras que cada país mantiene problemáticas y características específicas, obligando a que cada gobierno retome o genere sus propias categorías con base a las generadas por la UICN-CMAP, tomando en cuenta sus condiciones naturales, económicas y sociales particulares, buscando en su mayoría el anhelado desarrollo sostenible tanto a nivel local y regional.

Las clasificaciones establecidas por el estado mexicano pretenden administrar dichas área protegidas a través de estrategias y políticas ambientales que permitan

asegurar la conservación y calidad de los recursos naturales contenidos en dichos espacios, para tal objetivo a través de la LGEEPA (1988) se propone una zonificación en las ANP's con la finalidad de identificar y delimitar las porciones del territorio que la conforman, acorde con sus elementos biológicos, físicos y socioeconómicos, los cuales constituyen un esquema integral y dinámico, para que cuando se realice la delimitación territorial de las actividades en las áreas naturales protegidas, ésta se llevará a cabo a través de las siguientes zonas y sus respectivas subzonas, de acuerdo a su categoría de manejo:

- Las zonas núcleo, tendrán como principal objetivo la preservación de los ecosistemas a mediano y largo plazo, en donde se podrán autorizar las actividades de preservación de los ecosistemas y sus elementos, de investigación y de colecta científica, educación ambiental, y limitarse o prohibirse aprovechamientos que alteren los ecosistemas. Estas zonas podrán estar conformadas por las siguientes subzonas: a) De protección y B) de uso restringido.
- Las zonas de amortiguamiento, tendrán como función principal orientar a que las actividades de aprovechamiento, que ahí se lleven a cabo, se conduzcan hacia el desarrollo sustentable, creando al mismo tiempo las condiciones necesarias para lograr la conservación de los ecosistemas de ésta a largo plazo, y podrán estar conformadas básicamente por las siguientes subzonas: a) De preservación, b) De uso tradicional, c) De aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, d) De aprovechamiento sustentable de los ecosistemas, e) De aprovechamiento especial, f) De uso público, g) De asentamientos humanos y h) De recuperación.

Pese a los grandes esfuerzos que se han hecho para facilitar la administración de las ANP's, el manejo de recursos naturales es un problema complejo, por ejemplo, el caso del agua en un área protegida plantea un dilema difícil dadas las características sociales y ambientales que deben considerarse durante el proceso de planeación ambiental: tenencia de la tierra compleja, grupos sociales con diferentes grados de organización, procesos intensos de cambio de uso de suelo, deterioro ambiental; todo ello junto con una biodiversidad alta y endemismo presentes en los ecosistemas (Fuentes, 2002).

Entre los grandes problemas que se tienen en la actualidad dentro de las ANP para el caso de México, es la tenencia de la tierra la cual las hace exclusivas entre los dueños de las mismas, ya sean tierras privadas, comunales o ejidales. Otro problema sobresaliente es que en un gran número, no se conocen los límites físicos, causando confusión y desconocimiento entre las poblaciones aledañas a dichos espacios, ya que, muchas veces se desconoce que porción del territorio está protegido, mientras las poblaciones desarrollan sus actividades de forma cotidiana,

por lo tanto es necesario adoptar estrategias y métodos que permitan minimizar estos problemas a partir de nuevos enfoques, los cuales sean más incluyentes con los distintos actores dentro de un ANP.

1.3. El Enfoque Ecosistémico

Antes de adentrarse al enfoque ecosistémico, es importante señalar de manera muy puntual cuales son las diferencias entre este enfoque y un sistema. Un sistema en el ámbito científico esta soportado por la Teoría General de Sistemas propuesta por Bertalanffy (1976), en el cual de manera general menciona que es un conjunto de subsistemas que interactúan y que persisten a través del tiempo debido a la interacción de sus componentes, ya que el sistema posee una organización definible, continuidad temporal y propiedades funcionales distintivas más del sistema que de sus componentes, denominadas propiedades emergentes del nivel de sistemas.

Por otra parte un ecosistema son entonces sistemas constituidos por subsistemas físicos y biológicos (biota, suelo, clima, agua, energía) con identidad organizacional definida mediante estructuras tróficas y energéticas y persistentes en el tiempo a pesar de las perturbaciones (Vides, 2004 en Arguedas y otros, 2004); cabe señalar que aunque los conceptos suenan hasta cierto punto discrepantes, lo que es una realidad es que el Enfoque Ecosistémico (EE) toma sus bases de la teoría general de sistemas. Una vez establecidas las diferencias entre ambos conceptos, describiremos a continuación las características y principios del EE.

Este enfoque surgió rápidamente como principio fundamental en la aplicación del Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB). En su segunda reunión, celebrada en Yakarta en noviembre de 1995, la Conferencia de las Partes adoptó el enfoque por ecosistemas como principal marco para las actividades del Convenio, y posteriormente se refirió al mismo en la elaboración y aplicación de los distintos programas de trabajo temáticos e intersectoriales, y en las directrices que se elaboraron como parte de estos programas de trabajo. En la actualidad, cada uno de los programas de trabajo del Convenio incorpora el enfoque por ecosistemas en sus metas y actividades, y en el Plan Estratégico del Convenio se refleja asimismo el papel fundamental que desempeña el enfoque por ecosistemas (SCDB, 2004).

En el contexto del Convenio sobre la Diversidad Biológica el EE se define como una estrategia para el manejo integrado y la restauración de la tierra, el agua y los recursos vivos. Promueve la conservación y el uso sostenible de manera equitativa, participativa y descentralizada; integra aspectos sociales, económicos, ecológicos y culturales de un área definida por límites ecológicos. Este marco conceptual

establece 12 principios para la acción, que se centra en las premisas del desarrollo sostenible, el manejo ecosistémico y la conservación, los cuales deben de aplicarse de manera flexible para abordar el manejo en diferentes contextos sociales, económicos, ambientales y culturales (Andrade, 2007).

El EE es un “enfoque” no una metodología, lo cual significa que no nos dice el ABC de lo que tenemos que hacer, sino que nos da las características que debe cumplir aquellos esfuerzos de conservación que estamos ejecutando, de manera que nuestra gestión de los recursos naturales sea lo más exitosa posible, no importa el modelo de aproximación que estemos utilizando. Por eso el EE se puede aplicar de la misma manera a la gestión de un área silvestre protegida, a una reserva de la biosfera, el manejo de una cuenca, al manejo de los recursos naturales de un municipio o una región, aun proyecto local, a la gestión de una ecorregión, al manejo de una reserva privada como a la gestión de todo un país (ELAP, 2006).

Aunque el EE no es una metodología como tal, este se basa en la aplicación de las metodologías científicas adecuadas y en él se presta atención prioritaria a los niveles de la organización biológica que abarcan los procesos esenciales, las funciones y las interacciones entre organismos y su medio ambiente. En dicho enfoque se reconoce que los seres humanos con su diversidad cultural, constituyen un componente integral de muchos ecosistemas (SCDB, 2004).

Esta atención prioritaria a los procesos, funciones e interacciones está en consonancia con la definición de "ecosistema" que figura en el artículo 2 del Convenio sobre la Diversidad Biológica: "Por 'ecosistema' se entiende un complejo dinámico de comunidades vegetales, animales y de microorganismos y su medio no viviente que interactúan como una unidad funcional." En esta definición no se especifica ninguna unidad o escala espacial particular, en contraste con la definición de "hábitat" que figura en el Convenio. Por lo tanto, el término "ecosistema" no corresponde necesariamente a los términos "bioma" o "zona ecológica", pero se puede referir a cualquier unidad en funcionamiento a cualquier escala. En realidad, la escala de análisis y de acción se debe determinar en función del problema de que se trate. Pudiera ser, por ejemplo, un grano de tierra, una laguna, un bosque, un bioma o toda la biosfera (Arguedas y otros, 2004).

En este enfoque no se excluyen otros enfoques de gestión y de conservación, tales como las reservas de biosfera, las zonas protegidas y los programas de conservación de especies únicas, así como otros enfoques que se aplican en los marcos de las políticas nacionales y las leyes existentes, sino que, en su lugar, en él se podían integrar todos estos enfoques y otras metodologías para hacer frente a situaciones complejas. No existe una sola manera de aplicar el enfoque por ecosistemas, por cuanto ello está en dependencia de las condiciones a los niveles

local, provincial, nacional, regional o mundial. En realidad, existen muchas maneras de utilizar los enfoques por ecosistemas a modo de marco para llevar a la práctica los objetivos del Convenio (SCDB, 2004).

De forma concreta el enfoque ecosistémico es una estrategia que busca lograr un equilibrio entre los tres objetivos del Convenio: conservación, uso sostenible y la distribución justa y equitativa de los beneficios obtenidos de los recursos genéticos (CONABIO, 2011).

A continuación se describen los 12 principios del Enfoque Ecosistémico, definidos por la Convención de la Diversidad Biológica en 1995,

Principio 1: La elección de los objetivos de la gestión de los recursos de tierras, hídricos y vivos debe quedar en manos de la sociedad.

Principio 2: La gestión debe estar descentralizada al nivel apropiado más bajo.

Principio 3: Los administradores de ecosistemas deben tener en cuenta los efectos (reales o posibles) de sus actividades en los ecosistemas adyacentes y en otros ecosistemas.

Principio 4: Dados los posibles beneficios derivados de su gestión, es necesario comprender y gestionar el ecosistema en un contexto económico. Este tipo de programa de gestión de ecosistemas debería:

a) Disminuir las distorsiones del mercado que repercuten negativamente en la diversidad biológica;

b) Orientar los incentivos para promover la conservación y la utilización sostenible de la diversidad biológica;

c) Procurar, en la medida de lo posible, incorporar los costos y los beneficios en el ecosistema de que se trate.

Principio 5: A los fines de mantener los servicios de los ecosistemas, la conservación de la estructura y el funcionamiento de los ecosistemas debería ser un objetivo prioritario del enfoque por ecosistemas.

Principio 6: Los ecosistemas se deben gestionar dentro de los límites de su funcionamiento.

Principio 7: El enfoque por ecosistemas debe aplicarse a las escalas espaciales y temporales apropiadas.

Principio 8: Habida cuenta de las diversas escalas temporales y los efectos retardados que caracterizan a los procesos de los ecosistemas, se deberían establecer objetivos a largo plazo en la gestión de los ecosistemas.

Principio 9: En la gestión debe reconocerse que el cambio es inevitable.

Principio 10: En el enfoque por ecosistemas se debe procurar el equilibrio apropiado entre la conservación y la utilización de la diversidad biológica, y su integración.

Principio 11: En el enfoque por ecosistemas deberían tenerse en cuenta todas las formas de información pertinente, incluidos los conocimientos, las innovaciones y las prácticas de las comunidades científicas, indígenas y locales.

Principio 12: En el enfoque por ecosistemas deben intervenir todos los sectores de la sociedad y las disciplinas científicas pertinentes.

En este contexto, el enfoque es definido como una estrategia para el manejo integrado y la restauración de la tierra, el agua y los recursos vivos; que promueve la conservación y el uso sostenible de manera equitativa, participativa y descentralizada; e integra aspectos sociales, económicos, ecológicos y culturales en un área geográfica definida por límites ecológicos.

Una vez entendido los principios del EE, se tienen que realizar estudios en donde todas las partes sean integradoras, buscando dejar de lado los enfoques convencionales, tales como el biólogo en el estudio y manejo de las ANP, ya que de acuerdo a este enfoque, se tiene que tomar en cuenta en primer lugar la dinámica de los ecosistemas tanto en sus actores bióticos y abióticos, para poder tomar decisiones sobre los beneficios humanos y la gestión, para generar relaciones a escalas apropiadas conforme al problema o reto que presente y con ello comprometerse sobre los resultados de los sectores involucrados en la gestión y manejo de las áreas protegidas.

Considerando los principios del enfoque por ecosistemas para llevar a cabo una adecuada gestión y manejo de áreas protegidas de manera integral, se observa que los enfoques convencionales, han privilegiado el uso específico de algún recurso como: el suelo, los bosques, el agua, la pesca, entre otros, hasta propiciar su degradación y en muchos casos su agotamiento (ver tabla 1), esto como resultado de los enfoques simplistas en el estudio de las áreas protegidas, básicamente porque se sesga la información hacia los componentes bióticos, dejando en segundo término los componentes abióticos.

Tabla 1: Comparación entre los Enfoques Convencionales y Enfoque Ecosistémico

Enfoques convencionales	Enfoque Ecosistémico
<ul style="list-style-type: none"> - Énfasis en la preservación - Sectorial: la gestión se centra en la extracción o uso de un bien o servicio dominante, de manera aislada. - Se basa exclusivamente en el conocimiento suministrado por la ciencia occidental. - Son eminentemente ambientalistas. - Dan prioridad a los enfoques conservacionistas de la naturaleza. - Predomina la visión a corto plazo. - Le dan prioridad a los factores de producción, de forma independiente. 	<ul style="list-style-type: none"> - Énfasis en el manejo adaptativo. - Integral: toma en cuenta todos los bienes y servicios utilizables y optimiza la mezcla de sus beneficios - Involucra otras formas de conocimiento incluyendo el indígena, el local. - Es un enfoque basado en la gente, su sociedad y su cultura. - Se orienta a la preservación del ambiente y de la sociedad. - Adopta una visión a largo plazo. - Considera los bienes y servicios como el producto de un ecosistema saludable y no como un fin en sí mismo.

Fuente: SIAC, 2011.

Como se muestra en cuadro anterior, el EE se enfoca principalmente a un manejo adaptativo en el que se involucra la participación social local e indígena, ya que muestra mayor apertura para el manejo de los recursos naturales dentro de un ANP, procurando llevar a cabo prácticas conservacionistas que permitan una permanencia a largo plazo de las ANP y con esto garantizar servicios ambientales de calidad en el futuro.

El EE cuenta con una gran variedad de herramientas que nos permiten realizar investigaciones en la temática de la conservación, gestión y manejo de los recursos naturales, específicamente en el campo de las ANP, ya que nos facilita visualizar a los actores sociales y naturales como una unidad y que las repercusiones de un actor tienen que ver con la estabilidad del otro, esto por las relaciones estrechas y hasta cierto punto dependientes.

1.4. El Enfoque Ecosistémico y las Áreas Naturales Protegidas

Como se ha mencionado, el EE no es una metodología sino una estrategia global para el ordenamiento de la tierra y la gestión y manejo de los recursos naturales; por lo tanto este enfoque nos da las características que se deben de cumplir en los esfuerzos de conservación que se están ejecutando a escala global, de tal forma que la gestión y manejo de los recursos naturales se desarrollen de una forma sustentablemente exitosa; por lo tanto este involucra directamente el manejo de las ANP ya que incide en la gestión y permanencia de la misma en el futuro.

Es importante que se comiencen a dar cambios en la visión y mentalidad sobre la conservación de los recursos naturales para buscar su estabilidad y permanencia para poder satisfacer las necesidades de las próximas generaciones, en tal motivo las áreas protegidas son el principal instrumento de política ambiental para la conservación de los recursos bióticos y abióticos *in situ*, por lo que serán pioneras en este cambio hacia un enfoque por ecosistemas.

Este enfoque busca integrar diversos enfoques tanto de las ciencias naturales, sociales y económicas para un buen manejo y gestión de las ANP, principalmente en la región de América Latina, con el propósito de incluir estas áreas en el desarrollo regional de las poblaciones dentro y fuera de las mismas, para poder garantizar bienestar social y por la tanto sentimiento de pertenencia de los recursos presentes en dichas áreas.

En la tabla 2 que se presenta a continuación muestra algunos de esos cambios y cómo estamos pasando del modelo clásico que fue exitoso en años anteriores y que en alguna medida aún lo es, a un modelo bajo paradigmas diferentes que apunta hacia los próximos 10 o 20 años (Arguedas, 2011).

Tabla 2: Comparación de modelos clásico y hacia donde apunta el futuro de las ANP, poniendo en práctica en Enfoque Ecosistémico.

Aspectos de la gestión en las ANP	Que nos dice el modelo clásico	A donde apunta la tendencia a futuro
Operación	Es necesario el desarrollo de una alta capacidad operativa en la unidad de gestión del ANP	Es necesaria una alta capacidad de liderazgo en la unidad de gestión del ANP, para cubrir el trabajo en forma de equipo interinstitucional.
Gestión social	Se deben hacer esfuerzos para que las comunidades se integren al manejo de las ANP	El ANP debe ser integrada al desarrollo de las comunidades y actores clave.
Tenencia de la tierra	Lo recomendable es el dominio total de la tierra (compra de los terrenos por el Estado)	Lo recomendable es el dominio del uso de la tierra y de sus recursos bióticos ojala en manos comunales.
Control	Se debe de tener la capacidad para controlar el desarrollo local para que no afecte la salud del ANP.	Se debe orientar y utilizar el desarrollo local como mecanismo para la conservación de la salud de ANP.
Gestión ecológica	Un ANP debe ser considerada en sí misma como una unidad de manejo delimitada geográficamente por el marco jurídico que la rige (decreto o ley de creación)	Un ANP debe ser consolidada como un componente de una unidad de manejo delimitada por la funcionalidad del ecosistema total del cual esta se nutre

Financiamiento	La unidad de gestión del ANP debe tener una alta capacidad para negociar recursos operativos.	La unidad de gestión del ANP debe tener una alta capacidad para generar recursos y reducir costos de operación.
----------------	---	---

Fuente: Arguedas, 2011.

Dentro de estos cambios para la administración y manejo de las ANP, se considera que el Parque Estatal “Los Tres Reyes” no está delimitado por la funcionalidad del ecosistema total del cual se nutre como lo hace el modelo clásico actual, que considera una misma unidad de manejo delimitada geográficamente por el marco jurídico; lo cual hasta cierto punto ha funcionado, pero con las tendencias del EE se tendrán que ir cambiando estos componentes en la gestión de las áreas protegidas, por ejemplo entender la dinámica de los ecosistemas desde el punto de vista del manejo integral de cuencas o de análisis y evaluación de paisajes, los cuales cubren el principio 6 del enfoque ecosistémico que menciona que los ecosistemas se deben gestionar dentro de los límites de su funcionamiento.

Entre las propuestas para delimitar ANP, se encuentra la propuesta biorregional creada por García-Frapolli y Toledo (2008), la cual consiste en que se podría insertar la propuesta de ser delimitadas por cuencas, ya que dentro de esta área están interactuando distintos actores biológicos y físicos, y no solo darles el enfoque biológico como lo hacía el “ecologismo clásico”, esta propuesta facilita la gestión del ANP, ya que se consideran los aspectos y dinámicas que ocurren dentro de este sistema natural. Desde el punto de vista biofísico, de acuerdo con Bocco y otros (2008) los paisajes son unidades integrales de la superficie terrestre relativamente homogéneas en su estructura y composición, lo cual hacen que sean adecuadas como objetos de evaluación para los ordenamientos y análisis ecológicos.

1.5. El análisis de paisajes como medio de estudio de las Áreas Naturales Protegidas

Como se ha mencionado anteriormente, un área protegida debe ser consolidada como un componente de una unidad delimitada por la funcionalidad del ecosistema, por tal motivo se retoman variables naturales y antrópicas lo cual permita una valoración objetiva sobre la calidad y la dinámica del ANP.

Recordemos que las áreas protegidas constituyen muestras de diferentes niveles de la biodiversidad. Según la representación de los componentes de cada nivel dentro del área y del grado de interacción con el paisaje circundante, las áreas protegidas tendrán menor o mayor viabilidad de mantenerse como muestras de biodiversidad a diferentes escalas. Estos niveles de organización son: ecosistemas, paisaje, comunidades bióticas, poblaciones y composición genética de las

poblaciones. Cada nivel cuenta con tres componentes intrínsecos: Composición (es decir, los elementos con que cuenta el nivel); La estructura (cómo se ensamblan tales componentes) y función (cómo interactúan tales componentes) (Arguedas, *et al*, 2004).

En la tabla 3; basada en Red F. Noss (1990 en Arguedas, *et al*, 2004); se esquematiza estos niveles y componentes (es importante mencionar que este autor es un reconocido biólogo de la conservación, por lo tanto aplica principios y términos netamente biológicos en sus investigaciones):

Tabla 3: Niveles de organización de la biodiversidad.

Nivel	Composición	Estructura	Función
Ecosistema	Componentes y subsistemas Base energética Tipo de comunidades bióticas Tipo de sustratos	Estructura trófica Estructura temporal Estructura espacial Distribución de la Biomasa Sustrato y variables del suelo: pendiente y aspecto	Reciclaje de nutrientes Estabilidad Elasticidad ("resiliencia") Tasas de flujo de materia y energía Sucesión
Paisaje	Identidad, distribución, riqueza y proporción de parches de tipos de hábitat Tipos de paisajes "multiparches" Patrones colectivos de distribución de especies (riqueza, endemismos) Diversidad y equitatividad Dominancia	Heterogeneidad Conectividad Parcheo Fragmentación Configuración Yuxtaposición Distribución de frecuencias de tamaño de parches Relación área/perímetro Patrones de distribución de capas de hábitat Dimensión fractal Bordes	Régimen de perturbaciones: extensión areal, frecuencia, período de rotación, predecibilidad, intensidad, estacionalidad Persistencia del parche y tasas de recambio Tasas de erosión Procesos geomorfológicos e hidrológicos Tendencias en el uso del suelo.
Comunidad biótica	Identidad, frecuencia, riqueza de especies y gremios. Proporción de especies endémicas, exóticas, en peligro Curvas de dominancia-diversidad Proporción de formas de vida Coeficiente de similitud	Fisonomía y biomasa de la vegetación Estructura vertical de la vegetación Cobertura Árboles muertos en pie Proporción de claros ("gaps") Disponibilidad de recursos de agua	Herbivoría Parasitismo Tasas de predación Tasas de extinción local y de colonización Dinámica de parches a escala fina Tasas de intervención antrópica local Fenología anual y multianual

	Proporción de especies C4:C3		
Población	Abundancia relativa y absoluta. Importancia relativa en la comunidad Biomasa individual Densidad	Dispersión (microdistribución) Rango (macrodistribución) Estructura poblacional (proporción de sexo, proporción de edades) Variables del hábitat Variación morfológica entre los individuos	Procesos demográficos (fertilidad, tasa de reclutamiento, curvas de supervivencia) Dinámica metapoblacional Fluctuaciones poblacionales Ecofisiología Historia de vida Fenología Tasa de crecimiento Patrones de aclimatación y adaptación
Genes	Diversidad alélica Presencia de alelos raros particulares Presencia de alelos recesivos deletéreos Variantes de cariotipo	Tamaño efectivo de la población Heterocigosis Polimorfismo fenotípico o cromosómico Superposición generacional Heredabilidad	Depresión endogámica Tasa de exogamia Tasa de deriva genética Flujo de genes Tasa de mutación Intensidad de selección

Fuente: Red F. Noss, 1990 en Arguedas, *et al*, 2004

Como se muestra en la tabla anterior, en el enfoque ecosistémico consideran básicamente cinco criterios ecológicos basados en niveles de organización de sus componentes naturales para la delimitación y diagnóstico de un ANP, los cuales pueden ser adaptados dependiendo del objetivo general de ciertas áreas en específico. Los objetivos que cubren los criterios anteriores son los siguientes:

Genes: Considera la protección de la diversidad genética que exista en una especie animal o vegetal a través de la creación de jardines botánicos y/o zoológicos.

Población: Considera poblaciones de flora y fauna, ya sea que estén bajo un régimen de protección, por lo cual se realizan estudios entorno a número de individuos en cierta área de distribución.

Comunidad Biótica: Tiene como objetivo la conservación de especies que mantienen alguna relación; que en muchas ocasiones unas dependen de otras para poder subsistir y desarrollarse dentro de la comunidad.

Paisaje: Este criterio es considerado cuando no existe gran diversidad biológica representativa por lo tanto considera factores abióticos como procesos geomorfológicos e hidrológicos, el uso del suelo, erosión, entre otros.

Ecosistema: Es el más complejo ya que considera relaciones en materia y energía principalmente considerando las estructuras tróficas y los ciclos de nutrientes, a través de las grandes ANP como reservas de la biosfera y corredores biológicos.

Considerando que el EE basa sus estudios en la relación entre sistemas y subsistemas que interactúan entre sí, se retoma el estudio a nivel de paisaje como unidad de análisis, ya que no es de nuestro interés estudiar un ecosistema específico, mucho menos dinámicas de comunidades, poblaciones y genes; lo cual corresponden a otras áreas de la ciencia tales como grupos interdisciplinarios, biología, ecología y genética, las cuales deben hacer sus respectivos aportes considerando estos criterios ecológicos propuestos mediante el enfoque ecosistémico para la delimitación y manejo de las ANP.

En este sentido, el paisaje se considera como un sistema territorial integrado por componentes naturales abióticos, bióticos y de complejos o unidades de diferente nivel o rango taxonómico, formados bajo la influencia de los procesos naturales y de la actividad modificadora de la sociedad humana, que se encuentra en permanente interacción y que se desarrolla históricamente. Se considera como holístico, relativo y dinámico, el término paisaje cuando es usado como un concepto abstracto, pero también para referirse a un ejemplo particular de la realidad. Como concepto abstracto, el paisaje no tiene límites y se refiere a conceptos, tales como escenario, sistema y estructura. En un uso concreto, diferentes paisajes se distinguen cuando se refieren a una porción del espacio definida y delimitada (D´Luna, 1995 y Antrop, 2000 en Carbajal, 2008).

El enfoque paisajístico otorga igual peso específico a todos los componentes y los integra en una perspectiva espacial que facilita esclarecer las propiedades inherentes al geosistema, como un todo (Priego *et al.* 2004 en Cotler y Priego, 2004). Se considera al paisaje como una sociedad constituyendo un sistema sólido.

Dado que los paisajes se conceptualizan entonces, como sistemas territoriales, es importante no confundir el significado de paisaje con el de geosistema o ecosistema, porque estos términos se reservan para conceptos diferentes. Concretamente, el geosistema se refiere al sistema modelo del paisaje y el ecosistema corresponde al sistema modelo de la parte biótica del geosistema. De manera particular Bolós (1992), define al geosistema como una abstracción, un modelo teórico del paisaje, en el cual se encuentran todas y cada una de las características propias de cada sistema, el cual representa el nivel más alto de la organización del espacio y se puede tipificar en tres grandes subsistemas:

Subsistema abiótico: comprende los elementos - también subsistemas - no dotados de vida (litología, relieve, agua, aire). Estos contribuyen a definir y

estructurar el sistema por ser los más “invariables”. A partir de la interacción de estos elementos del subsistema abiótico con el biótico surgen los suelos como la interface entre ambos subsistemas y de vital significado para el desarrollo y diversificación del segundo.

Subsistema biótico: constituido por elementos dotados de vida (flora y fauna). Estos elementos vivos constituyen colectores de información y ofrecen una visión muy concreta del estado de funcionamiento del geosistema.

Subsistema antrópico: subsistema organizado por el hombre y constituido por los artefactos necesarios para la vida económica y social.

Se puede decir entonces que para el estudio de la microcuenca San José se va a realizar desde un análisis geográfico, con el objeto de conocer el ambiente a partir de los complejos territoriales o paisajes a diferentes niveles, partiendo de los geosistemas elementales; que desde el punto de vista sistémico, de acuerdo a Cervantes, (1989 en Colín, 2005); es un sistema autorregulado, formado por componentes interrelacionados entre sí, que incluyen los subsistemas abiótico, biótico y antrópico. Presenta una organización espacial y temporal que se identifica como estructura vertical, horizontal y funcional del paisaje, cuyas características definen el estado en que se encuentra, el cual, es dinámico y cambiante a lo largo del tiempo.

Si bien se ha definido la idea de un paisaje integral como mejor vía de estudio cercano a la realidad, el hecho es para acceder a su conocimiento, por lo general se requiere de un ejercicio metodológico de deslinde que permita observar sus partes o componentes de forma separada e identificar de entre ellos los que por distintas razones son claves para su funcionamiento (Scott, 1993 en García y Muños, 2002).

Al observar la unidad elemental del paisaje, es fácil advertir que sus partes o componentes pertenecen a diferentes tipos y géneros, tanto en la esfera interna del planeta, como vinculados a procesos externos. Con el objeto de ordenar su análisis desde una perspectiva geosistémica, se hace necesario clasificarlos de un modo que resulte operativo para su análisis. Existen varias propuestas metodológicas en donde el geosistema se enfoca como entidad compleja e integrada por diversos componentes geoecológicos. Bertrand (1968 y 1972 en García y Muños, 2002) propone una clasificación de los componentes del paisaje en siete clases o conjuntos, los cuales son:

Componentes morfoestructurales: volúmenes o compartimentos controlados por la tectónica o la estructura geológica que conforman los rasgos mayores del

relieve y constituyen la articulación básica del territorio, de gran impacto sobre los elementos bióticos en sitios donde el basamento está cercano a la superficie.

Componentes climáticos: tipo o tipos de bioclima que, debido a la incidencia de la organización morfoestructural sobre la dinámica atmosférica regional, se registran en el ámbito de la unidad territorial.

Componente geomorfológico: formas del relieve resultantes de las acciones de modelado promovidas por el medio bioclimático sobre los comportamientos morfoestructurales que se desarrollan en el territorio y lo estructuran desde el punto de vista geomorfológico.

Componentes hidrológicos: volúmenes de agua que circulan dentro del ámbito territorial y modalidades del ciclo hídrico que se registran como consecuencia de los aportes relacionados con las condiciones bioclimáticas y la organización geomorfológica.

Componente edáfico: tipo de suelos o de asociaciones edáficas desarrolladas en el territorio y que se adaptan al potencial abiótico de este.

Componente de la cubierta vegetal: Formaciones vegetales que ocupan la superficie del territorio como resultado del aprovechamiento de un determinado stock florístico de sus condiciones ambientales (geomorfológicas, climáticas, hidrológicas, etc.) modificadas en mayor o menor medida por las acciones y usos antrópicos.

Componente antrópico: formas de ocupación y usos del suelo que las comunidades humanas han establecido en el territorio con base en la consideración de las limitaciones, potencialidades y recursos de su medio natural.

Componente faunístico: Aunque Bertrand no considera este componente, es necesario incluirlo ya que también forma parte del sistema territorial, específicamente en el subsistema natural biótico; en el cual se considera que son las comunidades faunísticas dentro del territorio y que se han desarrollado y distribuido dentro del mismo.

Como se describió anteriormente el paisaje está constituido por diversos componentes, y dependiendo de su posición el nivel de las interacciones que mantienen con otros componentes será más o menos arraigada. Bertrand (1998, en García y Muños, 2002) explica la estructura del paisaje apoyado en los niveles de intermediación, a los que él llama “niveles de manifestación espacio-temporal” las cuales se describen a continuación:

Macroestructuras: componentes de mayor escala de manifestación, de grandes dimensiones y que requieren de mayor tiempo para evidenciar las transformaciones propias de su evolución por los que se les puede considerar como las más estables e independientes del sistema;

Mesoestructuras: se manifiestan en menores dimensiones espaciales y que requieren para evidenciar su funcionamiento de periodos de tiempo cortos, por lo que son, comparativamente con los anteriores más dinámicos, cambiantes y dependientes.

Una vez establecidas las distintas formas de organizar el paisaje, así como los componentes del mismo, en el siguiente capítulo se describirán cada uno de ellos para el caso específico de la microcuenca San José, con el fin de evaluar el estado actual de dicho territorio y tomar decisiones acertadas para procurar su conservación y manejo para el futuro, esto a través de estrategias y propuestas que vayan acorde a las necesidades específicas de los recursos presentes en la zona, así como también de los pobladores aledaños a dicha área.

El elemento territorial considerado es el paisaje, abordado desde una visión ecosistémica enfocado a las ANP, por tanto utilizaremos los principios del método conocido como **Análisis Integrado de Paisajes**. De la misma forma que en el Reconocimiento de Tierras, el territorio es visto como una realidad diferenciada en unidades espaciales menores, geocologicamente distintas y cuyos rasgos esenciales se reflejan en sus paisajes. En este sentido cada paisaje ha de ser considerado como un subsistema del territorio y como tal, su estudio debe estar sustentado en metodologías adecuadas para el tratamiento de sistemas, (García y Muños, 2002) además de aportar una dimensión espacial y temporal al estudio de las peculiaridades estructurales y fisonómicas de los ecosistemas, reconociendo, las actividades desarrolladas por el hombre como uno de sus elementos formadores (paisajes culturales), así como la transformación y dinámica de los paisajes” (Andrade y Amaya, 1994 en Salomón y otros, 2005).

Los aportes del paisaje se consiguen cuando se le considera como un sistema integro, sin disgregarlo en sus componentes o subsistemas. Sin embargo el estudio ambiental es tan complejo que no se considera objetivo borderarlo desde una solo visión, sino buscar la articulación integral de los componentes del paisaje. No obstante el método mencionado sugiere la desintegración del paisaje en sus componentes, lo cual facilita la interpretación de cada una de estas, esto se hace necesario ya que el objetivo principal de análisis de paisajes es pasar de la caracterización del territorio a interpretar su funcionamiento interior.

CAPÍTULO II: MARCO METODOLÓGICO



La caracterización de la estructura vertical del paisaje se centra principalmente en la distinción, caracterización, clasificación y representación cartográfica de los elementos del paisaje; abióticos, bióticos y antrópicos; de la microcuenca San José para establecer las diferentes interacciones y llegar a conformar las unidades de paisaje a partir de una metodología conocida como **Análisis Integrado de Paisajes** que fue desarrollado en los últimos años de la década 1960-1970 por el geógrafo francés Georges Bertrand, de la Universidad de Toulouse.

Es importante señalar que esta metodología considera ampliamente las perturbaciones antrópicas causadas por las actividades del hombre, representando estos factores en los usos de suelo; con esto se da una intervención entre las esfera natural y humana. Por lo tanto el método consta de cuatro etapas fundamentales: el inventario geoecológico, el establecimiento de la estructura taxonómico-corológica, el análisis integral de paisajes elementales y la síntesis estructural y dinámica.

2.1. El inventario geoecológico

En esta primera fase se plantea el reconocimiento de todos los componentes del territorio – *morfoestructuras, clima, relieve, aguas, suelos, vegetación, usos de suelo*-, mediante la generación de capas temáticas, (García y Muños, 2002) es necesario mencionar que con la generación de capas no se busca obtener información desarticulada, sino que se pretende encontrar en cada capa de información los aspectos que se relacionan para el funcionamiento del territorio.

Por tal motivo los estudios llevan un análisis secuencial por parte de los componentes de mayor escala dimensional y que tienen un comportamiento más independiente – las morfoestructuras y los climas- para continuar con los componentes cada vez más pequeños, iniciando por su carácter abiótico- las aguas y el relieve- y finalmente integral los más pequeños y dependientes- suelos, la vegetación, la fauna y los antropismos- que están subordinados a los anteriores (García, 1998a).

Para tal caso se realiza una clasificación y caracterización de los elementos que conforman la estructura del paisaje, cada uno apoyado por una expresión cartográfica que permita observar las características de cada componente, se explica cómo se articulan para dar lugar a la formación de un paisaje integral, se parte de la caracterización vertical del paisaje la cual de acuerdo a Mateo (1984 en Carbajal 2008) se determina a partir de la conjunción de las distintas esferas de la tierra en sentido vertical y para un punto o área determinada. En la tabla 4 se exponen las variables consideradas en la estructura vertical:

Tabla 4: Variables de la estructura vertical del paisaje consideradas para la microcuenca San José.

Nivel de manifestación espacio-temporal	Variable genérica	Componente geocológico	Elemento	Material y métodos	Productos a obtener
Macroestructuras	Componente abiótico	Fisiografía	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Provincia ✓ Subprovincia ✓ Sistema de topofomas 	Para estos componentes físico-geográficos del paisaje se lleva a cabo revisión bibliográfica de trabajos que cubren la zona de estudio y cartográfica existente, principalmente de INEGI escala 1:50000 y fotointerpretación.	Caracterización escrita y mapa temático de cada elemento considerado en la estructura vertical del paisaje, la cual servirá para la elaboración del mapa de paisajes (haciendo referencia a la estructura horizontal del mismo), utilizando la paquetería Arc GIS 10.1. A excepción del componente faunístico que solo se enlistaran las especies
		Clima	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Temperatura ✓ Precipitación 		
Geología-Litología y Geomorfología		<ul style="list-style-type: none"> ✓ Morfometría ✓ Litología ✓ Edad 			
Hidrología		<ul style="list-style-type: none"> ✓ Superficial 			
Mesoestructuras	Componente biótico	Edafología	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Pedogénesis ✓ Clasificación 	Para estos componentes se toma en cuenta el inventario florístico y faunístico del estudio técnico justificativo del Parque Estatal “Los Tres Reyes”, Además de la bibliografía disponible.	
		Flora	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Tipología ✓ Caracterización ✓ Distribución ✓ Superficie 		
	Fauna	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Tipología 			
	Componente antrópico	Uso de suelo	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Tipología ✓ Caracterización ✓ Distribución ✓ Superficie 	Se toma en cuenta la cartografía de uso de suelo de INEGI 2010a.	

		Aspectos demográficos	✓ Población	Se toma en cuenta los datos del Censo de Población y Vivienda 2010a; el Censo Agrícola, Ganadero y Forestal 2007 de INEGI	Caracterización escrita y representación de datos en tablas para su interpretación.
--	--	-----------------------	-------------	---	---

Fuente: Elaboración con base a Carbajal, 2008.

2.2. El establecimiento de la estructura taxonómico-corológica

De acuerdo con García (1998b) esta fase consiste en la integración de los resultados de la fase anterior para la diferenciación jerarquizada de unidades territoriales sintéticas – o paisajes- independientes y objetivamente diferenciados, aunque integrados en lo que hemos llamado series o familias de paisajes. Su definición se consigue con la aplicación de un sistema taxonómico-corológico amplio y general que sirve de base y marco de referencia para relacionar las unidades según el nivel que ocupan, contando por lo menos de seis niveles (ver tabla 5), entendiéndose también como la estructura horizontal del paisaje, el cual se considera como una mosaico territorial integrado por componentes de diverso orden jerárquico.

Tabla 5: Estructura taxonómico-corológica.

Unidad de Paisaje	Escala espacio-temporal		Elementos del medio que definen las categorías
	Nivel*	Superficie	
Zona**	I	Millones de km ²	Grandes franjas climáticas y biomas del planeta que manifiestan la influencia del reparto de tierras. Ciertas megaestructuras de primer orden como los Andes.
Dominio**	II	Miles de km ²	Climas regionales y grandes masas vegetales, relativas a grandes accidentes orográficos de dominio macroestructural.
Región Natural **	III-IV	Decenas de cientos de km ²	Morfoestructuras individualizadas tectónicamente y definidas por un clima regional y unas condiciones hidrológicas, geomorfológicas y biogeográficas originales.
Geosistema	V	Unidades a cientos de km ²	Complejo definido por un matiz regional que incluye una combinación más o menos de potencial ecológico, explotación biológica y acciones humanas.

Geofacies	VI	Cientos de m ²	Formas de relieve de detalles subordinados al influjo de topoclimas y distinguibles por un cierto tipo de explotación natural y humana.
Geotopo	VII	Decenas de m ²	Microtopografía y elementos biogeográficos (complejo biotopo-biocenosis), subordinadas al influjo de un microclima.

* Niveles según escala espacio temporal de J. Tricart y A. Cailleux

** Su significado en el contexto general del sistema taxonómico no ha sido precisado.

Fuente: García y Muños, 2002

El Análisis Integrado de Paisajes parte del postulado de que a cada geosistema le corresponde una única configuración paisajística estable y en equilibrio, por lo que las geofacies o paisajes elementales que se reconocen en su ámbito no son sino expresión de distintos estados de dicho geosistema, algo así como distintas etapas seriales o articuladas que tienen como referencia la llamado paisaje clímax o líder y que están más o menos próximas a él. Por ello, el análisis funcional de las geofacies lleva al conocimiento profundo de la estructura, el funcionamiento, el estado y las tendencias dinámicas y funcionales del sistema territorial (García, 1998b).

En este sentido, consideramos que por extensión y escala nuestra área de estudio corresponde al nivel de geosistema; para su estudio detallado se identifican las diferentes geofacies que lo componen, a partir de la integración de los componentes que aparecen en la caracterización vertical del paisaje, permitiéndonos identificar en donde se encuentran los límites horizontales por la diferenciación de cada uno de sus elementos.

Para generar el mapa de paisajes se utiliza el método deductivo (partiendo de lo general a lo particular) es decir, de macroestructuras a mesoestructuras, a partir de la utilización de la paquetería Arc Gis 10.1, durante el proceso de intersección de las diferentes capas de información, buscando integrar de esta forma todos los componentes del paisaje en un solo elemento para su análisis en conjunto.

2.3. El análisis integrado de los paisajes elementales

Se enfoca esta fase al estudio directo y detallado de los geosistemas de un territorio (ver tabla 6), a partir del reconocimiento de las geofacies o unidades inferiores que han sido reconocidas como paisajes elementales, homogéneos, más pequeños (escala inferior a 1:25 000) y que tienen un significado geográfico real. Se define cada una de ellas por una forma específica de relación entre los componentes más sintéticos y dependientes de territorio (García y Muños, 2002).

Tabla 6: Indicadores ambientales aplicados a cada uno de los paisajes elementales dentro de la microcuenca San José

Indicador e Información para realizarlo	Descripción	Como se hace	Como se relaciona con el tema
Indicadores de los componentes Abióticos - Bióticos (Biofísicos)			
<p>Pendiente -Topografía (Curvas de nivel)</p>	<p>Es el nivel de inclinación con respecto a la horizontal (D´ Luna, 1995 en Colín, 2005: 52).</p>	<p>A partir de las curvas de nivel se crea un Modelo Digital de Elevación, posteriormente en el programa ARCGIS 10.1 se utiliza la herramienta slope y se clasifica</p>	<p>El grado de inclinación influye en la presencia de vegetación, uso del suelo, accesibilidad, transitabilidad y es un factor determinante en los procesos de erosión, transportación y acumulación (Colín, 2005: 52).</p>
<p>Índice de erosión laminar hídrica - Precipitación modal anual (en milímetros), o en su caso calcular y usar la media. - Unidades de suelo (clasificación FAO/UNESCO). - Fases de suelo (clasificación FAO/UNESCO). - Clase textural del suelo (clasificación FAO/UNESCO). - Pendiente del terreno o topoforma dominante. - Uso del suelo y vegetación.</p>	<p>Se basa en el planteado por el Manual de Ordenamiento Ecológico (SEDUE, en D´Luna, 1995). Cuantifica valores de pérdida de suelo (toneladas/hectárea/año), provocada por la erosión hídrica superficial tomando en cuenta diversos parámetros, mediante este índice se califica la degradación atribuida a la erosión hídrica y determinar por unidad de paisaje los diferentes niveles de susceptibilidad del suelo a procesos erosivos (Carbajal, 2008: 104).</p>	<p>Este indicador se obtiene mediante la siguiente fórmula: Erosión Hídrica= IALLU x CAERO x CATEX x CATOP x CAUSO En donde: IALLU: Índice de agresividad de la lluvia. CAERO: Calificación de erodabilidad. CATEX: Calificación de textura y fase. CATOP: Calificación de la topografía. CAUSO: Calificación por uso del suelo (Carbajal, 2008).</p>	<p>Este índice permite determinar la cantidad potencial de suelo perdido por procesos erosivos en cada unidad de paisaje, así como los diferentes niveles de susceptibilidad a erosionarse de acuerdo a las diferentes componentes del paisaje.</p>

<p>Zonas con potencial de recarga hídrica.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pendiente y geoformas (microrelieve) - Tipo de suelo - Tipo de roca - Cobertura vegetal - Uso del suelo <p>La ponderación a usar en la evaluación de cada elemento va de 1 a 5, donde 1 corresponde al valor más bajo.</p>	<p>La recarga hídrica depende del régimen de precipitación, de la escorrentía superficial y del caudal de los ríos, así como de la permeabilidad de los suelos, de su contenido de humedad, de la duración e intensidad de la lluvia y del patrón de drenaje de la cuenca. También la pendiente de la superficie constituye un factor importante, puesto que los terrenos muy inclinados favorecen la escorrentía superficial; por el contrario, los terrenos con poca pendiente retienen por más tiempo el agua, lo que favorece la infiltración (INAB, 2003 en Matus y otros, 2009: 7).</p>	<p>1.Determinación del potencial de recarga de las zonas evaluadas a partir de la siguiente ecuación:</p> $ZR = [0.27(Pend)+0.23(Ts)+0.12(Tr)+0.25(Cve)+0.13(Us)]$ <p>Dónde:</p> <p><i>Pend:</i> Pendiente y microrrelieve</p> <p><i>Ts:</i> Tipo de suelo</p> <p><i>Tr:</i> Tipo de roca</p> <p><i>Cve:</i> Cobertura vegetal permanente</p> <p><i>Us:</i> Usos del suelo (Matus y otros, 2009: 17)</p>	<p>Las zonas con mayor potencial de recarga hídrica deben ser consideradas dentro de políticas de conservación, ya que gracias a estas se favorece la disponibilidad de agua subterránea, que es la principal fuente de abastecimiento para consumo humano.</p>
<p>Fragilidad ambiental</p> <ul style="list-style-type: none"> -Pendiente o geoformas -Tipo de suelo -Tipo de vegetación -Susceptibilidad a la erosión hídrica -Recarga hídrica. <p>La ponderación a usar en la evaluación de cada elemento va de 1 a 5, donde 1 corresponde al valor más bajo.</p>	<p>La fragilidad ambiental, de manera general se considera como la capacidad intrínseca de una unidad natural territorial, ecosistema o comunidad a enfrentar agentes de cambio, basado en la fortaleza propia de sus componentes y en la capacidad y velocidad de regeneración del medio (Gobierno del Estado de Jalisco, 2011).</p>	<p>Para determinar el indicador de fragilidad ambiental se ponderan la pendiente o geoformas, suelos, vegetación, erosión hídrica y recarga hídrica para determinar qué factores favorecen o dificultan la fragilidad ambiental. Se asignará el peso de cada uno de los elementos del paisaje a partir del Proceso de análisis Jerárquico (AHP) por sus siglas en ingles.</p>	<p>Determinar cuáles son las unidades de paisaje con mayor fragilidad ecológica ante eventos perturbadores ya sean naturales o antrópicos.</p>

Indicador del componente antrópico			
Indicador de Transitabilidad del territorio -Accesibilidad o vías de comunicación -Pendientes -Vegetación	Este indicador evalúa la posibilidad real que tiene el hombre de circular dentro de una unidad de paisaje sin tomar en cuenta las relaciones con el exterior de la misma considerando los elementos internos de obstaculización o facilitan el tránsito de personas. D' Luna, 1995 en Colín, 2005: 52).	Para determinar el indicador de transitabilidad del territorio se ponderan la pendiente, la vegetación y las vías de comunicación, para determinar qué factores favorecen o dificultan la transpirabilidad. Se asignará el peso de cada uno de los elementos del paisaje a partir del Proceso de análisis Jerárquico (AHP) por sus siglas en ingles.	Este indicador nos permite identificar las unidades de paisaje con mayor vulnerabilidad ante la presión antrópica.

Fuente: Elaboración con base a autores citados en la tabla.

2.4. La síntesis estructural y dinámica del territorio

Es la fase final del análisis, la cual consiste en un tratamiento inductivo de integración y simplificación con el objetivo de resaltar los factores o grupos de factores que al nivel de todo el territorio de estudio se consideran controladores ecológicos. Se presentan los resultados finales acerca del estado actual de los recursos, del grado de participación humana y de los procesos asociados a ella, del tipo y la intensidad de los procesos asociados a cambios de fondo y pérdidas de diversidad, los umbrales de la estabilidad natural, los más sensibles indicadores del territorio, entre muchos otros temas que han de ser definidos para cada caso en particular. La metodología de trabajo consiste en la confrontación cartográfica y estadística de los geosistemas previamente determinados, con diversas temáticas obtenidas, tanto de los estudios de gabinete como de campo, a fin de hallar las correcciones fundamentales. (García y Muños, 2002).

En el capítulo siguiente se describe y analiza cada uno de los componentes del paisaje dentro de la microcuenca San José, con el fin de identificar el estado actual del área de estudio, se crea la cartografía correspondiente a cada uno de los elementos ambientales para poder delimitar espacialmente las unidades del paisaje o geofacies para su análisis.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

3.1 Caracterización de la estructura vertical del paisaje de la “Microcuenca San José”



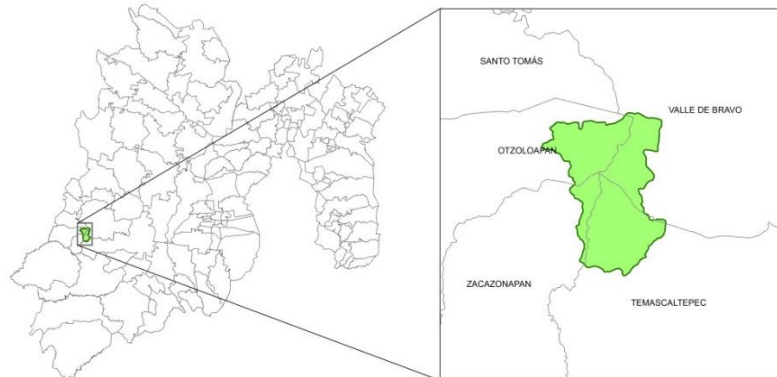
En el presente capítulo se aborda la descripción actual de las condiciones biofísicas y sociales de la microcuenca San José. Dicha descripción se aborda desde la estructura vertical del paisaje, el cual dicho concepto surge a partir de la conjunción de las distintas esferas de la tierra en un sentido vertical y para un punto determinado (Colín, 2005).

La descripción que a continuación se presenta está centrada en el conocimiento bibliográfico y cartográfico; así como la verificación y trabajo en campo, cabe señalar que por la escala de trabajo se optó por una escala de entrada 1:50 000 retomada de INEGI, no obstante, la escala de trabajo fue de 1: 30 000, por lo tanto la información de entrada se detalló de acuerdo a esta escala, generado información cartográfica nueva.

3.1.1. Localización Geográfica y Rasgo Topográficos

La cuenca del Arroyo San José se localiza al sureste de la ciudad de Toluca, al sur de la presa Colorines y al sur-sureste de la presa Valle de Bravo o Miguel Alemán del complejo hidroeléctrico del mismo nombre; el territorio de esta cuenca se ubica entre los límites municipales de Temascaltepec (39.08%), Oztoloapan (28.68%), Valle de Bravo (23.55%) y Zacazonapan (8.69%); entre las coordenadas extremas 2109327, 2117217 latitud norte y los paralelos 375470, 369479 longitud oeste (Ver figura 1).

Figura 1: Localización de la microcuenca San José



Fuente: Elaboración con base a mapa topográfico.

Entre la naturaleza del terreno se pueden encontrar zonas relativamente planas en la parte alta, hasta zonas escarpadas en el centro y sur de la cuenca, además de formaciones caprichosas en toda el área, las cuales son conocidas en las localidades establecidas en los alrededores por su belleza escénica y su importancia cultural, dándoles nombres de referencia a algunos de ellos, entre estos se destacan la montaña de los “Tres reyes”, “Peña Sola”, “Peña Pueblo Viejo”,

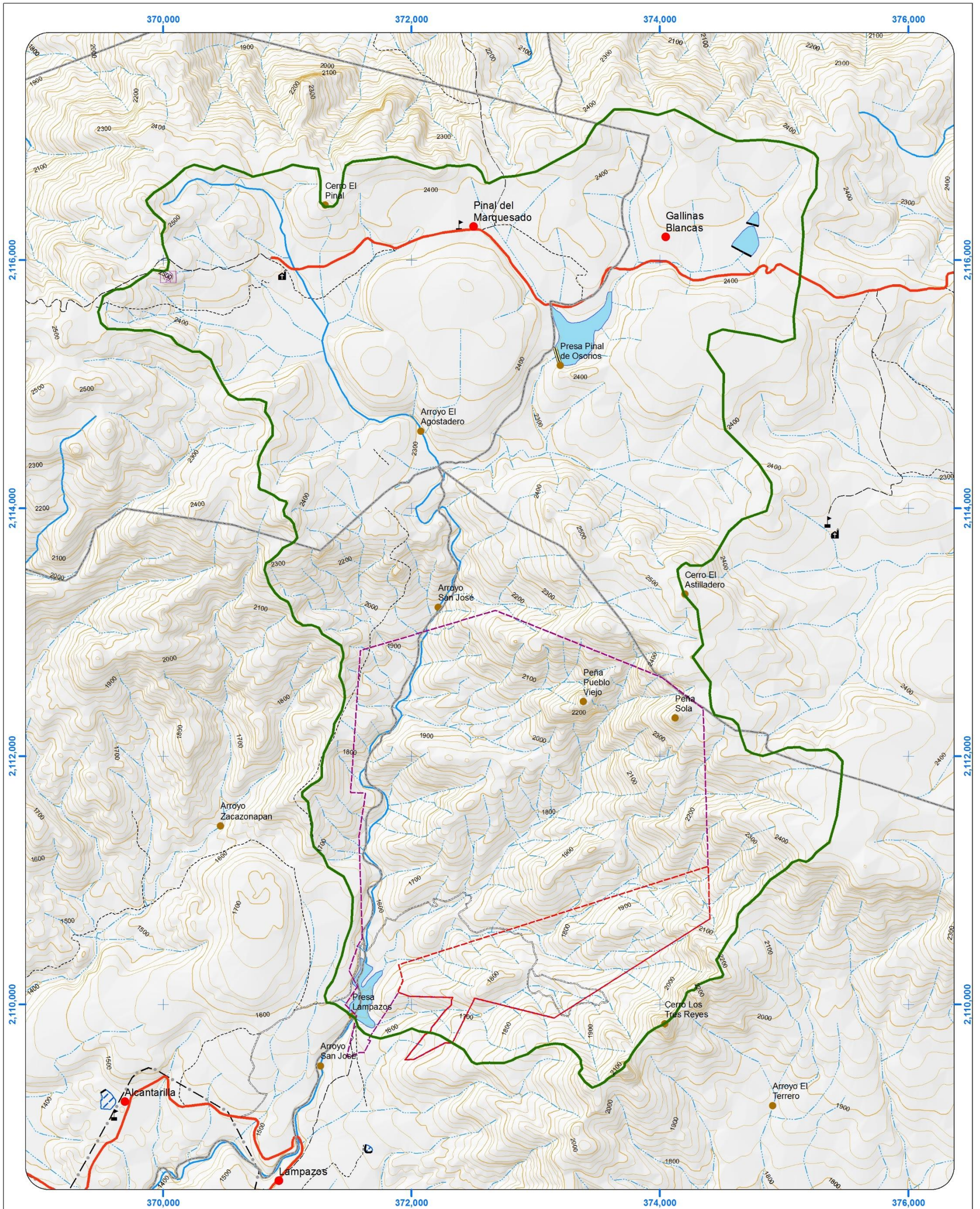
“Cerro El Astillero”, “Cerro El Pinal”, “Arroyo San José”, “Arroyo El Agostadero” y las presas “Pinal de Osorios” y “Lampazos” (Ver Mapa C01: Topografía). De acuerdo a la toponimia del lugar se tomó el nombre del Arroyo San José para nombrar a la cuenca, ya que es el de mayor longitud y además de ser perenne.

La cuenca tiene su nacimiento en territorio de los municipios de Valle de Bravo y Oztoloapan, mientras que la parte baja de la cuenca está en los municipios de Temascaltepec y Zacazonapan, en donde el Arroyo San José sirve como límite municipal entre estas dos demarcaciones. El límite de la cuenca se inicia y cierra en la cortina del embalse artificial presa Lampazos con la finalidad de tener una referencia física en la salida de la cuenca, que para estudios hidrológicos (que no es el caso de esta tesis) se mantiene un mayor control del agua con esta infraestructura. Aunado a lo anterior y de acuerdo a INEGI (2010a) esta cuenca abastece del recurso hídrico de manera directa a 805 personas divididas en cuatro localidades; Pinal de Marquesado (Oztoloapan), Gallinas Blancas (Valle de Bravo), Lampazos (Temascaltepec) y Alcantarilla (Zacazonapan).

La principal vía de comunicación que se encuentran en la zona es la carretera estatal Temascaltepec-El Fresno-San Pedro Tenayac-Zacazonapan, con ruta 50. El acceso a la parte baja de la microcuenca San José y al Parque Estatal “Los Tres Reyes” es a la altura de la comunidad de Lampazos, Municipio de Temascaltepec por una carretera de terracería; para la parte alta de la cuenca se tiene que partir de Avándaro o San Pedro Tenayac en ambos casos dirigirse hacia Cerro Gordo hasta entroncar con la carretera local “Camino al Pinal de Marquesado”. El acceso a la parte central de la cuenca es a través de brechas y veredas que se pueden transitar a pie y a caballo principalmente.

De acuerdo a la delimitación realizada por interpretación de curvas de nivel para delimitar la cuenca, esta cuenta con un área de 2784.31 ha, es una zona relativamente extensa y compleja por sus componentes biofísicos, que la hace un área de interés para la realización de diversos estudios, entre ellos de índole ecológico y ambiental, permitiendo generar información para la toma de decisiones que permitan la protección, conservación, restauración y manejo de los recursos naturales establecidos en la superficie ocupada por la microcuenca.

Dentro del área de estudio se encuentra el “Parque Estatal los Tres Reyes” con una superficie de 150 ha, representando el 5.38% del total de la superficie de la cuenca, el cual tiene como objetivo general conservar los recursos naturales presentes en el área, tales como agua, suelo, flora y fauna; y que el recurso que se ve mayormente favorecido es el agua, ya que con esto se protegen los manantiales dentro del parque, se favorece la recarga de mantos freáticos y los escurrimientos superficiales que llegan a la presa Lampazos, la cual distribuye el servicio de agua potable en la localidad de Lampazos y Alcantarilla (CEPANAF, 2011).



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO
FACULTAD DE PLANEACIÓN URBANA Y REGIONAL



"DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DE LA MICROCUENCA SAN JOSÉ PARA DETERMINAR SU POTENCIAL COMO ÁREA NATURAL PROTEGIDA EN EL ESTADO DE MÉXICO"

Mapa C01: Topografía



Simbología

- | | | | |
|---|---|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> Limite de Cuenca San José Parque Estatal "Los Tres Reyes" (2012) Parque Estatal "Los Tres Reyes" (2014) División Municipal ● Localidad Rural ● Toponimio | <ul style="list-style-type: none"> Carretera Estatal Libre Terracería Brecha Vereda Línea de Conducción ● Línea Eléctrica ● Línea Telefónica | <ul style="list-style-type: none"> 🏫 Escuela 🏠 Templo 📡 Torre de Microondas 📶 Curvas de Nivel — Curva Maestra (Equidistancia 100 mts) — Curva Ordinaria (Equidistancia 20 mts) | <ul style="list-style-type: none"> — Corrientes de Agua — Corriente Perenne — Corriente Intermitente — Bordo — Presa — Cuerpos de Agua — Cuerpo de Agua Perenne — Cuerpo de Agua Intermitente |
|---|---|--|--|

Fuente:
Datos vectoriales de INEGI, 1999.
Carta topográfica escala 1:50000,
Clave: E14A46. Valle de Bravo.
Aguascalientes, México.

1:30,000

0 125 250 500 750 1,000
Metros

Proyección Cartográfica:
Proyección: Universal
Transversa de Mercator
Datum: D WGS - 1984
Elipsoide: WGS - 1984
Zona Geográfica: 14 Norte

Jhovany Quintana Mondragón

3.1.2 Fisiografía

El relieve es la forma en que se presenta la superficie de la tierra, en México es extraordinariamente variado, podemos encontrar desde cadenas montañosas hasta grandes planicies costeras pasando por valles, cañones, altiplanicies, y depresiones entre otras formaciones, para una mejor comprensión y estudio de la diversidad estructural la Dirección General de Geografía del INEGI determino una división en 15 regiones fisiográficas (INEGI, 2008), las cuales presentan rasgos particulares a lo largo del territorio nacional, generando un mosaico heterogéneo geográficamente hablando.

La microcuenca San José se localiza en la provincia fisiográfica de la Sierra madre del Sur (ver figura 2), la cual limita al Norte con la provincia del Eje Volcánico Transversal; al Este con la provincia de la Llanura Costera del Golfo Sur, la Provincia de las Sierras de Chiapas y Guatemala, y la provincia de la Llanura Costera Centroamericana del Océano Pacífico, al sur limita con el Océano Pacífico.

Figura 2: Fisiografía de México



Fuente: Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática, Dirección General de Geografía, Cartas fisiográficas escala 1:1 000 000, México.

La Sierra Madre del Sur se extiende a lo largo y muy cerca de la costa del pacífico con una dirección general de noreste a sureste, su altitud es casi constante de poco más de 2000 msnm en ella nacen varias corrientes que desembocan en el océano pacífico y en su vertiente interior se localizan las cuencas de Río Balsas, Verde y Tehuantepec. Esta es la provincia con mayor complejidad geológica, ya que

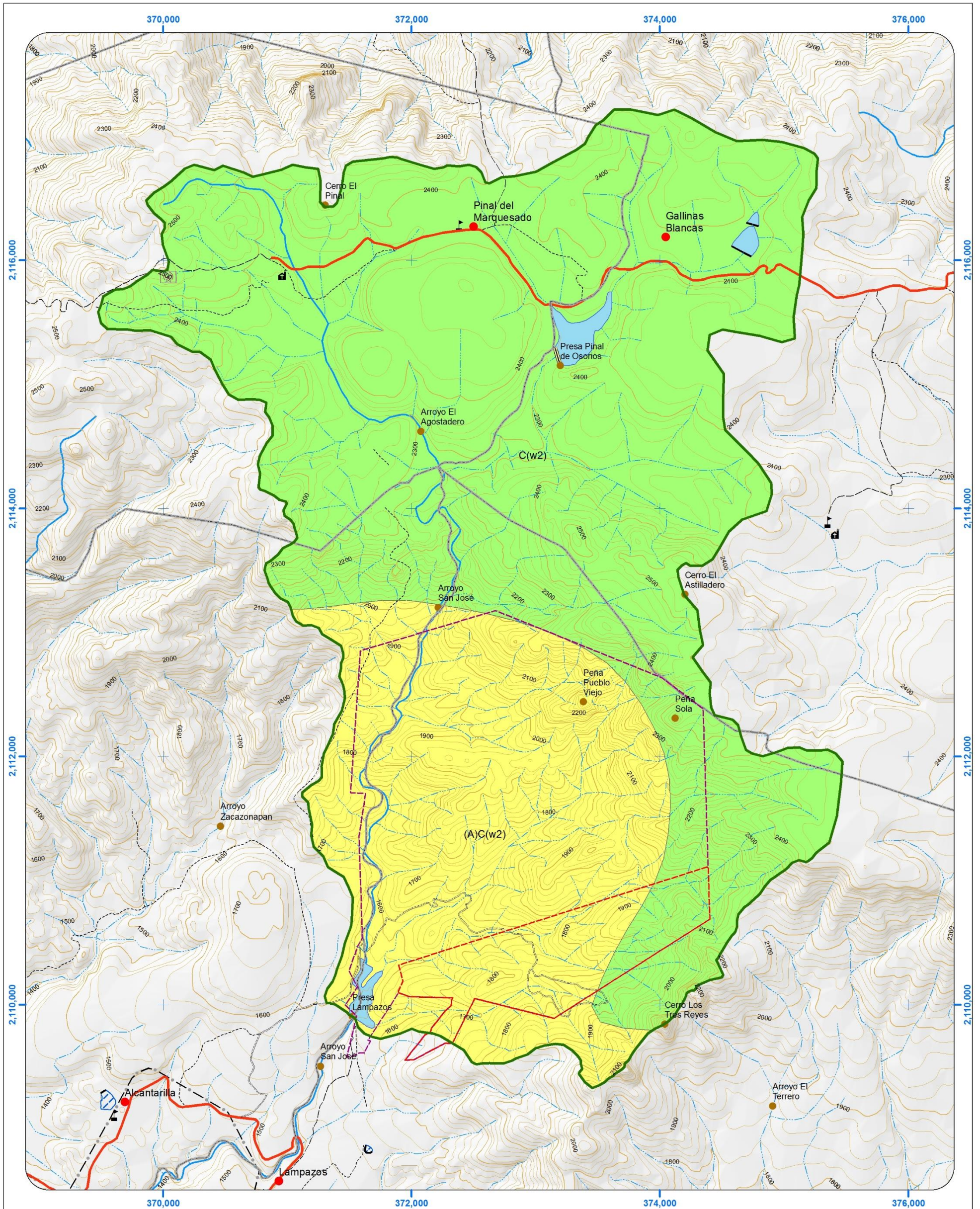
podemos encontrar rocas ígneas, sedimentarias y la mayor abundancia de rocas metamórficas del país. El Choque de la placa de Cocos y la placa Norteamericana, provocó el levantamiento de esta Sierra y ha determinado en gran parte su complejidad (INEGI, 2008).

Los climas subhúmedos cálidos y semicálidos imperan en la mayor parte de la provincia. En ciertas regiones elevadas, incluyendo algunas con extensos terrenos planos, como los Valles Centrales de Oaxaca, rigen climas semisecos templados y semifríos; en tanto que al Oriente, colindando con la Llanura Costera del Golfo Sur, hay importantes áreas montañosas húmedas cálidas y semicálidas (Secretaría de Programación y Presupuesto, 1981 en Pérez, 2012).

Específicamente el área de estudio pertenece a la subprovincia fisiográfica de la Depresión del Balsas la cual se originó a principios del Cenozoico, durante esta época la estructura fisiográfica sufrió levantamientos: la intensa actividad volcánica cenozoica cerró cauces, detuvo cursos de aguas y terminó por formar un auténtico mar interior en la depresión. Durante este periodo, el gigantesco vaso lacustre se vio afectado por nuevos movimientos orogénicos que dieron lugar a fracturamientos o líneas de debilidad sobre la Sierra Madre del Sur, que permitieron al agua abrirse paso hacia el mar a través de cascadas monumentales, cañones estrechos y escalonados, como los de El Infiernillo, y formar el delta (Paucic 1980, Tamayo 1949 y 1958; en INE, 2007). Actualmente esta depresión forma parte de la cuenca del Río Balsas una de las más importantes a nivel nacional. Finalmente, de acuerdo a lo descrito en la carta Geológico-Minera Valle de Bravo SGM (2000), el área de la Microcuenca San José, se encuentra en la unidad tectónica conocida como Terreno Guerrero.

3.1.3. Climas

En México el clima está determinado por varios factores, entre los que se encuentran la altitud sobre el nivel del mar, la latitud geográfica, las diversas condiciones atmosféricas y la distribución existente de tierra y agua. Por lo anterior, el país cuenta con una gran diversidad de climas, los cuales de manera muy general pueden clasificarse, según su temperatura, en cálido y templado; y de acuerdo con la humedad existente en el medio, en: húmedo, subhúmedo y muy seco (SMN, 2010a).



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO
FACULTAD DE PLANEACIÓN URBANA Y REGIONAL



"DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DE LA MICROCUENCA SAN JOSÉ PARA DETERMINAR SU POTENCIAL COMO ÁREA NATURAL PROTEGIDA EN EL ESTADO DE MÉXICO"

Mapa C02: Climas



Simbología Temática

Tipo de Climas

- (A)C(w2) Semicálido
- C(w2) Templado

Simbología Básica

- Limite de Cuenca San José
- Parque Estatal "Los Tres Reyes" (2012)
- Parque Estatal "Los Tres Reyes" (2014)
- División Municipal
- Localidad Rural
- Toponímio
- Vías de Transportación
 - Carretera Estatal Libre
 - Terracería
 - Brecha
 - Vereda
- Instalaciones y Edificaciones
 - Escuela
 - Templo
- Instalaciones de Comunicación
 - Torre de Microondas
- Curvas de Nivel
 - Curva Maestra (Equidistancia 100 mts)
 - Curva Ordinaria (Equidistancia 20 mts)
- Corrientes de Agua
 - Corriente Perenne
 - Corriente Intermitente
- Bordo
- Presa
- Cuerpos de Agua
 - Cuerpo de Agua Perenne
 - Cuerpo de Agua Intermitente

Fuente:
- Datos vectoriales de INEGI, 1999. Carta topográfica escala 1:50000, Clave: E14A46. Valle de Bravo, Aguascalientes, México.
- García, E.- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), (1998). Climas. (Clasificación de Köppen, modificado por García). Escala 1:1000000. México

1:30,000

0 125 250 500 750 1,000
Metros

Proyección Cartográfica:
Proyección: Universal Transversa de Mercator
Datum: D WGS - 1984
Elipsoide: WGS - 1984
Zona Geográfica: 14 Norte

Jhovany Quintana Mondragón

De acuerdo al mapa de climas elaborado por García y CONABIO (1998) el cual se basa en la clasificación de Köpen, modificada por Enriqueta García en 1973, para el área de la microcuenca San José se identifican dos unidades climáticas, pertenecientes a los grupos de climas templado (C) y semicálido (A), (ver Mapa C02: Climas). Cabe señalar que por la escala de entrada de la información, se generalizan los microclimas que pueden existir dentro de la cuenca; debido a la calidad de la información disponible se tomó esta fuente debido a que se adapta en mayor medida a las condiciones del lugar; de tal forma se describen cada uno de los climas presentes en la cuenca (ver tabla 7) con sus variaciones de temperatura y precipitación que son las principales variables por las cuales se clasifican los climas en México.

Tabla 7: Tipos de climas y sus características en la microcuenca San José.

Grupo	Subgrupo	Tipo	Características	Localización y superficie
A	Semicálido Subhúmedo del grupo C	(A)C(w2)	<i>Temperatura:</i> media anual mayor de 18°C, temperatura del mes más frío menor de 18°C, temperatura del mes más caliente mayor de 22°C.	Se localiza en la parte baja de la cuenca hasta el límite altitudinal de los 2000 msnm aproximadamente en la parte superior, ocupando el 30.80 % del total de la superficie de la cuenca.
			<i>Precipitación:</i> en el mes más seco menor de 40 mm; lluvias de verano con índice P/T mayor de 55 y porcentaje de lluvia invernal del 5 al 10.2% del total anual. La pp media anual es de 1039.9 mm.	
B	Templado Subhúmedo	C(w2)	<i>Temperatura:</i> media anual entre 12°C y 18°C, temperatura del mes más frío entre -3°C y 18°C y temperatura del mes más caliente bajo 22°C.	Se localiza en la parte alta de la cuenca a partir de los 2000 msnm aproximadamente, ocupando el 69.20% del total de la superficie de la cuenca.
			<i>Precipitación:</i> en el mes más seco menor de 40 mm; lluvias de verano con índice P/T mayor de 55 y porcentaje de lluvia invernal del 5 al 10.2% del total anual. La pp media anual es de 941.2 mm.	

Fuente: Elaboración con base a García y CONABIO (1998).

Considerando que el clima se refiere al conjunto de fenómenos meteorológicos que caracterizan el estado medio de la atmósfera en un punto de la superficie de la tierra. El clima de una región está controlado por una serie de elementos como: temperatura, humedad, presión, vientos y precipitaciones, principalmente. Estos valores se obtienen a partir de la recopilación en forma sistemática y homogénea de la información meteorológica, durante períodos que se consideran suficientemente representativos, de 30 años o más. Factores como la latitud,

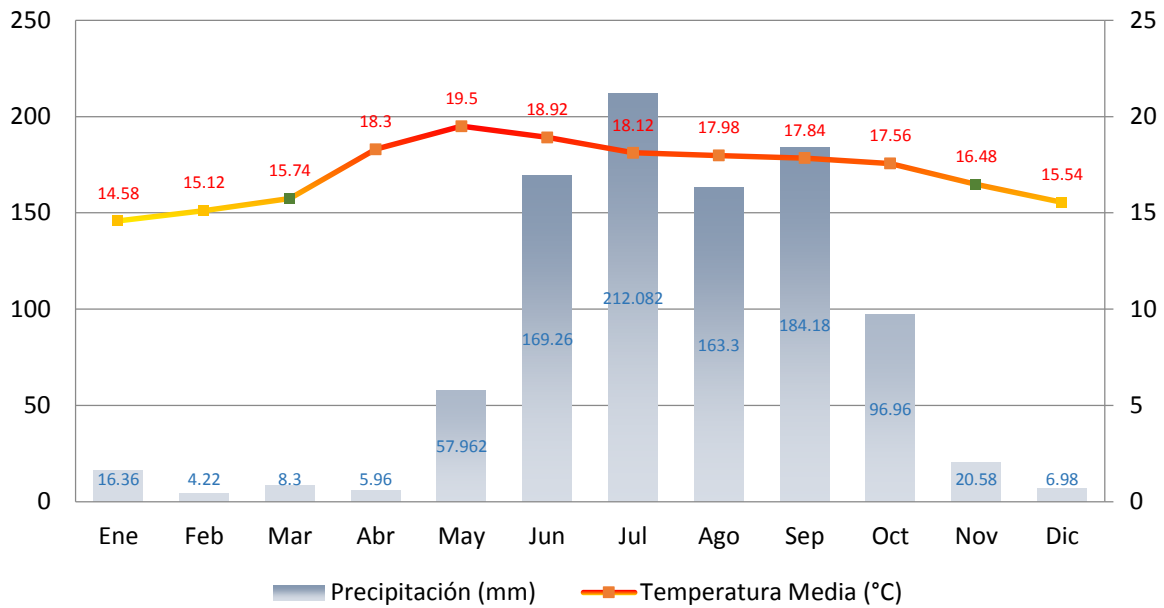
longitud, continentalidad, relieve, dirección de los vientos, también determinan el clima de una región (INEGI, 2013). Debido a que la microcuenca San José se encuentra en una zona con gran complejidad fisiográfica, la existencia de dos climas en un área relativamente pequeña da muestra de las variaciones atmosféricas tan complejas que existen en la zona, causadas principalmente por las variaciones altitudinales, que van desde los 1540 msnm a 2540 msnm en tan solo una longitud aproximada de 7 km, resaltando que existen áreas dentro de la zona con características escarpadas, lo cual hace que estas variaciones sean más notables.

Dentro del análisis y clasificación de los climas, los factores meteorológicos más importantes para determinar el tipo de clima por parte de García y CONABIO (1998) son la precipitación y la temperatura, los cuales se describirán cada uno de estos factores para el área de la cuenca, considerando los datos de las estaciones meteorológicas del Servicio Meteorológico Nacional.

Precipitación y Temperatura

La precipitación y la temperatura son variables muy cambiantes durante todo el año, que dependiendo del clima y las características fisiográficas en que se encuentren, darán lugar a una gran diversidad de combinaciones entre estas; la precipitación y la temperatura puede presentarse con altas variaciones en escalas espaciales y temporales pequeñas; considerando lo anterior; para el caso de la microcuenca San José no existe alguna estación meteorológica dentro del área de estudio, lo cual limita la obtención de información meteorológica exacta, por lo tanto se tomaron las estaciones meteorológicas más cercanas, las cuales se mencionan a continuación: Presa Colorines (Valle de Bravo, 4 km), Ixtapantongo (Santo Tomas de los Plátanos, 3.9 km), Otzoloapan (San Martín Otzoloapan, 6.1 km), Zacazonapan (San Juan Zacazonapan, 3.2 km), y San Pedro Tenayac (Temascaltepec, 3.95 km). Considerando que la cuenca se encuentra entre estas estaciones, se consideraron sus datos para calcular las variables meteorológicas de precipitación y temperatura, los cuales se representan en el siguiente climograma.

Figura 3: Climograma Cuenca San José



Fuente: Elaboración con base a datos del SMN (2010b).

En el climograma se muestra que no existe variación importante en cuanto a temperatura, ya que el mes más frío (enero) presenta una media de 14.58°C y el mes más cálido (mayo) tiene una media de 19.5°C. Por parte de la precipitación se muestra que la época de lluvias es de 6 meses (Mayo-Octubre) con precipitaciones acumuladas mensuales de 57.96 a 212.08 mm; por otra parte la temporada de estiaje abarca 6 meses (de Noviembre-Abril) con una precipitación entre 4.22 y 20.58 mm mensuales.

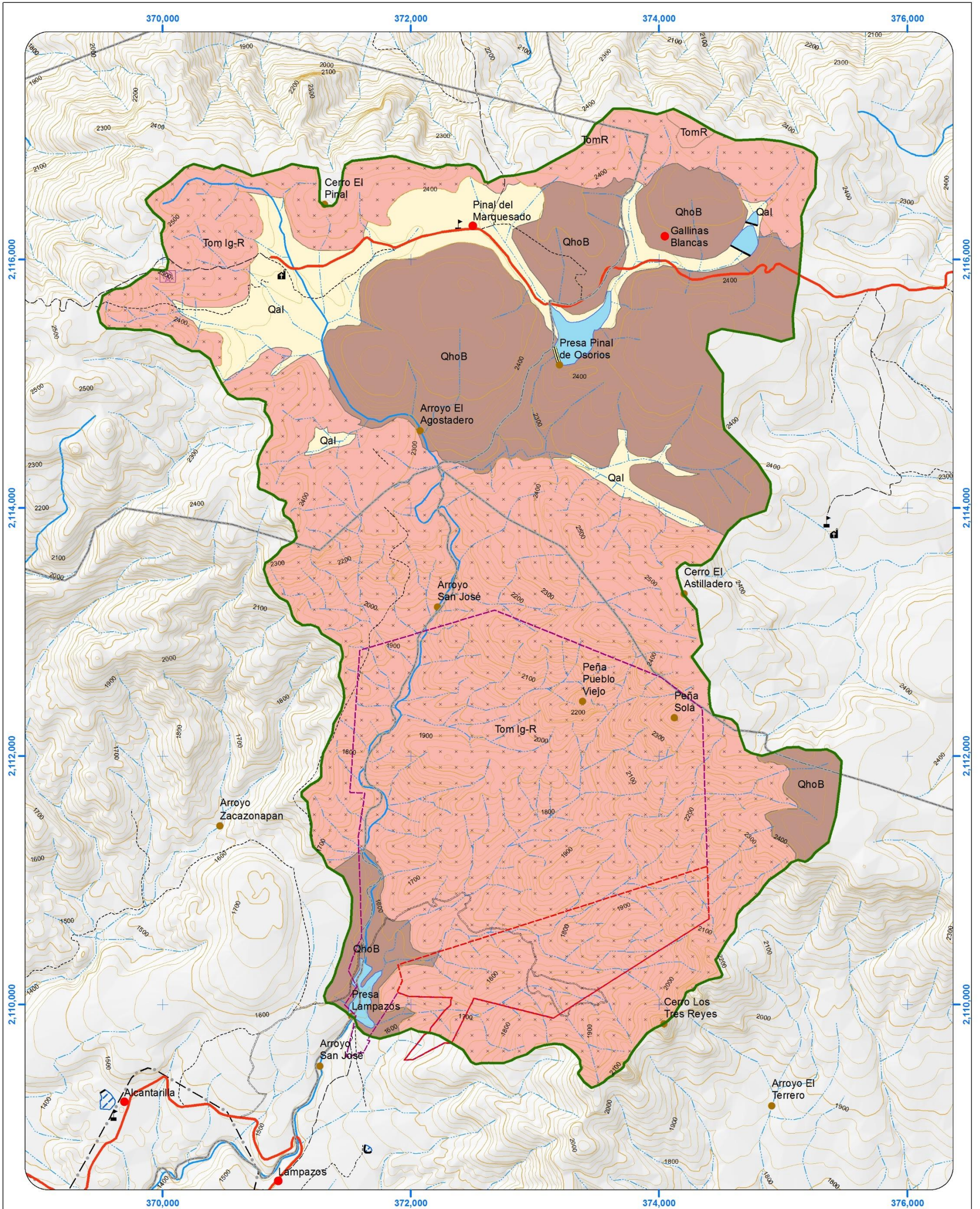
La relación entre estas variables es marcada, ya que para el mes de mayo la temperatura comienza a elevarse debido a que se acerca el verano, por lo tanto existe mayor evaporación y retención de agua en la atmosfera provocando una mayor sensación térmica, sin embargo, debido a la ausencia de humedad proveniente del océano, las precipitaciones son relativamente débiles, lo que da inicio a la época de lluvias. Ya entrado el mes de Junio y una vez comenzado el verano las temperaturas en general son mayores y por lo tanto aumenta la humedad atmosférica proveniente del Océano Pacifico, lo cual hace que las precipitaciones en la región de la cuenca sean constantes y abundantes, incluso torrenciales, esto ocasiona que la temperatura descienda un poco dando una sensación térmica fresca. Una vez pasado Verano las temperaturas comienzan a descender, por lo tanto la retención del humedad en la atmosfera disminuye y las lluvias comienzan a ser menos constantes o nulas a finales de Octubre e inicios de Noviembre dando inicio a la época de estiaje durante el Invierno e inicios de la primavera.

3.1.4. Geología-Litología

La diversidad geológica por la que se caracteriza la Sierra madre del Sur hace que esta sea altamente compleja y extensa, por lo tanto nos enfocaremos a el área que ocupa la Microcuenca San José, que de acuerdo con la carta Geológico-Minera Valle de Bravo SGM (2000) se identifica que en esta área afloran rocas de la Era Cenozoica ($65,5 \pm 0,3$ millones de años –actualidad) pertenecientes a la Formación Tizapotla (Tomlg-R) del periodo Neógeno o Terciario (23 – 2.5 millones de años), compuesta por brecha volcánica riolítica, tobas líticas soldadas, riolitas con textura esferulítica, tobas riolíticas y tobas vitrolíticas riolíticas y dacíticas, y tobas finas de composición riolítica o dacítica, producto de que durante este periodo se registró actividad volcánica en la región y el material emitido sepultó en algunos sitios de roca del Mesozoico. En esta área se identifican también afloramientos rocosos del Periodo Cuaternario (2,588 millones de años – actualidad), específicamente durante el Holoceno (últimos 11 784 años) se depositan unidades de basaltos de olivino y/o piroxeno, andesitas basálticas o basaltos andesíticos (QhoB) y una serie de conos cineríticos constituidos de brecha volcánica tipo escoria y lapillis de composición basáltica, finalmente, derivados de procesos erosivos se tienen depósitos aluviales con arenas, arcillas, gravas y conglomerados no consolidados.

De acuerdo a la geología descrita anteriormente y la interpretación de la carta antes mencionada, el componente litológico de la microcuenca San José, se centra en cuatro unidades distintas de rocas; Riolita, Ignimbrita-Riolita, Basalto y Aluvión (ver Mapa C03: Geología-Litología). Para tener una mejor referencia acerca de las características intrínsecas de cada una de las rocas que se presentan en el área de estudio, a continuación se describen de manera individual cada unidad litológica buscando abarcar su origen y composición mineralógica.

La **Ignimbrita** es una roca volcánica piroclástica, compuesta de fragmentos de lava y ceniza, con inclusiones de vidrio oscuro comparativamente grandes y semejantes a la llama de una vela (estructura de “fiamme”) (Lugo, 1989). Estas rocas son producto de flujos piroclásticos densos con un alto contenido en fragmentos magmáticos juveniles que se emplazan a temperatura elevada. Las ignimbritas se generan por colapsos de las columnas eruptivas en las erupciones plinianas y en el de domos y coladas lávicas de viscosidad elevada. En las ignimbritas se desarrollan flujos laminares (unidad de mayor densidad) y flujos turbulentos en los niveles superiores (nube acompañante) que determinan diferentes unidades en el depósito.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO
FACULTAD DE PLANEACIÓN URBANA Y REGIONAL



"DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DE LA MICROCUENCA SAN JOSÉ PARA DETERMINAR SU POTENCIAL COMO ÁREA NATURAL PROTEGIDA EN EL ESTADO DE MÉXICO"

Mapa C03: Geología-Litología



Simbología Temática

Tipo de Roca y Geología

- Qal Aluvión del Cuaternario
- QhoB Basalto del Cuaternario
- TomIg-R Ignimbrita-Riolita del Neógeno
- TomR Riolita del Neógeno

Simbología Básica

- | | |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> Limite de Cuenca San José Parque Estatal "Los Tres Reyes" (2012) Parque Estatal "Los Tres Reyes" (2014) División Municipal Localidad Rural Toponímico Vías de Transportación Carretera Estatal Libre Terracería Brecha Vereda Instalaciones y Edificaciones Escuela Templo | <ul style="list-style-type: none"> Instalaciones de Comunicación Torre de Microondas Curvas de Nivel Curva Maestra (Equidistancia 100 mts) Curva Ordinaria (Equidistancia 20 mts) Corrientes de Agua Corriente Perenne Corriente Intermitente Bordo Presa Cuerpos de Agua Cuerpo de Agua Perenne Cuerpo de Agua Intermitente |
|--|--|

Fuente:
Datos vectoriales de INEGI, 1999. Carta topográfica escala 1:50000. Clave: E14A46. Valle de Bravo, Aguascalientes, México. SGM, Servicio Geológico Mexicano, 2000 Carta Geológico-Minera Valle de Bravo E14-A46, Pachuca, Hidalgo, México

1:30,000
0 125 250 500 750 1,000
Metros

Proyección Cartográfica:
Proyección: Universal Transversa de Mercator
Datum: D WGS - 1984
Elipsoide: WGS - 1984
Zona Geográfica: 14 Norte

Jhovany Quintana Mondragón

La velocidad de fluidización determinará la estructura interna del mismo. De acuerdo a la temperatura del flujo en el momento de su detención se distinguen ignimbritas soldadas o no soldadas. En situación de colapso inmediato de las columnas eruptivas pueden generarse las llamadas ignimbritas reomórficas que se comportan en su recorrido y emplazamiento como coladas lávicas muy viscosas (UCLM, 2013).

La **Riolita** es una roca ígnea efusiva, ácida, de color claro, equivalente al granito (intrusiva). La matriz generalmente es vítrea, con poca frecuencia criptocristalina. Consiste principalmente en vidrios, cuarzo, feldespato alcalino y plagioclasa. En el relieve origina derrames de lava, domos volcánicos y acumulaciones de ceniza, (Lugo, 1989). Roca constituida con alto contenido en SiO₂ (superior al 65%). Está compuesta por cuarzo, sanidina y plagioclasa, y biotita y magnetita como minerales accesorios. Si incrementa la presencia de plagioclasas la roca pasa a ser una dacita. La disminución de cuarzo hace que la roca pase a ser una traquita. Tiene textura vítrea o microcristalina (UCLM, 2013).

El **Basalto** es una roca ígnea efusiva de composición básica y color oscuro, consistente principalmente de plagioclasas básicas, augita y con frecuencia olivino. Generalmente es una roca compacta y porosa (Lugo, 1989). Su contenido en sílice (SiO₂) es inferior al 50%, por lo que se considera una roca "básica". En función de la separación del gas del resto de los componentes del magma, la apariencia externa del basalto es variable. Las condiciones de viscosidad y movimiento de las lavas basálticas sobre la superficie originan coladas escoriáceas (malpaís) y coladas fluidas que al enfriarse pueden desarrollar columnas prismáticas de gran perfección. Los basaltos pueden contener vacuolas que cuando se encuentran rellenas de precipitados, generados a expensas de procesos hidrotermales, forman zeolitas. El basalto se ha utilizado tradicionalmente como roca industrial (fabricación de adoquines para pavimento urbano y construcción de carreteras) y como roca ornamental (UCLM, 2013).

El **Aluvión** son depósitos sedimentarios formados por corrientes fluviales en el cauce y llanura de inundación de los valles fluviales. La composición granulométrica y mineralógica, así como las características estructural-texturales varían ampliamente en función del régimen de los ríos, de la resistencia de las rocas a la erosión, de la cuenca hidrológica y de las condiciones geomorfológicas generales. El aluvión puede ser de ríos de montaña y de planicie. En los primeros son característicos los materiales gruesos con predominio de guijarros, con una composición mineralógica heterogénea, mala clasificación y ausencia de estratificación precisa. Se distinguen tres fases aluviales principales: de cause, de llanura de inundación y de cause abandonado. (Lugo, 1989).

Las rocas descritas anteriormente, se formaron en diferentes periodos geológicos a partir de distintas formas de actividad volcánica, de ahí que su composición mineralógica sea distinta entre ellas, debido a la naturaleza formadora de cada una de ellas; así como las variaciones de los componentes ambientales que se presentaron a través del tiempo. La distribución y superficie de estas unidades litológicas (ver tabla 8) está estrechamente ligada con la ocurrencia espacio-temporal de los fenómenos formadores.

Tabla 8: Localización y superficie ocupada por las unidades geológicas y litológicas en la microcuenca San José

Era Geológica	Periodo Geológico	Roca	Localización y superficie
Cenozoica	Cuaternario	Aluvión	Este material se localiza en la parte norte de la microcuenca rodeada de materiales volcánicos (Basaltos e Ignimbrita-Riolita), la localidad del Pinal del Marquesado está localizada sobre este material que se extiende hacia el oeste y en menor proporción al este. Dicho material ocupa una extensión de 245.10 ha, representando el 8.80% del total de la cuenca.
		Basalto	Esta roca se localiza principalmente al noreste de la cuenca distribuido de forma más o menos uniforme, en las inmediaciones de la localidad de Gallinas Blancas y de la Presa Pinal de Osorios; existen también dos unidades más de esta roca al sureste y suroeste de la cuenca. Ocupa una extensión de 725.38 ha, representando el 26.05 % del total del área de estudio.
	Neógeno	Ignimbrita-Riolita	Esta asociación de roca se encuentra en prácticamente toda la extensión de la cuenca, destacándose una gran superficie en el centro, sur y oeste del área, en la parte norte existe una discontinuidad en el afloramiento de esta unidad litológica, causada por depósitos de materiales más recientes pertenecientes a actividad volcánica y erosión del cuaternario, por lo que vuelve a aflorar en la parte más septentrional del área de estudio con una dirección este-oeste, abarcando el borde norte. Esta roca ocupa una extensión de 1805.94 ha, representando el 64.86% del total del área de estudio.
		Riolita	Esta roca se encuentra al norte de la cuenca específicamente de la localidad de Gallinas Blancas, la unidad litológica está representada por dos pequeñas unidades aisladas que en conjunto ocupan una extensión de 7.87 ha, representando el 0.28 % del total del área de estudio.

Fuente: Elaboración con base a mapa Geologico-Litologico.

Con base a lo anterior se concluye que la Microcuenca San José es netamente de origen volcánico, ya que su configuración litológica está compuesta de rocas ígneas

extrusivas, formadas por distintos tipos erupciones volcánicas a través del tiempo, debido a la antigüedad de dicha actividad, existen zonas en las cuales se ha depositado material residual o aluvión producto de la erosión causada por las condiciones ambientales de la cuenca que intemperiza y degradan la roca en fragmentos de menor tamaño cambiando la composición física original.

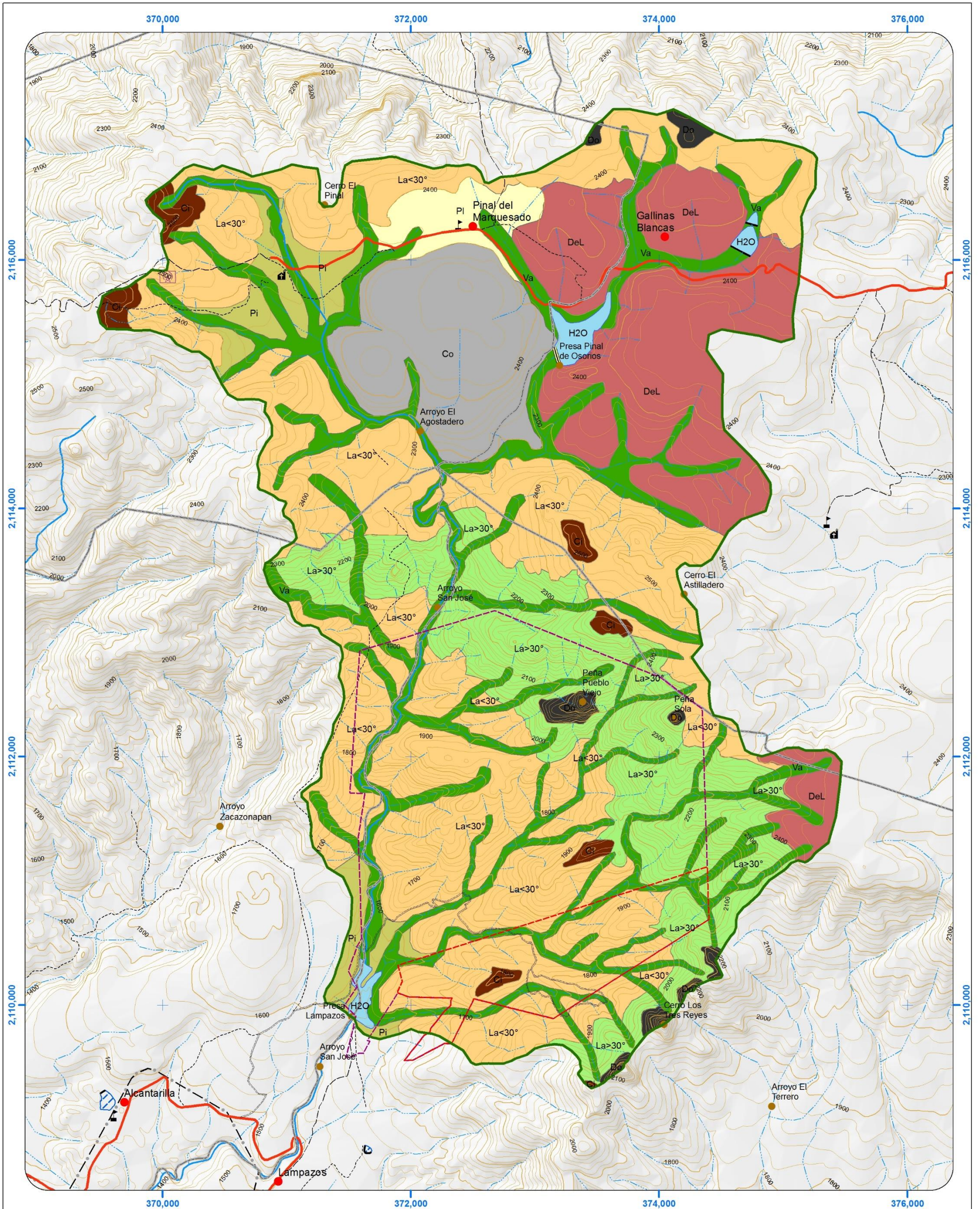
3.1.5. Geomorfología

Dentro del sistema global Tierra, puede definirse un subsistema geomorfológico, natural-abiótico y sólido-mineral, en interrelación con otros (líquido, gaseosos, biótico, incluso antrópico) de la superficie terrestre, que constituyen agentes que toman parte en la morfogénesis, por lo tanto la pretensión general de la geomorfología es analizar las formas del terreno; en ciertos aspectos consiste en una topografía analítica; consideradas como fisionomías sobre la superficie terrestre y, por tanto, están sometidas en todo momento a las acciones de la dinámica externa (procesos modeladores exógenos); incluso aquellas cuyo origen primario fue endógeno (procesos generadores) o subacuático, una vez exhumadas o emergidas quedan también expuestas a esas condiciones (Pedraza, 1996: 35-40).

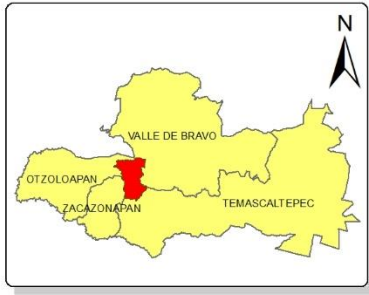
La capacidad de un sistema geomorfológico puede expresarse de dos formas: primera, por la velocidad de evacuación del sedimento y, segunda, por la energía consumida en mantenerlo o transformarlo (Gutiérrez, 2008: 11). Esto determina la intensidad y frecuencia con la que actúan los agentes modeladores exógenos (viento, agua, hielo, gravedad, flora y ser humano) sobre los materiales expuestos a la intemperie, lo cual derivaba en la configuración actual del relieve.

Con base a lo anterior la microcuenca San José, presenta gran diversidad de elementos geomorfológicos, los cuales corresponden al origen, dinámica y evolución correspondientes a su naturaleza fisiográfica, climática y geológica-litológica desarrollada el área de estudio. Las geoformas que se identifican son principalmente de origen endógeno; las cuales se caracterizan por su génesis tectónico y volcánico; prueba de esto es la naturaleza ígnea de las rocas presentes en la zona. También se encontraron geoformas de origen exógeno causadas principalmente por la erosión, transporte y deposición de materiales (rocas y sedimentos). Las principales unidades geomorfológicas en el área de estudio son: Cimas, Conos, Derrames Lávicos, Domos, Laderas con pendiente < 30°, Laderas con pendiente > 30°, Piedemonte, Planicie y Valle (ver Mapa C04: Geomorfología).

Para tener referencia acerca de las características intrínsecas de cada una de las geoformas que se presentan en el área de estudio, a continuación se describen de manera individual cada unidad geomorfológica buscando abarcar su origen y configuración actual.



Mapa C04: Geomorfología



Simbología Temática

- Tipo Geoformas**
- Ci Cima
 - Co Cono
 - DeL Derrame Lávico
 - Do Domo
 - La<30° Ladera con pendiente < 30°
 - La>30° Ladera con pendiente > 30°
 - Pi Piedemonte
 - Pl Planicie
 - Va Valle

Simbología Básica

- Limite de Cuenca San José
- Parque Estatal "Los Tres Reyes" (2012)
- Parque Estatal "Los Tres Reyes" (2014)
- División Municipal
- Localidad Rural
- Toponimio
- Vías de Transportación**
- Carretera Estatal Libre
- Terracería
- Brecha
- Vereda
- Instalaciones y Edificaciones**
- Escuela
- Templo
- Instalaciones de Comunicación**
- Torre de Microondas
- Curvas de Nivel**
- Curva Maestra (Equidistancia 100 mts)
- Curva Ordinaria (Equidistancia 20 mts)
- Corrientes de Agua**
- Corriente Perenne
- Corriente Intermitente
- Bordo**
- Presa
- Cuerpos de Agua**
- Cuerpo de Agua Perenne
- Cuerpo de Agua Intermitente

Fuente:
 Datos vectoriales de INEGI, 1999.
 Carta topográfica escala 1:50000,
 Clave: E14A46. Valle de Bravo,
 Aguascalientes, México.

1:30,000

0 125 250 500 750 1,000
Metros

Proyección Cartográfica:
 Proyección: Universal
 Transversa de Mercator
 Datum: D WGS - 1984
 Elipsoide: WGS - 1984
 Zona Geográfica: 14 Norte

Jhovany Quintana Mondragón

La **Cima** es la parte más alta de una elevación (loma, colina, montaña, cadena montañosa), desde la cual se reconoce una disminución en la altitud del relieve hacia todos lados. Está limitada por una línea de base cerrada. Las Cimas pueden ser aplanadas, en domo o agudas en pico (Lugo, 1989).

El **Cono Volcánico** es una forma del relieve que se origina por la acumulación del material volcánico alrededor de la chimenea; su forma depende de la proporción de lavas y material no consolidado que lo constituyen, generalmente posee un cráter en la cima. El cono se forma por la deposición gradual de material piroclástico y escoria cerca de la chimenea, adquiriendo pendientes fuertes en sus laderas: 30° a 35° cuando el material es fino, y 40° y más cuando es material grueso, depositado cerca del cráter; con el tiempo, el perfil de las laderas se va transformando por la acción de los procesos exógenos (Lugo, 1989).

El **Derrame Lávico** es una forma en que fluye y se dispone la lava en la superficie terrestre. Las dimensiones del derrame lávico depende de la viscosidad de la lava, del volumen, velocidad de salida del magma, la superficie en donde se deposita y de la pendiente del terreno. Los derrames lávicos ácidos son generalmente cortos (1 – 10 km) y de fuertes espesores (más de 25m). Los derrames lávicos basálticos, especialmente los de estructura ondulada son muy largos, de decenas de kilómetros (Lugo, 1989).

Un **Domo** es una elevación en forma de arco redondeado, más o menos isométrico. La longitud del domo es igual a la anchura, o la supera, pero no más de dos veces. Las dimensiones del domo pueden ser muy diversas, alcanzando en sección transversal algunas decenas de km. Las capas que descansan sobre el domo se inclinan hacia todos lados, con ángulos variados. En los domos frecuentemente tienen desarrollo fallas normales. Los **Domos de Exfoliación** son elevaciones de forma circular en plano, con laderas escarpadas, la forma de la cima se debe principalmente a un intenso intemperismo físico (Lugo, 1989).

La **Ladera** es una porción inclinada de la superficie terrestre que delimita formas positivas y negativas. Por su aspecto, las laderas pueden ser: a) Rectas: verticales, a desplome e inclinadas, respecto a un plano horizontal, ambas con una clara expresión de su base; b) Cóncavas: la parte superior empinada y la inferior suave, con una base con débil expresión; c) Convexas: la parte superior suave; incrementándose la pendiente hacia abajo, el piso se aprecia fácilmente; d) Escalonada: en su perfil se presentan varias rupturas de pendientes que forman numerosos escalones; e) Compuestas: Combinaciones de las anteriores. En la forma de la ladera influyen: el estadio de desarrollo del relieve, la estructura de las capas, las condiciones climáticas, la vegetación, la exposición de las laderas al sol y a los vientos dominantes. Por la ladera se producen movimientos gravitacionales

ininterrumpidos (desplazamientos) de material detrítico; además, su carácter e intensidad dependen de la pendiente de la ladera, y la composición y estructura de sus rocas (Lugo, 1989).

El **Piedemonte** es una superficie marginal a las montañas, de las que se distingue por una pendiente y alturas considerablemente menores. La forma y estructura del piedemonte son muy diversas: a) Constituido por el sustrato rocoso, con una capa delgada de material no consolidado, en relieve de lomeríos, cuesta, meseta, superficie escalonada; b) Consistente en capas potentes de sedimentos, principalmente proluviales: conos de eyección, coalescentes, a manera de manto de perfil ligeramente convexo o disecado por barrancos. Las rocas que subyacen al piedemonte pueden ser de la misma edad que las de las montañas, o más jóvenes y, por lo mismo, menos deformadas (Lugo, 1989).

La **Planicie** es una porción de la superficie terrestre de cualquier dimensión, equivalente a un plano horizontal o de poca inclinación. En geomorfología este término se aplica a los grandes territorios con relieve de poca diferencia altitudinal. Por su origen se pueden clasificar en: 1) Denudatorias y 2) Acumulativas. Entre las planicies de origen acumulativo se encuentra la **Planicie Aluvial**, la cual se define como una superficie amplia a manera de terraza acumulativa fluvial, o conjunto de terrazas y llanuras de inundación (Lugo, 1989).

El **Valle** es una forma negativa del relieve, equivalente a una depresión estrecha, y alargada, formada esencialmente por procesos erosivos. El **Valle Fluvial** es aquel que ha sido originado por la acción de las aguas de escurrimiento en la superficie terrestre, sin influencia principal de procesos exógenos como kársticos, glaciáricos, etc, (Lugo, 1989).

Para tener una referencia de cada unidad antes descrita, se ha calculado la superficie y se ha identificado la localización de las geoformas (ver tabla 9) dentro de la Microcuenca San José, lo cual nos permitirá reconocer que procesos moldeadores del relieve son los que abundan en el área de estudio.

Tabla 9: Clasificación, localización y superficie de las geoformas en la microcuenca San José

Origen	Geoforma	Localización y superficie
Endógeno	Cima	Esta geoforma se localiza de forma aislada en la cuenca, identificándose en la parte central y al noroeste, cubriendo una superficie de 40.16 ha que representa al 1.44% del total de área de estudio.
	Cono Volcánico	Esta unidad se localiza al norte de la cuenca, específicamente al sur de la localidad del Pinal del Marquesado y al oeste de la Presa Pinal de Osorios, cubre una superficie de 212.91 ha correspondiente al 7.64% del total del área de estudio.

	Derrame Lávico	Se localiza al este y noreste en las inmediaciones de la localidad de Gallinas Blancas y de la Presa Pinal de Osorios, cubre una superficie de 399.11 ha que representa el 14.33% del total de la cuenca.
	Domo	Esta unidad geomorfológica se encuentra distribuida al norte de la localidad de Gallinas Blancas con 2 unidades, en el centro de la cuenca el mismo número de unidades (Peña Pueblo Viejo y Peña Sola) y al sur se identifican 3 unidades (Los Tres Reyes), todas estas unidades cubren una superficie de 28.47 ha, correspondiente al 1.02% del área de estudio.
	Ladera con pendiente <30°	Esta geoforma es la más extensa ya que prácticamente ocupa toda la parte sur-suroeste de la cuenca, así como una franja al centro del área de estudio con dirección sureste-noroeste partiendo del Cerro el Astillero, se identifica una última unidad en la región más septentrional de la cuenca incluyendo el Cerro el Pinal, en conjunto estas unidades cubren una superficie de 1057.53 ha, representan el 37.98% del área de estudio.
	Ladera con pendiente >30°	Esta geoforma se localiza en la parte central del área de estudio, bordeando prácticamente la parte baja de la cuenca, partiendo desde la base de "Los Tres Reyes" con dirección noreste y después tomar dirección hacia el noroeste, esta unidad ocupa una superficie de 398.23 ha, correspondiente al 14.30% del área total de la cuenca
Exógeno	Piedemonte	Se identifican prácticamente dos zonas con esta geoforma, una al noroeste y otra al suroeste de la cuenca a la altura de la Presa Lampazos, estas unidades ocupan una superficie de 89.01 ha, representando el 3.19% del área de estudio.
	Planicie	Se identifica una sola unidad al norte de la cuenca a la altura de la localidad del Pinal del Marquesado, esta geoforma ocupa una extensión de 52.24 ha, correspondiente al 1.87% del área de estudio.
	Valle	Esta geoforma se encuentra en prácticamente toda la superficie de la cuenca, cubriendo una superficie de 483.63 ha, representado el 17.37% del área de estudio.

Fuente: Elaboración con base al mapa geomorfológico.

Con base en la tabla anterior, la microcuenca San José, esta originada principalmente por procesos endógenos de origen volcánico, ya que la superficie que ocupan estas geoformas (Cima, Cono volcánico, Derrame Lávico, Domo y los dos tipos de Laderas) es de 77.57 % del total de área de estudio. Cabe señalar que de acuerdo a la geología los eventos formadores de estos relieves se dieron en diferentes periodos geológicos (Neógeno y Cuaternario), por lo que la configuración geomorfológica no obedece a un solo patrón de formación, más bien es complejo y dinámico por la naturaleza formadora de este relieve a lo largo de diferentes eventos y que gracias a la acción de los agentes exógenos, las geoformas originadas por estos, ocupa cerca de una cuarta parte del territorio de estudio.

3.1.6. Hidrología

La conservación del recurso hidrológico ha tomado gran importancia durante los últimos años, los cuales han sido de gran importancia para el desarrollo de investigaciones relacionadas con la disponibilidad y conservación del agua principalmente para el uso humano. Por tal motivo se ha tomado como área de estudio la microcuenca, la cual ha sido reconocida y analizada por organizaciones gubernamentales de índole nacional tales como el Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

La microcuenca del Arroyo San José drena sus aguas hacia el sur, en donde se localiza el Río Temascaltepec, que a su vez desagua su caudal en el Río Tilostoc, ambas subcuencas pertenecientes a la cuenca del Río Cutzamala, que forma parte de la región hidrológica del Río Balsas (RH18) (INEGI, 2014).

En la subcuenca Temascaltepec (f) se localiza la microcuenca San José, que retoma el nombre del cauce principal que nace al noreste de la cuenca con el nombre de Arroyo El Agostadero, posteriormente toma el nombre de Arroyo San José aproximadamente a los 2280 msnm, esta corriente escurre por el lado oeste de la cuenca hasta llegar al embalse artificial presa Lampazos.

Para caracterizar la hidrología del área de estudio existen diversos métodos, uno de los más comunes es la morfometría de cuencas, el cual está basado en el estudio cuantitativo de las características físicas de una cuenca hidrográfica, y se utiliza para analizar diversos componentes, entre ellos, la red de drenaje, las pendientes y la forma de la cuenca a partir de cálculos de valores numéricos que permiten identificar las particularidades hídricas (ver tabla 10) de la microcuenca en su totalidad.

Tabla 10: Datos morfométricos de la microcuenca San José

Datos Base								
Cota máxima (msnm)	Cota Mínima (msnm)	Desnivel (mst)	Longitud del Cauce Principal (km)	Longitud de todos los cauces (km)	Perímetro de la Cuenca (km)	Área de la Cuenca (km ²)	Longitud Total de Curvas de Nivel (km)	Equidistancia entre Curvas de Nivel (mts)
2540	1560	980	9.11	114.73	29 km	27.84	504.79	20
Datos Morfométricos								
Orden del Río	Fx ¹	AmC ²	Ff ³	Kc ⁴	Pm_S ⁵	Pm ⁶	Dd ⁷	Ds ⁸
4	0.47	3.06	0.34	1.55	10.82%	36.26%	4.12 km/km ²	8.73 Ns/km ²

¹ Frecuencia de Cauces por Orden, ²Ancho Promedio de la Cuenca, ³Factor de Forma, ⁴Coefficiente de Compacidad o Índice de Gravelius, ⁵Pendiente Media del Cauce Principal, ⁶Pendiente Media de la Cuenca, ⁷Densidad de Drenaje, ⁸Densidad de Corriente

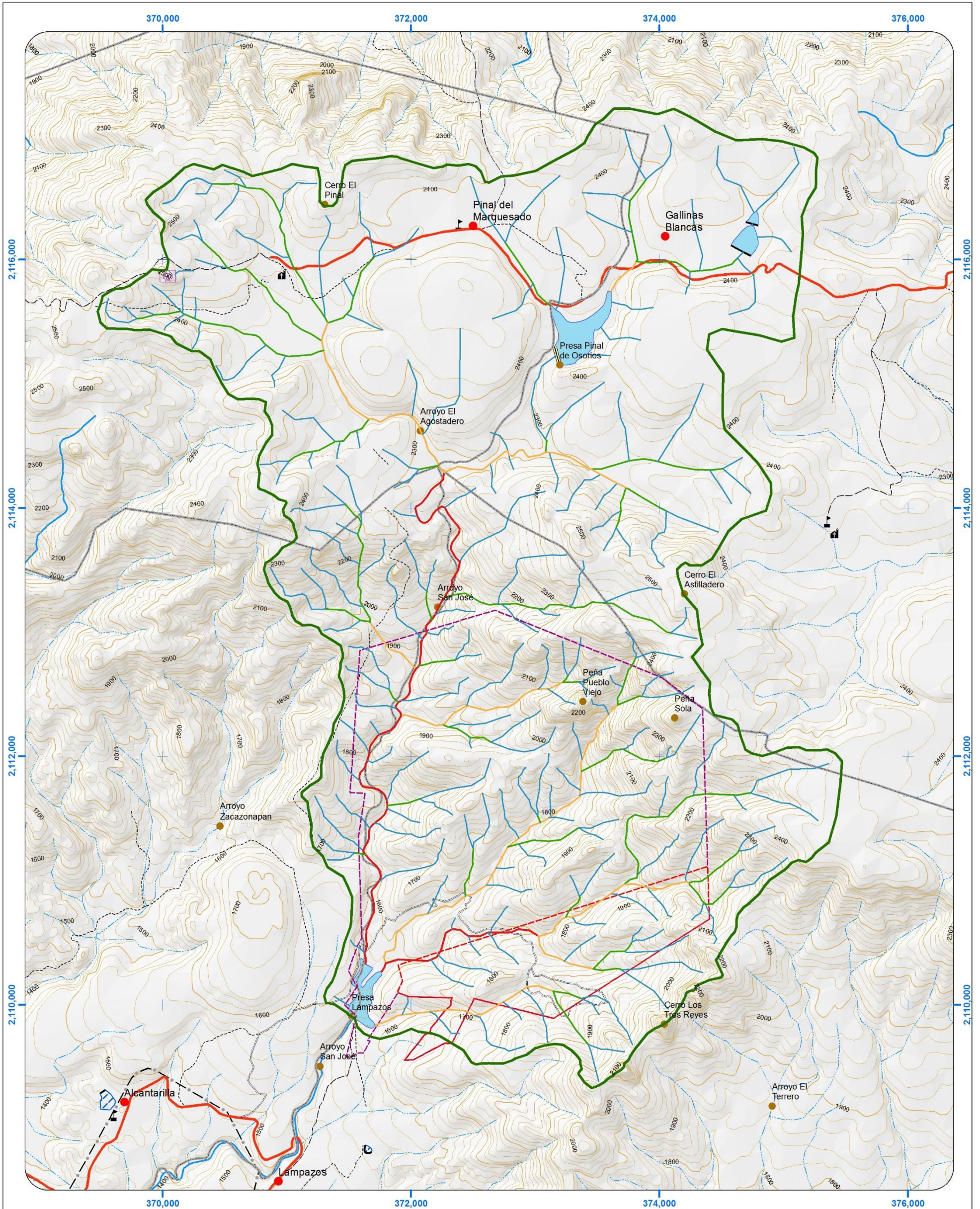
Fuente: Elaboración con base a datos calculados.

Con base a la clasificación de los sistemas de drenajes de Schumm, que de acuerdo a Henao (2006:69) da el número 1, al escurrimiento menor, o sea, aquel que no pasa de ser tributario o talweg elemental, el río de segundo orden se forma de la unión de dos afluentes de primer orden. A la confluencia de dos cursos de segundo orden, comienza un río de tercer orden, que puede el mismo tener otros afluentes de segundo orden y tercer orden, etc.

Con base a la tabla de datos morfométricos de la microcuenca San José se puede caracterizar de orden cuatro (ver Mapa C05: Hidrología), cabe señalar que aunque existen dos corrientes del orden antes mencionado, no se puede caracterizar a la cuenca con orden 5, ya que ambas corrientes nunca confluyen entre sí, sino que ambas llegan de manera independiente a la presa Lampazos, la cual detiene y almacena el caudal de los ríos de la microcuenca.

De acuerdo a los datos obtenidos anteriormente, se definen las características morfométricas de la cuenca, acorde al valor obtenido. Para el caso del área de la cuenca (27.843 km²) y de acuerdo con CENAPRED (2006); esta se clasifica como de tamaño pequeño. Por otra parte es importante considerar cual es la velocidad de respuesta de una cuenca; ante eventos hidrológicos extraordinarios, para ello la interrelación entre los valores de factor de forma (0.34) y el coeficiente de compacidad (1.55) indican que tiene una forma Oval –Oblonga a Rectangular – Oblonga, lo que indica que de acuerdo a su configuración, esta es menos susceptible a sufrir inundaciones, ya que la forma en la que está dispuesta puede responder de forma adecuada para drenar el agua hacia la salida sin que se saturen y desborden las corrientes de agua.

Aunado a lo anterior, las características de longitud, número de causas y correlación entre las corrientes muestran que tan eficiente es el drenaje de la cuenca, es decir, entre más corrientes tributarias tenga una cuenca, mayor será el grado de bifurcación de su sistema de drenaje, por ende mayor será su respuesta a la precipitación. Los resultados obtenidos de los parámetros morfométricos calculados en la tabla 10, indican que la densidad de drenaje es de 4.12 km/km² y la frecuencia de causas es de 0.47 Ns/km². Estos valores demuestran que la cuenca tiene un sistema altamente drenado, ya que de acuerdo a Henao (2006:77) *se considera que una cuenca bien drenada es aquella cuya densidad de drenaje es mayor de 2.5 km de cauce por km² y su frecuencia mayor que 1*. Respecto a la pendiente media de la cuenca (36.26%), esta se clasifica en general con un relieve muy fuerte.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO
FACULTAD DE PLANEACIÓN URBANA Y REGIONAL



"DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DE LA MICROCUENCA SAN JOSÉ PARA DETERMINAR SU POTENCIAL COMO ÁREA NATURAL PROTEGIDA EN EL ESTADO DE MÉXICO"

Mapa C05: Hidrología



Simbología Temática

Orden

- 1
- 2
- 3
- 4

Simbología Básica

- Limite de Cuenca San José
- Parque Estatal "Los Tres Reyes" (2012)
- Parque Estatal "Los Tres Reyes" (2014)
- División Municipal
- Localidad Rural
- Toponímico
- Vías de Transportación**
 - Carretera Estatal Libre
 - Terracería
 - Brecha
 - Vereda
- Instalaciones y Edificaciones**
 - Escuela
 - Templo
- Instalaciones de Comunicación**
 - Torre de Microondas
- Curvas de Nivel**
 - Curva Maestra (Equidistancia 100 mts)
 - Curva Ordinaria (Equidistancia 20 mts)
- Corrientes de Agua**
 - Corriente Perenne
 - Corriente Intermitente
- Cuerpos de Agua**
 - Cuerpo de Agua Perenne
 - Cuerpo de Agua Intermitente
- Bordo**
- Presa**

Fuente:
Datos vectoriales de INEGI, 1999.
Carta topográfica escala 1:50000.
Clave: E14A46. Valle de Bravo.
Aguascalientes, México.

1:30,000

0 125 250 500 750 1,000
Metros

Proyección Cartográfica:
Proyección: Universal
Transversa de Mercator
Datum: D WGS - 1984
Elipsoide: WGS - 1984
Zona Geográfica: 14 Norte

Jhovany Quintana Mondragón

La corriente del Arroyo San José no atraviesa por ninguna localidad, aunque existen dos dentro de la microcuenca, específicamente en la cabecera; Pinal de Marquesado (Otzoloapan) y Gallinas Blancas (Valle de Bravo); que depositan sus aguas de uso doméstico sobre las diferentes corrientes intermitentes, las cuales se almacenan en los diferentes cuerpos de agua artificiales dentro de la microcuenca, los cuales son: Presa Lampazos (al sur-suroeste), Presa Pinal de Osorios (noreste) y dos represas de menor tamaño al este de Gallinas blancas.

3.1.7. Edafología

El recurso suelo es considerado como un sistema dinámico y abierto, cuyas características físicas, químicas y biológicas dependen de la presencia de algunos de los cinco factores que lo forman: clima, material parental, organismos, relieve y tiempo; estas características son las determinantes para que existan los diferentes tipos de unidades edáficas; así como los distintos subgrupos que dan características específicas a los suelos, los cuales hacen factible el crecimiento de la diferente biota, que a su vez estará en función del contenido de nutrientes, materiales orgánicos agua y aire, de las fases sólida, líquida y gaseosa que a su vez se encuentran organizados en estructuras específicas.

Las particularidades abióticas y bióticas de un lugar en específico hacen posible que se desarrollen diversos grupos de suelos, los cuales obedecen a la configuración y desarrollo de los diferentes factores que intervienen en la edafogénesis. De acuerdo a los componentes naturales presentes en la microcuenca San José y a CETENAL (1979) los suelos presentes en el área de estudio se clasifican en Andosol háplico, Andosol húmico, Cambisol dístico, y Vertisol pélico (ver Mapa C06: Edafología).

Cabe señalar que en el mapa aparecen cuatro unidades edáficas principales; Andosol húmico (ANhu), Andosol háplico (ANha), Cambisol dístico (CMdy) y Vertisol pélico (VRpe); además de suelos de tipo Leptosol (LP) y Cambisol lítico (CMli); estos dos últimos; al no ser dominantes en alguna unidad edáfica se consideran como suelos secundarios, esto con la finalidad de no excluir su presencia dentro del territorio.

A continuación se caracterizan y describen los diferentes tipos de suelo que se localizan dentro de la microcuenca, esto con base a la Unión Internacional de Ciencias del Suelo (IUSS) y a la Base Referencial Mundial del Recurso Suelo (WRB), (2007), la caracterización se realiza de acuerdo a la clase y grupo de suelo reportados por CETENAL (1979).

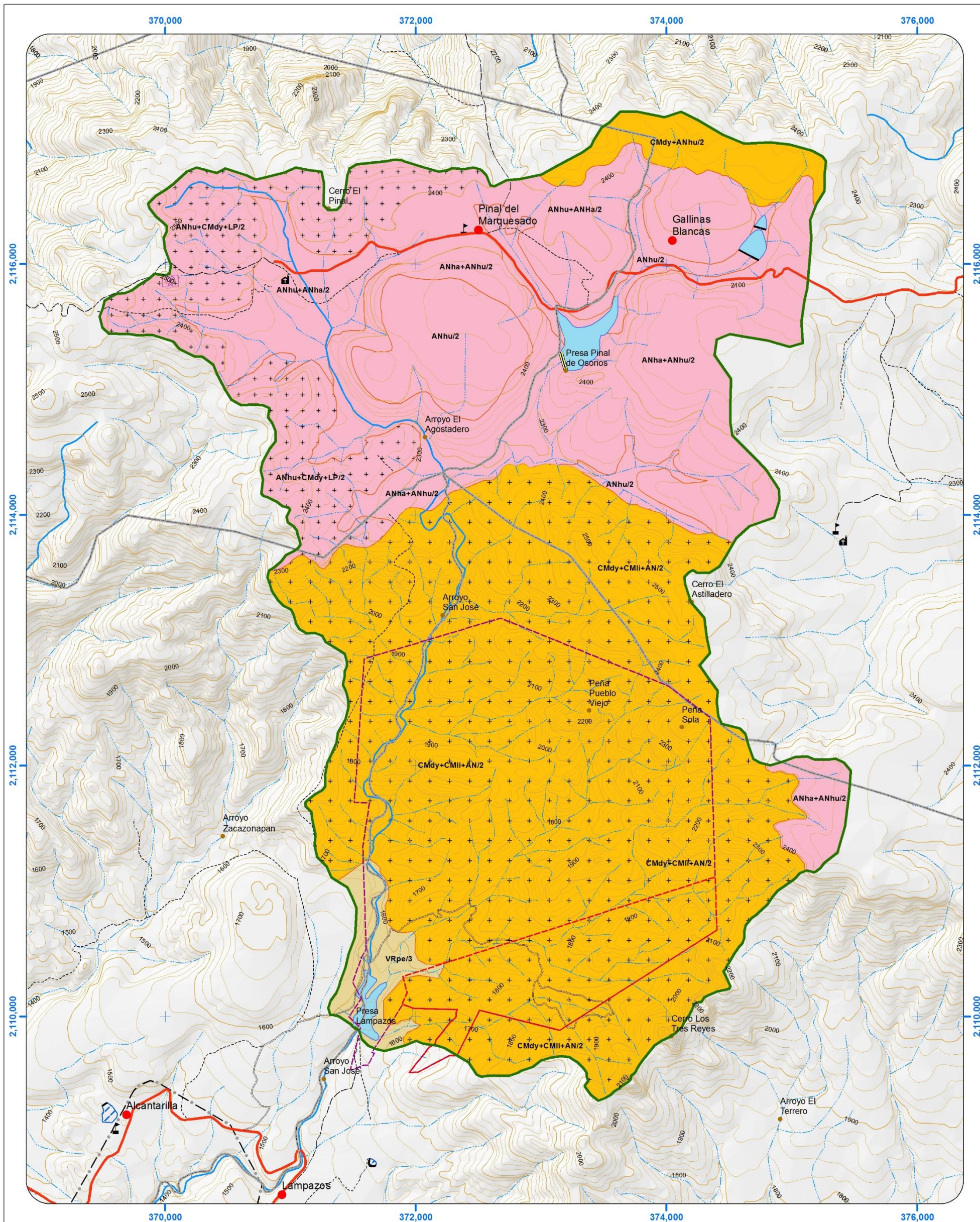
Andosol (AN): Típicamente, suelo negro de paisajes volcánicos; del japonés *an*, negro, y *do*, suelo, se desarrollan a partir del material parental constituido de vidrios

y eyecciones volcánicas (principalmente ceniza, pero también tufa, pómez y otros) u otro material rico en silicatos en ambientes ondulados a montañoso, húmedos, y en regiones árticas a tropicales con un amplio rango de tipo de vegetación, estas condiciones hacen que el desarrollo del perfil sea a partir de la meteorización rápida de vidrios o eyecciones volcánicas resultando en la acumulación de complejos órgano-minerales estables o minerales de bajo grado de ordenamiento como alófano (arcillas esféricas), imogolita y ferrihidrita. La meteorización ácida de otro material rico en silicato en climas húmedo y perhúmedo también lleva a la formación de complejos órgano-minerales estables, principalmente tres clases de suelos, Andosol, Cambisol y Vertisol.

- **húmico (hu):** que contiene carbono orgánico en la fracción de tierra fina como promedio ponderado: en Ferrosoles y Nitisoles, 1.4 por ciento o más hasta una profundidad de 100 cm desde la superficie del suelo mineral; en Leptosoles en los que aplica el calificador Hiperesquelético, 2 por ciento o más hasta una profundidad de 25 cm desde la superficie del suelo mineral; en otros suelos, 1 por ciento o más hasta una profundidad de 50 cm desde la superficie del suelo mineral.
- **háplico (ha):** que tiene una expresión típica de ciertos rasgos (típica en el sentido de que no hay una caracterización adicional o significativa) y sólo se usa si no aplica ninguno de los calificadores para unidades de segundo nivel de WRB.

Cambisol (CM): Son suelos con por lo menos en principio de diferenciación de horizontes en el subsuelo, evidentes por cambios en la estructura, color, contenido de arcilla o contenido de carbonato; del italiano *cambiare*, cambiar. Se desarrollan a partir de material parental con textura media a fina derivados de un amplio rango de rocas, el desarrollo de los perfiles de estos suelos se caracterizan por la meteorización ligera a moderada del material parental y por ausencia de cantidades apreciables de arcilla aluvial, materia orgánica, compuestos de Al y/o Fe. Los Cambisoles también abarcan suelos que no cumplen una o más características de diagnóstico del Grupo de Suelos de Referencia (GSR), incluyendo los altamente meteorizados.; estos suelos se presentan en ambientes con terrenos llanos a montañosos en todos los climas; amplio rango de tipo de vegetación.

- **dístrico (dy):** que tiene una saturación con bases (por NH_4OAc 1 M) menor de 50 por ciento en la mayor parte entre 20 y 100 cm de la superficie del suelo o entre 20 cm y roca continua o una capa cementada o endurecida.
- **léptico (le):** que tiene roca continua que comienza dentro de 10 cm de la superficie del suelo.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO
FACULTAD DE PLANEACIÓN URBANA Y REGIONAL



"DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DE LA MICROCUENCA SAN JOSÉ PARA DETERMINAR SU POTENCIAL COMO ÁREA NATURAL PROTEGIDA EN EL ESTADO DE MÉXICO"

Mapa C06: Edafología



Simbología Temática

Clase de Suelo, Grupo, Nomenclatura
Andosol háplico, ANha+ANhu/2
Andosol, húmico ANhu +CMdy+LP/2
Andosol húmico, ANhu+ANha/2
Andosol húmico, ANhu/2
Cambisol dístico, CMdy+ANhu/2
Cambisol dístico, CMdy+CMII+AN/2
Vertisol pélico, VRpe/3

Clase Textural
(En los primeros 30 cm superficiales del suelo)
Gruesa 1 Mediana 2 Fina 3

Simbología Básica

Limite de Cuenca San José	Instalaciones de Comunicación
Parque Estatal "Los Tres Reyes" (2012)	Torre de Microondas
Parque Estatal "Los Tres Reyes" (2014)	Curvas de Nivel
División Municipal	Curva Maestra (Equidistancia 100 mts)
Localidad Rural	Curva Ordinaria (Equidistancia 20 mts)
Toponímico	Corrientes de Agua
Vías de Transportación	Corriente Perenne
Carretera Estatal Libre	Corriente Intermitente
Terracería	Bordo
Brecha	Presas
Vereda	Cuerpos de Agua
Instalaciones y Edificaciones	Cuerpo de Agua Perenne
Escuela	Cuerpo de Agua Intermitente
Templo	

Fuente:
-Datos vectoriales de INEGI, 1999. Carta topográfica escala 1:50000. Clave: E14A46. Valle de Bravo, Aguascalientes, México.
-Carta impresa de CETENAL, 1979. Carta Edafológica escala 1:50000. Clave: E14A46. Aguascalientes, México.

1:30,000
0 125 250 500 750 1,000
Metros

Proyección Cartográfica: Universal Transversa de Mercator
Datum: D WGS - 1984
Elipsoide: WGS - 1984
Zona Geográfica: 14 Norte

Jhovany Quintana Mondragón

Vertisol (VR): Son suelos pesados arcillosos, que se mezclan; del latín *vertere*, dar vuelta. Se desarrollan a partir de sedimentos que contienen elevada proporción de arcillas expandibles, o arcillas expandibles producidas por neoformación a partir de meteorización de rocas, en ambientes con depresiones y áreas llanas a onduladas, principalmente en climas tropicales, subtropicales, semiárido a subhúmedo y húmedo con una alternancia clara de estación seca y húmeda. La vegetación climax es sabana, pastizal natural y/o bosque. El desarrollo de los perfiles de estos suelos se caracterizan por la expansión y contracción alternada de arcillas expandibles, resultando en grietas profundas en la estación seca, y formación de agregados estructurales cuneiformes en el suelo subsuperficial. El microrelieve “gilgai” es peculiar de los Vertisoles aunque no se encuentra comúnmente.

- **pélico (pe):** que tiene en los primeros 30 cm del suelo un valor Munsell, húmedo, de 3.5 o menos y un croma, húmedo, de 1.5 o menos (se refiere al color que puede adoptar el suelo al hacer pruebas de color en húmedo)

Los suelos descritos anteriormente son los que de acuerdo CETENAL, (1979) se pueden localizar dentro del área de estudio y que considera hasta tres tipos dentro de una misma unidad edáfica; aunque los suelos secundarios se describieron anteriormente; para fines prácticos de nuestra investigación, únicamente se caracteriza la ubicación y la superficie de los suelos primarios de la microcuenca San José (ver tabla 11), con el fin de abarcar de manera general los suelos dominantes y determinan la estabilidad y dinámica de los procesos bióticos de la microcuenca.

Tabla 11: Localización y superficie ocupada por las unidades edafológicas en la microcuenca San José

Clasificación del suelo	Localización y Superficie
Andosol húmico	Dentro del área de estudio este tipo de suelo se puede encontrar solo y asociado a suelos de tipo Andosol háplico, Cambisol dístrico y Leptosol, se localiza principalmente en el extremo norte y noroeste de la microcuenca, además de dos unidades aisladas de menor tamaño, la primera al oeste de la Presa Pinal de Osorios y la segunda al noroeste del Cerro el Astillero, cubriendo una superficie de 782.799ha que representa el 28.15% del área total de la zona de estudio.
Andosol háplico	En el área de estudio esta unidad edáfica se encuentra en asociación con el Andosol húmico y se localiza al noreste, centro-norte y sureste de la cuenca, cubriendo una superficie de 490.398ha que representa el 17.61% del área total de la zona de estudio.
Cambisol dístrico	Dentro del área de estudio esta unidad edáfica, se encuentra en asociación con suelos de tipo Cambisol lítico y Andosol húmico, se localiza al norte-noreste y prácticamente en toda la zona sur de la microcuenca San José cubriendo una superficie de 1451.108ha que representa el 52.12% del área total de la zona de estudio.

Vertisol pélico	Esta unidad edáfica no presenta asociaciones con otros tipos de suelos, se localiza al suroeste de la cuenca, en las inmediaciones de la Presa Lampazos, ocupando una superficie de 60.007ha que representa el 2.16% del área total de la zona de estudio.
-----------------	--

Fuente: Elaboración con base al mapa geomorfológico.

Los suelos presentes en la zona de estudio son frágiles a la erosión, principalmente el Andosol; debido a que son estructuralmente débiles por sus arcillas esféricas; y el Cambisol; por su fragilidad en los horizontes superficiales, los cuales no se encuentran completamente desarrollados; especialmente cuando la pendiente es pronunciada y/o se encuentran desprovistos de vegetación, por lo tanto, para que garantice la permanencia de estos suelos es necesario conservar la cobertura forestal especialmente para las zonas montañosas. Por otro lado los suelos de tipo Vertisol son menos frágiles por la naturaleza en donde se desarrollan, sin embargo el gran desarrollo de sus perfiles y el gran contenido de materia orgánica los hacen muy favorables para desarrollar actividades productivas que pueden impactar directamente sobre ellos.

3.1.8. Cubierta Vegetal

El estado actual de los conocimientos acerca de la cubierta vegetal de México no permite aún apreciaciones comparativas de gran detalle. Salvo en muy contados estudios locales en los que se ha buscado la definición de asociaciones, en general el enfoque de las investigaciones realizadas se ha mantenido en las últimas décadas a nivel de tipos de vegetación que equivalen aproximadamente a las formaciones vegetales (Rzedowki, 2006: 160), por tal motivo y debido a la ausencia de trabajos a detalle de este tipo dentro de la microcuenca San José, al hacer referencia a la cubierta vegetal, es igual a referirnos a las formaciones vegetales, las cuales están referidas y clasificadas a partir de la cartografía de Uso de Suelo y Vegetación Serie IV de INEGI (2010b).

La cubierta vegetal que ocupa la superficie de un territorio está determinada a partir de su localización, condiciones fisiográficas, climáticas, geológicas-litológicas, geomorfológicas, hidrológicas y edafológicas, por otro lado, su grado de conservación está determinado principalmente por la influencia humana, ya sea directa e indirectamente, a causa del desarrollo de actividades productivas y extractivas con un manejo inadecuado que disminuye, degrada e incluso sustituye las cubiertas vegetales primarias.

Dentro de la microcuenca San José no hay una cobertura vegetal definida, más bien es heterogénea y gradual desde vegetación que se desarrollan entre los 1,560 y los 2,540 msnm, lo que permite una gradiente de condiciones ambientales, sumando la

acción del hombre ejercida en el favorecimiento de las actividades económicas dentro de la cuenca, tal como la inducción de pastizales para el consumo del ganado y cultivos agrícolas para el consumo humano.

Respecto a lo anterior, la microcuenca San José cuenta con las particularidades específicas para que dentro de su territorio se desarrolle gran diversidad de cubierta vegetal, las cuales de acuerdo a INEGI (2010b), se clasifican de la siguiente manera: Bosque Mesófilo de Montaña, Bosque de Pino, Bosque de Pino-Encino, Pastizal Inducido y Vegetación Inducida (Agricultura), obedeciendo principalmente a vegetación de ambientes templados (ver Mapa C07: Cobertura Vegetal).

A continuación se caracterizan los diferentes tipos de cobertura vegetal que existen dentro del área de estudio, se retoman las definiciones generales de cada tipo, buscando no profundizar en los estratos inferiores de vegetación.

De acuerdo a Rzedowski (2006:328) el **Bosque Mesófilo de Montaña**, corresponde en México al clima húmedo de altura, y dentro del conjunto de las comunidades que viven en las zonas montañosas ocupa sitios más húmedos que los típicos de los bosques de Encinos (*Quercus*) y de Pinos (*Pinus*), generalmente más cálidos que las propias del bosque de Oyamel o Abeto (*Abies*), pero más frescos que los que condicionan la existencia de los bosques tropicales.

Fisionómicamente es éste un bosque denso, por lo general de 15 a 35 m de alto, aunque su talla puede variar entre límites más amplios y algunos árboles llegan a medir más de 60 m de altura. Los diámetros de los troncos son igualmente muy variables, pueden alcanzar 2 m y aún más, pero en otras ocasiones se mantienen entre 30 y 50 cm. Con frecuencia la comunidad incluye tanto árboles perennifolios como de hoja decidua y aunque en muchas regiones predominan los últimos, lo común es que el bosque clímax nunca se vea completamente defoliado. El periodo de carencia de follaje suele ser breve y se presenta en los meses más fríos del año. El tamaño predominante de los árboles corresponde a la categoría de mesofilia y sus bordes con frecuencia son aserrados o más o menos profundamente lobados (Rzedowski, 2006:332).

Desde el punto de vista de composición florística, probablemente la familia de las Orquídeas (*Orchidaceae*) sea la mejor representada de todas las *angiospermas* (plantas con flores y producen frutos con semillas). Entre las *gimnospermas* (plantas sin flores) están representados los *Pinus*, *Podocarpus* (cedro prieto, olivo, sabina) y *Abies*, además de diversas *cicadáceas* (plantas con apariencia similar a las palmeras, poseen un tallo leñoso cilíndrico sin ramas o escasamente ramificado), como *Ceratozamia* (Costilla de León o Piña del Monte) y *Dioon* (palma de la Virgen o chamal) (Rzedowski, 2006:333).

El **Bosque de Pino** pertenece los bosques de coníferas (por la forma de sus frutos ó conos) ó pináceas, pertenecen a las *gimnospermas* (plantas sin flores). Estos crecen sobre el territorio montañoso del país y constituye la vegetación arbórea de clima templado-frío o frío, forman mazas puras o mezcladas con especies del mismo género o con latifoliadas (árboles de hojas anchas), por lo general con encinos (*Quercus spp*), madroños (*Arbutus spp*), tepozanes (*Buddleja spp*) y sauces (*Salix spp*) (Nieto, 2009: 177).

Los bosques de pino se caracterizan por ser resistentes a heladas, a un largo periodo de sequía, a incendios forestales, al pastoreo y a otro tipo de maltrato; se establecen a menudo sobre suelos someros, rocosos y muchas veces pobres en nutrientes minerales. La altura del bosque es variable; en la mayor parte de los casos oscila entre 8 y 25 m, pero puede alcanzar hasta los 40 metros. Los troncos de los pinos son generalmente derechos y cuando estos árboles forman un bosque, solo pueden persistir las ramas superiores que forman a menudo una copa más o menos hemisférica característica, el grosor de los fustes pueden llegar a medir un 1 m, pero más comúnmente varía entre 20 y 60cm (Rzedowski, 2006:301-304).

La densidad de estos bosques es también en extremo variable, ya que, pueden formar cerradas y sombrías espesuras, pero lo más común es que sean moderadamente abiertos y que penetre bastante luz e incluso un buen porcentaje de rayos solares directos hasta el suelo. Muchas veces los bosques de pino se presentan puros, es decir, dominados por una sola especie y sin mayor intervención de otros elementos leñosos. En tales casos no existe más que un estrato arbóreo, uno herbáceo y uno rasante (Rzedowski, 2006:301-304).

Entre los estratos inferiores el fuerte desarrollo del herbáceo, cuyos componentes cuantitativamente más importantes son, por lo general, las gramíneas, suele resultar favorecido por los frecuentes incendios, el papel preponderante que tienen las gramíneas en el estrato herbáceo propicia a su vez la propagación del fuego. Los elementos más notables del estrato rasante son musgos, líquenes y hongos. Su desarrollo e importancia varían mucho de un lugar a otro y en general son mayores en situaciones más húmedas, sombreadas y protegidas (Rzedowski, 2006:305).

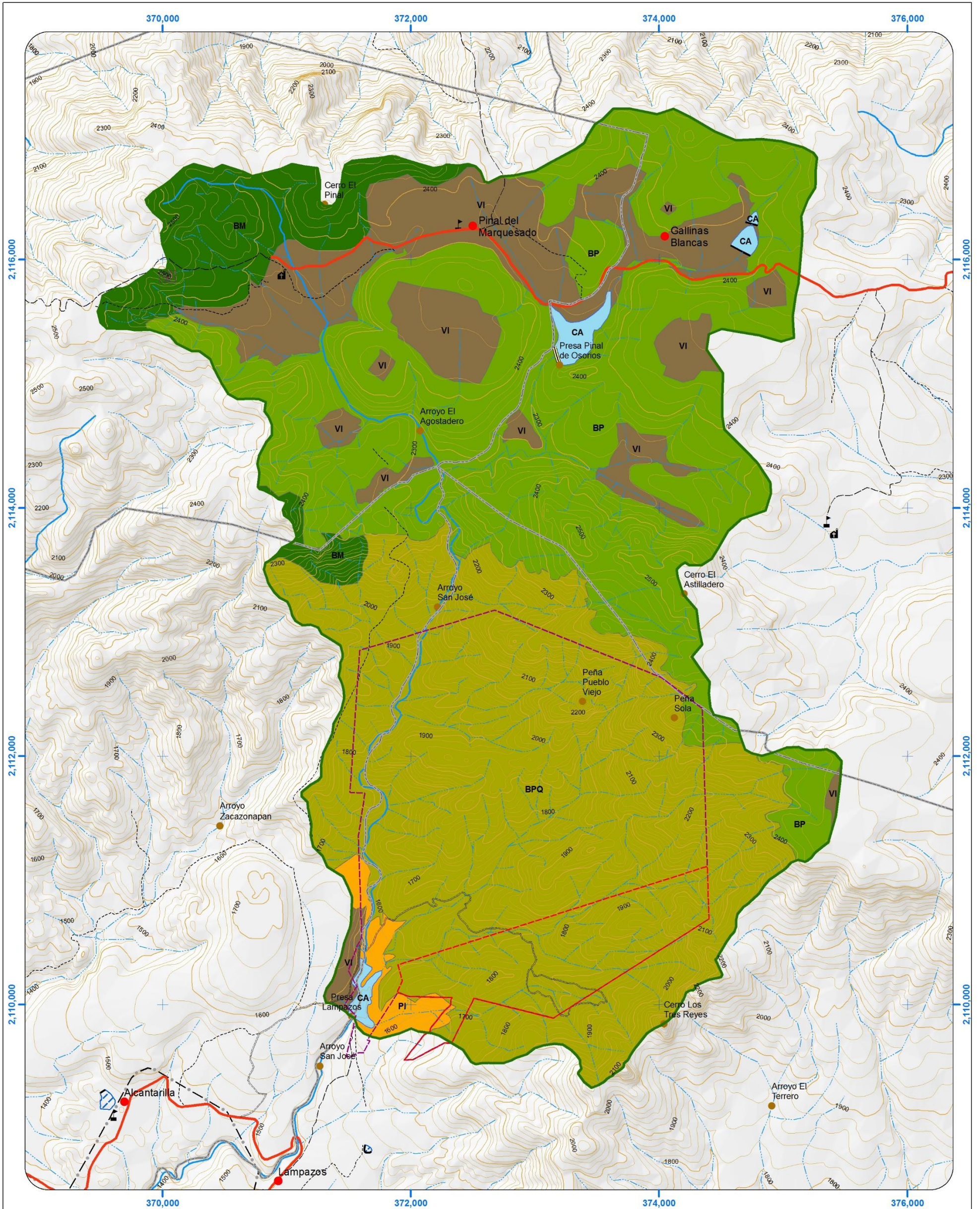
El **Bosque Mixto de Pino-Encino** se caracteriza por tener una diversidad de especies arbóreas relativamente baja, pero una enorme diversidad vegetal en los estratos herbáceo y arbustivo. La característica de este ecosistema es la presencia de árboles altos de diversos tipos de coníferas. Las especies dominantes de este tipo de ecosistema son los pinos, que también son las plantas pioneras cuando estos ecosistemas sufren algún tipo de daño. Estos ecosistemas ocurren en zonas de climas estacionales con inviernos fríos y lluvias escasas, mientras que los veranos son cálidos y húmedos (UNAM, 2011).

Este bosque se desarrolla gracias a la similitud de las exigencias ecológicas de los pinares y encinares, que da como resultado que dos tipos de bosques ocupen nichos similares, que se desarrollen, con frecuencia uno al lado del otro, formando intrincados mosaicos y complejas interrelaciones sucesiones y que a menudo se presentan en forma de bosques mixtos, cabe señalar que se trata de una comunidad siempre verde, pues tal condición la imponen los pinos, pero la presencia de árboles del género *Quercus*, con frecuencia hace que el bosque pueda ser más o menos caducifolio, en función del grado de biomasa de estos elementos acompañantes de hoja decidua (Rzedowski, 2006: 296-303).

Respecto a su estructura vertical, este tipo de vegetación presenta de dos a tres estratos: arbóreo, arbustivo y herbáceo. El estrato más importante es el arbóreo, con alturas promedio entre los 15 y los 25 m. La presencia (o ausencia) de un estrato arbustivo bien definido está relacionada con el manejo que se le esté dando al bosque en cada sitio, el estrato arbustivo se encuentra poco representado o no existe (CONABIO, 2008). En estos bosques, además de pinos y encinos encontramos árboles de los géneros *Abies* (Abetos u Oyameles), *Arbutus* (Madroños), *Cupressus* (Ciprés), *Juniperus* (Enebros), *Alnus* (Alisos), *Fraxinus* (Fresnos) y *Populus* (Álamos), entre otros. Entre las especies herbáceas y arbustivas se tienen representantes de los géneros *Castilleja*, *Eupatorium*, *Salvia*, y *Sedum*. Es importante mencionar que en México es en donde hay más especies de pino en el mundo y es en donde posiblemente se originaron y diversificaron los encinos del continente americano (UNAM, 2011).

El **Pastizal inducido** se caracteriza porque predominan los pastos con pocos árboles y arbustos; generalmente son el producto del desmonte de terrenos boscosos; estas perturbaciones son producidas por el hombre en donde se sustituye completamente una comunidad vegetal por otra, generalmente para sostener diferentes tipos de ganado dentro de un régimen de ganadería extensiva habitualmente en alrededores del bosque original.

Dentro del área de estudio se identifica principalmente un tipo de pasto conocido comúnmente como estrella africana (*Cynodon nlemfuensis Vandyerst*), que de acuerdo con Vibrans, (2009) es una *gramínea* perenne cultivada extensivamente para forraje, puede llegar a ser invasiva. Se desarrolla en sitios perturbados, terrenos baldíos, orillas de caminos y carreteras. Se distribuye en zonas bioclimáticas pertenecientes a la selva alta perennifolia, bosque mesófilo de montaña, bosque de pino-encino y selva baja caducifolia.

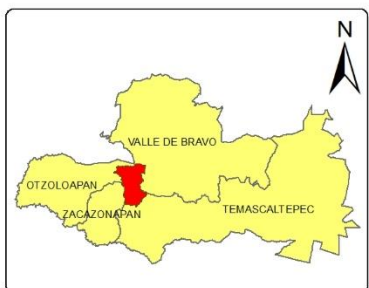


UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO
FACULTAD DE PLANEACIÓN URBANA Y REGIONAL



"DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DE LA MICROCUENCA SAN JOSÉ PARA DETERMINAR SU POTENCIAL COMO ÁREA NATURAL PROTEGIDA EN EL ESTADO DE MÉXICO"

Mapa C07:
Cobertura Vegetal



Simbología Temática

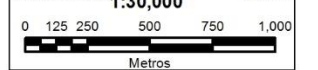
Vegetación

- BM Bosque Mesófilo de Montaña
- BP Bosque de Pino
- BPQ Bosque de Pino-Encino
- PI Pastizal Inducido
- VI Vegetación Inducida (Maíz y Avena)
- CA Cuerpo de Agua Perenne

Simbología Básica

- Limite de Cuenca San José
- Parque Estatal "Los Tres Reyes" (2012)
- Parque Estatal "Los Tres Reyes" (2014)
- División Municipal
- Localidad Rural
- Toponimio
- Vías de Transportación**
- Carretera Estatal Libre
- Terracería
- Brecha
- Vereda
- Instalaciones y Edificaciones**
- Escuela
- Templo
- Torre de Microondas
- Curvas de Nivel**
- Curva Maestra (Equidistancia 100 mts)
- Curva Ordinaria (Equidistancia 20 mts)
- Corrientes de Agua**
- Corriente Perenne
- Corriente Intermitente
- Bordo
- Presa
- Cuerpos de Agua**
- Cuerpo de Agua Perenne
- Cuerpo de Agua Intermitente

Fuente:
-Datos vectoriales de INEGI, 1999. Carta topográfica escala 1:50000, Clave: E14A46. Valle de Bravo, Aguascalientes, México.
-Datos vectoriales de INEGI, 2010. Carta de Uso de Suelo y Vegetación Serie IV, escala 1:250 000, Clave E14-2. Aguascalientes, México.
Escala: **1:30,000**



Proyección Cartográfica:
Proyección: Universal Transversa de Mercator
Datum: D WGS - 1984
Elipsoide: WGS - 1984
Zona Geográfica: 14 Norte

Jhovany Quintana Mondragón

La **Vegetación Inducida** es aquel tipo de vegetación nativa que se encuentra en menor proporción en la condición original del ecosistema y que se vuelve abundante y se establece como comunidad dominante al perturbarse la vegetación original del ecosistema (SEMARNAT, 2001). Se considera en este grupo a la vegetación resultante de la presión humana que incide sobre el desarrollo de la vegetación original impidiendo su regeneración natural, está formada por especies nativas o exóticas y puede o no tener algún uso (INEGI, 2012).

Dentro de esta categoría se encuentran todas aquellas especies vegetales cultivadas por el hombre, para satisfacer sus necesidades alimenticias, medicinales, de ornato, entre otros. La introducción de dichas especies generalmente conlleva a la sustituir de la vegetación original para evitar que sirvan de competencia para las especies introducidas las cuales en su mayoría tienen diferente origen y ciclos de reproducción.

Los diferentes tipos de cobertura vegetal descritos anteriormente son los que de acuerdo a la información recopilada en fuentes oficiales se pueden localizar dentro del área de estudio y que considera diferentes tipos de unidades vegetales (ver tabla 12), para fines prácticos de nuestra investigación, se describe la ubicación y la superficie de cada grupo de vegetación dentro de la microcuenca San José.

Tabla 12: Localización y superficie ocupada por las diferentes coberturas vegetales en la microcuenca San José

Clasificación de la Cobertura Vegetal	Localización y Superficie
Bosque Mesófilo de Montaña	Dentro del área de estudio esta cobertura vegetal, se localiza al Nornoroeste de la cuenca en donde se encuentra el Cerro El Pinal y al oeste con una unidad aislada de menor tamaño, ambas cubriendo una superficie de 192.999 ha que representa el 6.932% del área total de la zona de estudio.
Bosque de Pino	En el área de estudio esta vegetación se localiza al norte, noreste y este de la cuenca, cubriendo una superficie de 997.462ha que representa el 35.824% del área total de la zona de estudio.
Bosque Mixto de Pino-Encino	Esta comunidad vegetal se localiza en prácticamente toda la zona sur y suroeste de la microcuenca San José cubriendo una superficie de 1142.061ha que representa el 41.018% del área total de la zona de estudio, siendo con esto la cobertura vegetal con mayor presencia.
Pastizal Inducido	Esta cobertura vegetal se localiza al suroeste de la microcuenca San José, en los alrededores de la Presa Lampazos, ocupando una superficie de 37.380ha que representa el 1.343 % del área total de la zona de estudio.
Vegetación Inducida	Este tipo de vegetación se encuentra distribuida de manera heterogénea dentro del área de estudio en pequeñas unidades, generalmente discontinuas, en prácticamente la totalidad de la zona norte de la microcuenca, a excepción de la unidad que se localiza en el extremo

	<p>norte y que sigue una dirección más o menos regular de este a oeste en donde se localizan las localidades de Gallinas Blancas y Pinal del Marquesado. Además de las localizadas al norte existe una unidad al este-sudeste y otra al suroeste, cerca de la Presa Lampazos. Todas estas unidades en conjunto ocupan una superficie de 391.434 ha lo que representa el 14.159% del área total de la zona de estudio.</p>
--	---

Fuente: Elaboración con base al mapa de cobertura vegetal.

Dentro de la microcuenca San José existen diversos tipos de vegetación tanto prístinas como introducidas por el hombre para poder desarrollar sus actividades productivas. No obstante aunque se ha impactado el bosque de manera significativa, principalmente por la agricultura en la parte norte, se puede decir que aún conserva ciertas características que pueden ser benéficas para la conservación de las diferentes coberturas vegetales que se han desarrollado en este territorio a lo largo del tiempo.

Entre los puntos a favor para la conservación de la vegetación original dentro de la cuenca se encontró que de la superficie total del área de estudio, el 83.77% conserva aún los bosques y asociaciones vegetales originales, con diferentes grados de alteración; por otro lado, en un 15.40% del territorio de la cuenca se ha degradado la vegetación a tal grado de sustituir o desaparecer completamente la cobertura vegetal original, lo que impacta directamente los recursos naturales presentes en el territorio.

La conversión de vegetación, es un fenómeno causado por otro que tiene que ver más bien con comportamientos de origen antrópico, conocido también como cambio de uso de suelo, el cual se refiere que ha existido un cambio de actividades productivas dentro de una superficie determinada y por lo tanto al cambiar la actividad, también los recursos explotados, dándole una configuración diferente al territorio.

3.1.9. Fauna

Dado que no existen trabajos específicos de este tipo para la microcuenca San José, se retoma aquella información en la que de manera general se reportan inventarios faunísticos para la región. De acuerdo a CEPANAF (2011) la fauna de la región tiene importantes de influencia holártica, testimonios relatan que generaciones anteriores tuvieron avistamientos de venados y pecarís, sin embargo el aprovechamiento de la zona de estudio ha desplazado estas especies., A continuación en la tabla 13 se enlistan algunas especies reportadas para el área de estudio.

Tabla 13: Fauna reportada en el estudio técnico justificativo elaborado para el Parque Estatal “Los Tres Reyes”

Especie	Nombre común
Mamíferos	
Canis latrans	Coyote
Nasua sp.	Tejón
Desmodus sp	Vampiro
Bos taurus	Vaca (hembras) buey o toro (macho)
Aves	
Cathartes aura	Aura
Trogon sp	Cua o Ave de los 7 Colores
Reptiles y anfibios	
Sceloporus sp	Lagartija
Smilisca baudii	Rana
Serpentes (suborden)	Serpientes
Artrópodos	
Mantis religiosa	Mantis (ninfas)
Mastigoproctus giganteus	Vinagrillo
Vispedae (2 especies)	Avispa
Apidae (Familia)	Abejorro
Scorpiones (orden)	Escorpión
Aranea (orden)	Arañas
Phasmatodea	Insecto palo
Coleoptera (orden)	Escarabajos
Zigoptera (suborden)	Libélula
Dermaptera (orden)	Tijerillas
Orthoptera (orden) (2 especies)	Grillos
Lepidoptera (Orden)	Mariposa

Fuente: CEPANAF 2011.

Como se muestra en la tabla anterior, la fauna localizada en la zona del parque estatal es dominada principalmente por insectos, debido a la gran presión ejercida por las actividades que se desarrollan en los alrededores del parque y de la cuenca, ocasionando que la fauna de mayor tamaño se desplace hacia espacios con menor accesibilidad para el hombre, esto de acuerdo a los datos recabados en campo a través de los pobladores locales.

3.1.10. Uso Actual del Suelo

Antes de adentrarnos a este apartado es importante señalar que existe gran diferencia entre la cobertura vegetal y el uso de suelo, ya que, de acuerdo a INEGI (2012: 8-11) la cobertura vegetal se refiere a los diferentes ecosistemas vegetales que son agrupados de acuerdo con el sistema de clasificación de INEGI, el cual está basado en los trabajos de Jerzy Rzendowski (1978, 2005), Faustino Miranda y E.

Hernández (1963), cuyas propuestas han sido adaptadas a los criterios cartográficos y las necesidades de información del INEGI. Dentro del sistema las clases están organizadas con base a las características de los diferentes tipos de vegetación de tal forma que se definen en primer orden los grandes grupos de vegetales que a su vez comprenden los tipos de vegetación con afinidad ecológica y fisionómica. Por otra parte el uso del suelo se reduce a los diferentes **sistemas manejados por el hombre** y que constituyen propiamente una cubierta de usos de suelo, de acuerdo con su dimensión funcional o su dedicación socioeconómica actual.

El aprovechamiento o uso del suelo es una de las manifestaciones más portentosas de la presencia y del impacto físico del hombre en el planeta. Más aun, el ser humano ha alterado los patrones mundiales y la ocurrencia de especies y ecosistemas. Cada vez es más raro encontrar paisajes vírgenes, es decir, con pocos o sin signos visibles de influencia ejercida por actividades humanas, como agricultura, tala de árboles, minería, carreteras, oleoductos o líneas de transmisión eléctrica (CCA, 2014).

Para la microcuenca San José se retoma el uso del suelo como un componente del paisaje de origen antrópico, ya que muestra de manera general las actividades productivas desarrolladas por las poblaciones aledañas a los distintos usos de la tierra, estas actividades repercuten en la dinámica y desarrollo del paisaje, por lo que es necesario su correcta identificación para la toma de decisiones en el ámbito de la conservación y gestión del territorio.

Para caracterizar los usos del suelo, se tomaran en cuenta las clasificaciones de INEGI (2012). Con base a lo anterior dentro del área de estudio se identifican básicamente tres usos del suelo, los cuales son: Agricultura (de Riego y Temporal), Forestal y Pecuario (Ver mapa C08: Uso Actual del Suelo), los cuales se caracterizan a continuación.

La **Agricultura de Riego** y de **Temporal** se definen como áreas de producción de cultivos que son obtenidos para su utilización por el ser humano ya sea como alimentos, forrajes, ornamental o industrial (INEGI, 2012:10). La primera a partir del suministro de importantes cantidades de agua mediante métodos artificiales de riego, los cuales requieren de una fuerte inversión inicial para poder desarrollar la infraestructura hídrica necesaria, tales como canales, aspersores, bordos, mangueras, bombas de agua, etc.

La agricultura de riego que se desarrolla dentro de la cuenca es a través de métodos muy rudimentarios, ya que consiste en bombear el agua desde la Presa Lampazos hacia la parte alta del terreno de cultivo y de ahí se deja que el agua se irrigue a

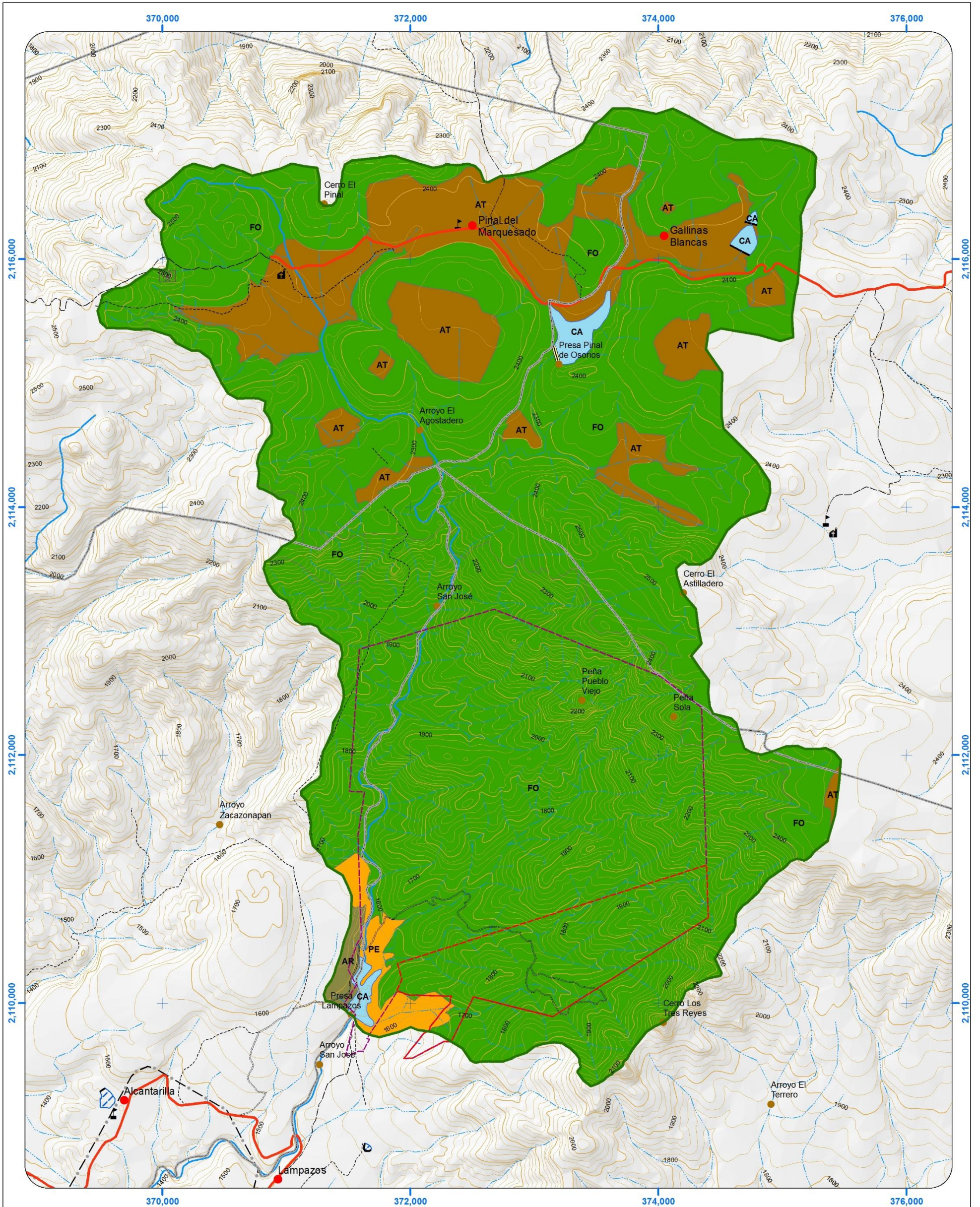
través de surcos y que por gravedad baja a la zona con menor elevación del terreno a cultivar. De acuerdo a lo observado en campo en esta área se siembra principalmente maíz.

Por otra parte la agricultura de temporal es aquella característica de las zonas rurales, la cual depende directamente de la precipitación pluvial natural, en época de lluvias, que en nuestro país regularmente corresponde a los meses de mayo a octubre. Los cultivos que se siembran en estas tierras también son conocidos como de temporal y entre sus principales características es que se desarrollan a partir de métodos poco tecnificados y por lo tanto los rendimientos son menores en comparación con la agricultura de riego. De acuerdo a INEGI (2007) dentro del área de estudio se desarrolla este tipo de agricultura para la obtención de cultivos de maíz y avena forrajera principalmente.

De acuerdo a Echarri (1998), la agricultura siempre ha supuesto un impacto ambiental fuerte. Hay que talar bosques para tener suelo apto para el cultivo, hacer embalses de agua para regar, canalizar ríos, etc. La destrucción y salinización del suelo, la contaminación por plaguicidas y fertilizantes, la deforestación o la pérdida de biodiversidad genética, son problemas muy importantes generados por la agricultura a los que hay que hacer frente.

El uso de suelo **Pecuario** es aquel lugar en donde se realiza la explotación ganadera de manera intensiva o extensiva para la obtención de diferentes productos como carne, leche, huevo y todos los derivados de la ganadería (INEGI, 2012:11). Esta explotación se puede dar en terrenos con uso de suelo agrícola, así como en terrenos con cubierta vegetal de tipo forestal y pastizal, lo que la hace una de las actividades con mayor porcentaje de tierras ocupadas ya que no se limita a un solo tipo de vegetación y uso de suelo.

La ganadería que se desarrolla dentro del área de estudio es de tipo extensiva, la cual no se limita a la zona de pastizal a las orillas de la presa, sino que se puede encontrar dentro de los terrenos agrícolas y de las áreas con cubierta forestal. Cabe señalar que la estimación de cabezas de ganado dentro de la cuenca es prácticamente imposible ya que el ganado deambula libremente dentro y fuera del área de estudio, además que estos no le pertenece a un solo dueño sino que dentro del mismo territorio pueden existir diferentes grupos de ganado de distintos ganaderos. De acuerdo a INEGI (2007) el ganado que se explota dentro del área de estudio es el bovino para la producción de leche y carne principalmente.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO
FACULTAD DE PLANEACIÓN URBANA Y REGIONAL



"DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DE LA MICROCUENCA SAN JOSÉ PARA DETERMINAR SU POTENCIAL COMO ÁREA NATURAL PROTEGIDA EN EL ESTADO DE MÉXICO"

Mapa C08:
Uso Actual del Suelo



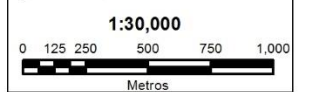
Simbología Temática

- Uso Actual del Suelo**
- AR Agricultura de Riego
 - AT Agricultura de Temporal
 - FO Forestal
 - PE Pecuario
 - CA Cuerpo de Agua

Simbología Básica

- Limite de Cuenca San José
- Parque Estatal "Los Tres Reyes" (2012)
- Parque Estatal "Los Tres Reyes" (2014)
- Localidad Rural
- Toponimio
- Vías de Transportación**
- Carretera Estatal Libre
- Terracería
- Brecha
- Vereda
- Instalaciones y Edificaciones**
- Escuela
- Templo
- Instalaciones de Comunicación**
- Torre de Microondas
- Curvas de Nivel**
- Curva Maestra (Equidistancia 100 mts)
- Curva Ordinaria (Equidistancia 20 mts)
- Corrientes de Agua**
- Corriente Perenne
- Corriente Intermitente
- Bordo**
- Presa
- Cuerpos de Agua**
- Cuerpo de Agua Perenne
- Cuerpo de Agua Intermitente

Fuente:
- Datos vectoriales de INEGI, 1999. Carta topográfica escala 1:50000, Clave: E14A46. Valle de Bravo, Aguascalientes, México.
- Datos vectoriales de INEGI, 2010. Carta de Uso de Suelo y Vegetación Serie IV, escala 1:250 000, Clave E14-2. Aguascalientes, México.



1:30,000

Proyección Cartográfica:
Proyección: Universal Transversa de Mercator
Datum: D WGS - 1984
Elipsoid: WGS - 1984
Zona Geográfica: 14 Norte

Jhovany Quintana Mondragón

De acuerdo a la FAO (2006) el sector ganadero genera más gases de efecto invernadero –el 18 por ciento, medidos en su equivalente en dióxido de carbono (CO₂)- que el sector del transporte. Los rebaños provocan al mismo tiempo daños en el suelo a gran escala, con cerca del 20 por ciento de los pastizales degradados a causa del sobrepastoreo, la compactación y la erosión. El sobrepastoreo afecta al ciclo del agua, e impide que se renueven los recursos hídricos tanto de superficie como subterráneos.

El uso de suelo **Forestal** es una actividad del sector primario que consiste en aprovechar los recursos naturales maderables y no maderables de la superficie forestal. Dicho uso de suelo es aquel que se refiere a la utilización de especies forestales cultivadas ex profeso o bien manejadas para la obtención de diferentes productos, tales como la madera, aceites, etcétera (INEGI, 2012:11). Respecto a lo anterior, esta actividad consiste en el aprovechamiento activo del bosque, ya que si existe una cubierta forestal y esta no es aprovechada, entonces no se puede decir que dicho territorio tenga un uso de suelo forestal.

Cabe señalar que las localidades que se encuentran dentro del área de estudio y las aledañas a esta no cuentan con registros oficiales sobre la explotación forestal, sin embargo, de acuerdo a la observación en campo, las poblaciones dentro y fuera de la microcuenca aprovechan el bosque para recolectar bienes forestales, tales como hongos comestibles y leña de autoconsumo. De acuerdo a los vecinos existen personas que practican la tala ilegal de forma intermitente, lo que ocasiona que el uso del bosque se de forma irregular.

Los diferentes tipos de usos de suelo descritos anteriormente son los que de acuerdo a la información recopilada en fuentes oficiales se pueden localizar dentro del área de estudio y que considera diferentes actividades económicas (ver tabla 14). Para fines prácticos de nuestra investigación, se describe la ubicación y la superficie de cada una dentro de la Microcuenca San José.

Tabla 14: Localización y superficie ocupada por los diferentes usos del suelo en la microcuenca San José

Clasificación del Uso de Suelo	Localización y Superficie
Agricultura de Riego	Dentro del área de estudio esta uso de suelo, se localiza al suroeste de la microcuenca, específicamente al este de la Presa Lampazos cubriendo una superficie de 13.016 ha que representa el 0.467 % del área total de la zona de estudio.
Agricultura de Temporal	Este tipo de agricultura se localiza prácticamente al norte de la cuenca en las inmediaciones de las localidades de Pinal del Marquesado y Gallinas Blancas en pequeñas unidades separadas con diferente tamaño, en su conjunto cubren una superficie de 374.418 ha que representa el 13.591% del área total de la zona de estudio.

Pecuario	Este uso de suelo se localiza al suroeste de la microcuenca San José, en los alrededores de la Presa Lampazos, ocupando una superficie de 37.380ha que representa el 1.343 % del área total de la zona de estudio.
Forestal	Este uso de suelo es que esta mayormente representado, ya que, se puede encontrar en prácticamente toda la superficie de la microcuenca San José, ocupando una superficie de 2232.522 ha que representa el 83.774 % del área total de la zona de estudio.

Fuente: Elaboración con base al mapa de uso del suelo.

La identificación de los usos del suelo en un determinado territorio muestra a grandes rasgos cual es la actividad económica desarrollada por los habitantes de dichos lugares. También permite darse una idea general sobre la presión y afectaciones que las actividades pueden estar ejerciendo sobre los recursos naturales contenidos en el área de estudio.

Para la microcuenca San José, se puede identificar que sus principales actividades económicas son de carácter primarias, ya que no existen zonas urbanas consolidadas en donde se desarrollen otros tipos de actividades pertenecientes al sector secundario y terciario. Cabe señalar que en el Plan de Desarrollo Municipal de Otzoloapan 2013 – 2015 se contempla que la zona del Pinal del Marquesado sea impulsada para desarrollar actividades del sector terciario, ya que de acuerdo a citado documento tiene gran potencial para que se desarrollen empresas ecoturísticas y por lo tanto se pretende impulsar esta industria en dicha demarcación.

3.1.11. Aspectos sociales

El ambiente natural desempeña un papel fundamental en la localización y distribución de las poblaciones, así como la forma de organizarse. En tal sentido los componentes del paisaje determinan en primer lugar la distribución de los recursos naturales sobre la superficie terrestre, en la medida que pasa el tiempo las poblaciones humanas pueden adaptarse y vivir en medios naturales con características comunes que condicionan las actitudes socioculturales y los patrones de vida de los individuos dentro de las poblaciones

La importancia de la sociedad en el ambiente natural radica en que los humanos han sido los principales causantes de cambios y alteraciones al paisaje en su conjunto, esto a raíz de adquirir bienes y servicios cada vez más fáciles de procesar, pero en consecuencia a esto, la disponibilidad de los recursos ha ido escaseando rápidamente. Para entender la dinámica y la interrelación de las poblaciones humanas con el medio natural es necesario conocer cuáles son las características generales de dichas localidades para tomar decisiones correctas.

Para el caso de la microcuenca San José se retoman cuatro localidades, de las cuales dos de ellas se encuentran dentro y dos fuera, pero tienen influencia directa sobre el área de estudio. El Pinal del Marquesado (Otzoloapan) y Gallinas Blancas (Valle de Bravo) se localizan en la cabecera, al norte de la cuenca. Por otro lado Alcantarilla (Zacazonapan) y Lampazos (Temascaltepec) se localizan al sur de la cuenca pero fuera de los límites del área de estudio.

Las cuatro localidades mencionadas anteriormente están definidas por INEGI (2010c) como localidades rurales, que de acuerdo al criterio utilizado por dicha institución, tienen menos de 2,500 habitantes. Partiendo de lo anterior, se retoman las características principales de las localidades, a partir de los datos publicados del Censo de Población y Vivienda, 2010c.

a) Población

Como se ha mencionado con anterioridad, la población es la causante principal de la alteración a los recursos naturales, por lo tanto, es indispensable conocer cuál es la cantidad de personas, que potencialmente pueden afectar los recursos del área de estudio (ver tabla 15), ya sea dentro o fuera de dicha zona, la población puede tener repercusiones directa e indirectamente sobre la dinámica de la microcuenca San José.

Tabla 15: Total de población en las localidades ubicadas en las inmediaciones de la microcuenca San José.

Localidad	Total de población	Población Femenina	Población Masculina
Pinal del Marquesado	388	200	188
Gallinas Blancas	42	17	25
Alcantarilla	150	69	81
Lampazos	225	101	124

Fuente: Elaboración con base a INEGI (2010c).

b) Vías de comunicación y accesibilidad

Se entiende como toda aquella infraestructura que permite desplazarnos de un lugar a otro, a través de diversos medios de transporte, debido a que conectan diversos centros de población como rancherías, pueblos y ciudades.

Las carreteras con mayor importancia que se localizan en los alrededores de la microcuenca San José son la carretera estatal Temascaltepec-El Fresno-San Pedro Tenayac-Zacazonapan, con ruta 50. El acceso al área de estudio a través de esta carretera es a la altura de la comunidad de Lampazos, Municipio de Temascaltepec; con esta vía de comunicación se puede acceder a la parte sur. El otro acceso es por la carretera local conocida como Camino del Pinal del Marquesado encarpeta

con pavimento asfáltico, parte de la localidad de Avándaro en el municipio de Valle de Bravo y termina al norte de la cuenca en la localidad de Pinal del Marquesado pasando por Gallinas blancas.

Específicamente, dentro de la microcuenca se pueden encontrar diversos tipos de vías de comunicación que permiten desplazarse dentro del área de estudio, las cuales se describen a continuación con base a INEGI (2012):

- **Carretera estatal libre:** son vías de comunicación con responsabilidad de los gobiernos de cada entidad federativa e incluyen carreteras pavimentadas y revestidas; caminos rurales.
- **Terracería:** Camino con piso nivelado y sin revestimiento acondicionado para el rodamiento de vehículos. Está hecho de materiales del terreno natural de la zona, como tierra, piedra bola o tezontle.
- **Brecha:** camino de un sólo cuerpo, sin control de acceso, compuesto por un carril de circulación y sin trazo definido.
- **Vereda:** camino que se forma con el tránsito de las personas y animales, generalmente son reducidos y sin trazo definido.

Como se ha descrito anteriormente las distintas vías de comunicación están diseñadas para un tipo de circulación en específico, estas características condicionan que tan accesible es el territorio es para el hombre (ver Mapa C01: Topografía), por lo tanto es esencial determinar cuáles son las áreas con mayor accesibilidad, considerando únicamente las vías de comunicación.

c) Aspectos Culturales

De acuerdo con los habitantes de las localidades aledañas a la microcuenca San José, dentro del territorio de esta existe un basamento de origen prehispánico, conocido como “Pueblo Viejo” (ver Mapa C01: Topografía), el cual ha sido saqueado por los mismos vecinos y gente que vive fuera de aquellas localidades. A pesar de estar en un área de difícil tránsito, dicha zona se encuentra deteriorada. De acuerdo con Mendiola (2011) se estima que dichos yacimientos pertenecen al grupo étnico Matlatzinca, en el Posclásico 950-1521 d.C., sin ser posible determinar la parte del periodo a la cual pertenecen los vestigios encontrados.

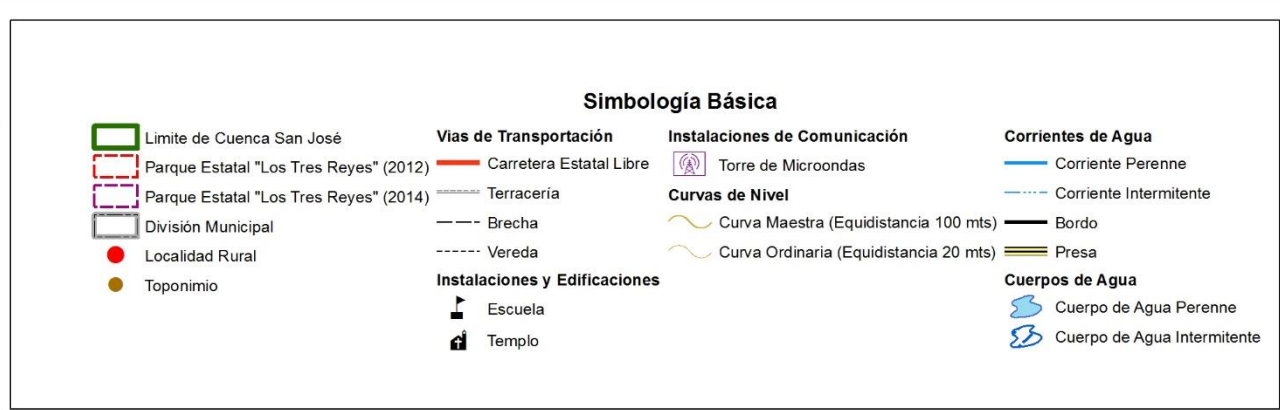
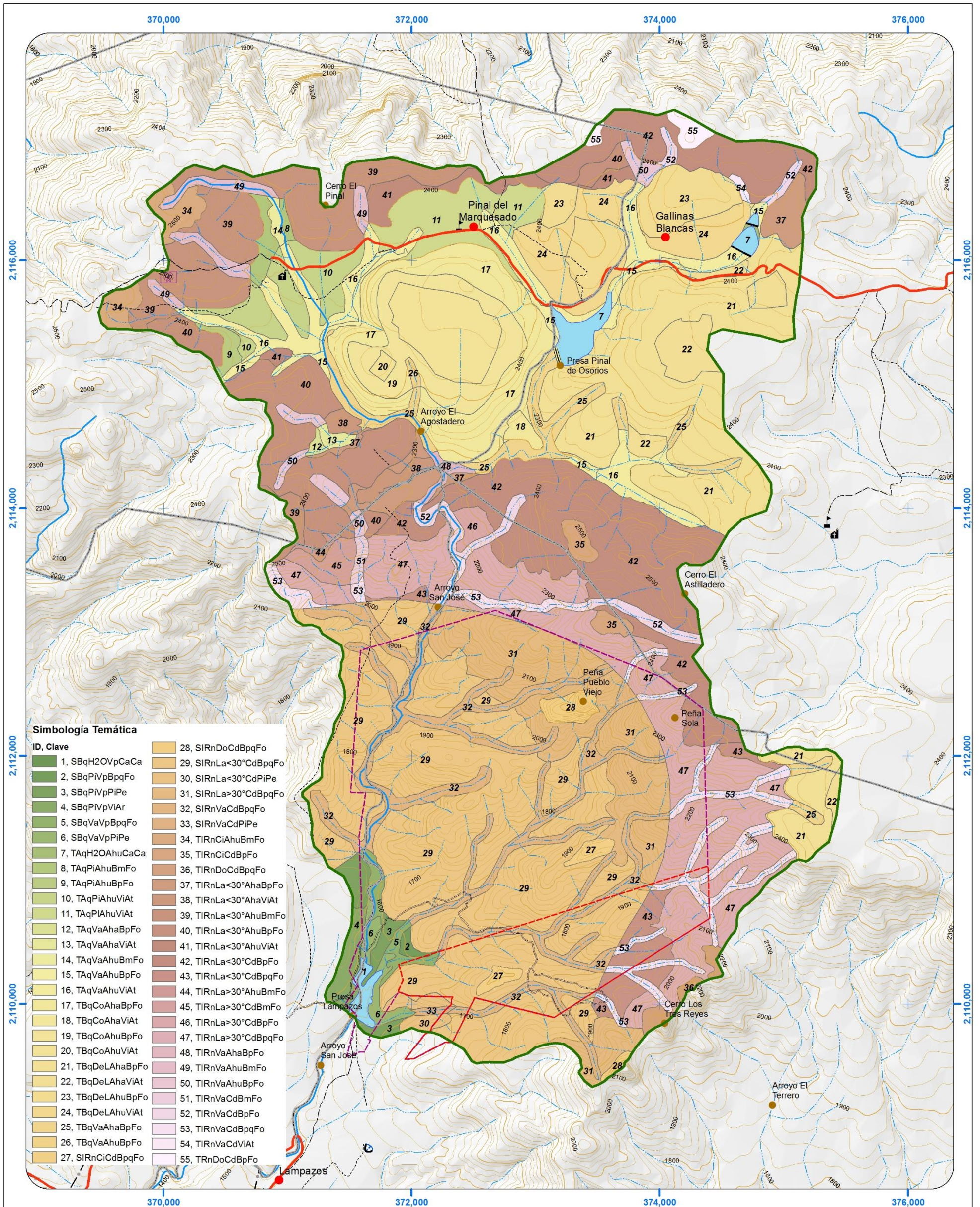
De acuerdo con la misma autora en este lugar se encontraron vestigios arqueológicos en cerámica y líticos de construcción (ver Anexo I: Ficha de descripción de yacimiento arqueológico, Zacazonapan. Estado De México), en donde se recabó información y se analizó mediante especialistas en la rama de la arqueología, las cuales obtuvieron información y observación de primera mano, debido a que participaron en trabajo en campo.

3.2. Unidades de Paisaje de la Microcuenca San José

Para la generación del mapa de paisajes se utilizaron del inventario-geoecológico (estructura vertical del paisaje) las capas temáticas de climas, geología-litología, geomorfología, edafología, vegetación y uso del suelo, ya que estas comparten la característica de ser cartografiables en forma de polígono, por lo tanto, facilitan la creación de las unidades paisajísticas.

Por otro lado la estructura taxonómico-corológica (estructura horizontal del paisaje) se considera para la creación del mapa, en este caso nos define que tan grandes son las unidades de paisaje para poder jerarquizarlos. No obstante antes de definir a que orden jerárquico pertenecen, se consideró el área mínima cartografiable para la escala de trabajo, que es 1:30 000 y de acuerdo con Priego y otros (2010: 34), esta área comprende una superficie de 4 x 4 mm en el dibujo, la cual garantiza operatividad cartográfica y adecuada lectura del mapa. Por lo tanto considerando la escala y el área mínima cartografiable se llegó a la conclusión de que todos aquellos polígono menores a 14400 m² se generalizaran con el más cercano y de mayor tamaño.

Con base a lo anterior las unidades de paisaje se caracterizan en el nivel VI del sistema taxonómico-corológico, correspondiente a las Geofacias la cuales son formas de relieve de detalles subordinados al influjo de topoclimas y distinguibles por un cierto tipo de explotación natural y humana y abarcan únicamente cientos a miles de m², sin llegar a formar unidades de cientos de km² (ver Mapa UP01: Unidades de Paisaje). Cabe señalar que a causa de la gran cantidad de unidades de paisaje, en el mapa solo se pone la clave y un ID, para poder identificar cuáles son los componentes cartografiables de cada unidad de paisaje es necesario acudir a la tabla 16, en donde se muestra a detalle los atributos ambientales que integran cada unidad de análisis dentro de la microcuenca San José.



Fuente:
 Datos vectoriales de INEGI, 1999.
 Carta topográfica escala 1:50000,
 Clave: E14A46. Valle de Bravo.
 Aguascalientes, México.

1:30,000

0 125 250 500 750 1,000
 Metros

Proyección Cartográfica:
 Proyección: Universal
 Transversa de Mercator
 Datum: D WGS - 1984
 Elipsoide: WGS - 1984
 Zona Geográfica: 14 Norte

Jhovany Quintana Mondragón

Tabla 16: Unidades de Paisaje de la Microcuenca San José

Fisiografía	Subprovincia Fisiográfica	Era Geológica	Periodo Geológico	Clima	Roca	Geoforma	Suelo	Vegetación	Uso del Suelo	Clave Paisaje	ID Paisaje	
Sierra Madre del Sur	Depresión del Balsas	Cenozoica	Cuaternario	Semicálido	Basalto	Cuerpo de Agua	Vertisol pélico	Cuerpo de Agua Perenne	Cuerpo de Agua	SBqH2OVpCaCa	1	
						Piedemonte		Bosque de Pino-Encino	Forestal	SBqPiVpBpqFo	2	
								Pastizal Inducido	Pecuario	SBqPiVpPiPe	3	
								Vegetación Inducida (Maíz y Avena)	Agricultura de Riego	SBqPiVpViAr	4	
								Valle	Bosque de Pino-Encino	Forestal	SBqVaVpBpqFo	5
						Pastizal Inducido			Pecuario	SBqVaVpPiPe	6	
				Templado	Aluvión	Cuerpo de Agua	Andosol húmico	Cuerpo de Agua Perenne	Cuerpo de Agua	TAqH2OahuCaCa	7	
						Piedemonte		Bosque Mesófilo de Montaña	Forestal	TAqPiAhuBmFo	8	
								Bosque de Pino		TAqPiAhuBpFo	9	
								Vegetación Inducida (Maíz y Avena)	Agricultura de Temporal	TAqPiAhuViAt	10	
						Planicie aluvial		Andosol háplico	Bosque de Pino	Forestal	TAqVaAhaBpFo	12
									Vegetación Inducida (Maíz y Avena)	Agricultura de Temporal	TAqVaAhaViAt	13
					Valle	Andosol háplico	Bosque Mesófilo de Montaña	Forestal	TAqVaAhuBmFo	14		
							Bosque de Pino		TAqVaAhuBpFo	15		
							Vegetación Inducida (Maíz y Avena)	Agricultura de Temporal	TAqVaAhuViAt	16		
						Basalto	Andosol háplico	Bosque de Pino	Forestal	TBqCoAhaBpFo	17	
								Vegetación Inducida (Maíz y Avena)	Agricultura de Temporal	TBqCoAhaViAt	18	
							Andosol húmico	Bosque de Pino	Forestal	TBqCoAhuBpFo	19	
			Vegetación Inducida (Maíz y Avena)	Agricultura de Temporal	TBqCoAhuViAt			20				
			Derrame Lávico	Andosol háplico	Bosque de Pino		Forestal	TBqDeLAhaBpFo	21			
					Vegetación Inducida (Maíz y Avena)		Agricultura de Temporal	TBqDeLAhaViAt	22			
			Valle	Andosol húmico	Bosque de Pino	Forestal	TBqDeLAhuBpFo	23				
					Vegetación Inducida (Maíz y Avena)	Agricultura de Temporal	TBqDeLAhuViAt	24				
			Neógeno	Semicálido	Ignimbrita-Riolita	Cima Riolítica	Cambisol dístico	Bosque de Pino-Encino	Forestal	SIRnCiCdBpqFo	27	
										Domo	SIRnDoCdBpqFo	28
											SIRnLa<30%CdBpqFo	29
						Valle		Andosol háplico	Bosque de Pino	Forestal	TBqVaAhaBpFo	25
											TBqVaAhuBpFo	26
											Pastizal Inducido	Pecuario

					Ladera Riolítica con pendiente < 30%		Bosque de Pino-Encino	Forestal	SIRnLa>30%CdBpQFo	31	
					Valle		Pastizal Inducido	Pecuario	SIRnVaCdBpQFo	32	
									SIRnVaCdPiPe	33	
				Templado	Cima Riolítica	Andosol húmico	Bosque Mesófilo de Montaña	Forestal	TIRnCiAhuBmFo	34	
						Cambisol dístico	Bosque de Pino		TIRnCiCdBpFo	35	
					Domo		Bosque de Pino-Encino		TIRnDoCdBpQFo	36	
									TIRnLa<30%AhaBpFo	37	
						Ladera Riolítica con pendiente < 30%	Andosol háplico	Bosque de Pino	Agricultura de Temporal	TIRnLa<30%AhaViAt	38
								Vegetación Inducida (Maíz y Avena)			
							Andosol húmico	Bosque Mesófilo de Montaña	Forestal	TIRnLa<30%AhuBmFo	39
										Bosque de Pino	TIRnLa<30%AhuBpFo
								Vegetación Inducida (Maíz y Avena)	Agricultura de Temporal	TIRnLa<30%AhuViAt	41
							Cambisol dístico	Bosque de Pino	Forestal	TIRnLa<30%CdBpFo	42
								Bosque de Pino-Encino		TIRnLa<30%CdBpQFo	43
						Ladera Riolítica con pendiente > 30%	Andosol húmico	Bosque Mesófilo de Montaña	Forestal	TIRnLa>30%AhuBmFo	44
							Cambisol dístico	Bosque de Pino		TIRnLa>30%CdBmFo	45
										Bosque de Pino-Encino	TIRnLa>30%CdBpFo
										TIRnLa>30%CdBpQFo	47
						Valle	Andosol háplico	Bosque de Pino		TIRnVaAhaBpFo	48
							Andosol húmico	Bosque Mesófilo de Montaña		TIRnVaAhuBmFo	49
										Bosque de Pino	TIRnVaAhuBpFo
							Cambisol dístico	Bosque Mesófilo de Montaña		TIRnVaCdBmFo	51
									Bosque de Pino	TIRnVaCdBpFo	52
									Bosque de Pino-Encino	TIRnVaCdBpQFo	53
								Vegetación Inducida (Maíz y Avena)	Agricultura de Temporal	TIRnVaCdViAt	54
			Riolita		Domo		Bosque de Pino	Forestal	TRnDoCdBpFo	55	

Como se observa en el mapa, a nivel de geofacies o unidades de paisaje la microcuenca San José es muy compleja, debido a la dinámica natural con la que se ha formado en las diferentes escalas espacio-temporales, por tal motivo cada una de estas serán tomadas como unidad de análisis para determinar el estado actual del territorio de estudio.

Dicho análisis se realiza en el siguiente capítulo, en donde a través de la aplicación de indicadores de índole ambiental se determina la calidad y dinámica de los recursos naturales, así como el grado de alteración de la microcuenca, teniendo como objetivo principal fortalecer el Área Natural Protegida Parque Estatal “Los tres Reyes” que se encuentra dentro del área estudio, a través de la identificación de zonas potenciales para la protección, conservación, restauración y aprovechamiento de los recursos naturales.

3.3. Diagnóstico de las unidades de paisaje de la microcuenca San José.



Dentro del saber ambiental es necesario aplicar herramientas de evaluación con el objetivo fundamental de determinar áreas cuyo uso tiende a controlar la dinámica de los sistemas naturales vulnerables, lo que condicionará la cantidad y calidad de los recursos naturales bióticos y abióticos presentes en dicha zona.

A partir de los análisis de los componentes del paisaje se diagnostica y determina el estado actual del mismo, detectando anomalías en la dinámica ambiental causadas por los procesos naturales, así como las influenciadas por el ser humano en la forma que utiliza el medio natural, estas perturbaciones se detectan cuando los procesos rompen la dinámica del paisaje, traduciéndose en degradación y/o deterioro de los recursos bióticos o abióticos.

De acuerdo con Espinoza (2001 en Colín, 2005:51) la aplicación de índices e indicadores ambientales, es una de las herramientas más eficaces para diagnosticar las condiciones ambientales de un lugar, contribuyendo los resultados obtenidos al proceso de planeación, evaluación, zonificación, y toma de decisiones. Son definidos como la relación matemática (cualitativa y/o cuantitativa) que existe entre dos o más variables permitiendo explicar el estado actual y las tendencias futuras de los elementos que conforman al sistema.

Los indicadores se consideran como medios para llegar a un objetivo y guían a los planificadores para tomar decisiones sobre cómo usar los recursos naturales; en general cumplen con dos funciones básicas (Palacio et al., 2004 en Carbajal, 2008:102):

a) Reducir el número de mediciones y parámetros que normalmente se requieren para reflejar una situación dada.

b) Simplificar el proceso de comunicación con el usuario.

Es importante señalar, que el objetivo de los indicadores es establecer de manera sintética una condición que puede ser representada espacialmente, no obstante, la interpretación de los resultados requiere de análisis. En este sentido la interpretación de los indicadores no puede abstraerse de la complejidad de la realidad adjunta y espacialmente específica. Por ello, un indicador numérico no puede ser explicado en los mismos términos en todo el territorio, debido a diferencias de contexto que surgen de las diferentes características sociales, económicas y políticas del espacio geográfico. Al tener esta realidad una condición cambiante en el espacio y en el tiempo, los indicadores y su interpretación no son válidos indefinidamente en el tiempo, sino que requieren ser revisados periódicamente (Carbajal, 2008:103).

Con base a lo anterior el presente trabajo busca valorar la calidad ambiental de la microcuenca San José a partir de indicadores ambientales que permitan determinar su potencial como complemento del ANP Parque Estatal “Los Tres Reyes” y así mejorar la calidad y cantidad de los bienes y servicios ambientales prestados por el territorio ocupado del área de estudio.

Los indicadores contemplados para determinar la calidad ambiental son las pendientes, erosión laminar hídrica, zonas con potencial de recarga, fragilidad ecológica y transitabilidad; los cuales a continuación se abordan de forma detallada determinando su contribución en el cumplimiento del objetivo general de este trabajo.

3.3.1. Pendientes

Partiendo del concepto básico, es la inclinación del terreno respecto a la horizontal, deben establecerse rangos de medida, ya sean cuantitativos (grados o porcentajes) o cualitativos (expresión literal). Las clasificaciones usuales son cuantitativos, y refieren grados (entre 0° y 90°) del ángulo de inclinación o porcentaje de la misma (el 100% representa un ángulo de 45°), es decir, relación porcentual entre elevación (altura) y desplazamiento en la horizontal (distancia proyectada) (Pedraza, 1996: 52).

La cuantificación de la inclinación de las pendientes permite zonificar las laderas en forma objetiva, y además resulta un criterio básico para la evaluación de la aptitud territorial (o potenciales y limitaciones naturales), y en la diferenciación de unidades de paisajes (Bocco y otros, 2005), lo cual permite entender de manera general la dinámica y estabilidad de los territorios que son objeto de análisis, partiendo del supuesto que la pendiente es resultado tanto de procesos geológicos y climáticos a través del tiempo.

Cabe señalar que los valores absolutos de la pendiente, aquellos que no consideran el sentido en la inclinación, se organizan según rangos o escalas. Estas además de otras utilidades cartográficas, sirven para acotar contrastes morfométricos. Estas escalas a veces se ajustan mediante tablas con utilidad aplicada (ver tabla 17) ya que, en primera aproximación y a nivel general, marcan la generalidad para determinados fenómenos (Pedraza, 1996: 52-53).

Tabla 17: Rangos cualitativos y cuantitativos de la pendiente, su relación con los procesos y algunas observaciones de su influencia sobre la aptitud y limitaciones del territorio

	Rango	Clasificación	Procesos básicos	Observaciones
Ángulo de inclinación de las pendientes (°)	<1	Pendientes planas	Ausencia de lavado y deslizamientos	Útil para infraestructura viaria, etc. Desfavorable para la urbanización y la mayoría de los cultivos en zonas bajas con inundaciones periódicas.
	1 – 3	Pendientes muy suavemente inclinadas	Presencia de desplazamientos masivos y lentos por gravedad de formaciones arcillosas u otros tipos de suelo cuando absorben gran cantidad de agua.	Óptimo agropecuario, no existen riesgos de inundación y no se manifiestan los procesos erosivos. Mecanización total. Ganadería extensiva y/o intensiva. Aceptable para asentamientos urbanos.
	3 – 5	Pendientes suavemente inclinadas	Movimiento en masa, procesos fluviales, inicio de erosión en reguero y lavado	Útil con limitaciones, pero aceptable para la agricultura y la ganadería. Posible para el cultivo mecanizado. Aceptable para asentamientos urbanos.
	5 – 10	Pendientes ligeramente inclinadas	Movimientos en masa erosión en manto y reguero, fenómenos de <i>creep</i> (deformación por fluencia lenta) e inicio de deslizamientos	Fuertes limitaciones para la mecanización agrícola. Con limitaciones para asentamientos urbanos. Transporte difícil con vehículo. Comienzan procesos erosivos.
	10 – 15	Pendientes ligeramente a medianamente inclinadas	Movimientos en masa erosión en manto y reguero, fenómenos de <i>creep</i> e inicio de deslizamientos	Desfavorable para la agricultura. Fuertes procesos erosivos. No se recomienda riego ni mecanización. Con limitaciones para asentamientos urbanos.
	15 – 20	Pendientes medianamente inclinadas	Erosión lineal muy incisiva. Peligro de destrucción del suelo; conos de deyección; deslizamientos y caídas.	Con potencial para uso forestal y pastoreo, no apto para infraestructuras.
	20 – 30	Pendiente fuertemente inclinadas	Erosión lineal muy incisiva, riesgo extremo de erosión del suelo, deslizamientos, caídas, avalanchas, etc.	Apto para el bosque. No utilizable en agricultura o construcción. Límite de vehículos especiales

	30 – 45	Pendientes muy fuertemente inclinadas	Caídas en masa, deslizamientos y colapsos	Terreno límite para uso forestal y paso caminando
	>45	Pendientes abruptas	Caídas, colapsos, deslizamientos y desagregación granular	De difícil utilización. Terreno muy escarpado.

Fuente: Elaboración con base en Pedraza, 1996:53 y Bocco *et al*, 2005.

Con base a la tabla anterior y a partir de las curvas de nivel del área de estudio, en el programa ArcGIS 10.1 través del módulo del ArcMap se generó el modelo digital del terreno (MDT) el cual transforma la representación lineal del territorio a una representación áreal, logrando que no exista ausencia de información en toda la superficie ocupada por nuestra área de estudio.

Una vez obtenido el MDT, se utiliza la herramienta “Slope” la cual se encuentra dentro de ArcMap en la ruta siguiente: Arc Toolbox + Spatial Analyst Tool + Surface; dentro de esta herramienta se define la clasificación cuantitativa, que para el caso de este trabajo fue en grados.

Una vez obtenido nuestro archivo raster, el paso siguiente es reclasificar nuestro archivo con base a la tabla mencionada anteriormente, este proceso se realiza en ArcMap en la ruta siguiente: Arc Toolbox + Spatial Analyst Tool + Reclass + Reclassify. Dentro de esta ventana se define el número de rangos y el valor de cada uno de ellos, es decir, se especifica cuáles son los valores extremos de cada rango para generar un nuevo archivo.

Una vez definidos los rangos se transforma el archivo raster a archivo “.shp”, en el cual estarán definidos los rangos de pendiente únicamente por un número natural, sin embargo, el número se relaciona con un rango determinado. Una vez establecidos los rangos dentro de la base de datos de nuestro archivo de pendientes, se lleva a cabo una intersección con el archivo de paisajes para poder manejar únicamente la información dentro de nuestra área de estudio.

Finalmente, para poder obtener pendientes por paisaje se depuran los diferentes rangos localizados dentro de una sola unidad, bajo el criterio de que el rango con una superficie mayor al 50% o en su defecto el que más se repite, será el dominante sobre los demás, por lo tanto se tomara como valor absoluto para la unidad de paisaje en cuestión para finalmente obtener el Mapa D01: Pendientes, en el cual están representados los rangos de medida tanto en forma cualitativa como en forma cuantitativa.

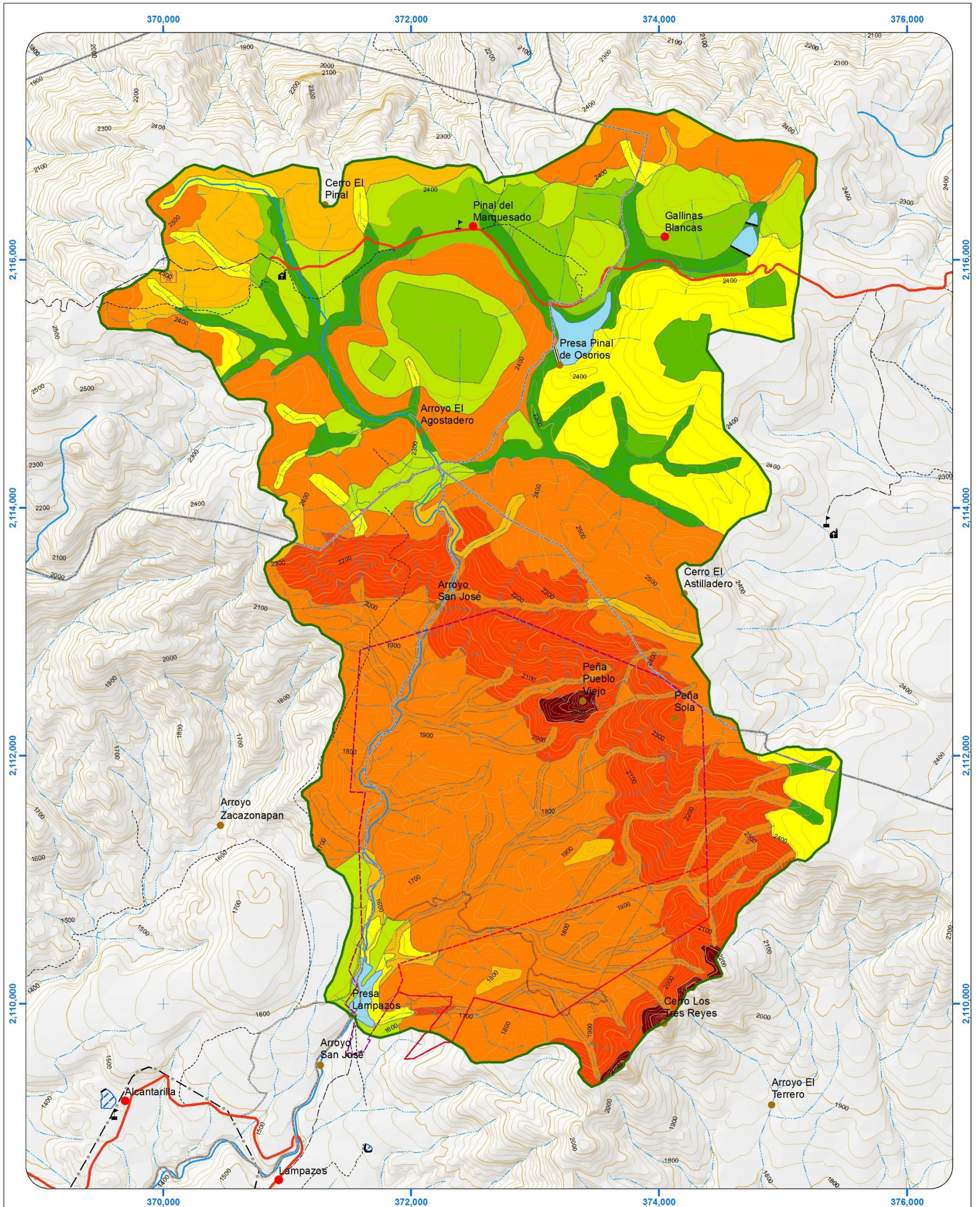
Como se puede observar en el Mapa D01: Pendientes; a nivel general los terrenos suaves se localizan al norte de la cuenca, en donde se localizan las dos poblaciones rurales (Pinal de Marquesado y Gallinas Blancas) por otra parte las zonas con las mayores pendientes se localizan al centro y sureste, simulando un arco en la parte central de la cuenta, sobresaliendo el Cerro Los Tres Reyes y la Peña Pueblo viejo con pendientes mayores a 45° pertenecientes a las unidades ambientales con id 36 y 28 respectivamente (ver tabla de pendientes por unidad de paisajes en anexo V).

En la tabla 18 se resume de manera general los rangos de pendiente, lo cual nos permitirá identificar cuáles son las unidades de paisaje o ambientales con mayor influencia respecto a la pendiente, y así considerar esta variable al momento de la toma de decisiones, debido a que es fundamental para la realización de los indicadores que se abordan más adelante.

Tabla 18: Rangos de pendientes en la microcuenca San José

Rango (°)	Clasificación	Id Paisajes	Cobertura en ha	Cobertura en %
<1	Pendientes planas	1, 7, 12, 13, 14,15, 16, 25	190.04	6.83
1 – 3	Pendientes muy suavemente inclinadas	22	38.18	1.37
3 – 5	Pendientes suavemente inclinadas	8, 11, 20, 24	174.36	6.26
5 – 10	Pendientes ligeramente inclinadas	3, 4, 10, 18, 19, 23, 37,38, 41,48, 54	270.19	9.70
10 – 15	Pendientes ligeramente a medianamente inclinadas	2, 6, 9, 21, 26, 49, 50,	299.68	10.76
15 – 20	Pendientes medianamente inclinadas	5, 27, 39, 52, 55	173.36	6.23
20 – 30	Pendiente fuertemente inclinadas	17, 29, 30, 32, 34, 35, 40, 42, 43, 53	1213.96	43.60
30 – 45	Pendientes muy fuertemente inclinadas	31, 33, 44, 46, 47, 45, 51	405.27	14.56
>45	Pendientes abruptas	28, 36	19.29	0.69

Fuente: Elaboración con base al Mapa D01: Pendientes



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO
FACULTAD DE PLANEACIÓN URBANA Y REGIONAL



"DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DE LA MICROCUENCA SAN JOSÉ PARA DETERMINAR SU POTENCIAL COMO ÁREA NATURAL PROTEGIDA EN EL ESTADO DE MÉXICO"

Mapa D01: Pendientes

Simbología Temática

- <1°, Pendientes Planas
- 1° - 3°, Pendientes Muy Suavemente Inclínadas
- 3° - 5°, Pendientes Suavemente Inclínadas
- 5° - 10°, Pendientes Ligeramente Inclínadas
- 10° - 15°, Pendientes Ligeramente a Medianamente Inclínadas
- 15° - 20°, Pendientes Medianamente Inclínadas
- 20° - 30°, Pendientes Fuertemente Inclínadas
- 30° - 45°, Pendientes Muy Fuertemente Inclínadas
- > 45°, Pendientes Abruptas

Simbología Básica

- Limite de Cuenca San José
- Parque Estatal "Los Tres Reyes" (2012)
- Parque Estatal "Los Tres Reyes" (2014)
- División Municipal
- Localidad Rural
- Toponimio
- Vías de Transportación**
- Carretera Estatal Libre
- Terracería
- Brecha
- Vereda
- Instalaciones y Edificaciones**
- Escuela
- Templo
- Instalaciones de Comunicación**
- Torre de Microondas
- Curvas de Nivel**
- Curva Maestra (Equidistancia 100 mts)
- Curva Ordinaria (Equidistancia 20 mts)
- Corrientes de Agua**
- Corriente Perenne
- Corriente Intermitente
- Cuerpos de Agua**
- Cuerpo de Agua Perenne
- Cuerpo de Agua Intermitente

Fuente:
Datos vectoriales de INEGI, 1999.
Carta topográfica escala 1:50000.
Clave: E14A46. Valle de Bravo.
Aguascalientes, México.

1:30,000

0 125 250 500 750 1,000
Metros

Proyección Cartográfica:
Proyección: Universal
Transversa de Mercator
Datum: D WGS - 1984
Elipsoide: WGS - 1984
Zona Geográfica: 14 Norte

Jhovany Quintana Mondragón



3.3.2. Erosión hídrica

La pérdida del suelo es un proceso natural; forma parte del reciclaje constante de los materiales de la tierra que se denomina ciclo de las rocas. Una vez formado el suelo las fuerzas erosivas, en especial el agua y el viento, mueven los componentes del suelo de un lugar a otro. Cada vez que llueve, las gotas de lluvia golpean la tierra con fuerza sorprendente, haciendo estallar partículas del suelo móviles fuera de su posición de la masa de suelo. A continuación el agua que fluye a través de la superficie arrastra las partículas de suelo desalojadas. Dado que el suelo es movido por finas láminas de agua, este proceso se denomina erosión laminar; posteriormente se desarrollan hilos de agua y empiezan a formarse finos canales denominados acanaladuras. Conforme las acanaladuras aumentan de tamaño se crean incisiones más profundas en el suelo, conocidas como abarrancamiento o cárcavas (Tarbuck y Lutgens, 2005:193 – 194).

La cuantificación de la erosión o pérdida de suelo es de suma importancia en los trabajos de conservación; dado que este recurso es necesario para el crecimiento de las plantas con raíces; se puede considerar que es el verdadero fundamento de la vida humana, sin embargo, a pesar del papel que desempeñan los suelos en el abastecimiento humano, estos se encuentran entre los recursos naturales con mayor degradación en México y en el mundo.

Considerando que la erosión es una problemática que demanda acciones inmediatas tanto en cuantificación como en técnicas de retención de suelos, se ha retomado la metodología propuesta por el Manual de Ordenamiento Ecológico (SEDUE, 1998 en Colín 2005:52) en el cual se cuantifican valores de pérdida de suelo (toneladas/hectárea/año), provocada por la erosión hídrica superficial tomando en cuenta diversos parámetros, en donde se determina la degradación atribuida a la erosión hídrica por cada unidad de paisaje en la microcuenca San José.

El cálculo de erosión hídrica se obtiene mediante la siguiente formula:

$$\text{Erosión Hídrica} = \text{IALLU} \times \text{CAERO} \times \text{CATEX} \times \text{CATOP} \times \text{CAUSO}$$

En donde:

PECRE: Periodo de crecimiento (Sirve para calcular el IALLU)

IALLU: Índice de agresividad de la lluvia

CAERO: Calificación de erodabilidad del suelo.

CATEX: Calificación de textura y fase del suelo.

CATOP: Calificación de la topografía o pendiente.

CAUSO: Calificación por uso del suelo.

Como se puede observar, para obtener la erosión hídrica es necesario calcular seis variables, las cuales se describen de manera general a continuación:

a) **PECRE** = 0.2408 (Precipitación*) – 0.0000372 (precipitación)² – 33.1019
 *Modal o media anual

b) **IALLU** = 1.1244 (PECRE) – 14.7875

c) **CAERO** = Calificar la erodabilidad del suelo

Se obtiene mediante la asignación de valores, bajo el principio de que cada unidad de suelo representa una cierta erodabilidad o susceptibilidad a erosionarse (ver tabla 19) por lo tanto se califica dependiendo de cada suelo. Cuando existen dos o más unidades edafológicas dentro de una unidad de análisis o paisaje esta calificación se obtiene a través de un promedio ponderado.

Tabla 19: Calificación de erodabilidad del suelo (CAERO) con base a la nomenclatura de cartas edafológicas de INEGI

CAERO	Unidades de Suelo
0.5	ANhu
1.0	Anha
2.0	CMdy VRpe

Fuente: Elaboración con base a SEDUE, 1998 en Colín 2005 (ver anexo II).

Una vez calificado la erodabilidad del suelo, se desarrolla la formula mencionada anteriormente, se calcula esta misma variable para cada una de las unidades del paisaje.

d) **CATEX** = Calificar textura y fase del suelo

Se obtiene mediante la asignación de valores de acuerdo a los tres tipos de textura en el suelo (gruesa – 1, media – 2, fina – 3) (ver anexo II); de fases solo toman en cuenta la gravosa y la pedregosa (ver tabla 20); por lo tanto se califica dependiendo de cada textura. Cuando existen dos o más texturas o fases dentro de una unidad de análisis o paisaje esta calificación se obtiene a través de un promedio ponderado.

Tabla 20: Calificación de textura del suelo (CATEX) por textura y fase

CATEX	Textura y fase
0.2	1
0.1	3

Fuente: Elaboración con base a SEDUE, 1998 en Colín 2005.

e) **CATOP** = Calificación de la topografía o pendiente.

Se obtiene mediante la asignación de valores de acuerdo a los tipos de pendiente o topografía (ver tabla 21). Cuando existen dos o más tipos de topografías o rangos de pendiente dentro de una unidad de análisis o paisaje esta calificación se obtiene a través de un promedio ponderado.

Tabla 21: Calificación de la topografía o pendiente (CATOP) por textura y fase

CATOP	Rango Pendiente (°)
0.35	0 - 5
3.50	5 - 20
11.00	> 20

Fuente: Elaboración con base en SEDUE, 1998 en Colín 2005 (ver anexo II).

f) **CAUSO** = Calificación por uso del suelo.

Se obtiene mediante la asignación de valores de acuerdo a los tipos de uso de suelo (ver tabla 22). Cuando existen dos o más tipos de uso de suelo dentro de una unidad de análisis o paisaje esta calificación se obtiene a través de un promedio ponderado.

Tabla 22: Calificación de la topografía o pendiente (CATOP) por textura y fase

CAUSO	Vegetación
0.80	Agrícola
0.10	Bosque
0.12	Pastizal o pradera
0.15	Matorral

Fuente: SEDUE, 1998 en Colín 2005.

Una vez obtenidas las variables antes mencionadas se aplica la fórmula general para calcular la erosión hídrica de cada unidad de paisaje dentro de la microcuenca San José.

$$\text{Erosión Hídrica} = IALLU \times CAERO \times CATEX \times CATOP \times CAUSO$$

Finalmente, los resultados de la fórmula anterior se clasifican de acuerdo a la tabla 23, lo que permite cartografiar los resultados de erosión dentro del área de estudio (ver Mapa D02: Erosión Hídrica).

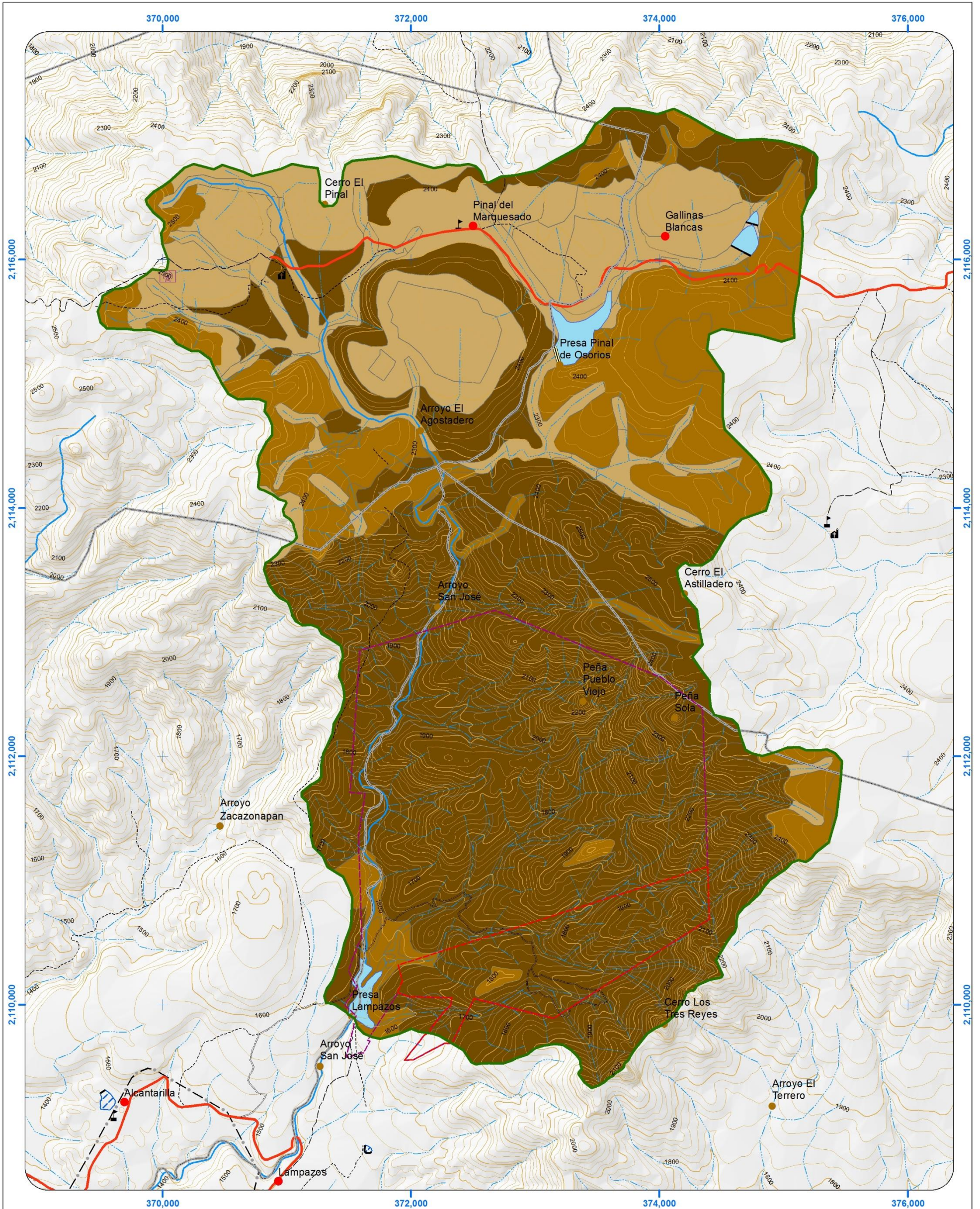
Tabla 23: Clasificación y valor de la erosión laminar

Clase de degradación	Valor de la erosión hídrica
Ligera	Menor de 10 ton/ha/año
Moderada	De 10 a 50 ton/ha/año
Alta	De 50 a 200 ton/ha/año
Muy Alta	Mayor de 200 ton/ha/año

Fuente: SEDUE, 1998 en Colín 2005

Como se puede observar; en el Mapa D02: Erosión Hídrica; la cuenca no cuenta con susceptibilidad muy alta a la erosión, esto gracias a las condiciones de la vegetación del bosque, la cual da protección a los suelos de tipo cambisol y andosol ante los embates del agua de lluvia, aun cuando cerca del 60% del territorio del área de estudio se localiza sobre pendientes fuertemente inclinadas y abruptas.

Cabe señalar que las zonas con erosión ligera se localizan principalmente al norte de la cuenca, en donde se encuentran las poblaciones de Pinal de Marquesado y Gallinas Blancas, por lo tanto existen áreas que han sido ocupadas para desarrollar la actividad agrícola sobre suelos de tipo andosol, sin embargo las pendientes dominantes en estas superficies son planas y suavemente inclinadas lo que disminuye la velocidad y capacidad de arrastre de sedimentos por parte del agua superficial, aunado a que el índice de agresividad de lluvia es menor que la parte sur de la microcuenca (ver tabla de erosión hídrica por unidad de paisajes en anexo VI).



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO
FACULTAD DE PLANEACIÓN URBANA Y REGIONAL



"DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DE LA MICROCUENCA SAN JOSÉ PARA DETERMINAR SU POTENCIAL COMO ÁREA NATURAL PROTEGIDA EN EL ESTADO DE MÉXICO"

Mapa D02: Erosión Hídrica



Simbología Temática

- Sin erosión, 0 ton/ha/año
- Ligera, Menor de 10 ton/ha/año
- Moderada, De 10 a 50 ton/ha/año
- Alta, de 50 a 200 ton/ha/año

Simbología Básica

- Limite de Cuenca San José
- Parque Estatal "Los Tres Reyes" (2012)
- Parque Estatal "Los Tres Reyes" (2014)
- División Municipal
- Localidad Rural
- Toponimio
- Vías de Transportación**
- Carretera Estatal Libre
- Terracería
- Brecha
- Vereda
- Instalaciones y Edificaciones**
- Escuela
- Templo
- Instalaciones de Comunicación**
- Torre de Microondas
- Curvas de Nivel**
- Curva Maestra (Equidistancia 100 mts)
- Curva Ordinaria (Equidistancia 20 mts)
- Corrientes de Agua**
- Corriente Perenne
- Corriente Intermitente
- Bordo**
- Presa
- Cuerpos de Agua**
- Cuerpo de Agua Perenne
- Cuerpo de Agua Intermitente

Fuente:
Datos vectoriales de INEGI, 1999.
Carta topográfica escala 1:50000,
Clave: E14A46, Valle de Bravo,
Agascalientes, México.

1:30,000
0 125 250 500 750 1,000
Metros

Proyección Cartográfica:
Proyección: Universal
Transversa de Mercator
Datum: D WGS - 1984
Elipsoide: WGS - 1984
Zona Geográfica: 14 Norte

Jhovany Quintana Mondragón

En la tabla 24 se resume de manera general los rangos de erosión presentes en la microcuenca San José, permitiendo identificar cuáles son las unidades de paisaje o ambientales con mayor y menor susceptibilidad a la erosión hídrica.

Tabla 24: Rangos de erosión en la microcuenca San José

Clase de degradación	Valor de la erosión hídrica	Id Paisajes	Cobertura en ha	Cobertura en %
Sin erosión	0 ton/ha/año	1, 7	22.80	0.82
Ligera	Menor de 10 ton/ha/año	8, 9, 11, 12, 14, 15, 16, 19, 20, 23, 24, 25, 26, 39, 49, 50	622.86	22.37
Moderada	De 10 a 50 ton/ha/año	2, 3, 5, 6, 13, 21, 22, 27, 34, 37, 40, 44, 48, 52, 55	532.01	19.10
Alta	De 50 a 200 ton/ha/año	4, 10, 17, 18, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 35, 36, 38, 41, 42, 43, 45, 46, 47, 51, 53, 54	1606.63	57.70

Fuente: Elaboración con base al Mapa D02: Erosión Hídrica.

3.3.3. Zonas con potencial de recarga hídrica

El agua es uno de los principales recursos naturales del planeta, del cual dependemos directamente los seres humanos, no solo para el consumo doméstico, sino también para el funcionamiento y continuidad de las actividades económicas; así como para mantener la seguridad alimentaria y la salud de los ecosistemas dentro de los diferentes ambientes naturales y artificiales existentes en el planeta.

Es bien sabido que tres cuartas partes del planeta son ocupados por agua, sin embargo, del agua dulce existente en el planeta 30% corresponde a agua subterránea, 0.8 a Permafrost¹ y sólo el 0.4% a aguas superficiales y en la atmósfera. Si consideramos al agua dulce no congelada (31.2% del volumen de agua dulce total), la subterránea representa el 96%, agua que además resulta importante como abastecimiento para arroyos, manantiales y humedales, así como un recurso fundamental para satisfacer las demandas de agua de muchas sociedades en el mundo. Mientras que las aguas superficiales (lagos, embalses, ríos, arroyos y humedales) sólo retienen el uno por ciento del agua dulce no congelada (SEMARNAT, 2012: 259).

El agua dulce y los ecosistemas relacionados con esta, suministran y renuevan el agua que necesita la humanidad, no obstante la creciente presión sobre los recursos naturales han causado el deterioro de las áreas naturales, afectando directamente la dinámica del ciclo hidrológico, principalmente a causa de la compactación e impermeabilización de los suelos ocasionado por la mayoría de las actividades humanas en las principales zonas de recarga hídrica, básicamente porque aumentan el escurrimiento superficial y disminuyen la recarga de los acuíferos.

La recarga hídrica es el procesos de incorporación de agua a los acuíferos. El área o zona donde ocurre la recarga se llama zona de recarga. Según INAB (2003) el clima, el suelo, la topografía, la estratigrafía geológica, la cobertura vegetal y la escorrentía son los principales factores que afectan la recarga hídrica. La lluvia en las zonas de recarga de los acuíferos son la principal y más importante fuente de abastecimiento de agua para los diferentes cursos, manantiales y cuerpos de agua subterráneos (Matus y otros, 2008: 75).

Cabe señalar que para identificar y delimitar de manera precisa las áreas prioritarias de recarga hídrica se requiere de estudios hidrogeológicos especializados, que muchas veces no están dentro de las posibilidades económicas de las comunidades de una microcuenca o subcuenca. En cierta forma, el deterioro de las zonas de recarga hídrica y la disminución de la recarga se debe a que no se conocen los sitios en las cuales ocurre este proceso, ya que los actores locales u organismos responsables del manejo de las cuencas no disponen de metodologías prácticas para su identificación (Matus y otros, 2008:76).

Existen metodologías prácticas de bajo costo y de aplicación simple; comparadas con los estudios hidrogeológicos; para identificar las zonas de recarga hídrica, que permiten a los actores locales, académicos, técnicos y científicos identificar las zonas con mayor potencial para infiltrar el agua hacia el subsuelo. Es por esta razón que se optó por utilizar la metodología conocida como: **Metodología para la Identificación Participativa de Zonas con Potencial de Recarga Hídrica en Subcuencas Hidrográficas.**

La metodología mencionada anteriormente consta de 10 pasos, los cuales han sido sistematizados y enumerados en Matus y otros (2009: 10 – 19), los cuales se mencionan a continuación:

Paso 1. Evaluación y definición de la zona de acción en la cual se va aplicar la metodología

Paso 2. Capacitación y participación de los actores locales en la aplicación de la metodología

- Paso 3. Identificación o ubicación de las fuentes de agua
- Paso 4. Primer acercamiento a las zonas potenciales de recarga hídrica
- Paso 5. Evaluación de los elementos del modelo propuesto
- Paso 6. Determinación del potencial de recarga en las zonas evaluadas
- Paso 7. Elaboración del mapa de zonas potenciales de recarga hídrica
- Paso 8. Caracterización de las zonas identificadas
- Paso 9. Propuesta de estrategias y acciones
- Paso 10. Difusión de los resultados

Dicha metodología es muy completa, ya que es elaborada bajo la premisa de involucrar a los habitantes de las subcuencas en la toma de decisiones, para poder identificar las zonas con potencial de recarga hídrica y orientar desde lo local las acciones de conservación y protección de dichas áreas. Sin embargo, por el objetivo de nuestra investigación y debido a que el acceso a las localidades de la microcuenca son azotadas por la condición actual de inseguridad en el país, se optó por omitir el paso 2. Por otra parte el paso 9 y 10 no serán abordados en este apartado, ya que corresponden a apartado final de trabajo en donde se abordad las conclusiones y algunas propuestas de acción en torno al área de estudio.

Para cubrir con el paso 1, se ha definido que la metodología se aplique en la microcuenca San José, al ser esta el área de estudio. No obstante para realizar él trabaja a mayor detalle se aplica esta metodología a las unidades de paisaje dentro de la microcuenca, permitiendo conservar de esta manera las unidades de análisis evaluadas en los indicadores anteriores.

El paso 3, se obtuvo a partir de la información hidrográfica contenida en el Mapa C01: Topográfico y el Mapa C05: Hidrológico, de esta manera se pueden identificar de forma general cuales son las fuentes de agua natural, a partir de la ubicación de manantiales, cuerpos de agua permanentes e intermitentes y corrientes de agua continuas y estacionales.

Para el paso 4 se observan cuáles son las variables del paisaje que rodean las fuentes naturales de agua, a partir de los mapas creados en el etapa de caracterización, por lo tanto se parte del supuesto que los elementos ambientales circundantes las fuentes naturales de agua son los que cuentan con mayor aptitud para poder infiltrar el agua y funcionar como zonas de recarga hídrica.

En el paso 5 se busca definir las zonas de recarga hídrica a partir de la evaluación de cada uno de los elementos del paisaje considerados dentro de esta metodología. Por lo tanto el modelo propuesto por Matus y otros (2009: 11 – 16), considera 5 elementos ambientales, los cuales se ponderan con valores del 1 – 5, donde 1 es el valor más bajo, ósea que presenta características menos favorables para que ocurra la recarga hídrica y 5 la puntuación más alta, a continuación se describen cada uno de los elementos del modelo propuesto.

A) Pendiente o microrelieve (*Pend*)

Se puede inferir que en relieves con elevaciones más altas, escarpados y de rápido escurrimiento superficial, el proceso de infiltración y recarga disminuye; por el contrario, en lugares con relieves planos, semiplanos y cóncavos se favorece el proceso de infiltración y recarga hídrica, al permitir un mayor tiempo de contacto del agua con el suelo (Matus y otros 2009: 12). La determinación de la pendiente se realiza con la matriz que parece en la siguiente tabla.

Tabla 25: Ponderación de la posibilidad de recarga hídrica según tipo de pendiente y microrelieve.

Microrelieve	Pendiente (°)	Posibilidad de Recarga	Ponderación
Plano a casi plano, con o sin rugosidad	0 - 5	Muy alta	5
Moderadamente ondulado o cóncavo	5 - 15	Alta	4
Ondulado / Cóncavo	15 - 45	Moderada	3
Fuertemente Escarpado	>45	Muy baja	1

Fuente: Elaboración con base a Matus y otros, 2009: 12 (ver anexo III).

B) Tipo de suelo (*Ts*)

Los suelos de textura gruesa, porosos y por lo tanto, permeables tienen gran capacidad de recarga hídrica. Por el contrario, los suelos de textura fina, arcillosos, pesados y compactados impiden y dificultan la recarga hídrica (Matus y otros 2009:13). La ponderación de la capacidad de recarga en los diferentes tipos de texturas se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 26: Ponderación de la capacidad de recarga hídrica del suelo según su textura

Textura	Posibilidad de recarga	Ponderación
Cambisol dístrico	Muy alta	5
Andosol húmico Andosol háplico	Alta	4
Vertisol pélico	Muy baja	1

Fuente: Elaboración con base a Matus y otros, 2009: 13 (ver anexo III).

C) Tipo de roca (*Tr*)

Al igual que el suelo, las características de las rocas que determinan las descargas son la porosidad y permeabilidad. Las rocas duras con poros finos e impermeables no favorecen la recarga; por el contrario, las rocas suaves con macroporos, fallas o fracturas son permeables y favorecen la recarga de los acuíferos (Matus y otros 2009:14). Para la evaluación de las características de las rocas se emplea la matriz que aparece en la tabla siguiente.

Tabla 27: Ponderación de la posibilidad de recarga hídrica según el tipo de roca

Rocas	Posibilidad de recarga	Ponderación
Basalto	Muy alta	5
Ignimbrita-Riolita	Alta	4
Aluvión	Moderada	3
Riolita	Baja	2

Fuente: Elaboración con base a Matus y otros, 2009: 15 (ver anexo III).

D) Cobertura vegetal (*Cve*)

La cobertura vegetal influye en la infiltración del agua al permitir mayor contacto con el suelo y disminuir la velocidad de escorrentía, la erosión, el impacto de la gota de lluvia y la resequedad causada por los rayos del sol. La ponderación propuesta en el la tabla 28 ayuda a estas determinaciones (Matus y otros 2009:14).

Tabla 28: Ponderación de la posibilidad de recarga hídrica según el porcentaje de cobertura vegetal

Cobertura vegetal permanente (porcentaje)	Posibilidad de recarga	Ponderación
Bosque de Pino y Bosque Mesófilo de Montaña	Muy alta	5
Bosque de Pino-Encino	Alta	4
Pastizal Inducido	Baja	2
Cuerpo de Agua y Vegetación Inducida	Muy baja	1

Fuente: Elaboración con base a Matus y otros, 2009: 15 (ver anexo III).

E) Uso del suelo

El uso del suelo -o el cambio de uso- influye tanto en el deterioro de las características del suelo (erosión y compactación), como en la reducción de la capacidad de infiltración y de recarga hídrica. El uso del suelo es el elemento más cambiante y con mayor influencia de la actividad humana. Un uso inadecuado del suelo puede disminuir la recarga del acuífero hasta en un 50%; a la vez, hace que aumenten los riesgos naturales y la pérdida de suelo por erosión hídrica y eólica

(FORGAES, s/f en Matus y otros 2009: 16). En la tabla 29 se describe la clasificación del potencial de recarga hídrica de acuerdo a cada uso de suelo.

Tabla 29: Ponderación de la posibilidad de recarga hídrica según el uso del suelo

Uso del suelo	Posibilidad de recarga	Ponderación
Forestal (mixto, pino, mesófilo de montaña)	Muy alta	5
Forestal (encino)	Alta	4
Agricultura de riego	Moderada	3
Cuerpo de agua, Pecuario y Agricultura de temporal	Baja	2

Fuente: Elaboración con base a Matus y otros, 2009: 16 (ver anexo III).

Las tablas descritas anteriormente son consideradas como nuestras reglas de decisión para calificar cada una de las características específicas de nuestras variables de análisis, cabe señalar que para poder asignarles la ponderación a cada una de nuestras capas temáticas, se recurrió al apartado de caracterización en donde se menciona las características específicas de cada variable considerada, así como los lineamientos mencionados en cada una de las tablas antes descritas.

En el paso 6 se determina el potencial de recarga hídrica por unidad de paisaje, dentro de la microcuenca San José, empleando la ecuación formulada por Matus y otros (2009: 17); en donde se sustituye cada uno de los elementos del modelo por los valores obtenidos durante la evaluación de cada uno de las variables del paisaje considerados dentro de esta metodología.

$$ZR= [0.27(Pend) +0.23(Ts) +0.12(Tr) +0.25(Cve) +0.13(Us)]$$

Donde:

Pend: Pendiente y microrelieve

Ts: Tipo de suelo

Tr: Tipo de roca

Cve: Cobertura vegetal permanente

Us: Usos del suelo

Para poder determinar la posibilidad de recarga hídrica por unidad de paisaje, se evalúan las características de cada variable, de acuerdo a la metodología y las tablas descritas con anterioridad, una vez asignada cierta ponderación se sustituye el valor de esta en cada elemento del paisaje considerado para que se multiplique por el factor correspondiente y finalmente sumar los resultados de cada uno de los elementos.

El resultado obtenido de la fórmula anterior oscila entre 1 y 5, el cual corresponde a un rango de posibilidades de recarga hídrica, como se muestra en la tabla siguiente.

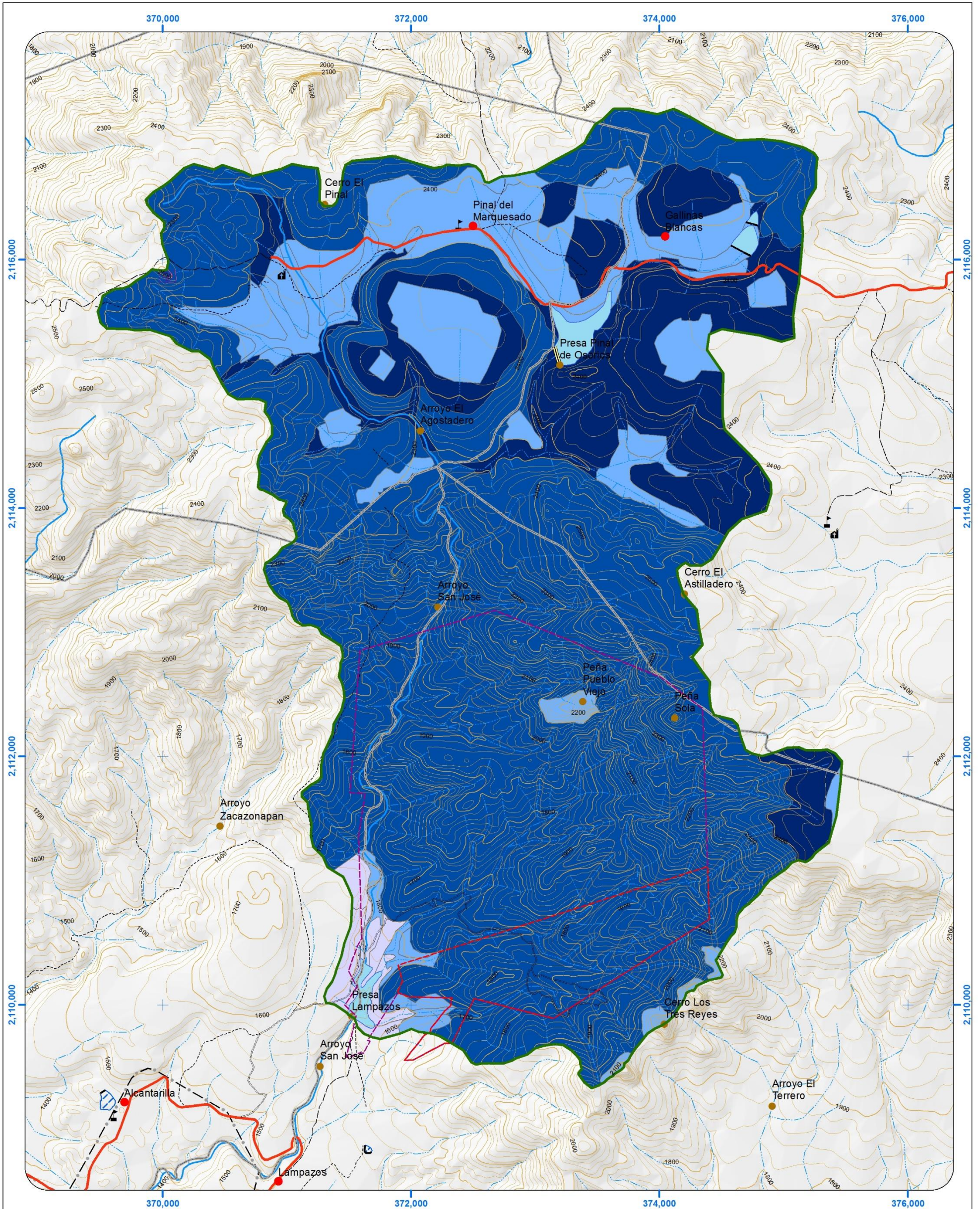
Tabla 30: Potencial de recarga hídrica según el modelo propuesto

Possibilidad de recarga	Rango
Muy alta	4.1 – 5
Alta	3.5 – 4.09
Moderada	2.6 – 3.49
Baja	2 – 2.59
Muy baja	1 – 1.99

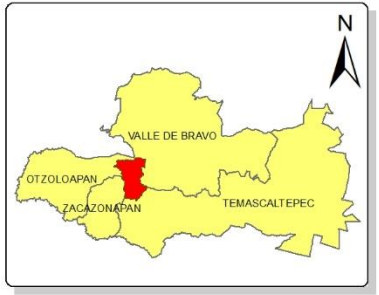
Fuente: Matus y otros, 2009: 17.

La clasificación de estos rangos para zonas con potencial de recarga hídrica para la microcuenca San José se realizaron a nivel de unidad de paisaje, (ver tabla de zonas con potencial de recarga hídrica por unidad de paisajes en anexo VII) por lo tanto este procedimiento se realizó a cada una de las 55 diferentes unidades de análisis que comprende el área de estudio, esto con la finalidad de respetar las características específicas de cada una y analizar la influencia de sus componentes en la dinámica general de la microcuenca.

El paso 7 de esta metodología corresponde a la elaboración del Mapa D03: Zonas con Potencial de Recarga Hídrica, el cual muestra de manera gráfica la ubicación de dichas superficies dentro del territorio de estudio, esto con la intención de facilitar la localización de dichas áreas en el proceso de toma de decisiones de los diferentes actores dentro de la microcuenca, principalmente para el establecimiento de actividades enfocadas a la conservación y protección de los recursos naturales; así como el aprovechamiento sustentable del agua que se consume.



Mapa D03: Zonas con Potencial de Recarga Hídrica



Simbología Temática		Simbología Básica	
Baja	Limite de Cuenca San José	Parque Estatal "Los Tres Reyes" (2012)	Instalaciones de Comunicación
Moderada	Parque Estatal "Los Tres Reyes" (2014)	División Municipal	Torre de Microondas
Alta	Localidad Rural	Toponimio	Curvas de Nivel
Muy alta	Vías de Transportación	Carretera Estatal Libre	Curva Maestra (Equidistancia 100 mts)
	Terracería	Brecha	Curva Ordinaria (Equidistancia 20 mts)
	Vereda	Instalaciones y Edificaciones	Corrientes de Agua
	Escuela	Presa	Corriente Perenne
	Templo	Cuerpos de Agua	Corriente Intermitente
		Cuerpo de Agua Perenne	Bordo
		Cuerpo de Agua Intermitente	Presa

Fuente: Datos vectoriales de INEGI, 1999. Carta topográfica escala 1:50000. Clave: E14A46. Valle de Bravo, Aguascalientes, México.

1:30,000

0 125 250 500 750 1,000
Metros

Proyección Cartográfica: Universal Transversa de Mercator
Datum: D WGS - 1984
Elipsoide: WGS - 1984
Zona Geográfica: 14 Norte

Jhovany Quintana Mondragón

El paso 8 corresponde a la caracterización de las zonas identificadas con distintas posibilidades de recarga, las cuales se describen de manera general en la tabla 30, permitiendo entender cuál el estatus general de la microcuenca y los factores principales que intervienen el proceso de infiltración de agua a través del análisis de las características de los componentes del paisaje.

Tabla 31: Rangos de potencial de recarga hídrica en la microcuenca San José

Posibilidad de recarga	Valor de la ecuación	Id Paisajes	Cobertura en ha	Cobertura en %
Muy alta	4.1 – 5	8, 12, 14, 15, 19, 21, 23, 25, 26	449.46	16.14
Alta	3.5 – 4.09	9, 17, 27, 29, 31, 32, 34, 35, 37, 39, 40, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 55	1851.13	66.48
Moderada	2.6 – 3.49	2, 5, 7, 10, 11, 13, 16, 18, 20, 22, 24, 28, 30, 33, 36, 38, 41, 54	437.87	15.73
Baja	2 – 2.59	1, 3, 4, 6	45.85	1.65

Fuente: Elaboración con base al Mapa D03: Zonas con potencial de recarga hídrica.

Con base a la tabla anterior se muestra que la generalidad de la cuenca tiene las características ideales para infiltrar el agua de lluvia, sin embargo, las características específicas de los elementos del paisaje ocasionan que la infiltración no se presente de manera homogénea.

3.3.4. Fragilidad Ambiental

El concepto de fragilidad de un elemento medioambiental está relacionado con su capacidad para soportar acciones, potencialmente alteradoras sin variar esencialmente su cualidad, y sin sufrir modificaciones. En este sentido, la fragilidad está relacionada con conceptos afines como sensibilidad y sobre todo, capacidad de adaptación o respuesta. De esta forma, entendemos que un elemento es frágil frente a una acción potencialmente alteradora si reacciona modificando o perdiendo su cualidad de forma parcial o total (Torres, 2014).

De manera general se considera como la capacidad intrínseca de una unidad natural territorial, ecosistema o comunidad vegetal a enfrentar agentes de cambio,

basado en la fortaleza propia de sus componentes, en la capacidad y velocidad de regeneración del medio (Gobierno del Estado de Jalisco, 2011:2). Para el caso de la microcuenca San José, las unidades naturales del territorio están constituidas por paisajes los cuales fueron establecidos bajo la estructura taxonómico-corológica (estructura horizontal del paisaje).

De acuerdo con Chiappy (1996 y 2001 en INECC 2014) la fragilidad ecológica o ambiental se define como la susceptibilidad de los ecosistemas ante el impacto ocasionado ya sea por los procesos naturales, o bien, por las diferentes acciones antropogénicas a que pueden estar expuestos. La fragilidad está íntimamente relacionada con las características intrínsecas como la riqueza y la biodiversidad particulares de cada ecosistema, su residencia, su endemismo, su carácter relictivo, la insularidad y la disyunción, entre otras. Así como con características extrínsecas como son las condiciones abióticas en las que se desarrollan los ecosistemas, tales como los ángulos de inclinación de las pendientes donde se establecen, la disección vertical y horizontal de los geocomplejos, la erodabilidad de los suelos, y el régimen hidroclimático, el grado de fragmentación que se pueda presentar por diversas actividades antrópicas, entre otras.

Para calcular la fragilidad ambiental en la microcuenca San José se toma como base la metodología y las reglas de decisión para cada componente ambiental publicada en el Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Cabo Corrientes, Jalisco. Debido a que en esta metodología solo se consideran 3 elementos del paisaje (pendiente, suelo y vegetación), para este trabajo se optó por agregar la erosión hídrica y zonas potenciales de recarga hídrica; elaboradas anteriormente; como variables de fragilidad, sin embargo, no existe un método que tome en cuenta las variables propuestas anteriormente.

Por lo tanto, se parte del supuesto que en cualquier trabajo de investigación la descripción y análisis son necesarios para conocer de manera adecuada las particularidades del tema en estudio, no obstante, en numerosas oportunidades, se hace preciso obtener alguna medida o magnitud resumen que permita ponderar la importancia relativa de cada una de las variables o indicadores que entran en juego en dicha descripción y análisis (Ramírez, 2014).

En el presente trabajo se pretende asignar los pesos relativos a las características específicas del paisaje, a través de un método de ponderación de variables, la cual nos permita asignar pesos o jerarquías a los elementos y dinámicas ambientales que influyan de manera directa para determinar las zonas de la cuenca con mayor fragilidad ambiental.

Los pesos, jerarquías o criterios pueden ser ordinales si sólo importa su rango -el mayor, el segundo, etc., o cardinales si su valor es numérico, es precisamente este valor numérico el que intentaremos encontrar. Se han propuesto muy diversos métodos de asignación de pesos, el de la entropía, cuyo principal interés reside en su objetividad respecto al decisor, siendo los propios datos del problema los que determinan la importancia relativa de los criterios; los métodos de asignación directa, que son aquellos en los que el decisor directamente asigna los pesos; los de asignación indirecta entre los que destacan por un lado, los métodos de "eigenpesos", entre ellos a su vez sobresale el *Análisis Jerárquico de Saaty* (AHP, por sus siglas en inglés), basado en comparaciones binarias de los criterios y, por otro lado, los llamados métodos de aproximación, basados en comparaciones binarias de las alternativas (Barba-Romero y Pomerol, 1997:103-104 en Ramírez, 2014).

Es un método matemático creado para evaluar alternativas cuando se tienen en consideración varios criterios y está basado en el principio que la experiencia y el conocimiento de los actores son tan importantes como los datos utilizados en el proceso. Los primeros usos del AHP fueron dados en la solución de problemas de decisión en ambientes multicriterio (Osorio y Orejuela, 2008: 248).

El método AHP, se trata de un procedimiento de comparación de factores tanto subjetivos como objetivos a partir de estimaciones numéricas, verbales o gráficas, lo cual le provee una gran flexibilidad, permitiendo con esto, gran variedad de aplicaciones en campos tan distintos unos de otros. El hecho de tener definida una escala general, aplicable a cualquier situación, permite la universalidad del método y lo hace sencillo de aplicar para quien toma la decisión. Además, la escala es clara y provee una gran amplitud para las comparaciones. En la tabla 32 se presenta la escala propuesta por Saaty, para realizar las comparaciones pareadas (Osorio y Orejuela, 2008:249).

Tabla 32: Escalas de comparación de Saaty

Escala	Definición	Explicación
1	Igualmente importante	Los dos criterios contribuyen igual al objetivo
3	Ligeramente más importante	La experiencia y el juicio favorecen un poco a un criterio frente al otro
5	Notablemente más importante	La experiencia y el juicio favorecen fuertemente a un criterio frente al otro
7	Demostrablemente más importante	Un criterio es favorecido muy fuertemente sobre el otro. En la práctica se puede demostrar su dominio
3	Absolutamente más importante	La evidencia favorece en la más alta medida a un factor frente al otro

Fuente: Osorio y Orejuela, 2008 y Ramírez, 2014.

Una vez establecidas las comparaciones pareadas entre los criterios establecidos; que para nuestro caso es la pendiente, suelos, vegetación, erosión hídrica y zonas con potencial de recarga hídrica; el siguiente paso en este método es la generación de matrices de comparaciones pareadas, la cual es una matriz cuadrada que contiene los criterios establecidos con anterioridad.

Esta matriz se construye con base a Da Silva (2014) el cual parte de la comparación pareada de los criterios con respecto al propósito u objetivo, para ello se construye una matriz en donde se colocan todos los criterios o elementos del paisaje considerados en la parte superior y al costado de la matriz, es importante señalar que las comparaciones van a ser respecto al objetivo, es decir que tan fuerte es la relación de la pendiente con el suelo, la vegetación, erosión hídrica y zonas con potencial de recarga hídrica con respecto a la fragilidad ambiental, y así con cada uno de los criterios, la diagonal de la matriz tendrán el valor de 1 porque la comparación de los criterios es de igual importancia entre ellos. Por otro lado, las casillas en blanco se llenan gracias a los inversos de los valores designados en la comparación pareada, tal como se muestra en la tabla 33, en la cual se ha hecho esta comparación tomando en cuenta los criterios establecidos para identificar la fragilidad ecológica.

Tabla 33: Matriz pareada de los criterios

Calcular la Fragilidad Ambiental	Pendiente	Tipos de Suelo	Tipo de Vegetación	Susceptibilidad a la Erosión	Recarga Hídrica
Pendiente	1	1/3	1/5	1/3	1/3
Tipos de Suelo	3	1	1/5	5	1/3
Tipo de Vegetación	5	5	1	1/3	3
Susceptibilidad a la Erosión	3	1/5	3	1	1/3
Recarga Hídrica	3	3	1/3	3	1

Fuente: Elaboración con base a Da Silva, 2014.

Una vez realizadas las comparaciones pareadas se realiza la normalización de la matriz pareada de criterios, la cual se obtiene de la suma de cada una de las columnas, el resultado obtenido se divide con cada uno de los valores de comparación pareado (ejemplo: $1/15=0.066667$, $3/15=0.2$... $1/5=0.2$)(ver tabla 34), en la cual se muestra el procedimiento aplicado para las variables consideradas para determinar las zonas con mayor fragilidad ambiental dentro de la microcuenca San José.

Tabla 34: Matriz normalizada a partir de la matriz pareada de criterios.

Matriz pareada de los criterios						Matriz Normalizada				
	Pendiente	Tipo de suelo	Tipo de Vegetación	Erosión	Recarga hídrica					
Pendiente	1	1/3	1/5	1/3	1/3	0.0666 6667	0.034 96503	0.0422 5352	0.0344 8276	0.066 66667
Tipo de suelo	3	1	1/5	5	1/3	0.2	0.104 8951	0.0422 5352	0.5172 4138	0.066 66667
Tipo de Vegetación	5	5	1	1/3	3	0.3333 3333	0.524 47552	0.2112 6761	0.0344 8276	0.6
Erosión	3	1/5	3	1	1/3	0.2	0.020 97902	0.6338 0282	0.1034 4828	0.066 66667
Recargar hídrica	3	3	1/3	3	1	0.2	0.314 68531	0.0704 2254	0.3103 4483	0.2
Sumatoria	15.00	9.53	4.73	9.67	5.00					

Fuente: Elaboración con base a Da Silva, 2014

Una vez obtenida la matriz normalizada se obtiene el vector propio de la matriz de criterios (ver tabla 35), el cual representa la importancia relativa de los razonamientos comparados en cada una de las matrices de comparaciones a pares. El vector propio se obtiene del promedio de cada una de las filas de la matriz normalizada.

Tabla 35: Calculo del vector propio de criterios a partir de la matriz normalizada.

	Matriz Normalizada					Vector propio de los Criterios
Pendiente	0.06666667	0.03496503	0.04225352	0.03448276	0.06666667	0.05
Tipo de suelo	0.2	0.1048951	0.04225352	0.51724138	0.06666667	0.19
Tipo de Vegetación	0.33333333	0.52447552	0.21126761	0.03448276	0.6	0.34
Erosión	0.2	0.02097902	0.63380282	0.10344828	0.06666667	0.20
Recargar hídrica	0.2	0.31468531	0.07042254	0.31034483	0.2	0.22

Fuente: Elaboración con base a Da Silva, 2014.

Cabe señalar que el vector propio de la matriz de criterios nos da la importancia relativa de los criterios comparados en cada uno de las matrices con relación al objetivo, por lo tanto, esto quiere decir que el tipo vegetación tiene mayor importancia que los otros 4 criterios en la obtención del objetivo específico. Tomando como base el vector propio de los criterios, se retoma la fórmula para determinar las zonas con potencial de recarga hídrica, sin embargo, los criterios y pesos de cada uno se adaptan a lo establecido en el modelo anterior, por lo tanto la fórmula para calcular las zonas con mayor fragilidad ambiental se describe a continuación:

$$FA = [0.05 (Pend) + 0.19 (TS) + 0.34 (TV) + 0.20 (Ero) + 0.22 (RH)]$$

Donde:

FA: Fragilidad ecológica

Pend: Pendiente y microrelieve

TS: Tipo de suelo

TV: Tipo de Vegetación

Ero: Erosión hídrica

RH: Recarga hídrica

Una vez defino el valor o peso de cada uno de los criterios considerados, el siguiente paso es evaluar a cada elemento del paisaje, asignando valores de 1 – 5, donde 1 es el valor más bajo, ósea que representa características menos favorables para que se represente la fragilidad ambiental y 5 la puntuación más alta. A continuación se describen y califican cada uno de los criterios considerados dentro de este modelo, los 3 primeros componentes (Pendiente, suelo y Vegetación) son retomados con base al Gobierno del Estado de Jalisco (2011) tanto su descripción como su ponderación, vertidas en tablas de criterios de decisión.

A) Pendiente o relieve (*Pend*)

Se evalúa en función de la estabilidad-inestabilidad del tipo de relieve, apoyado con el grado de inclinación del terreno. A mayor pendiente se incrementa la fragilidad ambiental (Gobierno del Estado de Jalisco, 2011:3).

Tabla 36: Ponderación para determinar la fragilidad ambiental según tipo de pendiente y microrelieve.

Pendiente (°)	Nivel de fragilidad ambiental	Ponderación
>30	Muy alta	5
30 – 20	Alta	4
20 – 15	Moderada	3
15 – 5	Baja	2
5 – 0	Muy baja	1

Fuente: Elaboración con base a Gobierno del Estado de Jalisco 2011: 6 (ver anexo IV).

B) Tipo de suelo (*Ts*)

Se evalúa en función de la susceptibilidad a la erosión y la posibilidad de cambio de sus propiedades físicas y químicas. La información se basa en las características intrínsecas de los suelos, definidas a partir de su clasificación taxonómica y sus niveles de susceptibilidad a la erosión (Gobierno del Estado de Jalisco, 2011:3).

Tabla 37: Ponderación para determinar la fragilidad ambiental según tipo de suelo

Unidad de suelo (Equivalente y actualizada a la Base DGCRS-FAO 1988)	Nivel de fragilidad ambiental	Ponderación
Andosol húmico y Andosol hápico	Muy alta	5
Cambisol dístico	Alta	4
Vertisol pélico	Moderada	3

Fuente: Elaboración con base a Gobierno del Estado de Jalisco 2011: 7 (ver anexo IV).

C) Tipo de Vegetación (TV)

Se manejan los requerimientos de hábitat y capacidad de autorregeneración, a partir de las categorías de vegetación establecidas por el INEGI.

Tabla 38: Ponderación para determinar la fragilidad ambiental según tipo de vegetación

Tipo de vegetación	Nivel de fragilidad ambiental	Ponderación
Bosque de pino, Bosque de pino-encino, Bosque mesófilo de montaña localizados en pendientes mayores a 30°	Muy alta	5
Bosque de pino, Bosque de pino-encino, Bosque mesófilo de montaña	Alta	4
Cuerpo de agua	Moderada	3
Pastizal inducido	Baja	2
Vegetación inducida	Muy baja	1

Fuente: Elaboración con base a Gobierno del Estado de Jalisco 2011: 7 (ver anexo IV).

D) Erosión hídrica

En esta variable se considera que las zonas con mayor susceptibilidad a la erosión hídrica, corresponden a las superficies con mayor fragilidad ambiental, por lo tanto, se manejan las categorías calculadas con anterioridad, en donde se respeta el grado designado en el indicador, de tal forma, que la ponderación se determina de manera directa, como se muestra a continuación.

Tabla 39: Ponderación para determinar la fragilidad ambiental según tipo de erosión

Clase de degradación del suelo	Nivel de fragilidad ambiental	Ponderación
Muy alta	Muy alta	5
Alta	Alta	4
Moderada	Moderada	3
Ligera	Baja	2
Sin erosión	Muy baja	1

Fuente: Elaboración propia con base a tabla de rangos de erosión en la microcuenca San José.

E) Zonas con potencial de recarga hídrica

En esta variable se considera que las zonas con mayor potencial de recarga hídrica, corresponden a las superficies con mayor fragilidad ambiental, por lo tanto, se manejan las categorías calculadas con anterioridad, en donde se respeta el grado designado en el indicador, de tal forma, que la ponderación se determina de manera directa.

Tabla 40: Ponderación para determinar la fragilidad ambiental según tipo recarga hídrica

Clase de degradación del suelo	Nivel de fragilidad ambiental	Ponderación
Muy alta	Muy alta	5
Alta	Alta	4
Moderada	Moderada	3
Baja	Baja	2
Nula	Muy baja	1

Fuente: Elaboración con base a tabla de potencial recarga hídrica en la microcuenca San José.

Las tablas descritas anteriormente son tomadas como las reglas de decisión al momento de calificar o ponderar las características de las variables de análisis, apoyados de las especificaciones de los atributos ambientales tratados a fondo en el apartado de caracterización.

Una vez calificado las características de los elementos ambientales considerados, se determina la fragilidad ambiental por unidad de paisaje dentro de la microcuenca San José, a partir de la fórmula obtenida mediante el modelo de AHP. En la cual, una vez asignada cierta ponderación se sustituye el valor de esta en cada elemento del paisaje, para que se multiplique por el factor correspondiente y finalmente sumar los resultados de cada uno de los elementos.

El resultado obtenido de la fórmula oscila entre 1 y 5, el cual corresponde a un rango de fragilidad ambiental, como se muestra en la tabla 41, la cual es retomada de Matus y otros (2009: 17) que originalmente es utilizada para determinar la posibilidad de recarga hídrica.

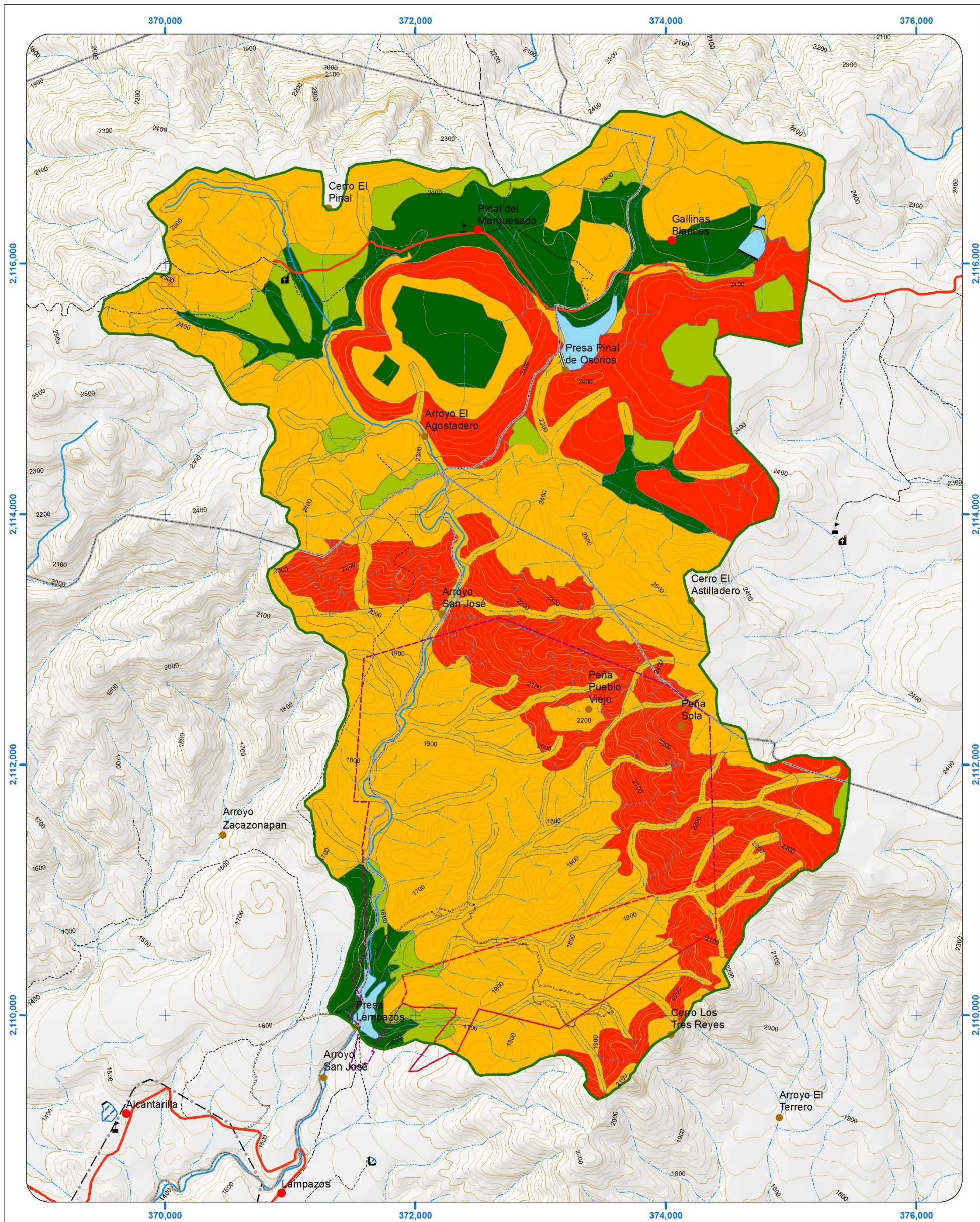
Tabla 41: Clasificación de fragilidad ambiental según el modelo propuesto

Fragilidad Ambiental	Rango
Muy alta	4.1 – 5
Alta	3.5 – 4.09
Moderada	2.6 – 3.49
Baja	2 – 2.59
Muy baja	1 – 1.99

Fuente: Matus y otros, 2009: 17.

La clasificación de estos rangos para determinar la fragilidad ambiental se realizó a nivel de unidad de paisaje, (ver tabla de fragilidad ambiental por unidad de paisajes en anexo VIII) por lo tanto este procedimiento se realizó a cada una de las 55 diferentes unidades de análisis que comprende el área de estudio, esto con la finalidad de respetar las características específicas de cada una y analizar la influencia de sus componentes en la dinámica general de la microcuenca.

Una vez obtenida la fragilidad ambiental por unidades de paisaje, se elaboró el Mapa D04: Fragilidad Ambiental, el cual muestra de manera gráfica la ubicación de dichas superficies dentro de la microcuenca, esto con la intención de facilitar la localización de dichas áreas en el proceso de toma de decisiones de los diferentes actores, principalmente para el establecimiento de actividades enfocadas a la conservación y protección de los recursos naturales; así como el aprovechamiento sustentable.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO
FACULTAD DE PLANEACIÓN URBANA Y REGIONAL



"DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DE LA MICROCUENCA SAN JOSÉ PARA DETERMINAR SU POTENCIAL COMO ÁREA NATURAL PROTEGIDA EN EL ESTADO DE MÉXICO"

**Mapa D04:
Fragilidad Ambiental**



Simbología Temática

- Baja
- Moderada
- Alta
- Muy alta

Simbología Básica

- Limite de Cuenca San José
- Parque Estatal "Los Tres Reyes" (2012)
- Parque Estatal "Los Tres Reyes" (2014)
- División Municipal
- Localidad Rural
- Toponimio
- Vías de Transportación**
- Carretera Estatal Libre
- Terracería
- Brecha
- Vereda
- Instalaciones y Edificaciones**
- Escuela
- Templo
- Instalaciones de Comunicación**
- Torre de Microondas
- Curvas de Nivel**
- Curva Maestra (Equidistancia 100 mts)
- Curva Ordinaria (Equidistancia 20 mts)
- Corrientes de Agua**
- Corriente Perenne
- Corriente Intermitente
- Bordo**
- Presa
- Cuerpos de Agua**
- Cuerpo de Agua Perenne
- Cuerpo de Agua Intermitente

Fuente:
Datos vectoriales de INEGI, 1999.
Carta topográfica escala 1:50000,
Clave: E14A46, Valle de Bravo,
Aguascalientes, México.

1:30,000

0 125 250 500 750 1,000
Metros

Proyección Cartográfica:
Proyección: Universal
Transversa de Mercator
Datum: D WGS - 1984
Elipsoide: WGS - 1984
Zona Geográfica: 14 Norte

Jhovany Quintana Mondragón

A partir del mapa de fragilidad ambiental se puede identificar las zonas con los diversos rangos de fragilidad ambiental, los cuales se resumen de manera general en la tabla 42, en donde se clasifican los las unidades de paisaje en cada rango, dependiendo el resultado del indicador.

Tabla 42: Rangos de fragilidad ambiental en la microcuenca San José

Fragilidad ambiental	Valor de la ecuación	Id Paisajes	Cobertura en ha	Cobertura en %
Muy alta	4.1 – 5	17, 21, 31, 44, 45, 46, 47	739.94	26.58
Alta	3.5 – 4.09	8, 9, 12, 14, 15, 19, 23, 25, 26, 27, 28, 29, 32, 34, 35, 36, 37, 39, 40, 42, 43, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 55	1579.93	56.74
Moderada	2.6 – 3.49	2, 5, 7, 10, 13, 18, 22, 30, 33, 38, 41, 54,	168.42	6.05
Baja	2 – 2.59	1, 3, 4, 6, 11, 16, 20, 24	296.02	10.63

Fuente: Elaboración con base al Mapa D04: Fragilidad ambiental

Con base a la tabla 42 anterior se muestra que la generalidad de la microcuenca es una fragilidad alta, ya que, más de la mitad del territorio se localiza en este rango, además aproximadamente una cuarta parte se localiza en zonas con fragilidad ambiental muy alta. Cabe resaltar que dentro del área de estudio no existen superficies que cuenten con fragilidad ambiental muy baja, dando muestra de lo frágil que es el ecosistema natural de la microcuenca.

3.3.5 Transitabilidad del Territorio

Es la posibilidad real que tiene el hombre de circular o desplazarse dentro de un territorio natural o antrópico, se consideran los elementos internos que obstaculizan o facilitan el tránsito de personas (Colín, 2005: 63).

En el presente trabajo se entiende como aquellos territorios en donde sus elementos facilitan o complican el desplazamiento del ser humano, debido a los componentes naturales y antrópicos, tales como las vías de comunicación o accesibilidad, la pendiente y los diferentes tipos de vegetación, que en mayor o menor medida

condicionan el esfuerzo y la velocidad con la que se desplaza el hombre dentro de la superficie de estudio.

Se parte del supuesto que las zonas con mayor transitabilidad en la microcuenca San José son más susceptibles a ser impactadas por las actividades humanas, las cuales van desde la extracción de recursos forestales no maderables hasta las sustitución de la vegetación y cambio de uso del suelo, dependiendo de las características específicas de cada elemento del paisaje y que pueden ser utilizados para los procesos económicos del hombre.

Aunado a lo anterior, se entiende que las áreas con menor transitabilidad pueden conservar en buen estado los componentes del paisaje, debido a que el desplazamiento del hombre se dificulta, gracias a que existe mayor esfuerzo y tiempo para poder llegar a un punto específico dentro de alguna unidad del paisaje.

La transitabilidad del territorio puede presentarse desde individuos desplazándose sobre automóviles, animales y caminando, por lo cual demandarán condiciones específicas como los diferentes tipos de vías de comunicación, la presencia y densidad en los estratos de vegetación natural e inducida y finalmente la inclinación de la pendiente la cual definirá el esfuerzo en el desplazamiento.

A continuación se ponderan las características de los elementos del paisaje para determinar la transitabilidad por unidad de análisis dentro de la microcuenca San José:

A) Pendiente

La pendiente se evalúa en función de la dificultad que representa para desplazarse ya sea a pie o en cualquier medio de transporte, se considera únicamente la pendiente, sin tomar en cuenta características específicas de las unidades del paisaje que pueden facilitar o dificultar el tránsito dentro del terreno.

Tabla 43: Ponderación para determinar la transitabilidad del territorio según tipo de pendiente.

Pendiente en (°)	Nivel de transitabilidad	Ponderación
0 – 5	Muy Alta	5
5 – 15	Alta	4
15 – 20	Media	3
20 – 30	Baja	2
> 30	Muy Baja	1

Fuente: Elaboración con base a Pedraza, 1996:53.

B) Tipo de vegetación

La vegetación se evaluó de acuerdo a lo observado en campo, en este sentido se consideró la densidad de los estratos de vegetación, observándose que las zonas que presentan mayor densidad dificultan el desplazamiento debido a que no existen claros que puedan ser utilizados como alguna vía de comunicación, más bien funcionan como obstáculos naturales, haciendo que no se sigan trayectos lineales, repercutiendo en las distancias y tiempo de desplazamiento.

Tabla 44: Ponderación para determinar la transitabilidad del territorio según tipo de vegetación.

Tipo de Vegetación	Nivel de transitabilidad	Ponderación
Pastizal inducido	Muy Alta	5
Vegetación Inducida (Maíz y Avena)	Alta	4
Bosque de pino	Media	3
Bosque de pino-encino	Baja	2
Bosque mesófilo de montañas	Muy Baja	1

Fuente: Elaboración con base a trabajo en campo.

C) Accesibilidad o vías de comunicación

Son el principal elemento del paisaje que determina la transitabilidad, debido a que la existencia o ausencia de alguna vía de comunicación va a establecer el medio en que se desplaza el individuo dentro de las unidades de análisis, además que se puede asociar en cierta medida la accesibilidad con el estado de conservación de los recursos naturales, ya que se parte del supuesto que, entre mayor accesibilidad exista en una zona, mayor cantidad de personas pueden llegar a ella, por lo tanto la susceptibilidad a la degradación del medio natural aumenta.

Tabla 45: Ponderación para determinar la transitabilidad del territorio según tipo de vía de comunicación.

Tipo de vías de comunicación	Nivel de transitabilidad	Ponderación
Carretera estatal libre	Muy Alta	5
Terracería	Alta	4
Vereda	Media	3
Brecha	Baja	2
Sin vías de comunicación	Muy Baja	1

Fuente: Elaboración con base en trabajo en campo.

Una vez evaluado los elementos del paisaje que determinan la transitabilidad dentro de la microcuenca San José, se toma como base la metodología del AHP (descrita anteriormente) para poder asignarle pesos a las variables seleccionadas; pendiente, vegetación y accesibilidad; estos elementos del paisaje fueron seleccionados a

partir del trabajo de Colín (2005: 63 – 64), en el cual define la transitabilidad a través de un método cualitativo y trabajo en campo.

Al desarrollar el método del AHP, nos da como resultado la siguiente formula, la cual nos permite calcular la transitabilidad por unidad del paisaje dentro del nuestra área de estudio.

$$\text{TRAN} = ((0.30 (\text{Pend}) + 0.09 (\text{TV}) + 0.61 (\text{Acce}))$$

Donde:

Pend: Pendiente

TV: Tipo de Vegetación

Acce: Accesibilidad

Una vez calificado las características de los elementos ambientales considerados, se determina la transitabilidad por unidad de paisaje dentro de la microcuenca San José, a partir de la formula obtenida mediante el modelo de AHP. En la cual, una vez asignada cierta ponderación se sustituye el valor de esta en cada componente ambiental seleccionado, para que se multiplique por el factor correspondiente y finalmente sumar los resultados de cada uno de los elementos.

El resultado obtenido de la formula mencionada anteriormente oscila entre 1 y 5, el cual corresponde a un rango de transitabilidad, como se muestra en la tabla 46, la cual es retomada de Matus y otros (2009: 17) que originalmente es utilizada para determinar la posibilidad de recarga hídrica.

Tabla 46: Clasificación de transitabilidad del territorio según el modelo propuesto

Posibilidad transitar en el territorio	Rango
Muy alta	4.1 – 5
Alta	3.5 – 4.09
Moderada	2.6 – 3.49
Baja	2 – 2.59
Muy baja	1 – 1.99

Fuente: Matus y otros, 2009: 17.

La clasificación de estos rangos para determinar la transitabilidad se realizó a nivel de unidad de paisaje, (ver tabla de transitabilidad por unidad de paisajes en anexo IX) por lo tanto este procedimiento se realizó a cada una de las 55 diferentes unidades de análisis que comprende el área de estudio, esto con la finalidad de respetar las características específicas de cada una y analizar la influencia de sus componentes en la dinámica general de la microcuenca.

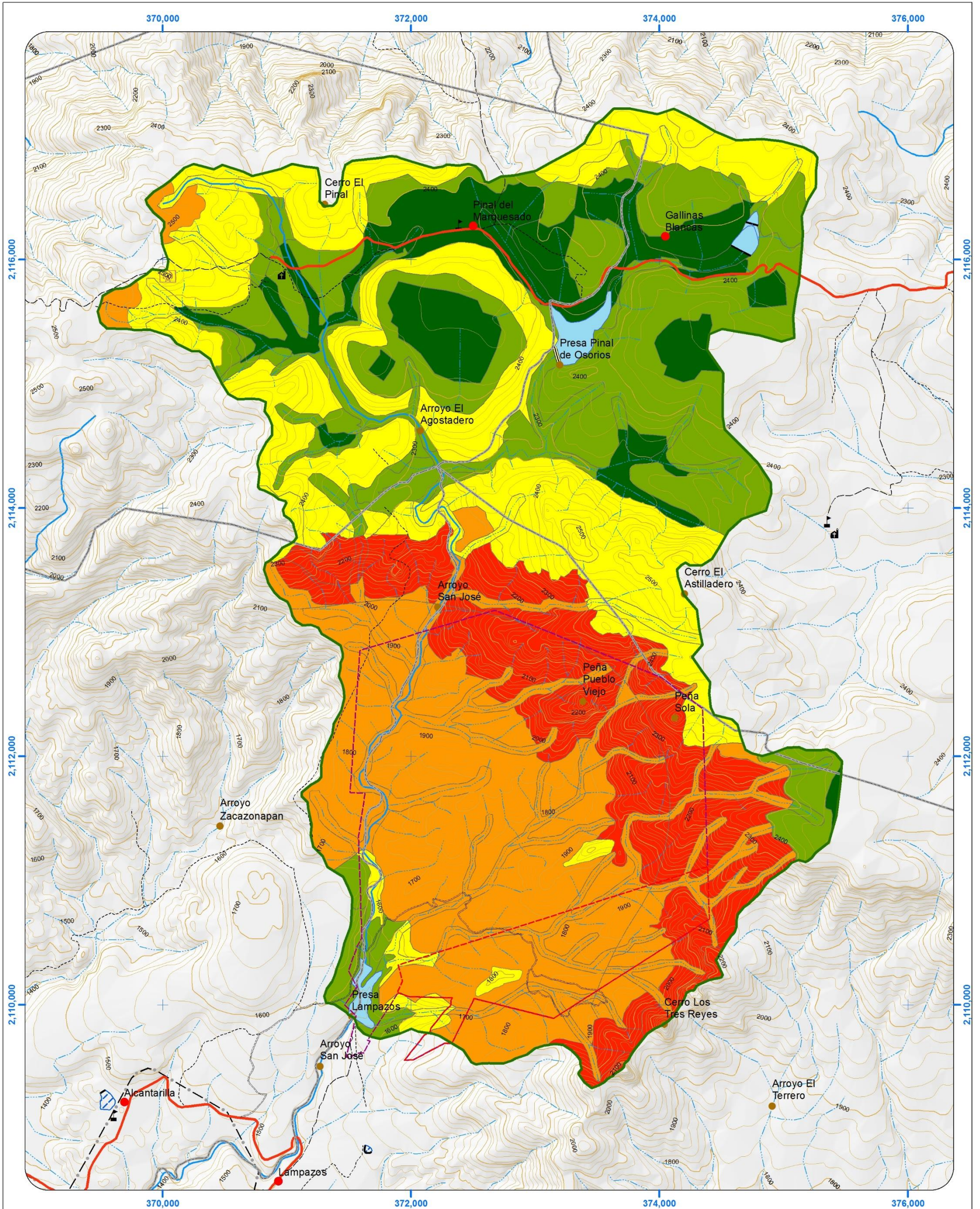
Una vez obtenida la transitabilidad por unidades de paisaje, se elaboró el Mapa D05: Transitabilidad del Territorio, el cual muestra de manera gráfica la ubicación de dichas superficies dentro del área de estudio, esto con la intención de facilitar la localización de dichas áreas en el proceso de toma de decisiones de los diferentes actores dentro de la microcuenca, principalmente para el establecimiento de actividades enfocadas a la conservación y protección de los recursos naturales; así como el aprovechamiento sustentable.

A partir del mapa de transitabilidad del territorio se pueden identificar las zonas con mayor probabilidad de ser impactadas por el hombre, por lo tanto están expuestas a que se altere la dinámica y estabilidad de los recursos naturales, en la tabla 47 se clasifican las unidades del paisaje de la microcuenca San José en donde se resume de manera general cuales son las superficies con mayor y menor transitabilidad.

Tabla 47: Rangos de transitabilidad del territorio en la microcuenca San José

Transitabilidad	Valor de la ecuación	Id Paisajes	Cobertura en ha	Cobertura en %
Muy alta	4.1 – 5	11, 13, 16, 20, 22, 24	291.67	10.48
Alta	3.5 – 4.09	3, 4, 6, 8, 9, 10, 12, 14, 15, 18, 19, 21, 23, 25, 26, 37, 38, 41, 48, 50, 54	634.15	22.78
Moderada	2.6 – 3.49	2, 5, 17, 27, 30, 33, 35, 39, 40, 42, 49, 52, 55	671.76	24.13
Baja	2 – 2.59	29, 32, 34, 43, 46, 53	747.87	26.86
Muy baja	1 – 1.99	28, 31, 36, 44, 45, 47, 51	416.06	14.94
Nota: el porcentaje faltante (0.82%) corresponde a los cuerpos de agua, en los cuales no aplica la transitabilidad.				

Fuente: Elaboración con base al Mapa D05: Transitabilidad del Territorio.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO
FACULTAD DE PLANEACIÓN URBANA Y REGIONAL



"DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DE LA MICROCUENCA SAN JOSÉ PARA DETERMINAR SU POTENCIAL COMO ÁREA NATURAL PROTEGIDA EN EL ESTADO DE MÉXICO"

Mapa D05: Transitabilidad del Territorio



Simbología Temática

- Muy Baja
- Baja
- Moderada
- Alta
- Muy Alta
- N/A

Simbología Básica

- Limite de Cuenca San José
- Parque Estatal "Los Tres Reyes" (2012)
- Parque Estatal "Los Tres Reyes" (2014)
- División Municipal
- Localidad Rural
- Toponimio
- Vías de Transportación**
- Carretera Estatal Libre
- Terracería
- Brecha
- Vereda
- Instalaciones y Edificaciones**
- Escuela
- Templo
- Instalaciones de Comunicación**
- Torre de Microondas
- Curvas de Nivel**
- Curva Maestra (Equidistancia 100 mts)
- Curva Ordinaria (Equidistancia 20 mts)
- Corrientes de Agua**
- Corriente Perenne
- Corriente Intermitente
- Bordo**
- Presa
- Cuerpos de Agua**
- Cuerpo de Agua Perenne
- Cuerpo de Agua Intermitente

Fuente:
Datos vectoriales de INEGI, 1999.
Carta topográfica escala 1:50000.
Clave: E14A46, Valle de Bravo.
Aguascalientes, México.

1:30,000
0 125 250 500 750 1,000
Metros

Proyección Cartográfica:
Proyección: Universal Transversa de Mercator
Datum: D WGS - 1984
Elipsoide: WGS - 1984
Zona Geográfica: 14 Norte

Jhovany Quintana Mondragón

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES QUE PERMITAN DETERMINAR A PARTIR DE LA CARACTERIZACIÓN Y DIAGNÓSTICO EL POTENCIAL DE LA MICROCUENCA SAN JOSÉ COMO ÁREA NATURAL PROTEGIDA



4.1 Análisis de resultados

Desde el punto de vista de las ciencias ambientales la microcuenca San José cuenta con atributos ambientales necesarios para asegurar su conservación y con ello cumplir los objetivos con lo cual fue decretada el área natural protegida parque estatal “Los Tres Reyes”, por lo tanto se plantea que la superficie de estudio puede cumplir con lo establecido en un parque estatal dados las características analizadas.

Lo anterior bajo el sustento de que existen diversos procesos ecológicos que muestran la dinámica ambiental dentro del área de estudio, por ejemplo, la existencia de procesos erosivos moderados y altos en gran parte de la cuenca, lo cual fue comprobado por los resultados obtenidos en la aplicación del indicador de erosión hídrica.

Por otra parte, existen diversos tipos de servicios ambientales que ofrece la microcuenca San José, como su gran potencial de recarga hídrica, que si bien no se cuantifico, sí se ubicaron las zonas con mayor potencial, dando como resultado que la mayor parte de la microcuenca cuenta con potencial alto y muy alto en la prestación de este servicio ambiental.

4.1.1. Análisis de resultados de pendientes

Con base en la tabla 18 “Rangos de pendientes en la microcuenca San José” se puede apreciar que la pendiente dominante en el área de estudio es entre 20° y 30° (pendientes fuertemente inclinadas), cubriendo el 43.6% del total del territorio de la microcuenca, lo que significa que prácticamente la mitad del área de estudio es susceptible ante la erosión extrema, y puede llegar a presentar deslizamientos, caídas y avalanchas de material litológico.

En general, el área de estudio se localiza en un relieve en el cual difícilmente se pueden desarrollar actividades económicas, que dependen directamente de la estabilidad del terreno, tal como el desarrollo de áreas urbanas y la apertura de tierras para la agricultura, sin embargo, esta última se desarrolla en la parte alta de la cuenca en donde las pendientes dominantes oscilan entre 0 y 10°, no obstante, prácticamente todas las tierras con pendiente apta para el desarrollo agrícola han sido ocupadas en esta actividad.

La pendiente en una variable con gran peso en los procesos de toma de decisiones, debido a que esta condiciona actividades económicas, los procesos de erosión, la velocidad del escurrimiento superficial, la transitabilidad y el establecimiento de infraestructura básica para el desarrollo humano, entre otros.

Como se ha señalado anteriormente, la pendiente es la principal variable que influye en el proceso de erosión de los suelos, sin embargo existen otros factores los cuales condicionan la cantidad de este recurso que se pierde en determinado tiempo a causa de este proceso natural, que puede ser acelerado debido al deficiente manejo de las actividades llevadas a cabo por el hombre.

4.1.2. Análisis de resultados de erosión hídrica

Con base a la tabla 24 “Rangos de erosión en la microcuenca San José” se puede apreciar que el 57.70% de la cuenca tiene alta susceptibilidad a la erosión, con un total de 1606.63 ha, lo que representa una pérdida anual aproximada entre 80331.5 – 321326 toneladas de suelo, únicamente en la superficie mencionada. Esta pérdida se debe a lo accidentado del relieve, en donde las pendientes dominantes son mayores a 15°, así como a la naturaleza misma del suelo Cambisol, el cual se considera como un suelo meteorizado, por lo tanto la formación de estructuras es escasa o nula, facilitando el desprendimiento de las partículas que lo componen.

Por otra parte, la susceptibilidad a la erosión moderada representa el 19.10 % de la superficie de la cuenca, con 532.01 ha, representando una pérdida anual aproximada entre 5320.1 – 26660.5 toneladas de suelo. Dentro de este rango se encuentran los suelos de tipo Andosol los cuales están cubiertos por vegetación forestal, sin embargo se localizan sobre pendientes mayores a 10°, esto permite que el agua superficial que escurre tenga mayor capacidad de arrastre de sedimentos, valiéndose que los andosoles no forman estructuras que permitan retener las partículas que lo conforman.

Dentro de la clasificación anterior se localizan los suelos Vertisol; los cuales se localizan al sur de la cuenca en los alrededores de la Presa Lampazo; no obstante a pesar de ser suelos pesados y con gran capacidad de formar estructuras, estos se localizan en superficies en donde no existe vegetación forestal que los proteja del agua y la pendiente dominante es mayor a 5° y de acuerdo a la tabla 17: (Rangos cualitativos y cuantitativos de la pendiente), es a partir de este valor de pendiente en donde comienzan los procesos erosivos.

La superficie de susceptibilidad a la erosión ligera representa el 22.37% del área de estudio, con 622.86 ha, lo que representa una pérdida anual 0 – 6228.6 toneladas de suelo aproximadamente. Los suelos contenidos en estas zonas son andosoles utilizados principalmente para la agricultura, no obstante, a pesar de ser suelos altamente erosionables y más aún en las condiciones de uso actuales, la pendiente; que oscila entre 0° y 5°; ayuda a que la lámina de agua que escurre no tenga la fuerza suficiente para arrastrar grandes cantidades de partículas de suelo, disminuyendo de esta forma la cantidad de suelo erosionado.

Finalmente, la superficie sin susceptibilidad a la erosión representa el 0.82% con un total de 22.80 ha. Estas áreas son las ocupadas por los cuerpos de agua; Presa Lampazos, Presa Pinal de Osarios y otras dos sin nombre al este de la localidad Gallinas Blancas; los cuales se atiende el supuesto de que estas más bien son acumuladoras de sedimentos, además que los suelos contenidos anteriormente han sido cubiertos por el agua.

De acuerdo con los resultados obtenidos del indicador de erosión laminar, se calcula que la pérdida de suelo en la microcuenca San José es de 85651.6 – 354215.1 ton/año, esta variación va a depender de la dinámica del paisaje, la cual está determinada por variables que van desde la agresividad o cantidad de lluvia que cae en la cuenca; hasta los procesos de cambio de uso de suelo para desarrollar las actividades económicas los habitantes del área de estudio.

4.1.3. Análisis de resultados de las Zonas con Potencial de Recarga Hídrica

Como se observa en tabla 31 “Rangos de potencial de recarga hídrica en la microcuenca San José” se puede observar que las zonas con potencial de recarga hídrica muy alta, se encuentran distribuidas principalmente al noreste de la cuenca, abarcando una superficie de 449.46 ha, lo que representa el 16.14% del total del área de estudio. Estas porciones del territorio cuentan con características muy específicas, ya que las pendientes dominantes oscilan entre 3 y 15°, por lo tanto se disminuye la velocidad de escurrimiento del agua superficial, permitiendo mayor contacto con los suelos de tipo andosol, considerados porosos y ligeros gracias a que están formados por arcillas esféricas dando lugar a una estructura de tipo migajón, aunado a que las rocas sobre las que se encuentran son basaltos, si bien son consideradas rocas muy duras y compactas, su configuración general en el terreno muestra que son rocas con gran cantidad de fracturas y grietas, facilitando la infiltración del agua hacia el acuífero.

Otro elemento determinante para que las zonas antes mencionadas cuenten con potencial muy alto para la recarga hídrica es el bosque de pino, el cual está constituido por vegetación arbórea compuesta por hojas de tipo acicular o en forma de aguja, permitiendo disminuir la velocidad con la que llega el agua al suelo. Por otra parte el uso de suelo forestal que tienen estas superficies ocasiona que no se sustituya o desaparezca la vegetación primaria y evitar que se compacten los suelos presentes.

Las zonas con posibilidad de recarga hídrica alta se encuentran distribuidas en prácticamente toda la cuenca, ocupan una superficie de 1851.13 ha, representado el 66.48 % del área total de estudio, los espacios clasificados en este rango

disminuyen su capacidad de recarga hídrica gracias a la pendiente, porque se localizan entre 15° y 45° disminuyendo de esta forma el contacto de agua superficial con el suelo, aunado a que la roca presente en la mayoría de estas superficies es ignimbrita-riolita, la cual es una asociación compuesta por texturas vítrea o micro cristalina y arenas las cuales pueden estar soldadas, no obstante el grado de intemperización de la roca ocasiona que existan grietas y canales que permitan la captura de agua.

Por otra parte las unidades edáficas presentes; andosol y cambisol; cuentan con texturas medias a gruesas que facilita la infiltración del agua hacia el subsuelo, aunado a que el uso de suelo es forestal y la vegetación dominante es bosque de encino-pino, anteriormente se mencionaron las virtudes del pino para captar agua hacia el subsuelo, sin embargo los encinos cuentan con hojas anchas y generalmente duras, esta característica permite que se retenga mayor cantidad de agua en la vegetación, disminuyendo la recarga hídrica del acuífero y aumentando la evapotranspiración.

Las zonas con recarga hídrica moderada se localizan principalmente al norte y de forma aislada al centro y sur de la cuenca, estas áreas ocupan una superficie de 437.87 ha, lo que representa el 15.73 % del área total de estudio, estas superficies se pueden dividir en dos para su análisis, en primer lugar las localizadas al norte en donde las pendientes oscilan entre los 0° y 5° y los suelos son andosoles, sin embargo, el material geológico es aluvión el cual puede disminuir su capacidad de infiltración debido a la presencia de limos, aunado a que no existe cobertura vegetal que retenga agua debido a que el uso de suelo es agricultura de temporal.

Las áreas localizadas al centro y sureste se encuentran sobre la asociación de rocas ignimbrita-riolita y suelo de tipo cambisol, con bosque de encino-pino y uso de suelo forestal, sin embargo las pendientes son mayores a 45°, ocasionando que el agua depositada en la superficie sea drenada hacia zonas con menor pendiente, empero, los elementos ambientales antes mencionados ayudan a captar cierta proporción de agua antes de ser drenada hacia las afueras de las unidades del paisaje en cuestión.

Las zonas con potencial bajo para recarga hídrica se localizan al sur de la cuenca, en una superficie de 45.85 ha, que representa el 1.65 % del total del área de estudio, se ubican sobre pendientes entre 10° y 15°, sobre roca de tipo basalto, no obstante, la vegetación presente es pastizal y el uso de suelo es pecuario, lo que disminuye la retención de agua en la vegetación, sin embargo, la variable del paisaje con mayor efecto es el suelo de tipo vertisol, el cual se caracteriza por ser un suelo pesado capaz de retener gran cantidad de agua, no obstante cuando este suelo se encuentra hidratado impide la infiltración hacia el subsuelo debido a la existencia de arcillas laminares que forman capas horizontales a diferentes profundidades.

De acuerdo con los resultados obtenidos, se puede observar que cerca del 100% de la superficie total de la microcuenca San José es de moderado a muy alto su potencial de recarga hídrica, mostrando de manera general el potencial con el que se cuenta para brindar algunos de los servicios ambientales de mayor importancia para humano.

4.1.4. Análisis de resultados de Fragilidad Ambiental

La fragilidad ambiental con rango muy alto ocupa una superficie de 739.94 ha representado el 26.58 % del total del área de estudio. Las zonas localizadas al centro y al sureste de la cuenca presentan una fragilidad ambiental muy alta debido a que la vegetación de pino-encino está instaurada sobre suelos de tipo cambisol que presenta una susceptibilidad alta a la erosión y se localizan en pendientes mayores a 30°, asimismo dicha superficie cuenta con un potencial alto para la recarga hídrica.

Las unidades del paisaje localizadas al noreste con fragilidad muy alta están compuestas por vegetación de pino establecida sobre suelo de tipo andosol, sobre pendientes de 10° – 30°, aunado a que presenta susceptibilidad a la erosión moderada, sin embargo, en estas áreas se localizan las zonas con potencial muy alto para la recarga hídrica de prácticamente toda la microcuenca. Estas características hacen que se reduzca la capacidad de las unidades de paisaje de soportar las alteraciones externas causadas por el medio natural y la influencia del hombre, debido a que cuentan con atributos ambientales determinados que fácilmente pueden ser alterados o degradados.

Por otra parte, las zonas con fragilidad ambiental alta ocupan una superficie de 1579.93 ha, que representa el 56.74 % del área de estudio. Las unidades de paisaje contenidas en este rango están compuestas por bosques de pino-encino, bosques de pino y boque mesófilo de montaña, establecidos sobre suelos de tipo cambisol y andosol en pendientes de 3 ° – 30 ° con susceptibilidad baja, moderada y alta a la erosión y son zonas con potencial alto para la recarga hídrica.

Las superficies con fragilidad ambiental alta cuentan con características intrínsecas que ofrecen mayor resistencia a las alteraciones ocasionadas por procesos naturales o antrópicos que alteren la dinámica del ecosistema. Por ejemplo la vegetación con la que cuentan se puede regenerar de manera natural si se encuentra en suelos con gran cantidad materia orgánica gracias a que la pendiente y las características biofísicas disminuyen la erosión.

Las unidades del paisaje establecidas con fragilidad moderada son las de menor representatividad en la microcuenca, porque ocupan una superficie de 168.42 ha, que equivale al 6.05% del área de estudio. Estas unidades del paisaje están

compuestas por vegetación inducida (pastizal y plantas agrícolas) desarrolladas sobre suelos cambisol y andosol sobre pendientes que van de los 3° – 15°. Cabe señalar que estas superficies presentan susceptibilidad moderada y alta a la erosión y son zonas con potencial moderado para la recarga hídrica.

Las áreas mencionadas anteriormente disminuyen su fragilidad ambiental a moderada debido a que han sido alteradas principalmente por la influencia del hombre, por lo tanto, el recurso con mayor fragilidad es el suelo; ya que la cobertura vegetal ha sido desaparecida y la pendiente no representa un agente de cambio natural; esto se puede deducir debido a que se localizan sobre zonas con susceptibilidad moderada y alta a la erosión causada básicamente por la sustitución y desaparición de la vegetación en los procesos de cambio de uso del suelo.

Finalmente, las unidades del paisaje con fragilidad baja ocupan una superficie de 296.02 ha, representando el 10.63 % del área total de la cuenca. Estas zonas son las que mayor influencia antrópica tienen en toda la microcuenca, por lo tanto se ha adaptado dichos territorios a las necesidades demandadas por el hombre, en todo caso la fragilidad desaparece ya que las condiciones del medio natural son establecidas por el hombre y sí hay necesidad de recuperar u optimizar algún recurso se echa mano de la tecnología.

4.1.5. Análisis de resultados de Transitabilidad del Territorio

Con base a la tabla 47 “Rangos de transitabilidad del territorio en la microcuenca San José” se muestra que la generalidad de la microcuenca se define con una transitabilidad del territorio de moderada a baja, sin embargo, las características específicas de los elementos del paisaje ocasionan que exista heterogeneidad en el indicador analizado.

Los resultados obtenidos muestran que las unidades del paisaje con muy alta transitabilidad se localizan al norte de la microcuenca, ocupando una superficie de 291.67 ha, que representa el 10.48% del total del territorio de estudio. Estas porciones cuentan con características muy específicas que determinan la transitabilidad, por ejemplo, las localizadas en el extremo norte son cruzadas por la carretera de pavimento asfáltico “Camino de Pinal del Marquesado”, las pendientes dominantes son menores a 3°, disminuyendo el esfuerzo aplicado al desplazarse y el uso de suelo es agrícola, estas características facilitan el acceso a los paisajes a través de vehículos automotores no especializados, de animales de carga y a pie.

Por otra parte, las zonas con transitabilidad alta, se localizan principalmente al norte de la microcuenca, con una superficie de 634.15 ha que representa el 22.78% del área total de estudio. Estas unidades del paisaje, en su mayoría cuentan con alguna

vía de comunicación secundaria; terracería, brecha y vereda; sin embargo se ubican sobre pendientes entre 3° y 15° con bosque de pino, lo que dificulta el acceso con automóviles no especializados. Sin embargo, como se observa en el mapa de transitabilidad, las unidades establecidas en este rango están contiguas a los paisajes con transitabilidad muy alta, lo que facilita el acceso a pie y con animales de carga, debido a su cercanía con la carretera pavimentada.

Las unidades del paisaje con transitabilidad alta localizadas al sur, cerca de la presa Lampazos, se ubican en este rango debido a que la pendiente es entre 5° - 15° con presencia de cultivos agrícolas y pastizales; existe una terracería que permite el acceso con relativa facilidad en automóvil especializado a la parte sur de la microcuenca.

La transitabilidad del territorio moderada se localiza de forma dispersa al norte y sur del área de estudio, cubriendo una superficie de 671.76 ha, representando el 24.13% de la microcuenca. Las unidades del paisaje con este rango se localizan sobre pendientes que oscilan entre 15° y 30° con bosque de pino y bosque mesófilo de montaña, atravesadas por brechas y veredas. Es el límite de la pendiente para acceder en vehículos especializados, además que la densidad de vegetación y lo reducido de las vías de comunicación únicamente permite el desplazamiento en animales de carga y a pie.

Por otra parte las zonas con transitabilidad baja se localizan en la parte oeste, suroeste y sur de la microcuenca, ocupando una superficie de 747.87 ha, representa en 26.86% del área de estudio. Los elementos específicos del paisaje que determinan este rango es que se localizan sobre pendientes entre 20° y 30° sobre bosque de pino-encino y presenta un camino de terracería. Cabe señalar que se puede acceder por la terracería con dificultad en vehículos especializados, no obstante, en el resto del territorio por donde no cruza esta vía de comunicación el acceso a pie y en animales de carga es difícil, debido a la densidad de los estratos inferiores, característica del bosque de pino-encino, aunado a que la pendiente y la hojarasca depositada en el suelo ocasionan que el terreno sea resbaloso, afectado el desplazamiento de los individuos.

Finalmente las unidades del paisaje con transitabilidad muy baja se localizan al centro y sureste de la microcuenca, con una superficie de 416.06 ha, representando el 14.94% del área de estudio. Dichos espacios se localizan sobre pendientes mayores a 30°; límite para desplazarse caminando; con bosque de pino-encino y no existe alguna vía de comunicación, ocasionando que estos terrenos difícilmente sean visitados y perturbados por el hombre.

4.1.6. Análisis de resultados generales

Una vez identificando algunos de los principales procesos ecológicos dentro de la microcuenca, se retomaron estos y algunos de los atributos ambientales determinantes para calcular la fragilidad ambiental, la cual nos muestra cuales son las unidades del paisaje con mayor susceptibilidad antes los cambios experimentados ya sean naturales o antrópicos.

Con base a lo anterior se pueden establecer criterios de áreas naturales protegidas a nivel general, basados en la LGEEPA (1988) artículo 47 BIS en donde se plantean la división y subdivisión que permita identificar y delimitar las porciones del territorio que la conforman, acorde con sus elementos biológicos, físicos y socioeconómicos que constituyen un esquema integral y dinámico

Específicamente, las unidades del paisaje con fragilidad muy alta (26.58 %) indican que pueden establecerse como zonas núcleo de protección, debido a que se presentan con mayor énfasis procesos erosivos y el potencial de recarga hídrica es muy alto, aunado a que la transitabilidad para el hombre es muy baja, estas áreas se caracterizan por que han sufrido muy poca alteración, así como ecosistemas relevantes y frágiles, o hábitats críticos, y fenómenos naturales, que requieren de un cuidado especial para asegurar su conservación a largo plazo, en donde únicamente se permite realizar actividades de monitoreo del ambiente, investigación científica masiva ni modificación del hábitat.

Por otra parte las zonas con fragilidad alta (56.74 %), indican que cumplen con criterios de zonas núcleo de uso restringido, la cuales se caracterizan por ser aquellas superficies en buen estado de conservación donde se busca mantener las condiciones actuales de los ecosistemas, e incluso mejorarlas en los sitios que así se requieran, y en las que se podrán realizar excepcionalmente actividades de aprovechamiento que no modifiquen los ecosistemas y que se encuentren sujetas a estrictas medidas de control, en estas zonas se permite la investigación científica no invasiva y el monitoreo del ambiente, las actividades de educación ambiental y turismo de bajo impacto ambiental, que no impliquen modificaciones de las características o condiciones naturales originales, y la construcción de instalaciones de apoyo, exclusivamente para la investigación científica o el monitoreo del ambiente.

Dentro de la clasificación mencionada anteriormente se localiza gran parte del parque estatal “Los Tres Reyes”, incluyendo la peña pueblo viejo; este último es donde se encuentran los basamentos piramidales mencionados en la caracterización, de ahí la importancia de incorporarla en la una zona núcleo de uso

restringido, al igual que el área natural protegida debido a la ausencia de criterios ecológicos.

Las zonas con fragilidad moderada (6.05 %) indican que pueden considerarse como zonas de amortiguamiento de uso tradicional, las cuales se caracterizan por ser aquellas superficies en donde los recursos naturales han sido aprovechados de manera tradicional y continua, sin ocasionar alteraciones significativas en el ecosistema. Están relacionadas particularmente con la satisfacción de las necesidades socioeconómicas y culturales de los habitantes del área protegida. Dentro de la microcuenca San José son aquellas unidades del paisaje en donde el uso de los recursos naturales se hace presente a través de la agricultura, sin embargo, la ubicación espacial de estas zonas no compromete la estabilidad de los recursos naturales.

Por otra parte las unidades del paisaje con fragilidad baja (10.63 %), localizadas al norte de la microcuenca, en donde se ubican las localidades de Gallinas Blancas y Pinal del Marquesado, indican que cumplen con lo establecido en las zonas de amortiguamiento de aprovechamiento especial, los cuales se caracterizan por ser aquellas superficies generalmente de extensión reducida, con presencia de recursos naturales que son esenciales para el desarrollo social, y que deben ser explotadas sin deteriorar el ecosistema, modificar el paisaje de forma sustancial, ni causar impactos ambientales irreversibles en los elementos naturales que conformen.

En dichas zonas se permite ejecutar obras de carácter público o privadas para la instalación de infraestructura o explotación de recursos naturales, que generen beneficios públicos, que guarden armonía con el paisaje, que no provoquen desequilibrio ecológico grave y que estén sujetos a estrictas regulaciones de uso sustentable de los recursos naturales, con apego estricto a los programas establecidos por las secretarías de medio ambiente federal y estatal.

Las zonas con fragilidad baja establecidas al sur de la cuenca y los cuerpos de agua; Presa Lampazos y Presa Pinal de Osorios; indican que cumplen con lo establecido en las zonas de amortiguamiento de uso público las cuales se caracterizan por presentar atractivos naturales para la realización de actividades de recreación y esparcimiento, en donde es posible mantener concentraciones de visitantes, en los límites que se determinen con base en la capacidad de carga de los ecosistemas. Aunado a que estas unidades del paisaje cuentan con gran accesibilidad y transitabilidad, actualmente estas áreas reciben visitantes, principalmente en semana santa y funcionan como atractivos visuales y recreativos para las localidades antes mencionadas; así como para Lampazos, Alcantarilla y la

cabecera municipal de Zacazonapan, que son establecimientos humanos cercanos a la microcuenca.

Con lo anterior se pretende que sea respondida la pregunta de investigación, sin embargo, dentro del trabajo se analizaron fundamentos teóricos y metodológicos que permitieron llevar a cabo un análisis a detalle dentro de microcuenca San José.

Entre los resultados obtenidos se tiene que desde el punto de vista de la Ciencias Ambientales, por su carácter interdisciplinario y científico, la degradación de los recursos naturales necesita la intervención de profesionales tanto sociales y naturales con una visión holística para satisfacer las necesidades humanas sin poner en riesgo el frágil equilibrio ambiental. Por tal razón es de suma importancia llevar a cabo estudios de conservación de los recursos naturales *in situ*; a través de áreas naturales protegidas, las cuales han funcionado como instrumentos de política ambiental para la conservación del ambiente durante el último siglo.

El enfoque ecosistémico nos permite realizar estudios de carácter interdisciplinario, ofreciendo las bases teóricas y prácticas para desarrollar estudios relacionados con la conservación de los recursos naturales a diferentes escalas dentro de áreas naturales protegidas, dando cabida a diversas áreas de la ciencia, desde las ramas muy especializadas como la genética; hasta las de carácter interdisciplinario como las ciencias ambientales.

El estudio por paisajes permite entender la dinámica ambiental de áreas delimitadas bajo criterios ecológicos, asumiendo que no es un territorio homogéneo y que este a su vez está compuesto por particularidades que permiten un análisis detallado de los componentes ambientales; así como la injerencia que tienen en los procesos naturales.

Los componentes ambientales están determinados por una gran diversidad de factores que determinan su estabilidad y dinámica, aseverando que los procesos con una escala espacio-temporal mayor; fisiografía y clima; afectan directamente a los elementos con escalas menores; agua, suelo, flora, fauna y actividades humanas.

El establecimiento de indicadores ambientales en los estudios de conservación de los recursos naturales son de suma importancia, sin embargo, al utilizar métodos cualitativos es necesario consultar con expertos; de forma directa o a través de bibliografía especializada; para determinar el peso relativo de cada uno de los componentes ambientales analizados.

Una vez discutidos algunos resultados de la investigación, existen algunas carencias dentro del estudio presente, las cuales se mencionan a continuación:

La información analizada de algunos componentes del paisaje es de una escala superior a la de trabajo; por ejemplo la información climática y de uso de suelo; sin embargo, esta última se detalló a partir de la fotointerpretación de imágenes aéreas y satelitales de 2012.

La información de fauna se obtuvo del estudio técnico justificativo del predio los tres reyes para su decreto como área natural protegida, debido a la ausencia de conocimientos biológicos y taxonómicos por parte del autor.

La información plasmada en este documento fue validada en campo, sin embargo, se visitó en varias ocasiones la parte sur de la microcuenca, aproximadamente el 60% del total del área de estudio; no obstante la información establecida al norte fue validada únicamente por percepción remota, debido a los grandes problemas de inseguridad que fueron documentados en dicha zonas a través de diarios y noticieros, por lo tanto la visita a campo nunca se realizó en esta parte del área de estudio.

A pesar de que fue respondida la pregunta de investigación de acuerdo a los criterios establecidos por la LGEEPA y por los resultados obtenidos a partir de los indicadores, esta asignación se realizó de forma cualitativa, ignorando si existen métodos cuantitativos para la zonificación de áreas naturales protegidas.

4.2 Conclusiones

- La microcuenca San José cuenta con los elementos ambientales necesarios para establecerse como un área natural protegida, que sirva como complemento y se una al parque estatal “Los Tres Reyes” dado la dinámica ambiental y los servicios ambientales presentados a través de los indicadores.
- Cabe señalar que el Enfoque Ecosistémico nos brinda las herramientas necesarias para llevar a cabo un cambio de paradigmas en los procesos de establecimiento y gestión de áreas naturales protegidas en México, debido a que los enfoques convencionales se basan en principios establecidos el siglo pasado, por tal razón, a continuación se mencionan las características de mayor relevancia entre el enfoque ecosistémico y el enfoque convencional llevado a cabo en el país.

Tabla 48: Comparación de aspectos de gestión entre el Enfoque Convencional aplicado en México y el Enfoque Ecosistémico

Aspectos de la gestión en las ANP	Enfoque convencional aplicado en México	Enfoque Ecosistémico
Orientación de programas y acciones	Énfasis en la preservación	Énfasis en el manejo adaptativo.
Gestión Ambiental	Sectorial: la gestión se centra en la extracción o uso de un bien o servicio dominante, de manera aislada.	Integral: toma en cuenta todos los bienes y servicios utilizables y optimiza la mezcla de sus beneficios
Enfoque de los Estudio	Se basa exclusivamente en el conocimiento suministrado por la ciencia occidental. Dan prioridad a los enfoques conservacionistas de la naturaleza.	Involucra otras formas de conocimiento incluyendo el indígena, el local. Se orienta a la preservación del ambiente y de la sociedad.
Temporalidad	Predomina la visión a corto plazo.	Adopta una visión a largo plazo.
Operación	Es necesario el desarrollo de una alta capacidad operativa en la unidad de gestión del ANP Son eminentemente ambientalistas.	Es necesaria una alta capacidad de liderazgo en la unidad de gestión del ANP, para cubrir el trabajo en forma de equipo interinstitucional. Es un enfoque basado en la gente, su sociedad y su cultura.
Gestión social	Se deben hacer esfuerzos para que las comunidades se integren al manejo de las ANP	El ANP debe ser integrado al desarrollo de las comunidades y actores clave.
Tenencia de la tierra	Lo recomendable es el dominio total de la tierra (compra de los terrenos por el Estado)	Lo recomendable es el dominio del uso de la tierra y de sus recursos bióticos ojala en manos comunales.

Control	Se debe de tener la capacidad para controlar el desarrollo local para que no afecte la salud del ANP.	Se debe orientar y utilizar el desarrollo local como mecanismo para la conservación de la salud de ANP.
Gestión ecológica	Un ANP debe ser considerada en sí misma como una unidad de manejo delimitada geográficamente por el marco jurídico que la rige (decreto o ley de creación)	Un ANP debe ser consolidada como un componente de una unidad de manejo delimitada por la funcionalidad del ecosistema total del cual esta se nutre
Financiamiento	La unidad de gestión del ANP debe tener una alta capacidad para negociar recursos operativos. Le dan prioridad a los factores de producción, de forma independiente. En el país la aplicación del gasto público en la administración de los recursos naturales es reducida en comparación con programas sociales.	La unidad de gestión del ANP debe tener una alta capacidad para generar recursos y reducir costos de operación. Considera los bienes y servicios como el producto de un ecosistema saludable y no como un fin en sí mismo.

Fuente: Elaboración con base a SIAC, 2011 y Arguedas, 2011.

- **El principal aporte de este trabajo es de carácter metodológico, debido a que se realizaron algunas adaptaciones a la metodología de Análisis Integral de Paisajes**, ya que originalmente esta metodología analiza el territorio a partir de pirámides de vegetación, sin embargo en este trabajo se realizaron indicadores ambientales para diagnosticar el estado actual de la microcuenca San José.
- **Entre los aportes de mayor relevancia son los indicadores ambientales diseñados en este trabajo, el de fragilidad ecológica y transitabilidad del territorio**, los cuales se habían realizado de forma cualitativa en diversos trabajos, sin embargo, en este documento se pudieron establecer bajo un método estadístico para poder desarrollarlos en trabajos posteriores y arrojar resultados cuantitativos.
- **Las ponderaciones y las reglas de decisión establecidas** en cada uno de los indicadores desarrollados en el presente trabajo, **se realizaron respecto a los atributos ambientales de la microcuenca San José**, por lo tanto **los indicadores no son estáticos y se pueden adaptar a diferentes territorios** que sean sujetos de análisis
- Los estudios por cuenca se apegan estrictamente al concepto de ecosistema, cuya visión se centra en conjuntar todos los elementos que lo conforman para entender la dinámica y funcionamiento del mismo, esto permitió conocer

todos los componentes que intervienen en la incidencia y ocurrencia de eventos perturbadores, concluyendo que dicho modelo se adecúa de mejor manera en comparación con estudios a través de límites municipales o geopolíticos que impiden comprender el sistema en su totalidad.

- El establecimiento de áreas naturales protegidas, bajo criterios ecológicos y analizados a través de indicadores ambientales, facilitan su zonificación dentro de los programas de manejo, ya que se establecen criterios reguladores con base a los resultados obtenidos y se delimitan de acuerdo a unidades ambientales.
- La dinámica ambiental de los paisajes de la microcuenca San José, actualmente determina la estabilidad y calidad de los componentes ambientales del área natural protegida parque estatal “Los Tres Reyes”, ya que esta última se encuentra en su totalidad dentro de los procesos ecológicos del área de estudio.
- La aplicación de indicadores ambientales en áreas establecidas bajo criterios ecológicos, facilitan el análisis de los componentes naturales y los procesos naturales desarrollados, permitiendo la comparación y complementación de cada uno de los indicadores propuestos, para poder cumplir con el objetivo propuesto en el área estudio.
- Este trabajo es el primero en su tipo dentro de la microcuenca San José, en donde se realizó el estudio técnico justificativo para decretar el predio de los tres reyes como área natural protegida en 2012, sin embargo este estudio solo se realizó en 150 ha, localizadas en la parte sur del área de estudio.
- El manejo de Sistemas de Información Geográfica (SIG) para desarrollar indicadores ambientales es de suma importancia, ya que facilita el desarrollo de las formulas preestablecidas, gracias a la automatización de los procesos.
- Las áreas naturales protegidas no solo se basan en procesos metodológicos establecidos, también se debe considerar la participación social, principalmente de los actores locales, si no es así, los resultados obtenidos de los indicadores únicamente se basan en supuestos.
- El impacto ambiental causado por el hombre a la microcuenca San José no es significativo, debido al tamaño de su población, sin embargo, si no se toman las medidas necesarias para planear el uso y aprovechamiento del territorio, las afectaciones antrópicas crecerán sobre los recursos naturales.

- A pesar que se están realizando grandes esfuerzos para conservar los recursos naturales a través de las áreas naturales protegidas, la tendencia actual es que estos reservorios de la naturaleza queden aislados debido a la creciente presión ejercida por los cambios de uso de suelo, principalmente en las zonas con grandes densidades de población.
- Las principales diferencias entre el Estudio Técnico Justificativo del Predio “Los Tres Reyes” para su decreto como Área Natural Protegida y el presente trabajo se mencionan a continuación:

Tabla 49: Comparación de los aspectos generales entre el presente trabajo y el Estudio Técnico Justificativo del Predio “Los Tres Reyes”

Aspectos relevantes	Diagnóstico ambiental de la microcuenca San José	Estudio Técnico Justificativo del Predio “Los Tres Reyes” en 2012
Delimitación del área de estudio	Se partió de la delimitación de la cuenca como área de estudio	La delimitación fue preestablecida de acuerdo a límites geopolíticos que conformaban dicho predio
Superficie del área de estudio	2784.31 ha	150 ha
Unidad de análisis	Unidades de paisaje debido a que conforman una parte o fracción de un ecosistema	Debido a que el terreno presenta patrones homogéneos en esta área, se optó por analizar los procesos ambientales por medio de laderas
Objetivo del estudio	Diagnosticar los componentes ambientales de la microcuenca San José y determinar su potencial como área natural protegida	Realizar un Estudio Técnico Justificativo del Predio “Los Tres Reyes” para su declaratoria como área natural protegida”
Principal aporte del estudio	La generación y adaptación de indicadores ambientales en el proceso de diagnóstico para analizar procesos ambientales dentro de un territorio de interés	La realización de un documento científico que permita fundamentar el decreto oficial de un área natural protegida en la categoría de parque estatal en el Estado de México

- Carbajal, Julio Cesar, 2008: *Circuito Turístico Chilpancingo-Azul: Evaluación de la degradación del paisaje*. Tesis de Maestría en Geografía. Facultad de Filosofía y Letras de la Universidad Nacional Autónoma de México.
- CCA Comisión para la Cooperación Ambiental de América del Norte, 2014: *Informe sobre el estado del medio ambiente en América del Norte*, en: <http://www3.cec.org/islandora/es/item/989-north-american-mosaic-overview-key-environmental-issues-es.pdf>
- CENAPRED Centro Nacional de Prevención de Desastres, 2006: *Guía básica para la elaboración de atlas estatales y municipales de peligro y riesgo, fenómenos Hidrometeorológicos*. México, Secretaría de Gobernación.
- CEPANAF Comisión Estatal de Parques Naturales y de la Fauna, 2011: *Estudio Técnico Justificativo del predio Los Tres Reyes para su declaratoria como Área Natural Protegida*. Gobierno del Estado de México. Toluca, Estado de México.
- CETENAL Comisión de Estudios del Territorio Nacional 1979: *Carta edafológica escala 1:50000, Clave E14A46*. Aguascalientes, México.
- Colín, Sara Adelina, 2005: *Zonificación del paisaje en el ejido de San Cristóbal Tolantongo, Hidalgo, México*. Tesis para obtener el grado de Licenciatura en Geografía. Universidad Autónoma del Estado de México.
- CONABIO Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, 2011: *Enfoque ecosistémico*, en: http://www.conabio.gob.mx/institucion/cooperacion_internacional/doctos/enfoq_eco.html
- CONABIO Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, 2008: *Principales tipos de vegetación de la cuenca de Valle de Bravo*, en: http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/cambios_veg/doctos/tipos_valle.html
- CONANP Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, 2010: *Áreas Protegidas Decretadas* en: http://www.conanp.gob.mx/que_hacemos/
- Contreras, Wilfrido y Rodríguez B, 2004: *Las áreas naturales protegidas en el marco del ordenamiento territorial y los servicios ambientales*. Actas L de V. Tomo 27 en: <http://www.wqsr.uw.edu.pl/pub/uploads/actas04/13-contreras-rodriguez.pdf>
- Cotler, Helena y Ángel Priego, 2004: *El análisis del paisaje como base para el manejo integrado de cuencas: El caso de la cuenca Lerma-Chapala*. Instituto Nacional de Ecología, en: http://www.inecc.gob.mx/descargas/cuencas/analisis_paisaje_manejo_cuencas.pdf
- Cueto, Francisco Antonio, 2006: "Los parques nacionales en México y Canadá: una visión general". *Revista Mexicana de Estudios Canadienses (nueva época)*, 75-88. núm. otoño-invierno.

- Da Silva, Raquel, 2014: *Introducción al proceso de análisis jerárquico usando Excel aplicado a los negocios* en: <https://www.youtube.com/watch?v=XLsA833W0bg>
- Echarri, Luis. 1998: *Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente*. Tecnológico de la Universidad de Navarra, en: <http://www.tecnun.es/asignaturas/Ecologia/Hipertexto/06Recursos/121ImpactAmbAgr.htm>
- ELAP Escuela Latinoamericana de Áreas Protegidas, 2006: *Aportes para la comprensión y aplicación del enfoque ecosistémico*. Primera Edición, en: http://elap.uci.ac.cr/flash/Enfoque_Ecosistemico%20%28G%29/index.html
- Espinosa de los Monteros, Javier, 2006: "Derechos humanos, problemas actuales: Un constitucionalismo mundial" en *Opinión Jurídica* 79-101, num. enero-junio.
- FAO Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2013: *Enfoque Ecosistémico*, en: <http://www.fao.org/biodiversity/asuntos-intersectoriales/enfoque-ecosistemico/es/>
- FAO Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2006: *La ganadería amenaza el medio ambiente*, en: <http://www.fao.org/newsroom/ES/news/2006/1000448/index.html>
- Fuentes, José de Jesús Alfonso, 2002: "Cuencas y áreas naturales protegidas: el manejo integrado de los recursos naturales en el Pico de Tancítaro, Michoacán". *Gaceta Ecológica*, 35-71. núm. julio-septiembre.
- García, Arturo y Julio Muños, 2002: *El paisaje en el Ámbito de la Geografía*. México. DF Ciudad Universitaria, Instituto de Geografía de la UNAM.
- García, Arturo, 1998a: "Geoecología del paisaje vegetal en el occidente de la ciudad de México." *Anales de Geografía de la Universidad Complutense* 115-137, n° 18.
- García, Arturo, 1998b: *Análisis Integrado de Paisajes en el Occidente de la Cuenca de México (la vertiente oriental de la Sierra de Monte Alto y Monte Bajo)*, Tesis Doctoral, Departamento de Análisis Geográfico Regional y Geografía Física, Facultad de Geografía e Historia, Universidad Complutense de Madrid
- García, Enriqueta y CONABIO Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, 1998: *Mapa de climas de la República Mexicana de acuerdo a la clasificación de Koppen modificada por García, escala 1:1000000*, en: <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>
- García-Frapolli, Eduardo y Víctor Manuel Toledo, 2008: "Evaluación de sistemas socioecológicos en áreas protegidas: un instrumento desde la economía ecológica". En *Argumentos*, 103-116. núm. Enero-Abril.

GEM Gobierno del Estado de México, 2008: *Plan Estatal de Desarrollo Urbano*. Secretaría de Desarrollo Urbano, Metepec Estado de México.

Gobierno del Estado de Jalisco, 2011: *Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Cabo Corrientes, Jalisco*, en: http://siga.jalisco.gob.mx/multi/ANX_1_fragilidad_Calidad_borrador.pdf

Gutiérrez Elorza, Mateo, 2008: *Geomorfología*. Madrid, España. Ed. Pearson Prentice Hill.

H. Ayuntamiento Constitucional de Otzoloapan. 2013: *Plan de Desarrollo Municipal de Otzoloapan 2013 – 2015*. Gobierno del Estado de México.

Henao Sarmiento, Jesús Eugenio, 2006: *Introducción al manejo de cuencas hidrográficas*. Bogotá, Colombia. Universidad Santo tomas.

INE Instituto Nacional de Ecología, 2007: *La cuenca del Río Balsas*, en: <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/libros/402/cuencabalsas.html>

INECC Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, 2014: *Restauración ecológica*, en: <http://www.inecc.gob.mx/con-eco-ch/386-hc-restauracion>

INEGI Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática 2007: *Censo Agrícola, Ganadero y Forestal 2007. Sistema de Consulta de Información Geoestadística Agropecuaria (SCIGA)*, en: <http://gaia.inegi.org.mx/sciga/viewer.html>

INEGI Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, 2008: *Características edafológicas, fisiográficas, climáticas e hidrográficas de México*, en: http://www.inegi.org.mx/inegi/spc/doc/INTERNET/1-GEOGRAFIADEMEXICO/MANUAL_CARAC_EDA_FIS_VS_ENERO_29_2008.pdf

INEGI Instituto Nacional de Estadística y Geografía e Informática, 2010a: *Datos vectoriales Carta topográfica escala 1:50000, Clave: E14A46*. Aguascalientes, México

INEGI Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2010b: *Datos vectoriales Carta de Uso de Suelo y Vegetación Serie IV*, escala 1:250 000, Clave E14-2. Aguascalientes, México.

INEGI Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2010c: *Censo de Población y vivienda 2010, Principales resultados por localidad (ITER)*, en: http://www.inegi.org.mx/sistemas/consulta_resultados/iter2010.aspx?c=27329&s=est

INEGI Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2012: *Guía para la interpretación de cartografía: Uso del suelo y vegetación: Escala 1:250, 000: Serie IV*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 126 p.

INEGI Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2013: *Climatología* en: <http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/recnat/clima/>

- INEGI Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2014: *SIATL Simulador de Flujos de Agua de Cuencas Hidrográficas*, en: http://antares.inegi.org.mx/analisis/red_hidro/SIATL/
- Lugo Hubp, José 1989: *Diccionario Geomorfológico*. México D.F., Instituto de Geografía. Coordinación de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Matus, Oscar y otros, 2008: "Guía para la identificación participativa de zonas con potencial de recarga hídrica. Aplicación práctica en la subcuenca del río Jucuapa, Nicaragua." en *Recursos naturales y Ambiente* 74-82, n° 55
- Matus, Oscar y otros, 2009: *Guía para la identificación participativa de zonas con potencial de recarga hídrica. Aplicación práctica en la subcuenca del río Jucuapa, Nicaragua*. Turrialba, Costa Rica. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. División de Investigación y Desarrollo.
- Mendiola, Araceli, 2011: *Ficha de descripción de yacimiento arqueológico, Diario de Campo*. Zacazonapan, Estado de México
- National Park Service, U.S. Department of the Interior, 2011: *National Park Yellowstone*, en: <http://www.nps.gov/yell/index.htm>
- Naturaleza Educativa, 2011: *Conservación, Antecedentes Históricos*. Portal educativo de Ciencias Naturales y Aplicadas, en: http://www.natureduca.com/conserva_historia1.php
- Nebel, Bernard y Richard Wright, 1999: *Ciencias ambientales, Ecología y Desarrollo sostenible*. Sexta Edición. Naucalpan de Juárez, Edo. de México, Pearson Prentice Hall, Pp 698
- Nieto, María del Carmen, 2009: "Coníferas" en Ceballos, Gerardo, Rurik List y otros (Compiladores), 2009. *La diversidad biológica del Estado de México, Estudio del Estado*. Toluca de Lerdo, Estado de México. Gobierno del Estado de México, Biblioteca Mexiquense del Bicentenario.
- ONU Organización de las Naciones Unidas, 1992: *Cumbre de la Tierra, Convenio de Diversidad Biológica, Rio de Janeiro, Brasil*, en: http://www.conabio.gob.mx/institucion/cooperacion_internacional/doctos/areas_protegidas.html
- Osorio Gómez, Juan C. y Juan P. Orejuela, 2008: "El proceso de Análisis Jerárquico (AHP) y la toma de decisiones multicriterio. Ejemplo de aplicación" en *Scientia Et Technica*, vol. XIV, núm. 39, 247-252: Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia.
- Pedraza Gilsanz, Javier de, 1996: *Geomorfología. Principios, Métodos y Aplicaciones*. Madrid, España. Ed. Rueda.

- Pérez, José Isabel J, 2012: *Los huertos familiares en una provincia del subtrópico mexicano, análisis espacial, económico y sociocultural*. Toluca Estado de México. Universidad Autónoma del Estado de México.
- Priego, Ángel y otros, 2010: Propuesta para la generación semiautomatizada de unidades de paisaje, Planeación territorial. México DF. Instituto Nacional de Ecología (INE-SEMARNAT)
- Ramírez, Mirta L., 2004: "El método de jerarquías analíticas de Saaty en la ponderación de variables. Aplicación al nivel de mortalidad y morbilidad en la provincia del chaco" en *Comunicaciones científicas y tecnológicas 1-14*. Universidad Nacional del Nordeste, Chaco, Argentina.
- Richard Enrique, Francisco y otros 2006: "Evaluación de objetivos de conservación de áreas protegidas a partir del análisis del área de campeo y población mínima viable de especies de félidos y cánidos. El parque nacional torotoro (potosi, bolivia) como ejemplo". En *Ecología Aplicada*, 101-110. núm. Diciembre.
- Rodríguez, Francisco, 2006: "Cuencas hidrográficas, descentralización y desarrollo regional participativo" en *InterSedes: Revista de las Sedes Regionales*, 113-125, num 12. Sin mes.
- Rzedowski, Jerzy, 2006: *Vegetación de México*. 1ra. Edición digital, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, 504 pp.
- Salomón, Mario Alberto y otros, 2005: *Segundo Informe de avance, Estudio de Caso Sitio Piloto Mendoza, departamento de Lavalle* "Evaluación de las Tierras en Zonas Áridas, Proyecto LADA-FAO Argentina, en: http://www.cricyt.edu.ar/ladyot/lava_carto/informes/Informe_ppal.pdf
- SCDB Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica 2004: *Enfoque por ecosistemas, (Directrices del CBD)*. Montreal Canadá. 50 p
- SEMARNAT Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2001: *Norma Oficial Mexicana NOM-020-RECNAT-2001, Que Establece los Procedimientos y Lineamientos que se Deberán Observar para la Rehabilitación, Mejoramiento y Conservación de los Terrenos Forestales de Pastoreo*, en: <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/gacetitas/342/nom020.html>
- SEMARNAT Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2010: *Informe de la Situación del Medio Ambiente en México*. Apartado Biodiversidad; en: http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_04/04_biodiversidad/cap4_3.html
- SEMARNAT Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2012: *Informe de la Situación del Medio Ambiente en México, Compendio de Estadísticas Ambientales, Indicadores Clave y Desempeño Ambiental*. México, DF: Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales.

- SGM Servicio Geológico Mexicano, 2000: *Carta Geológico-Minera Valle de Bravo E14-A46, Estado de México y Michoacán*. Pachuca Hidalgo, Secretaría de Economía.
- SIAC Sistema de Información Ambiental de Colombia 2011: *Enfoque ecosistémico, Una visión integral entre naturaleza y sociedad*, en: <http://www.siac.gov.co/contenido/contenido.aspx?catID=69&conID=263>
- SMN Servicio Meteorológico Nacional, 2010a. *El clima en México*, en: http://smn.cna.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=103&Itemid=80
- SMN Servicio Meteorológico Nacional, 2010b: *Normales climatológicas por Estación*, en: http://smn.cna.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=42:normal-es-climatologicas-por-estacion&catid=16:general&Itemid=75
- Tarbuck, Edward J. y Frederick K. Lutgens, 2005: *Ciencias de la Tierra, una introducción a la geología física*, 8va Edición. Madrid España: Pearson Prentice Hall.
- Toledo, Víctor Manuel, 2005: "Repensar la conservación: ¿áreas naturales protegidas o estrategia bioregional?" en *Gaceta Ecológica*, 67-83.num. octubre-diciembre.
- Toledo, Víctor Manuel, 2006: *Manejo, conservación y restauración de recursos naturales en México: perspectivas desde la investigación científica*. México, DF. Pp 30. Edit. Siglo XXI: UNAM
- Torres, Damián, 2014: *Manual de evaluación de impacto ambiental para ingenieros y arquitectos*, en: http://ddtorres.webs.ull.es/Docencia/Impacto/Temario/tema_6.htm
- UCLM Universidad de Castilla-La Mancha, 2013: *Glosario de Geomorfología Territorio y Paisaje en Regiones Volcánicas*, en: <http://www.uclm.es/profesorado/egcardenas/glosario.htm>
- UICN Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza, 2010: *World Commission on Protected Areas*, en: http://www.iucn.org/about/union/commissions/wcpa/wcpa_overview/wcpa_about/
- UICN-CMAP Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza/Comisión Mundial de Áreas Protegidas, 2009: *Categorías de manejo de áreas protegidas de la UICN*, en: http://www.iucn.org/es/sobre/union/secretaria/oficinas/sudamerica/sur_trabajo/sur_aprotegidas/ap_categorias.cfm
- UNAM Universidad Nacional Autónoma de México, 2011: *Bosque Mixto*, en: <http://www.puma.unam.mx/festival/index.php/bosque-mixto>
- Unión Internacional de Ciencias del Suelo IUSS y a la Base Referencial Mundial del Recurso Suelo WRB, 2007: *Base Referencial Mundial del Recurso Suelo. Un marco conceptual para clasificación, correlación y comunicación internacional*. Primera

actualización 2007. Informes sobre Recursos Mundiales de Suelos No. 103. FAO, Roma

Vibrans, Heike 2009: *Malezas de México*, en: <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/poaceae/cynodon-nlemfuensis/fichas/ficha.htm>

Villalobos, Ileana, 2000: "Áreas Naturales Protegidas: Instrumento estratégico para la conservación de la biodiversidad" en *Gaceta Ecológica*, Numero 054. Secretaria Del Medio Ambiente y Recursos Naturales. DF, México. pp. 24-34 en: <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/539/53905402.pdf>

Xanat, Antonio Némiga, y Eduardo Javier Treviño, 2008: "Modelos espaciales aplicados al manejo de los recursos naturales: una propuesta en la sub-cuenca del río Pílon, Nuevo León, México". En *Ra Ximhai*, 23-43.num. enero-abril.

Yáñes, Carlos Francisco, 2007: *Las Áreas Naturales Protegidas en México, criterios para su determinación. Caso estudio: Sierra Tarahumara, Estado de Chihuahua*. Academia de Ingeniería A. C. México, D. F. en: <http://www.ai.org.mx/archivos/coloquios/2/Las%20areas%20naturales%20protegid as%20en%20Mexico.pdf>

ANEXOS

Anexo I: Ficha de descripción del yacimiento arqueológico Zacazonapan. Estado De México.

1) Identificación del yacimiento:

Nombre del Sitio:

(Tentativo) Pueblo Viejo 2

2) Localización:

Provincia:

Localidad:

Municipio: Zacazonapan

Altitud: 1935 msnm.

Coordenadas: UTM: 372608 N 2 111011 E *Croquis:* ver Mapa C01: Topografía

3) Datos del sitio:

Tipo: Se encuentra en las faldas y laderas de la “Peña Sola”, Zacazonapan Estado de México.

Tareas realizadas: se realizó recorrido de prospección, registro escrito y fotográfico, y levantamiento de material de superficie.

Observaciones: se notó poca presencia de material de superficie, esto debido a la pendiente del terreno, que modifica y genera procesos de formación de suelo distintos, es probable el arrastre de lo mismo; lo que responde a la ausencia de material en superficie. Hay presencia de montículos de distintos tamaños, y de basamentos significativos.

4) Conservación:

Estado: Regular (algunos montículos y estructuras están deteriorados, sin embargo su deterioro no afecta en la totalidad su estado en general).

Fecha de determinación: 13/11/2011

Riesgo de impacto ambiental: Medio (se nota que a pesar de estar bajo la presión natural, se le adjudica a está, parte parcial de su conservación y cuidado; ya que al ser cubiertas hay vestigios ocultos y libres de saqueo producto del ocultamiento que el crecimiento de vegetación provoca, sin embargo estos son mínimos.).

Daños antrópicos: senderismo, saqueo, y actividad minera (debido a las características del lugar y a la actividad agrícola desprendida de la ganadera, la

población del lugar sigue haciendo uso de los espacios que involucran vestigios arqueológicos, notando que las terrazas de siembra trabajadas son prehispánicas. El senderismo es una actividad paralela a la agricultura, además de la extracción de copal de la zona, y a la recolección de té de monte y leña, que los lugareños realizan el daño por este es alto, ya que el mismo revela y amplía la visión de oportunistas que aprovechando los senderos marcados tienen marcado acceso al lugar propiciando el desarrollo de una actividad más, siendo esta el saqueo.).

Intervenciones posteriores: de limpieza, registro y levantamiento topográfico y planimetría.

Daños naturales: hay presencia de crecimiento de flora endógena cubriendo los montículos y basamentos, lo que ocasiona en algunos casos la deformación y desacomodo de estos, debido a la búsqueda de espacio de raíces, musgos y arbustos. Además de los propios movimientos del suelo producidos por la orografía produce cubrimiento parcial y en algunos casos total de los vestigios.

Observaciones: dentro de las actividades antrópicas el saqueo es claramente registrado y establecido, dentro del recorrido de prospección realizado en la fecha marcada en la determinación se identificaron 10 pozos de saqueo.

5) Contexto arqueológico

Cronología estimada: de acuerdo con la información la presencia de actividad humana por parte del grupo étnico Matlatzinca se ubica en el Posclásico 950-1521 d.C., sin ser posible determinar la parte del periodo a la cual pertenecen los vestigios encontrados.

Tipo de vestigios: arquitectónicos.

Tipo de material encontrado: cerámico y líticos de construcción.

Diario de campo

Al iniciar el recorrido de prospección el acceso a la “Peña Sola” se dio cruzando los terrenos pertenecientes al Parque Estatal “Los Tres Reyes”. Teniendo en adelante que seguir a través de varios terrenos de siembra distintos, la dirección del recorrido se dio siempre hacia el noreste.

Después de caminar por aproximadamente 1 hora pasando por caminos en un inicio, veredas y senderos se tuvo acceso a las primeras evidencias, conformada por una alineación de rocas, a la vista saltaban solo 3 con formas regulares, dirección y acomodo peculiar, sin embargo era necesario realizar un parcial descubrimiento de las siguientes a las visibles, logrando despejar parte de forma

que integraban, debido a que el ocultamiento de las posteriores era significativo, fue necesario retirar plantas, raíces, varas y hojas que ocultaban las alineaciones.

Fue en este punto de la primera estructura vista, se encontró un pozo de saqueo, de proporción reducida, no excediendo el metro. En este punto se marcaron las coordenadas.

Pozo de saqueo 1 y Estructura 1, PS1- E1: UTM: 312608 N, 2 112011 E Altitud: 1935 msnm.

En este punto cerca del pozo de saqueo se encontró material cerámico marcando, fue aquí la primera unidad de recolección de material de superficie. De los tepalcates recolectados 2 tienen pintura.

UR de material de superficie: URS: UTM: 312608 N, 2 112011 E Altitud: 1935 msnm.

Al seguir caminando a 40 m. aproximadamente del punto anterior se encontró otro pozo de saqueo y evidencia de estructura, pero no se encontró material, lo que se apreciaba distintivo era el color de la tierra blanquecina en unas partes debido a cenizas, y negra notándose el humus del suelo.

Pozo de Saqueo 2 y Estructura 2: PS2-E2: UTM: 322950 N 2111978 E Altitud: 1990 msnm.

Continuando el camino se encontró otro montículo, y otro pozo de saqueo correspondiendo al 3º pozo y la 3ª estructura. Marcándose otro punto.

E3-PS3: UTM: 372983 N 2111994 E Altitud: 1984 msnm.

El pozo de saqueo 3 tenía 1m. de profundidad aproximadamente, se nota que el pozo tenía tiempo de haberse hecho, ya que se notaba que tenía suelo y vegetación cubriéndolo. Era un pozo enorme al notar la magnitud, se midió correspondiendo a:

PS3: 70 cm de profundidad, 3.60 m. de diámetro.

Se podía apreciar gran cantidad de vestigios arquitectónicos visibles, ya que a pesar de notarse en primera instancia como montículos sin lograr ver la forma de una estructura clara, al seguir los alineamientos era evidente ver que estábamos frente a estructuras claramente formadas, al frente de la estructura mencionada se encontraron dos pozos más, el pozo 4 y 5.

Continuando el camino y avanzando cuesta arriba era en las partes pequeñas con una relativa nivelación se encontraban la presencia de pozos, el 6 se encontró durante el recorrido teniendo 45 cm de profundidad. En un inicio del recorrido lo que

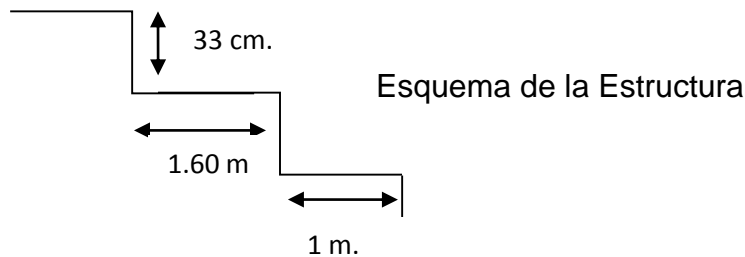
se esperaba era la búsqueda del camino que condujera al “Pueblo Viejo” de la Peña Sola. Sin embargo fue este objetivo el que no se pudo concretar debido al desconocimiento del camino.

Pero permitió la localización de 7 pozos de saqueo, ubicados hasta ese punto de recorrido, los pozos de saqueo 5, 6 y 7 estaban en un solo montículo, para estos 3 la ubicación corresponde a la dada y marcada para estructura 4.

Un punto final durante el recorrido corresponde a la estructura 5, antes de haber medido la estructura, esta tenía de largo 25 pasos correspondiendo a 14 m. aproximadamente. La estructura tenía 3 pozos de saqueo correspondiendo a los 8, 9,10. Pozos de saqueo 8, 9,10 y Estructura 5: PS8, 9,10- E5: UTM: 373058 N 2112033 E Altitud: 1990 msnm.

Esta estructura era de cuerpos superpuestos, probablemente escalonada, el ultimo cuerpo fue medido teniendo 9m de largo, los 25 pasos eran del 1º cuerpo.

La presunta orientación de la estructura dirigía la vista hacia “Los Tres Reyes”, la presunta entrada se ubicaría hacia el suroeste. Las lajas que conformaban la parte exterior de esta estructura, mostraban un gran trabajo en el tallado y sobreposición de estas lajas y piedras careadas.



Continuando el camino de notaba a simple vista la presencia de cuerpos grandes, con una altura de 1 m. aproximadamente, ubicándose uno tras de otro de manera ascendente desde donde nos encontrábamos. Sin embargo había intervalos de distancia entre estos. Al subir y caminarlos puede notarse de que se tratan de muros de contención, ya que la pendiente en esta parte es más pronunciada, se notan visibles 4, las demás están ocultas por la vegetación, y una más se notaba ya colapsada, por un deslave actual, las lajas que conformaban el cuerpo exterior de algunas de ellas se notan con un menor grado de trabajo que las que conforman las estructuras.

Elaboró: Arqueo. Araceli Mendiola Solís

Anexo II: Reglas de decisión para calcular la erosión hídrica.

Tabla 50: Calificación de erodabilidad del suelo (CAERO) con base a la nomenclatura de cartas edafológicas de INEGI

CAERO	Unidades de Suelo							
0.5	Af	An	Bf	Bh	Cg	Ch	Ck	Cl
	E	Fa	Fh	Fo	Fp	Fr	Fx	Gc
	Gh	Gm	Hc	Hg	Hh	HI	Jc	Lf
	Nd	Nc	Nh	Od	Oe	Ox	Qa	Qc
	Qf	Q1	Rc	Th	Tm	U	Zm	
1.0	Ag	Ac	Bc	Bd	Be	Bg	Bk	Gd
	Ge	Gp	Jd	Je	Kh	Kk	Kl	Lc
	Lg	Lk	Lo	Ma	Hg	Ph	Pl	Rd
	Re	Sm	To	Tv	Wh	Wm	Zg	Zo
2.0	Ao	Ap	Bv	Bx	Dd	De	Dg	Gx
	I	Jt	La	Lp	Lv	Pf	Pg	Po
	Pp	Rx	Sg	Vc	Vp	Wd	We	Ws
	Wx	Xh	Xk	X1	Xy	Yh	Yk	Y1
	Yy	Yt	Zt					

Fuente: SEDUE, 1998 en Colín 2005.

Tabla 51: Calificación de textura del suelo (CATEX) por textura y fase.

CATEX	Textura y fase
0.2	1
0.3	2
0.1	3
0.5	Fase pedregosa o gravosa

Fuente: SEDUE, 1998 en Colín 2005.

Tabla 52: Calificación de la topografía o pendiente (CATOP) por textura y fase

CATOP	Rango Pendiente (°)	Rango Pendiente (%)	Topoforma
0.35	0 – 4	0 - 9	Valle, llanura, meseta con variación de 500metros
3.50	4 – 13.5	9 - 30	Lomeríos, meseta con variación de 500 a 750 mts.
11.00	> 13.5	> 30	Sierra, bajada, meseta con variación mayor de 750 mts

Fuente: SEDUE, 1998 en Colín 2005.

Anexo III: Reglas de decisión para calcular Zonas con Potencial de Recarga Hídrica en Subcuencas Hidrográficas.

Tabla 53: Ponderación de la posibilidad de recarga hídrica según tipo de pendiente y microrelieve.

Microrelieve	Pendiente		Posibilidad de Recarga	Ponderación
	%	(°)		
Plano a casi plano, con o sin rugosidad	0 – 6	0 – 2.7	Muy alta	5
Moderadamente ondulado o cóncavo	6 – 15	2.7 – 6.75	Alta	4
Ondulado / Cóncavo	15 – 45	6.75 – 20.25	Moderada	3
Escarpado	45 – 65	20.25 – 29.25	Baja	2
Fuertemente Escarpado	>65	>29.25	Muy baja	1

Fuente: Matus y otros, 2009: 12.

Tabla 54: Ponderación de la capacidad de recarga hídrica del suelo según su textura

Textura	Posibilidad de recarga	Ponderación
Suelos franco arenosos a arenosos, con tamaño de agregados o partículas de gruesos a medios, con muy rápida capacidad de infiltración (más de 25 cm/h).	Muy alta	5
Suelos francos, con partes iguales de arena, limo y arcilla, con rápida capacidad de infiltración (12,7 – 25cm/h).	Alta	4
Suelos franco limosos, con partículas de tamaño medio a finas, con moderada a moderadamente rápida capacidad de infiltración (2 – 12,7 cm/h).	Moderada	3
Suelos franco arcillosos, combinación de limo y arcilla, con partículas finas, suelos pesados, con muestras de compactación, con lenta a moderadamente lenta capacidad de infiltración (0,13 – 2 cm/h).	Baja	2
Suelos arcillosos, muy pesados, con partículas muy finas, compactados, con muy lenta capacidad de infiltración (menos de 0,13 cm/h).	Muy baja	1

Fuente: Matus y otros, 2009: 13.

Tabla 55: Ponderación de la posibilidad de recarga hídrica según el tipo de roca

Rocas	Posibilidad de recarga	Ponderación
Rocas muy permeables, muy suaves, constituidas por cristales o agregados gruesos, con macroporos interconectados; por ejemplo, arena gruesa, piedra pómez, grava o cascajo.	Muy alta	5
Rocas permeables, suaves, constituidas por cristales o agregados medianos, con poros interconectados; por ejemplo, arena fina o arenisca con poca cementación.	Alta	4
Rocas moderadamente permeables, semisuaves, con regular conexión entre poros.	Moderada	3
Rocas poco permeables, un poco duras, moderadamente compactadas, constituidas por partículas finas, con presencia de fracturas interconectadas; por ejemplo, la combinación de gravas con arcillas.	Baja	2
Rocas impermeables, duras, cementadas, compactadas, constituidas por partículas muy finas, sin presencia de fracturas.	Muy baja	1

Fuente: Matus y otros, 2009: 15.

Tabla 56: Ponderación de la posibilidad de recarga hídrica según el porcentaje de cobertura vegetal

Cobertura vegetal permanente (porcentaje)	Posibilidad de recarga	Ponderación
> 80	Muy alta	5
70 – 80	Alta	4
50 – 70	Moderada	3
30 – 50	Baja	2
<30	Muy baja	1

Fuente: Matus y otros, 2009: 15

Tabla 57: Ponderación de la posibilidad de recarga hídrica según el uso del suelo

Uso del suelo	Posibilidad de recarga	Ponderación
Bosque que presentan los tres estratos: árboles, arbustos y hierbas o zacate denso	Muy alta	5
Sistemas agroforestales o silvopastoriles	Alta	4
Terrenos cultivados y con obras de conservación de suelo	Moderada	3
Terrenos cultivados sin ninguna obra de conservación de suelo y agua	Baja	2
Terrenos agropecuarios, con manejo intensivo	Muy baja	1

Fuente: Matus y otros, 2009: 16.

Anexo IV: Reglas de decisión para calcular Fragilidad Ambiental.

Tabla 58: Ponderación para determinar la fragilidad ambiental según tipo de pendiente y microrelieve.

Microrelieve	Pendiente		Nivel de fragilidad ambiental	Ponderación
	%	(°)		
Montañas y lomeríos plegados con disección. Montañas y lomeríos en bloque con disección moderada. Edificios volcánicos y lavas	> 66.66	>30	Muy alta	5
Sistema de piedemonte con disección. Montañas y lomeríos plegados con disección moderada. Montañas y lomeríos en bloque con disección moderada. Edificios volcánicos y lavas. Relieve kárstico con disección escasa	66.66 – 44.44	30 – 20	Alta	4
Relieve kárstico sin disección. Relieve kárstico acumulativo-residual. Montañas y lomeríos bloque sin disección. Montañas y lomeríos plegados sin disección. Sistema de piedemonte con disección leve. Terrazas estructurales con disección. Planicies acumulativas	44.44 – 33.33	20 – 15	Moderada	3
Sistema de piedemonte sin disección. Terrazas estructurales con disección moderada. Terrazas estructurales sin disección.	33.33 – 15.55	15 – 7	Baja	2
No se presentan tipos de relieve que no tengan algún grado de fragilidad.	15.55 – 0	7 – 0	Muy baja	1

Fuente: Elaboración con base a Gobierno del Estado de Jalisco 2011: 6.

Tabla 59: Ponderación para determinar la fragilidad ambiental según tipo de suelo.

Unidad de suelo (Equivalente y actualizada a la Base DGCRS-FAO 1988)	Nivel de fragilidad ambiental	Ponderación
Fluvisol éutrico, Gleysol éutrico, Gleysol mólico, Andosol úmbrico, Andosol mólico, Andosol háplico, Leptosol lítico, Solonchak gleyco, Arenosol háplico.	Muy alta	5
Luvisol crómico, Luvisol férrico, Acrisol háplico, Regosol éutrico, Regosol calcárico, Alisol férrico, Leptosol réndzico, Calcisol lúvico, Solonchak háplico, Cambisol crómico, Cambisol ferrálico, Arenosol calcárico.	Alta	4
Nitisol háplico, Vertisol éutrico, Calcisol háplico, Calcisol pétrico, Cambisol vértico, Cambisol éutrico.	Moderada	3
Planosol éutrico, Feozem háplico.	Baja	2
No existen suelos con muy baja fragilidad en el país.	Muy baja	1

Fuente: Elaboración con base a Gobierno del Estado de Jalisco 2011: 7

Tabla 60: Ponderación para determinar la fragilidad ambiental según tipo de vegetación.

Tipo de vegetación	Nivel de fragilidad ambiental	Ponderación
Bosque de oyamel. Bosque de cedro. Matorral de coníferas. Bosque mesófilo de montaña. Selva alta perennifolia. Selva alta subperennifolia. Selva mediana perennifolia. Selva mediana subperennifolia. Selva baja perennifolia. Selva baja subperennifolia. Selva baja espinosa. Matorral sarco-crasicaule de neblina. Matorral rosetófilo-costero. Manglar. Vegetación acuática. Bosque de galería. Vegetación de galería.	Muy alta	5
Bosque de pino. Bosque de pino-encino. Bosque de encino. Bosque de encino-pino. *Nota: si se encuentran en una condición de aridez o en una pendiente de más de 30 grados, pasa a fragilidad muy alta.	Alta	4
Selva mediana subcaducifolia. Selva mediana caducifolia. Selva baja subcaducifolia. Selva baja caducifolia. Matorral subtropical. Matorral submontano. Matorral crasicaule. Matorral sarcocaul. Matorral sarco-crasicaule. Matorral desértico rosetófilo. Matorral desértico micrófilo Nota: si se encuentran en una pendiente de más de 30 grados, pasa a fragilidad muy alta		
Chaparral		
Bosque de táscate. Bosque bajo abierto. Pastizal natural (semidesértico). Matorral espinoso. Mezquital. Vegetación de desiertos arenosos. Vegetación de dunas costeras. Pradera de alta montaña. Salinas. Vegetación halófila. Vegetación gypsófila. Pastizal halófilo. Pastizal gypsófilo.	Moderada	3
Pastizal-huizachal. Áreas sin vegetación aparente. Palmar	Baja	2
Áreas agrícolas. Áreas pecuarias. Áreas urbanas	Muy baja	1

Fuente: Elaboración con base a Gobierno del Estado de Jalisco 2011: 7.

Anexo V: Pendientes por unidad de paisaje

Tabla 61: Pendiente por unidad de paisaje.

ID Paisaje	ClavePai	Rango °	Descripción
1	SBqH2OVpCaCa	<1°	Pendientes Planas
2	SBqPiVpBpqFo	10° - 15°	Pendientes Ligeramente a Medianamente Inclinas
3	SBqPiVpPiPe	5° - 10°	Pendientes Ligeramente Inclinas
4	SBqPiVpViAr	5° - 10°	Pendientes Ligeramente Inclinas
5	SBqVaVpBpqFo	15° - 20°	Pendientes Medianamente Inclinas
6	SBqVaVpPiPe	10° - 15°	Pendientes Ligeramente a Medianamente Inclinas
7	TAqH2OAhuCaCa	<1°	Pendientes Planas
8	TAqPiAhuBmFo	3° - 5°	Pendientes Suavemente Inclinas
9	TAqPiAhuBpFo	10° - 15°	Pendientes Ligeramente a Medianamente Inclinas
10	TAqPiAhuViAt	5° - 10°	Pendientes Ligeramente Inclinas
11	TAqPIAhuViAt	3° - 5°	Pendientes Suavemente Inclinas
12	TAqVaAhaBpFo	<1°	Pendientes Planas
13	TAqVaAhaViAt	<1°	Pendientes Planas
14	TAqVaAhuBmFo	<1°	Pendientes Planas
15	TAqVaAhuBpFo	<1°	Pendientes Planas
16	TAqVaAhuViAt	<1°	Pendientes Planas
17	TBqCoAhaBpFo	20° - 30°	Pendientes Fuertemente Inclinas
18	TBqCoAhaViAt	5° - 10°	Pendientes Ligeramente Inclinas
19	TBqCoAhuBpFo	5° - 10°	Pendientes Ligeramente Inclinas
20	TBqCoAhuViAt	3° - 5°	Pendientes Suavemente Inclinas
21	TBqDeLAhaBpFo	10° - 15°	Pendientes Ligeramente a Medianamente Inclinas
22	TBqDeLAhaViAt	1° - 3°	Pendientes Muy Suavemente Inclinas
23	TBqDeLAhuBpFo	5° - 10°	Pendientes Ligeramente Inclinas
24	TBqDeLAhuViAt	3° - 5°	Pendientes Suavemente Inclinas
25	TBqVaAhaBpFo	<1°	Pendientes Planas
26	TBqVaAhuBpFo	10° - 15°	Pendientes Ligeramente a Medianamente Inclinas
27	SIRnCiCdBpqFo	15° - 20°	Pendientes Medianamente Inclinas
28	SIRnDoCdBpqFo	> 45°	Pendientes Abruptas
29	SIRnLa<30°CdBpqFo	20° - 30°	Pendientes Fuertemente Inclinas
30	SIRnLa<30°CdPiPe	20° - 30°	Pendientes Fuertemente Inclinas
31	SIRnLa>30°CdBpqFo	30° - 45°	Pendientes Muy Fuertemente Inclinas
32	SIRnVaCdBpqFo	20° - 30°	Pendientes Fuertemente Inclinas

33	SIRnVaCdPiPe	30° - 45°	Pendientes Muy Fuertemente Inclınadas
34	TIRnCiAhuBmFo	20° - 30°	Pendientes Fuertemente Inclınadas
35	TIRnCiCdBpFo	20° - 30°	Pendientes Fuertemente Inclınadas
36	TIRnDoCdBpqFo	> 45°	Pendientes Abruptas
37	TIRnLa<30°AhaBpFo	5° - 10°	Pendientes Ligeramente Inclınadas
38	TIRnLa<30°AhaViAt	5° - 10°	Pendientes Ligeramente Inclınadas
39	TIRnLa<30°AhuBmFo	15° - 20°	Pendientes Medianamente Inclınadas
40	TIRnLa<30°AhuBpFo	20° - 30°	Pendientes Fuertemente Inclınadas
41	TIRnLa<30°AhuViAt	5° - 10°	Pendientes Ligeramente Inclınadas
42	TIRnLa<30°CdBpFo	20° - 30°	Pendientes Fuertemente Inclınadas
43	TIRnLa<30°CdBpqFo	20° - 30°	Pendientes Fuertemente Inclınadas
44	TIRnLa>30°AhuBmFo	30° - 45°	Pendientes Muy Fuertemente Inclınadas
45	TIRnLa>30°CdBmFo	30° - 45°	Pendientes Muy Fuertemente Inclınadas
46	TIRnLa>30°CdBpFo	30° - 45°	Pendientes Muy Fuertemente Inclınadas
47	TIRnLa>30°CdBpqFo	30° - 45°	Pendientes Muy Fuertemente Inclınadas
48	TIRnVaAhaBpFo	5° - 10°	Pendientes Ligeramente Inclınadas
49	TIRnVaAhuBmFo	10° - 15°	Pendientes Ligeramente a Medianamente Inclınadas
50	TIRnVaAhuBpFo	10° - 15°	Pendientes Ligeramente a Medianamente Inclınadas
51	TIRnVaCdBmFo	30° - 45°	Pendientes Muy Fuertemente Inclınadas
52	TIRnVaCdBpFo	15° - 20°	Pendientes Medianamente Inclınadas
53	TIRnVaCdBpqFo	20° - 30°	Pendientes Fuertemente Inclınadas
54	TIRnVaCdViAt	5° - 10°	Pendientes Ligeramente Inclınadas
55	TRnDoCdBpFo	15° - 20°	Pendientes Medianamente Inclınadas

Fuente: Elaboración propia.

Anexo VI: Erosión hídrica por unidad de paisaje

Tabla 62: Erosión hídrica por unidad de paisaje.

ID Paisaje	Clave Paisaje	Erosión Laminar	Clase de Degradación	Valor de Erosión Laminar
1	SBqH2OVpCaCa	0.00	Sin erosión	0 ton/ha/año
2	SBqPiVpBpqFo	12.90	Moderada	De 10 a 50 ton/ha/año
3	SBqPiVpPiPe	15.48	Moderada	De 10 a 50 ton/ha/año
4	SBqPiVpViAr	103.22	Alta	de 50 a 200 ton/ha/año
5	SBqVaVpBpqFo	12.90	Moderada	De 10 a 50 ton/ha/año
6	SBqVaVpPiPe	15.48	Moderada	De 10 a 50 ton/ha/año
7	TAqH2OAhuCaCa	0.00	Sin erosión	0 ton/ha/año
8	TAqPiAhuBmFo	0.87	Ligera	Menor de 10 ton/ha/año
9	TAqPiAhuBpFo	8.70	Ligera	Menor de 10 ton/ha/año
10	TAqPiAhuViAt	69.63	Alta	de 50 a 200 ton/ha/año
11	TAqPIAhuViAt	6.96	Ligera	Menor de 10 ton/ha/año
12	TAqVaAhaBpFo	1.74	Ligera	Menor de 10 ton/ha/año
13	TAqVaAhaViAt	13.93	Moderada	De 10 a 50 ton/ha/año
14	TAqVaAhuBmFo	0.87	Ligera	Menor de 10 ton/ha/año
15	TAqVaAhuBpFo	0.87	Ligera	Menor de 10 ton/ha/año
16	TAqVaAhuViAt	6.96	Ligera	Menor de 10 ton/ha/año
17	TBqCoAhaBpFo	54.71	Alta	de 50 a 200 ton/ha/año
18	TBqCoAhaViAt	139.25	Alta	de 50 a 200 ton/ha/año
19	TBqCoAhuBpFo	8.70	Ligera	Menor de 10 ton/ha/año
20	TBqCoAhuViAt	6.96	Ligera	Menor de 10 ton/ha/año
21	TBqDeLAhaBpFo	17.41	Moderada	De 10 a 50 ton/ha/año
22	TBqDeLAhaViAt	13.93	Moderada	De 10 a 50 ton/ha/año
23	TBqDeLAhuBpFo	8.70	Ligera	Menor de 10 ton/ha/año
24	TBqDeLAhuViAt	6.96	Ligera	Menor de 10 ton/ha/año
25	TBqVaAhaBpFo	1.74	Ligera	Menor de 10 ton/ha/año
26	TBqVaAhuBpFo	8.70	Ligera	Menor de 10 ton/ha/año
27	SIRnCiCdBpqFo	19.35	Moderada	De 10 a 50 ton/ha/año
28	SIRnDoCdBpqFo	60.83	Alta	de 50 a 200 ton/ha/año
29	SIRnLa<30°CdBpqFo	60.83	Alta	de 50 a 200 ton/ha/año
30	SIRnLa<30°CdPiPe	72.99	Alta	de 50 a 200 ton/ha/año
31	SIRnLa>30°CdBpqFo	60.83	Alta	de 50 a 200 ton/ha/año
32	SIRnVaCdBpqFo	60.83	Alta	de 50 a 200 ton/ha/año

33	SIRnVaCdPiPe	72.99	Alta	de 50 a 200 ton/ha/año
34	TIRnCiAhuBmFo	27.35	Moderada	De 10 a 50 ton/ha/año
35	TIRnCiCdBpFo	54.71	Alta	de 50 a 200 ton/ha/año
36	TIRnDoCdBpqFo	54.71	Alta	de 50 a 200 ton/ha/año
37	TIRnLa<30°AhaBpFo	17.41	Moderada	De 10 a 50 ton/ha/año
38	TIRnLa<30°AhaViAt	139.25	Alta	de 50 a 200 ton/ha/año
39	TIRnLa<30°AhuBmFo	8.70	Ligera	Menor de 10 ton/ha/año
40	TIRnLa<30°AhuBpFo	27.35	Moderada	De 10 a 50 ton/ha/año
41	TIRnLa<30°AhuViAt	69.63	Alta	de 50 a 200 ton/ha/año
42	TIRnLa<30°CdBpFo	54.71	Alta	de 50 a 200 ton/ha/año
43	TIRnLa<30°CdBpqFo	54.71	Alta	de 50 a 200 ton/ha/año
44	TIRnLa>30°AhuBmFo	27.35	Moderada	De 10 a 50 ton/ha/año
45	TIRnLa>30°CdBmFo	54.71	Alta	de 50 a 200 ton/ha/año
46	TIRnLa>30°CdBpFo	54.71	Alta	de 50 a 200 ton/ha/año
47	TIRnLa>30°CdBpqFo	54.71	Alta	de 50 a 200 ton/ha/año
48	TIRnVaAhaBpFo	17.41	Moderada	De 10 a 50 ton/ha/año
49	TIRnVaAhuBmFo	8.70	Ligera	Menor de 10 ton/ha/año
50	TIRnVaAhuBpFo	8.70	Ligera	Menor de 10 ton/ha/año
51	TIRnVaCdBmFo	54.71	Alta	de 50 a 200 ton/ha/año
52	TIRnVaCdBpFo	17.41	Moderada	De 10 a 50 ton/ha/año
53	TIRnVaCdBpqFo	54.71	Alta	de 50 a 200 ton/ha/año
54	TIRnVaCdViAt	139.25	Alta	de 50 a 200 ton/ha/año
55	TRnDoCdBpFo	17.41	Moderada	De 10 a 50 ton/ha/año

Fuente: Elaboración propia

Anexo VII: Zonas con potencial de recarga hídrica por unidad de paisaje

Tabla 63: Zona de potencial de recarga hídrica por unidad de paisaje.

ID_Paisaje	ClavePai	Sumatoria	Posibilidad de Recarga
1	SBqH2OVpCaCa	2.4625	Baja
2	SBqPiVpBpqFo	3.04	Moderada
3	SBqPiVpPiPe	2.475	Baja
4	SBqPiVpViAr	2.1925	Baja
5	SBqVaVpBpqFo	2.77	Moderada
6	SBqVaVpPiPe	2.475	Baja
7	TAqH2OAhuCaCa	2.9125	Moderada
8	TAqPiAhuBmFo	4.0425	Muy alta
9	TAqPiAhuBpFo	3.7725	Alta
10	TAqPiAhuViAt	2.6425	Moderada
11	TAqPIAhuViAt	2.9125	Moderada
12	TAqVaAhaBpFo	4.0425	Muy alta
13	TAqVaAhaViAt	2.9125	Moderada
14	TAqVaAhuBmFo	4.0425	Muy alta
15	TAqVaAhuBpFo	4.0425	Muy alta
16	TAqVaAhuViAt	2.9125	Moderada
17	TBqCoAhaBpFo	3.7425	Alta
18	TBqCoAhaViAt	2.8825	Moderada
19	TBqCoAhuBpFo	4.0125	Muy alta
20	TBqCoAhuViAt	3.1525	Moderada
21	TBqDeLAhaBpFo	4.0125	Muy alta
22	TBqDeLAhaViAt	3.1525	Moderada
23	TBqDeLAhuBpFo	4.0125	Muy alta
24	TBqDeLAhuViAt	3.1525	Moderada
25	TBqVaAhaBpFo	4.2825	Muy alta
26	TBqVaAhuBpFo	4.0125	Muy alta
27	SIRnCiCdBpqFo	3.57	Alta
28	SIRnDoCdBpqFo	3.03	Moderada
29	SIRnLa<30°CdBpqFo	3.57	Alta
30	SIRnLa<30°CdPiPe	3.005	Moderada
31	SIRnLa>30°CdBpqFo	3.57	Alta
32	SIRnVaCdBpqFo	3.57	Alta

33	SIRnVaCdPiPe	3.005	Moderada
34	TIRnCiAhuBmFo	3.6225	Alta
35	TIRnCiCdBpFo	3.8525	Alta
36	TIRnDoCdBpqFo	3.03	Moderada
37	TIRnLa<30°AhaBpFo	3.8925	Alta
38	TIRnLa<30°AhaViAt	2.7625	Moderada
39	TIRnLa<30°AhuBmFo	3.6225	Alta
40	TIRnLa<30°AhuBpFo	3.6225	Alta
41	TIRnLa<30°AhuViAt	2.7625	Moderada
42	TIRnLa<30°CdBpFo	3.8525	Alta
43	TIRnLa<30°CdBpqFo	3.57	Alta
44	TIRnLa>30°AhuBmFo	3.6225	Alta
45	TIRnLa>30°CdBmFo	3.8525	Alta
46	TIRnLa>30°CdBpFo	3.8525	Alta
47	TIRnLa>30°CdBpqFo	3.57	Alta
48	TIRnVaAhaBpFo	3.8925	Alta
49	TIRnVaAhuBmFo	3.8925	Alta
50	TIRnVaAhuBpFo	3.8925	Alta
51	TIRnVaCdBmFo	3.8525	Alta
52	TIRnVaCdBpFo	3.8525	Alta
53	TIRnVaCdBpqFo	3.57	Alta
54	TIRnVaCdViAt	2.9925	Moderada
55	TRnDoCdBpFo	3.6125	Alta

Fuente: Elaboración propia.

Anexo VIII: Fragilidad ambiental por unidad de paisaje

Tabla 64: Fragilidad ambiental por unidad de paisaje.

IDPaisaje	Clave_Pais	Sumatoria	Fragilidad Ecológica
1	SBqH2OVpCaCa	2.28	Baja
2	SBqPiVpBpqFo	3.29	Moderada
3	SBqPiVpPiPe	2.39	Baja
4	SBqPiVpViAr	2.25	Baja
5	SBqVaVpBpqFo	3.34	Moderada
6	SBqVaVpPiPe	2.39	Baja
7	TAqH2OAhuCaCa	2.88	Moderada
8	TAqPiAhuBmFo	3.86	Alta
9	TAqPiAhuBpFo	3.69	Alta
10	TAqPiAhuViAt	2.85	Moderada
11	TAqPIAhuViAt	2.4	Baja
12	TAqVaAhaBpFo	3.86	Alta
13	TAqVaAhaViAt	2.6	Moderada
14	TAqVaAhuBmFo	3.86	Alta
15	TAqVaAhuBpFo	3.86	Alta
16	TAqVaAhuViAt	2.4	Baja
17	TBqCoAhaBpFo	4.19	Muy alta
18	TBqCoAhaViAt	2.85	Moderada
19	TBqCoAhuBpFo	3.91	Alta
20	TBqCoAhuViAt	2.4	Baja
21	TBqDeLAhaBpFo	4.11	Muy alta
22	TBqDeLAhaViAt	2.6	Moderada
23	TBqDeLAhuBpFo	3.91	Alta
24	TBqDeLAhuViAt	2.4	Baja
25	TBqVaAhaBpFo	3.86	Alta
26	TBqVaAhuBpFo	3.91	Alta
27	SIRnCiCdBpqFo	3.75	Alta
28	SIRnDoCdBpqFo	3.83	Alta
29	SIRnLa<30°CdBpqFo	4	Alta
30	SIRnLa<30°CdPiPe	3.1	Moderada
31	SIRnLa>30°CdBpqFo	4.39	Muy alta
32	SIRnVaCdBpqFo	4	Alta

33	SIRnVaCdPiPe	3.15	Moderada
34	TIRnCiAhuBmFo	3.99	Alta
35	TIRnCiCdBpFo	4	Alta
36	TIRnDoCdBpqFo	3.83	Alta
37	TIRnLa<30°AhaBpFo	3.89	Alta
38	TIRnLa<30°AhaViAt	2.85	Moderada
39	TIRnLa<30°AhuBmFo	3.74	Alta
40	TIRnLa<30°AhuBpFo	3.99	Alta
41	TIRnLa<30°AhuViAt	2.85	Moderada
42	TIRnLa<30°CdBpFo	4	Alta
43	TIRnLa<30°CdBpqFo	4	Alta
44	TIRnLa>30°AhuBmFo	4.38	Muy alta
45	TIRnLa>30°CdBmFo	4.39	Muy alta
46	TIRnLa>30°CdBpFo	4.39	Muy alta
47	TIRnLa>30°CdBpqFo	4.39	Muy alta
48	TIRnVaAhaBpFo	3.89	Alta
49	TIRnVaAhuBmFo	3.69	Alta
50	TIRnVaAhuBpFo	3.69	Alta
51	TIRnVaCdBmFo	4.05	Alta
52	TIRnVaCdBpFo	3.75	Alta
53	TIRnVaCdBpqFo	4	Alta
54	TIRnVaCdViAt	2.66	Moderada
55	TRnDoCdBpFo	3.75	Alta

Fuente: Elaboración propia.

Anexo IX: Transitabilidad del territorio por unidad de paisaje

Tabla 65: Transitabilidad del territorio por unidad de paisaje.

IDPaisaje	Clave_Pais	Sumatoria	Transitabilidad
1	SBqH2OVpCaCa	0	N/A
2	SBqPiVpBpqFo	1.4898	Moderada
3	SBqPiVpPiPe	1.9245	Alta
4	SBqPiVpViAr	1.7796	Alta
5	SBqVaVpBpqFo	1.1898	Moderada
6	SBqVaVpPiPe	1.9245	Alta
7	TAqH2OAhuCaCa	0	N/A
8	TAqPiAhuBmFo	1.6449	Alta
9	TAqPiAhuBpFo	1.6347	Alta
10	TAqPiAhuViAt	1.7796	Alta
11	TAqPIAhuViAt	2.0796	Muy Alta
12	TAqVaAhaBpFo	1.9347	Alta
13	TAqVaAhaViAt	2.0796	Muy Alta
14	TAqVaAhuBmFo	1.6449	Alta
15	TAqVaAhuBpFo	1.9347	Alta
16	TAqVaAhuViAt	2.0796	Muy Alta
17	TBqCoAhaBpFo	1.0347	Moderada
18	TBqCoAhaViAt	1.7796	Alta
19	TBqCoAhuBpFo	1.6347	Alta
20	TBqCoAhuViAt	2.0796	Muy Alta
21	TBqDeLAhaBpFo	1.6347	Alta
22	TBqDeLAhaViAt	2.0796	Muy Alta
23	TBqDeLAhuBpFo	1.6347	Alta
24	TBqDeLAhuViAt	2.0796	Muy Alta
25	TBqVaAhaBpFo	1.9347	Alta
26	TBqVaAhuBpFo	1.6347	Alta
27	SIRnCiCdBpqFo	1.1898	Moderada
28	SIRnDoCdBpqFo	0.5898	Muy Baja
29	SIRnLa<30°CdBpqFo	0.8898	Baja
30	SIRnLa<30°CdPiPe	1.3245	Moderada
31	SIRnLa>30°CdBpqFo	0.5898	Muy Baja
32	SIRnVaCdBpqFo	0.8898	Baja
33	SIRnVaCdPiPe	1.0245	Moderada

34	TIRnCiAhuBmFo	0.7449	Baja
35	TIRnCiCdBpFo	1.0347	Moderada
36	TIRnDoCdBpqFo	0.5898	Muy Baja
37	TIRnLa<30°AhaBpFo	1.6347	Alta
38	TIRnLa<30°AhaViAt	1.7796	Alta
39	TIRnLa<30°AhuBmFo	1.0449	Moderada
40	TIRnLa<30°AhuBpFo	1.0347	Moderada
41	TIRnLa<30°AhuViAt	1.7796	Alta
42	TIRnLa<30°CdBpFo	1.0347	Moderada
43	TIRnLa<30°CdBpqFo	0.8898	Baja
44	TIRnLa>30°AhuBmFo	0.4449	Muy Baja
45	TIRnLa>30°CdBmFo	0.4449	Muy Baja
46	TIRnLa>30°CdBpFo	0.7347	Baja
47	TIRnLa>30°CdBpqFo	0.5898	Muy Baja
48	TIRnVaAhaBpFo	1.6347	Alta
49	TIRnVaAhuBmFo	1.3449	Moderada
50	TIRnVaAhuBpFo	1.6347	Alta
51	TIRnVaCdBmFo	0.4449	Muy Baja
52	TIRnVaCdBpFo	1.3347	Moderada
53	TIRnVaCdBpqFo	0.8898	Baja
54	TIRnVaCdViAt	1.7796	Alta
55	TRnDoCdBpFo	1.3347	Moderada

Fuente: Elaboración propia