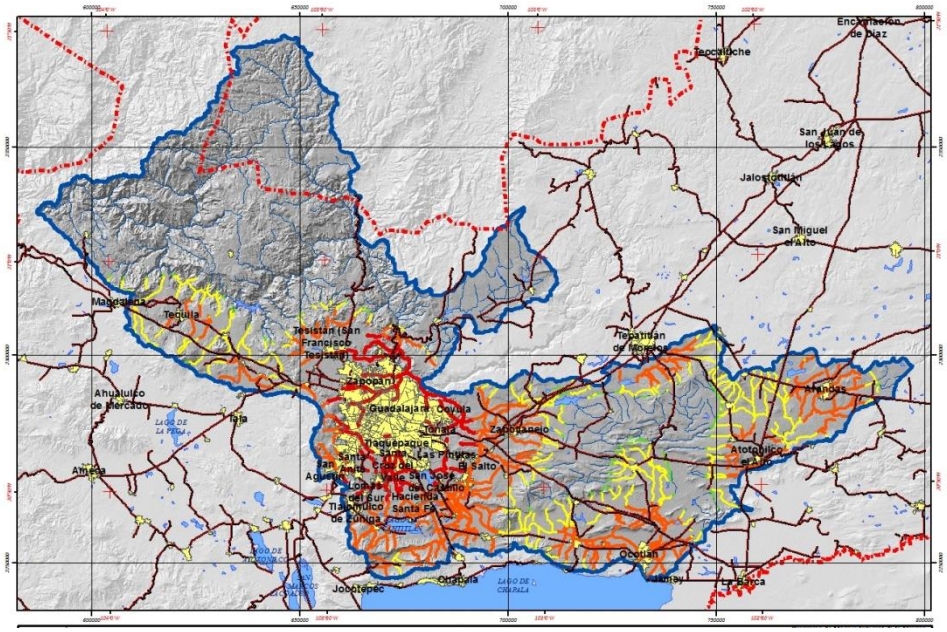
PROGRAMA DE MANEJO INTEGRAL DE LA CUENCA DEL RÍO SANTIAGO - GUADALAJARA



RESUMEN EJECUTIVO

SEMARNAT
SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

CIGA
CENTRO DE INVESTIGACIONES EN GEOGRAFÍA AMBIENTAL
U N A M

INSTITUCIONES:

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (**SEMARNAT**)

Secretaria de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial del Estado de Jalisco (**SEMADET**)

Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental (**CIGA-UNAM**)
UNAM,

UNAM, Campus Morelia, Michoacán, Noviembre de 2016

Coordinador general: Dr. Manuel Bollo Manent

Subcoordinador: Dr. José Ramón Hernández Santana

Participantes: Dr. Luis Miguel Morales Manilla, Dr. Alberto Ortiz Rivera, Mtra. Gabriela Cuevas García, Dr. Luis Giovanni Ramírez Sánchez, Dr. Manuel Mendoza Cantú, Dr. Alfredo Amador García, Dr. Jesús Arturo Muñiz Jáuregui, Dra. Berenice Solís Castillo, Mtra. Rocío Aguirre López, Mtra. Fabiola Vargas Mendoza, Mtro. Oscar David Sánchez Calderón, Ing. Alexander Pérez Chacón, Mtro. José Antonio Navarrete Pacheco, Mtra. Carla Aurora de la Peña Guillen, Dra. Yulieth Teresa Hillon Vega, Mtro. Richard Lemoine Rodríguez, Mtro. Maximiano Bautista Andalón

Colaboradores: Biol. Miriam Meléndez Gómez, Biol. Brenda Sofía Chávez Vázquez, Biol. Idelfonso Baroccio Lancaster - Jones Pablo Argueta Navarrete.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN ... 1
ESQUEMA METODOLÓGICO DE LA INVESTIGACIÓN ... 2
ETAPA DE CARACTERIZACIÓN ... 3
AGENDA AMBIENTAL ... 5
Resultados relevantes de los Talleres. ... 8
CARACTERIZACIÓN DEL COMPONENTE NATURAL ... 13
USO DEL SUELO Y VEGETACIÓN ... 13
Tasas de cambio de uso/cobertura ... 14
Transiciones de cambio de uso/cobertura del suelo ... 15
HIDROGRAFÍA E HIDROLOGÍA ... 16
ACUÍFEROS ... 18
GEOLOGÍA ... 20
RELIEVE ... 20
MORFOMETRÍA ... 22
SUELOS ... 23
Aptitud del suelo para usos potenciales ... 23
ÁREAS DE CONSERVACIÓN-PROTECCIÓN ... 24
BIODIVERSIDAD ... 25
REGIONALIZACIÓN ... 26
CARACTERIZACIÓN DEL COMPONENTE DEMOGRAFICO Y SOCIO –ECONOMICO ... 27
ASPECTOS DEMOGRÁFICOS ... 27
ASPECTOS SOCIALES ... 28
ASPECTOS ECONÓMICOS ... 29
CARACTERIZACIÓN DEL COMPONENTE SECTORIAL ... 29
INTERESES SECTORIALES ... 31
ETAPA DE DIAGNÓSTICO ... 32
DIAGNÓSTICO DEL COMPONENTE NATURAL (PARTE I) ... 32
DEGRADACIÓN DE LA CANTIDAD Y CALIDAD DEL AGUA ... 32
Calidad del agua en la cuenca Santiago - Guadalajara ... 42
Degradación del Suelo ... 53
Degradación de la Vegetación ... 54
Indicador de Degradación de Cobertura Vegetal Natural (CVN) ... 54
SERVICIOS AMBIENTALES ... 54
DIAGNÓSTICO DEL COMPONENTE ANTROPOGÉNICO (PARTE II) ... 56
Degradación Antropogénica ... 56
Índice de Antropización del Paisaje (IAP) ... 56
Índice de Antropización por la Presencia de Elementos Antrópicos en el Paisaje ... 57
Actividad industrial en la Cuenca Santiago - Guadalajara. ... 58

DIAGNÓSTICO DEL COMPONENTE DEMOGRÁFICO Y SOCIO-ECONÓMICO (PARTE III) 59
DIAGNÓSTICO SECTORIAL (PARTE IV) 60
Tabla 12. Conflictos entre sectores (-); sinergia entre sectores (+). Fuente: Talleres de planeación participativa, 2016 61
Identificación e intensidad de los problemas ambientales 63
ETAPA III. PRONÓSTICO AMBIENTAL 65
Análisis de las variables ambientales para el pronóstico 71
Tendencias en el Balance hídrico de la Cuenca Santiago - Guadalajara Pronóstico al 2030 y 2050 72
Pronóstico del Estado y la Situación Ambiental 73
ETAPA IV. PROPUESTA 77
ÁREAS DE ATENCIÓN PRIORITARIA 78
Zonificación Ambiental 82
Políticas ambientales 85
Zonificación funcional. Propuestas de uso 90
LINEAMIENTOS Y ESTRATEGIAS PARA EL DESARROLLO SUSTENTABLE DE LA CUENCA. 95
ESTRATEGIAS 96
Proyectos Recomendados 102
CONCLUSIONES 107

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa Base Cuenca Río Santiago- Guadalajara. Jalisco. 4
Figura 2. Municipios que ocupan parcial o totalmente la Cuenca del Río Santiago -Guadalajara. 5
Figura 3. Mapa de Unidades de paisaje para la Cuenca de Río Santiago-Guadalajara 7
Figura 4. Distribución de la Temperatura Media Anual en el área de estudio y sus subcuencas. Con base en UNIATMOS-UNAM. 17
Figura 5. Distribución anual de la precipitación total (mm) en las subcuencas. 18
Figura 6. Actualización de la disponibilidad media anual de agua subterránea, publicada en el diario oficial de la federación el 20 de abril de 2015. Los valores positivos señalan y en tonos de verde indican disponibilidad de agua y los valores negativos y en tonos de amarillo a rojo indican déficit. En el mapa se presentan los acuíferos externos a la línea de parteaguas de la cuenca Río Santiago-Guadalajara. Fuente CONAGUA. 20
Figura 7. Mapa geológico de la cuenca Río Santiago- Guadalajara 1:250000. 21
Figura 8. Mapa geomorfológico de la cuenca Río Santiago-Guadalajara. .....
Figura 9. Mapa hipsométrico de la cuenca Río Santiago-Guadalajara. Las altitudes fueron obtenidas con base en modelos de elevación digitales con resolución de 30 m de las imágenes Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) de la NASA. 23
Figura 10. Mapa de suelos de la Cuenca Santiago-Guadalajara .....
Figura 11. Mapa de Clases de Suelos de la Cuenca Santiago-Guadalajara 24
Figura 12. Mapa de Áreas Naturales Protegidas de la cuenca Santiago-Guadalajara 25
Figura 13. Mapa de Unidades de paisaje para la Cuenca de Río Santiago-Guadalajara 27
Figura 14. Volumen (hm^3) medido en estaciones hidrométricas y volumen estimado de escurrimientos anuales de las subcuencas P.Santa Rosa-R. Bolaños y R. Chico de 1961 a 2012. 34
Figura 15. Distribución espacial de la precipitación anual promedio de 1961 a 2013 en el área (mm). 37

Figura 16. Distribución de la Precipitación anual en el área, proyectada al año 2030 con el modelo HADGEM1 para el escenario A2 (mm) 38
Figura 17. Escurrimiento medio histórico en las subcuencas del área de estudio (escenario base), como lámina de escurrimiento en mm; obsérvese que la escala va de 45 a 300 mm. 39
Figura 18. Escenario base de balance hídrico con valores promedio de Precipitación, Escurrimiento Natural (conforme a NOM011) y Evapotranspiración Actual (conforme a Thornthwaite y Mathern 1957)(mm) 41
Figura 19. Escenario 2050 de balance hídrico conforme al mismo conjunto de operaciones que las señaladas para el escenario base pero con el modelo HADGEM1 para condiciones A2 (PESIMISTA moderado)(mm) 41
Figura 20. Localización de puntos de monitoreo de la Comisión Estatal del Agua de Jalisco, las plantas de tratamiento de la región, según la subcuenca en que están localizados 43
Figura 21. Cobertura Vegetal Natural. Año 2015. Cuenca Santiago-Guadalajara 55
Figura 22. Categorías de susceptibilidad de deslizamientos. 56
Figura 23. Distribución de las Industrias en la Cuenca Santiago -Guadalajara 59
Figura 24. Conflictos en el área de estudio por unidad de paisaje. Fuente: Elaboración propia con datos de los talleres de planeación participativa, 2016 63
Figura 25. Situación Ambiental de la Cuenca Santiago Guadalajara (2015) 71
Figura 26. Distribución de las necesidades de atención ambiental por categorías, en las unidades de paisaje 81
Figura 27. Distribución espacial de las Regiones Ambientales, UGAs y sus unidades de paisaje. . 85
Figura 28. Políticas ambientales propuestas para las UGAs en la Cuenca Santiago -Guadalajara. 87
Figura 29. Distribución espacial de los Usos propuestos para las UGAs en la cuenca Santiago - Guadalajara 95

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Participación en los talleres por instancia. Fuente: Talleres de planeación participativa, 2016 7
Gráfica 2. Total de registros de problemas. Talleres de planeación participativa, 2016. 12
Gráfica 3. Porcentaje de asignaciones de atributos ambientales. Fuente: Talleres de planeación participativa, 2016. 30
Gráfica 4. Estado del Medio Ambiente de la Cuenca Santiago – Guadalajara 68

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Porcentaje de superficie ocupada por las categorías de degradación de suelos de la cuenca Santiago - Guadalajara 53
Cuadro 2. Situación Ambiental de la Cuenca Santiago Guadalajara en 2015. 70
Cuadro 3. Combinación de categorías del Estado del Medio Ambiente, Situación Ambiental y Conflictos Sectoriales por unidades de paisaje en la cuenca, que definen su nivel de prioridad de atención ambiental. 79
Cuadro 4. Combinación de categorías del Estado del Medio Ambiente, Situación Ambiental y Conflictos Sectoriales por unidades de paisaje en la cuenca, que definen su nivel de prioridad de atención ambiental (continuación) 79
Cuadro 5. Superficie de las categorías de atención prioritaria ambiental en la cuenca Santiago - Guadalajara. 80
Cuadro 6. Propuestas de políticas ambientales para la Cuenca Santiago -Guadalajara y superficie y % de ocupación. 86
Cuadro 7. Propuestas de combinaciones de Uso para la Cuenca Santiago -Guadalajara, ... 90

íNDICE DE TABLAS

Tabla 1. División de municipios por taller con base a Regionalización, Subseplan, 2015. 5
Tabla 2. Tabla de interacciones y conflictos entre sectores. (Conflictos entre sectores (-)). Fuente: Talleres de planeación participativa, 2016. 10
Tabla 3. Superficies y tasas de cambio de los principales usos y coberturas de la Cuenca del Río Santiago-Guadalajara, según datos de INEGI. 14
Tabla 4. Actualización de la disponibilidad media anual de agua subterránea al 30 de junio de 2014. 19
Tabla 5. Número de unidades y porcentaje de ocupación en el territorio de la cuenca del río Santiago-Guadalajara. Fuente: Talleres de planeación participativa, 2016. 31
Tabla 6. Demanda Biológica de Oxígeno (DBO_5) en la cuenca Santiago -Guadalajara, Jalisco. 45
Tabla 7. Demanda Química de Oxígeno (DQO) en la cuenca Santiago -Guadalajara, Jalisco. 48
Tabla 8. Parámetros de monitoreo y frecuencia con la que los parámetros físico -químicos rebasan la normatividad en la Cuenca 50
Tabla 9. Índice de Antropización del Paisaje (%) en la cuenca Santiago –Guadalajara en los años 2002, 2007, 2011 y 2015 57
Tabla 10. Superficie que ocupan las categorías de IAEA de los paisajes de la cuenca Santiago – Guadalajara. 58
Tabla 11. Superficie por número de unidades de paisaje para cada categoría 60
Tabla 12. Conflictos entre sectores (-); sinergia entre sectores (+). Fuente: Talleres de planeación participativa, 2016 61
Tabla 13. Categorías de conflictos sectoriales 61
Tabla 14. Superficie por categoría del conflicto 62
Tabla 15. Superficie por grado de problemática ambiental 64
Tabla 16. Intensidad de los problemas ambientales a nivel de unidad de paisaje. (Fragmento de la matriz) 65
Tabla 17. Matriz de índices e indicadores con valores normalizados y categorías del Estado del Medio Ambiente (EMA) (Fragmento) 67
Tabla 18. Tendencias del cambio en el balance hídrico 2010 -2030 para la cuenca del Río - Santiago –Guadalajara. (Fragmento) 72
Tabla 19. Categorías de Prioridad en atención ambiental a los paisajes de la Cuenca Santiago - Guadalajara. (Fragmento) 80
Tabla 20. Regiones Ambientales, superficies de las UGAs y Unidades de Paisaje 84
Tabla 21. Estado actual del medio ambiente, el uso de suelo, la situación hidrológica y la política ambiental propuesta por UGA. 87
Tabla 22. Propuestas de uso (zonificación funcional) para el Desarrollo Sustentable Territorial en la cuenca Santiago-Guadalajara. 91
Tabla 23. Estrategias de Manejo Integrado para la cuenca Santiago-Guadalajara. 98

INTRODUCCIÓN

El Programa de Manejo Integral de la Cuenca Santiago–Guadalajara (PMICSG) tiene la tarea de proponer las políticas, los lineamientos, así como los criterios que permitan la conservación, protección, restauración y aprovechamiento de los recursos naturales, que incidan en el desarrollo sustentable de la región y coadyuven a mejorar la disponibilidad de agua en calidad y cantidad suficiente para cubrir las necesidades primordiales de los usuarios de la cuenca.

Cabe mencionar que la elaboración del PMICSG, se realiza para seguir atendiendo, pero ahora de manera más amplia, la macro-recomendación que con fecha 27 de enero de 2009, la Comisión Estatal de Derechos Humanos de Jalisco, (CEDHJ) emitió a diversas autoridades del ámbito Federal, Estatal y Municipal, por los derechos humanos de los pobladores de El Salto y Juanacatlán de gozar de un ambiente sano y ecológicamente equilibrado.

Derivado de la macro-recomendación, con fecha 2 de septiembre de 2010 se publicaron en el periódico oficial “El Estado de Jalisco”, los criterios ambientales que deberán observarse para la protección ambiental del Polígono de Fragilidad Ambiental (POFA). Posteriormente, el 21 de febrero de 2011 se crea la mesa de trabajo interinstitucional, denominada Órgano Técnico Mixto (OTM) para el rescate del POFA.

Conforme al acuerdo del 18 de octubre de la Mesa de Trabajo Interinstitucional para el cumplimiento de los criterios ambientales del Polígono de Fragilidad Ambiental (POFA) de la cuenca de El Ahogado, se definió la realización de un taller de planeación estratégica que evaluó lo hasta ahora realizado en el POFA, retomando la agenda del Órgano Técnico Mixto para el rescate del POFA instalado por la anterior administración estatal y lo realizado por el Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, A.C. (CIATEJ).

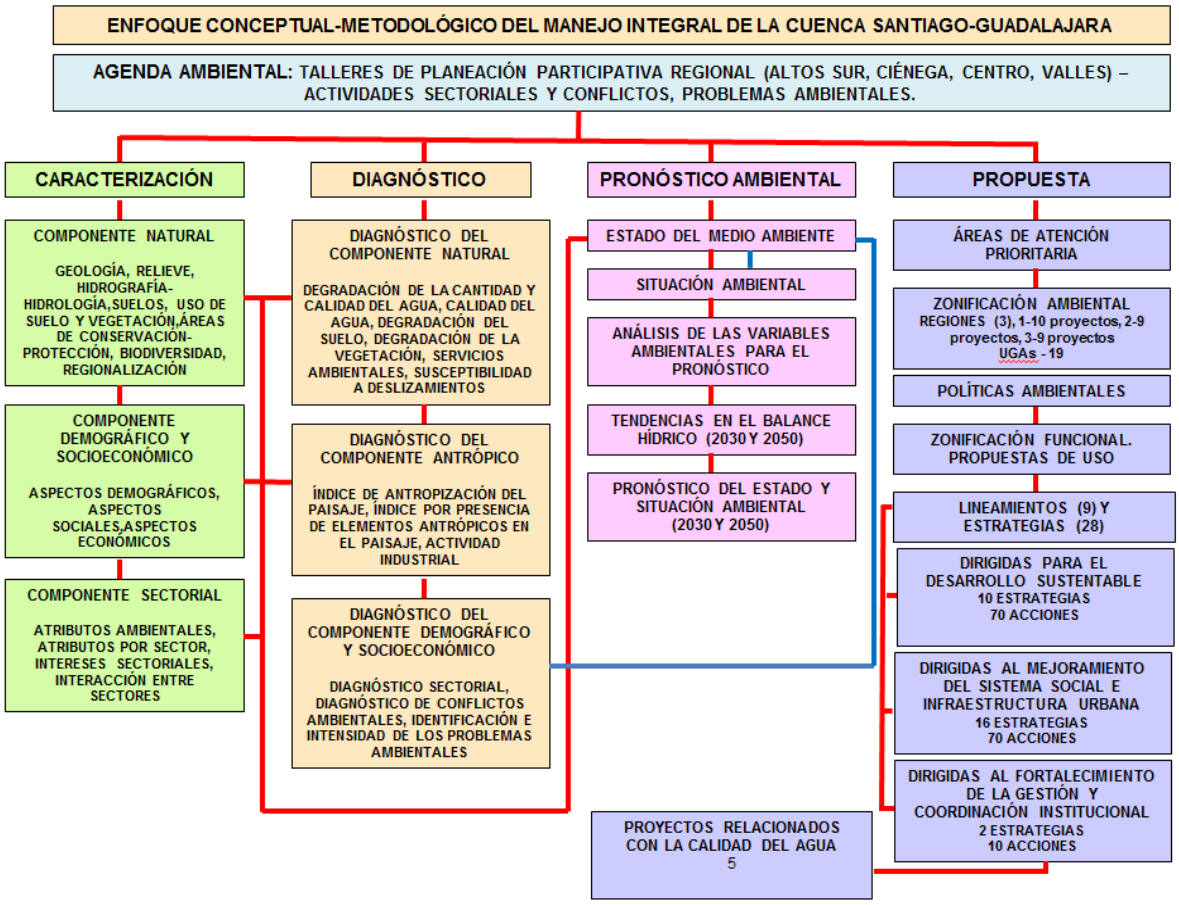
En el año 2013 la SEMADET elaboró el “Plan Estratégico del Polígono de Fragilidad Ambiental de la Cuenca “El Ahogado”, este plan incorpora al diagnóstico elaborado por el CIATEJ en 2011 la propia visión de las dependencias estatales, delegaciones federales, municipios y organismos académicos y de la sociedad civil interesados en el territorio de la cuenca El Ahogado (Memoria del Segundo Taller para Elaborar un Plan Estratégico del Polígono de Fragilidad Ambiental de la Cuenca El Ahogado).

En ambos trabajos, tanto el diagnostico de CIATEJ 2011, como en el Plan Estratégico elaborado por la SEMADET en 2013, se considera necesario realizar un programa más amplio de atención y trabajo pues la problemática rebasa el ámbito de la cuenca “El Ahogado” con diez municipios involucrados y se ha extendido a una gran parte de la cuenca Rio Santiago-Guadalajara por lo que hay que estudiar la condición de parte del territorio de 35 municipios.

Es necesario mencionar que toda la información básica, a partir de la cual se elaboraron los resultados del proyecto proviene de instituciones de los tres órdenes de gobierno y en su mayoría se encuentra disponible en internet. Tan solo no se recibió información de CONAGUA a pesar de que se solicitó por la vía de transparencia.

.

ESQUEMA METODOLÓGICO DE LA INVESTIGACIÓN



ETAPA DE CARACTERIZACIÓN

El río Santiago, también denominado Santiago Totolotlán se localiza en el Occidente de México, nace a 4 km al suroeste de Ocotlán, en la ribera oriental del lago de Chapala a una altitud 1,524 m aproximadamente y discurre por los estados de Jalisco y Nayarit. Su caudal fluye a un costado de la zona metropolitana de Guadalajara a través de una amplia zona de planicies, de uso principalmente agrícola y a continuación forma la cascada o salto de Juanacatlán donde escurre su cauce en forma de barrancos (Barranca de Oblatos - Barranca de Huentitán) con profundidades entre 300 y 500 m, pasa por los estados de Jalisco y Nayarit, siendo su frontera a lo largo de 30 km y desemboca en el océano Pacífico (cerca de San Blas, Nayarit); su trayecto es de 562 kilómetros y drena una cuenca de 76 400 km². (Modificado de: Programa de desarrollo de la región Centro Occidente. Análisis regional de la Gestión del Agua en la región Centro Occidente. Parte II. FIDERCO. 2002)

La Cuenca Río Santiago-Guadalajara se ubica en la Meso Región Hidrológica Centro Occidente, en la Región Hidrológica R12 “Lerma-Santiago”. Pertenece al Consejo de Cuencas Río Santiago, el cual es parte de la Región administrativa de la CNA VIII Lerma-Santiago-Pacífico, la cual ocupa el 97 % del estado de Jalisco. Coincide con el Comité Técnico de aguas subterráneas de dicha región administrativa nombrado Irapuato-Valle de Santiago

La cuenca Santiago-Guadalajara está integrada por 10 subcuencas cuyas corrientes principales son: Río Grande de Santiago, Río Verde, Río Corona (La Cañada), Río Zula, Río Calderón, Río La Laja (Arroyo Grande), Río Cuixtla y Río Chico; e importantes cuerpos de agua naturales (Lago de Chapala, Lago de Cajititlán) y presas (Santa Rosa, Calderón, El Ahogado, La Colonia, El Tule, Dos Cauces, La Yesca, etc.). En ella se encuentran delimitados 38 municipios de los cuales tres pertenecen al estado de Zacatecas y 35 al de Jalisco, de los municipios pertenecientes a Jalisco, 8 tienen el 100 % de su superficie al interior de la cuenca y el resto de manera parcial.

En la cuenca Río Santiago - Guadalajara habitan más de 4´880,264 personas, se localizan importantes núcleos urbanos, entre los que destacan la Zona Metropolitana de Guadalajara (Zapopan, Tlaquepaque, Tonalá, Hacienda Santa Fé), Ocotlán, San Francisco de Tesistán, Arandas, Zapotlanejo, y San Agustín entre otras. Aparecen registradas en la cuenca 3132 localidades rurales y 82 localidades urbanas para un total de un total de 3214 (INEGI 2010)

Un fuerte desarrollo industrial también se concentra en la Zona Metropolitana, extendiéndose desde Ocotlán hacia las Barrancas por el río Santiago. De acuerdo a la CONAGUA, las regiones del Valle de México, Balsas, Lerma-Santiago y algunos sitios del Golfo centro representan las regiones más contaminadas del país (Ochoa - García, Hans, 2012).

La delimitación del área de estudio está determinada por los parteaguas de la Cuenca en cuestión, el estudio se realizará solamente en el territorio correspondiente al estado de Jalisco y no así a las partes correspondientes a los estados de Nayarit y Zacatecas. Se excluyó la subcuenca Río Verde por estar siendo estudiada, con objetivos cercanos a este estudio, por otras instituciones. Los límites del estado de Jalisco fueron aportados por la Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial del Estado.

El mapa base para la investigación es un mapa topográfico, confeccionado a partir de las cartas INEGI a escala 1:250 000 con los límites de la Cuenca, la infraestructura carretera tomada de INEGI, actualizada en las carreteras de orden superior, los poblados principales, hidrografía de corrientes permanentes, curvas de nivel (2016) y le acompaña el modelo sombreado, además de otros datos de interés. Contiene un cajetín y será la base para todos los demás mapas de la investigación que se presentan en dicho formato

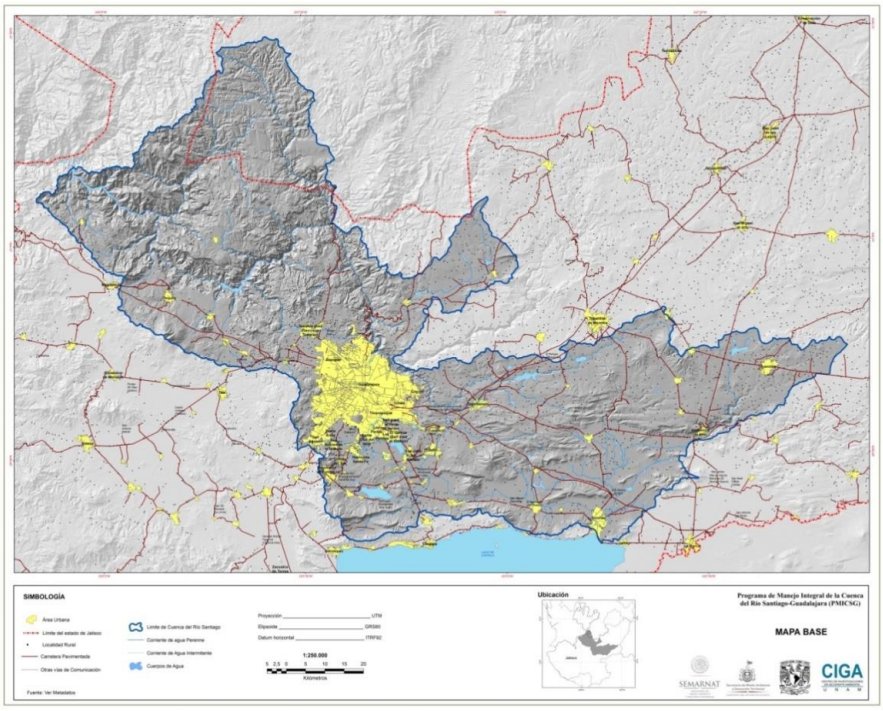


Figura 1. Mapa Base Cuenca Río Santiago- Guadalajara. Jalisco.

De los 35 municipios establecidos sobre la Cuenca, se encuentran en el 100 % de su superficie un total de 8. Los municipios de más extensión en la misma son Zapopán (1047.36 Km^2) que incluye el 91% de su superficie, así como Tequila (1603.31 Km^2), con el 95 %, Zapotlanejo con el 88% (634.39 Km^2) y Tepatitlán de Morelos (606.9 Km^2), a pesar de que solo incorpora alrededor del 43% de su territorio en la Cuenca. Cuatro municipios tienen superficies entre los 100 - 200 km^2, Ixtlahuacán de los Membrillos con 83%, El Arenal con 93%, Guadalajara con el 100% y Juanacatlán con el 100% de sus superficies al interior de la Cuenca.

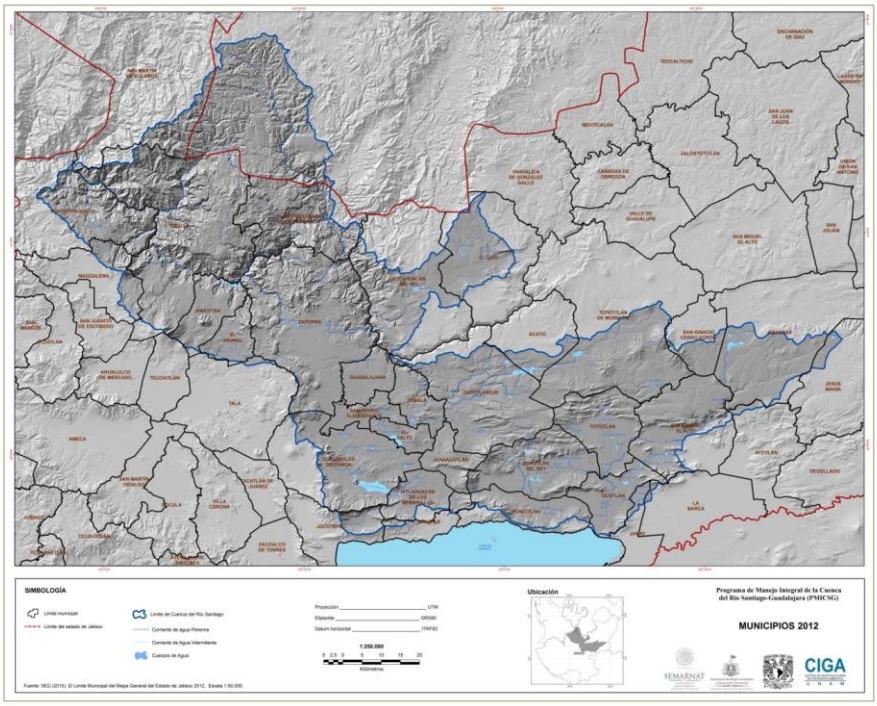


Figura 2. Municipios que ocupan parcial o totalmente la Cuenca del Río Santiago -Guadalajara.

AGENDA AMBIENTAL

Se realizaron cuatro Talleres de Planeación Participativa Regional con los sectores económicos y los actores clave del área de estudio a nivel estatal y municipal en el territorio de la cuenca Santiago – Guadalajara.

El Objetivo general fue recuperar, sistematizar y analizar lo que los actores saben sobre la Cuenca y sobre el sector de la administración al que pertenecen, como fuente de información directa que contribuya a caracterizar los sectores y diagnosticar la problemática ambiental que enfrenta la cuenca Santiago-Guadalajara.

Entre otros objetivos encontramos la aprobación del mapa base, identificar la problemática ambiental, definir los sectores que ocupan el territorio, definir los atributos ambientales para dichos sectores, espacializar su ocupación, definir las interacciones entre los sectores e identificar los conflictos, siempre en la unidades de paisajes físico-geográficos. Otro fue describir los planes, programas, proyectos y acciones de las instancias de gobierno en el momento en el territorio de la Cuenca.

Los 35 municipios de la Cuenca, se corresponden a cuatro regiones según la Regionalización 2015, SUbSeplan, SEPAF, (Altos Sur, Ciénega, Centro y Valles) las cuales fueron utilizadas en la organización y ubicación geográfica de los Talleres participativos que forman parte de la Agenda Ambiental y como unidades de análisis espacial del contexto ambiental en la Cuenca, se tomaron las unidades de paisajes naturales o físico-geográficos, las cuales reflejan la oferta de recursos naturales.

En cuanto a la participación en los talleres regionales, los sectores que tuvieron mayor participación de acuerdo con el número de asistentes al taller destacan: el Gobierno Estatal con el 42%, con presencia de secretarios, directores, delegados, coordinadores, inspectores, técnicos y auxiliares estatales dentro del contexto del medio ambiente; el gobierno Municipal con un 25% principalmente constituido por las direcciones de ecología de los municipios incluidos en la cuenca, mientras que los actores agropecuarios con 7%, y la Investigación - Academia e Industria tuvieron un 6% de presencia. (Gráfica 1)

Tabla 1. División de municipios por taller con base a Regionalización, Subseplan, 2015.

DISTRIBUCIÓN DE MUNICIPIOS POR TALLER			
1er. Taller Región Valles	**2º. Taller Región Ciénega**	**3er. Taller Región Altos Sur**	**4º Taller Región Centro**
San Cristóbal de la Barranca	Jocotepec	Acatíc	Cuquío
Teuchitlán	Chapala	Arandas	Guadalajara
Magdalena	Atotonilco el Alto	Jesús María	Ixtlahuacán de Río
San Martín de Bolaños	Ayotlán	San Miguel El Alto	Ixtlahuacán de los Membrillos
El Arenal	La Barca	Tepatitlán de Morelos	Juanacatlán
Hostotipaquillo	Jamay	San Ignacio Cerro Gordo	El Salto
Tequila	Ocotlán		San Pedro Tlaquepaque
Tala	Poncitlán		Tonalá
Amatitán	Tototlán		Zapopan
	Zapotlán del Rey		Zapotlanejo
			Tlajomulco de Zúñiga

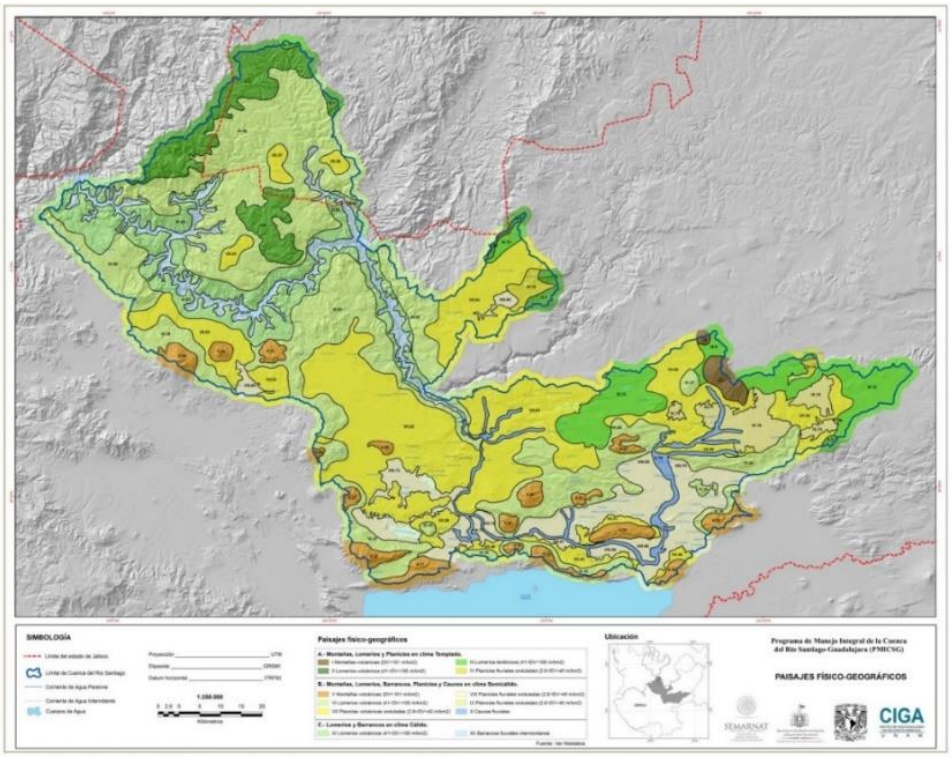
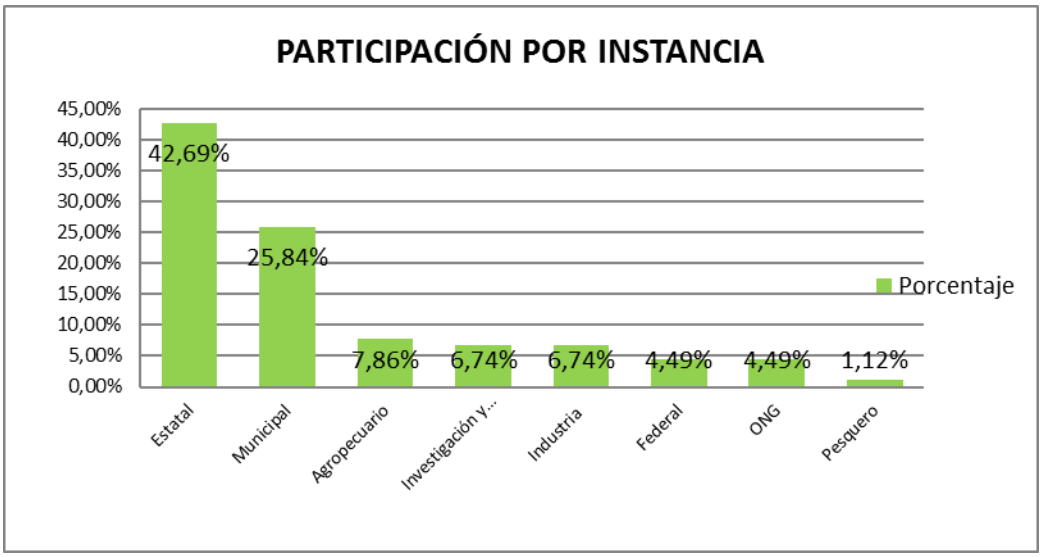


Figura 3. Mapa de Unidades de paisaje para la Cuenca de Río Santiago-Guadalajara



Gráfica 1. Participación en los talleres por instancia. Fuente: Talleres de planeación participativa, 2016

Resultados relevantes de los Talleres.

Actividad Sectorial y Conflictos

Sector primario

Agrícola: Actividad productiva cuyos principales cultivos en el área de estudio son: Maíz de grano y forrajero, agave, caña de azúcar. También destacan los cultivos de granos como sorgo, avena, y trigo; así como las hortalizas, jitomate, calabaza, chayote, nopales y árboles frutales como aguacate y limón. La gran mayoría de la actividad es de temporal, aunque si existen grandes extensiones donde se utiliza riego y algunos puntos donde se concentra la agricultura protegida. El cultivo del agave tequilero ocupa importantes extensiones. Los participantes consideran que hay conflictos fuertes del sector agrícola con zonas prioritarias para la conservación de recursos naturales y con el aprovechamiento de fauna ictiológica en embalses relevantes.

Objetivo: Este sector tiene como objetivo incrementar la productividad y mejorar el aprovechamiento del agua, saneamiento de pozos y mejoramiento genético para ser más competitivos, ofreciendo mayor calidad de productos mediante la tecnificación y modernización tecnológica de los métodos de producción, obteniendo insumos a precios accesibles para competir en precio con productos importados.

Pecuario: Actividad productiva principalmente dedicada a la reproducción y engorda de ganado: Bovino, ovino, caprino y porcino. Además existe una fuerte actividad de ganado bovino lechero, avicultura y en menor proporción, equinos y apicultura. La ganadería tiende a ser, en su gran mayoría, extensiva y de doble propósito. Objetivo: Aumentar la calidad genética del ganado, asegurar la permanencia y seguridad de la producción porcícola en determinado territorio. Combinar las actividades económicas con métodos de aprovechamiento sustentable, así como incrementar la productividad del sector, ofreciendo mayor calidad de productos mediante la tecnificación y modernización tecnológica de los métodos de producción, obteniendo insumos a precios accesibles para competir en precio con productos importados.

Silvícola: La silvicultura es una actividad con poca o muy poca presencia en la cuenca, solamente existen pequeñas plantaciones forestales para postes o celulosa (568 hectáreas en los últimos siete años). La cuenca reporta porcentaje bajo de plantaciones forestales respecto al total estatal, apenas del 10%. Solamente en el taller de Arandas se

contó con presencia de actores del sector silvícola quienes detectaron conflictos con el sector agrícola e interacción positiva con el sector turismo. Objetivo: Incrementar la superficie con plantaciones forestales y transitar a sistemas agro-silvo-pastoriles.

Pesca: Actividad basada en la extracción de ictiofauna de las presas ubicadas en el Río Santiago y en la Laguna de Cajititlán, principalmente: carpa, tilapia, bagre, lobina. Además de la actividad acuícola de la región, la cual se dedica principalmente al cultivo de tilapia y rana toro. Objetivo: Incrementar la productividad del sector mediante siembra de peces y utilización de solamente la malla permitida. Certificación del producto para mejorar la calidad y el precio de venta. Saneamiento de las presas y lagunas para reducir mortandad y aumentar la calidad del producto.

Sector secundario

Infraestructura: Conjunto de bienes y servicios necesarios para el desarrollo de actividades sociales y productivas, principalmente representada por redes carreteras, líneas de transmisión eléctrica, presas, drenaje, desarrollos industriales y asentamientos humanos. La mayor concentración de infraestructura se encuentra dentro de los municipios que integran la Zona Metropolitana de Guadalajara. En todos los talleres se identifica conflicto fuerte con la conservación. Objetivo: Solventar las carencias de infraestructura en temas como el agua, vivienda, comercio, servicios, industria, el turismo y la preservación ecológica, mediante instrumentos de planeación con sólidos mecanismos de seguimiento de acciones y de evaluación y retroalimentación del desarrollo urbano y su infraestructura.

Industria: Transformación de materias primas en productos con valor agregado para su posterior comercialización. Las principales ramas industriales en la cuenca son: alimenticia (destacando la Industria Tequilera), forrajera (principalmente en la región Altos Sur), automotriz, construcción, electrónica, mecánica, hulera, papelera, farmacéutica, mueblera, química y de confección. Objetivo: Generar beneficios económicos a través del desarrollo integral en la cuenca, proporcionando empleo y mejorando la calidad de vida de la población y fortaleciendo la economía.

Minería: Una actividad muy relevante vinculada estrechamente al sector infraestructura, la minería en la cuenca consiste en la exploración, explotación y aprovechamiento selectivo de materiales geológicos - roca basáltica, arena amarilla, arena de río, jal, tezontle, balastre, cantera- y minerales como el ópalo en los municipios de Magdalena y Hostotipaquillo. Objetivo: Optimizar la explotación de los minerales y materiales geológicos aprovechables principalmente para la industria de la construcción e

infraestructura para potenciar el beneficio económico derivado de esta actividad en la cuenca. El sector debe resolver conflictos ambientales con la conservación de paisajes y ecosistemas.

Sector terciario

Conservación: El sector se define como la actividad que conjunta acciones para el mantenimiento, protección, restauración, aprovechamiento y manejo de los bienes y servicios que proporcionan los recursos naturales, donde a pesar de que la zona cuenta con gran cantidad de áreas de conservación y potencialmente conservadas el sector carece de diagnóstico, estrategias y aplicación de normas y políticas ambientales para recursos como los suelos agrícolas y los cuerpos de agua con potencial pesquero y acuícola. Objetivo: Articular estrategias de aprovechamiento de los recursos transformados como los suelos agrícolas y los embalses y de protección de zonas prioritarias para la conservación de la biodiversidad, con el uso cotidiano de normas y reglamentos que permitan detener los procesos de deterioro y revertir los daños.

Turismo: Los participantes del taller la perciben como una actividad diversa orientada hacia el aprovechamiento de valores culturales y naturales como haciendas, tequila, gastronomía, religión y arqueología; y naturales como: ecoturismo, campismo, pesca recreativa y bosques urbanos. La percepción es que esta actividad se realiza en toda la cuenca pero es poco documentada a detalle, no articulada, no ordenada, aunque se percibe en general como un sector con pocos conflictos con otros sectores. Objetivo: Incrementar la derrama económica conservando la diversidad de esta actividad, para ello se requiere identificar y articular los atractivos en temas de turismo rural, religioso e histórico con zonas naturales que poseen valiosos paisajes y/o riqueza biológica.

Tabla 2. Tabla de interacciones y conflictos entre sectores. (Conflictos entre sectores (-)). Fuente: Talleres de planeación participativa, 2016.

	agrícola	pecuario	pesquero	minero	industrial	infra-estructura	conservación	turismo
Agrícola		+	-	0	+	+	-	+
Pecuario	+		-	0	+	+	-	+
Pesquero	+	+		0	+	+	-	+

	agrícola	pecuario	pesquero	minero	industrial	infra-estructura	conservación	turismo
Minero	-	-	-		+	+	-	-
Industrial	-	-	-	+		+	-	+
Infra-estructura	+	+	+	+	+		-	+
Conservación	+	+	+	-	-	-		+
Turismo	+	+	+	0	0	+	+	

Como se puede observar de la Tabla 2 los mayores conflictos se presentan entre la mayoría de los sectores y el Sector Conservación, y entre el los sectores Minero e Industrial y los sectores Agropecuario y la Pesca.

Problemas ambientales

La lista de problemas ambientales se estableció de acuerdo a 4 temáticas:

Relacionados al agua: Se identificó la mayor cantidad de problemas ambientales a los relacionados con el agua, además por ser el principal atributo ambiental para que las actividades productivas se lleven a cabo.

Contaminación ocasionada por diversos factores que van desde descargas de aguas residuales en los mantos freáticos, desechos sólidos y líquidos de las industrias como agroquímicos, pesticidas y otros. Falta de disponibilidad y desabastecimiento del agua, que es originado por el crecimiento desordenado de la población. Sobreexplotación del recurso hídrico por parte de las industrias, provocando un desequilibrio ecológico en la recarga e interacciones de los mantos freáticos subterráneos, la falta de mecanismos técnicos para su manejo, la desvalorización de promover una cultura ambiental.

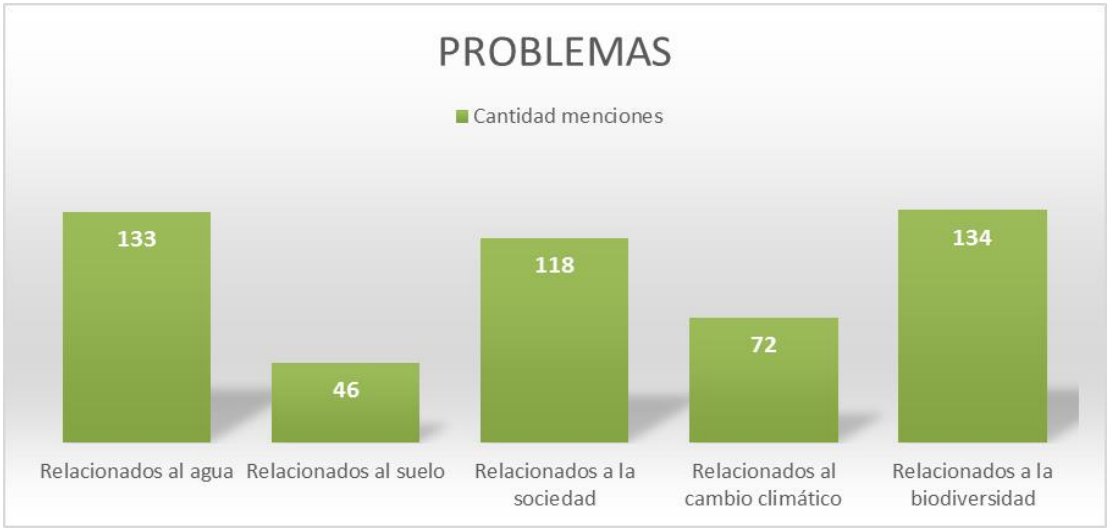
Relacionados al suelo: La Degradación del suelo es principalmente ocasionada por erosión hídrica y eólica originada en el cambio de uso de suelo y explotación de materiales geológicos así como por prácticas erróneas de cultivo, uso inadecuado según la aptitud de los suelos, manejo no sustentable. Disposición inadecuada de los residuos sólidos

Relacionados a la sociedad: Falta de participación de la sociedad en asuntos públicos socio ambientales. Poca coordinación entre los 3 niveles de gobierno para atender la problemática ambiental. Inadecuada planeación en desarrollos urbanos, incumplimiento de la normatividad vigente. Utilización por tradición de sistemas productivos no sustentables con un deficiente nivel de organización social para la producción. Falta de concientización o educación ambiental con respecto a la contaminación de suelos, aire y agua principalmente.

Relacionados al cambio climático: Sequias, inundaciones, heladas y tormentas, con mayor frecuencia en los últimos años. Climas están alterados con temperaturas extremas y cambio de régimen de lluvias. Se anota que ello se debe a la contaminación excesiva de las industrias y la sobrepoblación, como las principales causantes de dicha alteración

Relacionados a la biodiversidad: La mayor cantidad de problemas señalados durante las sesiones fueron los relacionados con la biodiversidad ocasionados principalmente por la actividad humana:

Explotación desmedida de los recursos naturales provoca desequilibrio ecológico. Destrucción del habitad de distintas especies, disminución de poblaciones, desplazamiento y extinción de especies. Pérdida de corredores biológicos y la alteración de los patrones de distribución de especies.



Gráfica 2. Total de registros de problemas. Talleres de planeación participativa, 2016.

CARACTERIZACIÓN DEL COMPONENTE NATURAL

Describe las características físicas y bióticas del medio natural del territorio de estudio, lo cual se expresa en mapas, matrices, tablas y textos descriptivos o comentarios.

USO DEL SUELO Y VEGETACIÓN

La descripción que se realiza a continuación está basada en los datos calculados a partir de los Conjuntos Vectoriales de la Carta de Uso del Suelo y Vegetación a escala 1:250,000 Series III, IV y V que ha generado el INEGI.

Uso de Suelo

El uso del suelo del suelo predominante en la Cuenca es el agrícola ocupando 367,610 hectáreas (43.63%). Dentro del uso agrícola destaca por mucho la agricultura de temporal con el 35.07% de la superficie, le sigue muy lejos la agricultura de riego con 8.36% y finalmente la agricultura de humedad con tan solo 0.19%. La mayor área de agricultura de temporal se encuentra en el este de la Cuenca desde los límites de la Ciudad de Guadalajara hasta Arandas, también es muy importante el área ocupada en los alrededores de Tequila. En cuando a la agricultura de riego la mayor parte se ubica en la parte sureste de la cuenca, al Norte del Lago de Chapala.

El segundo lugar por superficie ocupada lo tienen los Bosques (primarios y secundarios) que incluyen Bosque de Pino-Encino, Bosque de Encino y Bosque de Encino-Pino, en conjunto ocupan el 21.93%. El bosque con mayor presencia en la cuenca es el de Encino (14.31%), seguido por el de Encino-Pino (5.07%) y el de menor presencia es el de Pino-Encino (2.54%). Es en la parte Norte de la Cuenca donde la presencia de los bosques es mayor y más continua, los bosques de Pino-Encino forman parte del límite Norte de la misma y también se presentan en las montañas más elevadas. Los Bosques de Encino tienen una mayor distribución, pero también su mayor superficie está en el Norte como pequeños y aislados manchones en la parte agrícola del sureste de la Cuenca. Los Bosques de Encino-Pino se ubican rodeando los bosques de Pino-Encino en el Norte y centro de la Cuenca.

El tercer lugar lo ocupa en superficie la Selva Baja Caducifolia (16.31%), cabe destacar que la mayor parte de la Selva es secundaria (11.39%). La Selva Caducifolia es la que se encuentra más ampliamente distribuida ya que va desde el norte de la cuenca atravesando de Oeste a Este, aunque en una franja muy delgada y de ahí baja a la parte central y sur, donde es rodeada prácticamente por la zona agrícola.

El cuarto lugar por superficie ocupada lo tienen los pastizales (10.25%), donde el inducido tiene predominancia con 9.77% y el resto (0.48%) es natural con vegetación secundaria arbustiva. Los pastizales se distribuyen como parches a lo largo de la cuenca, los más grandes están en el Norte rodeados de Bosques y Selvas, lo cual constituye una seria amenaza de deforestación, los parches más pequeños se localizan en la zona agrícola.

El quinto lugar está ocupado por el uso del suelo urbano (7.13%). Pese a ser el uso de suelo con menor superficie, es uno de los de mayor impacto. En la parte central de la cuenca se encuentra el principal asentamiento humano, la Ciudad de Guadalajara y su Zona Metropolitana.

Debido a la pequeña área ocupada por la vegetación Halófila Hidrófila (Otros tipos de vegetación) (0.01%) y los cuerpos de agua (0.74%), estas dos clases de uso/cobertura, no son consideradas en el análisis.

Tasas de cambio de uso/cobertura

Las tasas de cambio se calcularon de acuerdo a la ecuación propuesta por la FAO (1996).

Tabla 3. Superficies y tasas de cambio de los principales usos y coberturas de la Cuenca del Río Santiago-Guadalajara, según datos de INEGI.

	SUPERFICIE TOTAL EN HA		TASAS (HA/AÑO)		TASAS (%/AÑO)	
USO DEL SUELO Y VEGETACIÓN	**AREA 2002 (Ha)**	**AREA 2007 (Ha)**	**2002-2007**	**2007-2011**	**2002-2007**	**2007-2011**
AGRÍCOLA	367,610.10	458,949.03	18,267.79	4,670.12	**4.54**	-1.03
PECUARIO	155,711.85	104,610.37	-10,220.30	291.49	**-7.65**	-0.28
BOSQUE PRIMARIO	177,736.17	169,247.91	-1,697.65	269.31	-0.97	-0.16
BOSQUE SECUNDARIO	53,519.69	52,710.07	-161.92	-89.83	-0.30	0.17
SELVA CADUCIFOLIA PRIMARIA	56,717.30	49,946.59	-1,354.14	64.32	**-2.51**	-0.13
SELVA CADUCIFOLIA SECUNDARIA	150,272.44	116,269.25	-6,800.64	340.10	**-5.00**	-0.29
ZONA URBANA	40,110.19	49,913.19	1,960.60	-5,507.31	**4.47**	**9.57**

Derivado de la

Tabla 3 podemos concluir que es en el primer periodo (2002-2007) donde se observan las transformaciones más importantes, excepto en el caso de la expansión urbana. La tasa de pérdida de uso Pecuario es la mayor transformación en el primer periodo (-7.65), y se explica en gran medida por su conversión a agricultura, como se verá más adelante en las matrices de cambio. Es una transformación importante de analizar en el sentido de que la actividad que tiene más importancia en la Cuenca es la agrícola, respecto a la pecuaria,

pero en términos de afectación a la cobertura natural (deforestación y/o degradación), este cambio no es relevante.

Destaca la tasa de crecimiento del uso Agrícola (4.54) y la de pérdida de Selva Caducifolia secundaria (-5.0) y Selva Caducifolia Primaria (-2.51), en el primer periodo y la de crecimiento urbano en los dos periodos (4.47 y 9.57). El Bosque Primario y Secundario reportan tasas negativas (-0.97 y -0.30), pero las transformaciones se han presentado a menor ritmo, respecto a la Selva Caducifolia.

Transiciones de cambio de uso/cobertura del suelo

La permanencia de los usos/coberturas del suelo en este caso representa el 83.6% (843,203 ha) en el periodo 2002-2007 y para 2007-2011 llega al 97% del área de la Cuenca. En el periodo 2002-2007 las transiciones que implicaron deforestación sumaron 65,550 ha (6.48%), esta fue la principal transformación en el periodo y la Selva Caducifolia Secundaria fue la que contribuyó con el mayor aporte, 43,288 ha (4.29%). Las áreas con mayor deforestación en el primer periodo se ubican al este de la Cuenca, al Norte y Este de Zapotlanejo, y algunos manchones en el Noreste de la Cuenca. En el segundo periodo la deforestación bajó a 2,189.63 ha (0.26%) y se ubica en la Zona Metropolitana de Guadalajara. La degradación fue de 12,170 ha (1.21%) y de 36 ha en el primer y segundo periodo, respectivamente. Cabe mencionar que la cantidad de Bosques y Selvas que sufrieron degradación, es casi igual. En el primer periodo los manchones que sufrieron degradación se encuentran principalmente en la parte Norte de la Cuenca.

La revegetación fue de 15,932 ha (1.57%) y 1,899 ha (0.19%) en el primer y segundo periodo, respectivamente. En el primer periodo destaca el aporte del uso pecuario sobre el agrícola, en su transformación a cubierta forestal, siendo muy similar el aporte a Selvas como a Bosques (secundarios). Finalmente, el crecimiento urbano fue de 10,147 ha (1.11%) y 20,931 ha (2.07%), en el primer y segundo periodo, respectivamente. Esta transformación es muy fuerte en ambos periodos, pero en el segundo prácticamente se duplica. En su mayoría el crecimiento urbano tiene que ver con la expansión de Guadalajara y su ZM. En el primer periodo destaca el crecimiento en Zapopán, mientras que en el segundo la expansión se da más al Oeste de Guadalajara y al Sur en Tlaquepaque y el Sureste en Zapotlanejo, Ocotlán, Coyula y San José del Castillo

HIDROGRAFÍA E HIDROLOGÍA

El enfoque de cuencas, permite cuantificar y evaluar los efectos de las diferentes actividades del hombre sobre los recursos hídricos. Esta evaluación requiere de una estimación correcta del balance hidrológico, es decir, la comprensión del ciclo en sus diferentes fases, la forma en la que el agua se recibe por precipitación y se reparte entre el proceso de evapotranspiración, escurrimiento e infiltración; así como la interrelación entre estos procesos con los componentes que afectan el sistema de la Cuenca

Hidrometría

Un total de 118 cuerpos de agua se distribuyen en las 10 subcuencas del área de estudio y suman un total de 26.4 km^2 del conjunto de subcuencas, de ellas, 18 corresponden a cuerpos de agua para contención de aguas negras y a 5 se les reconoce como Lago. Estos cuerpos de agua con dicha categoría no alcanzan las 20 ha de superficie. Destacan las subcuencas Río Corona-Río Verde y Río Calderón. Otro tipo de infraestructura hidráulica son los canales, con una longitud aproximada de 226.31 kilómetros, distribuidos en su mayoría en las subcuencas del Rio Corona, Chapala-Río Corona, Rio Gigantes, Rio Zula y Rio Calderón asociados a los distritos de riego (Distrito de riego 013, con riego a 33,795.6 ha. hectáreas aproximadamente).

Por su distribución altitudinal la mayor extensión de todas las subcuencas se clasifica como Cuenca Media, lo que corresponde esencialmente con los rasgos antes descritos en términos de “madurez” de las subcuencas y continuación de los procesos erosivos en las mismas

Las 10 subcuencas pertenecen a la Región Hidrológica 12, con superficies que fluctúan entre 50 mil y 190 mil ha con un promedio de 100 mil ha. Menos variables resultan sus respectivos perímetros y longitudes que fluctúan alrededor de valores medios de 175 y 48 km, respectivamente**,** se vinculan a terrenos accidentados con presencia de pendientes pronunciadas. La pendiente de las subcuencas, son de alrededor de 15º promedio, por lo que van a presentar paisajes desde lomeríos hasta montañas y presentan notables variaciones altitudinales

Hidrometeorología

La Hidrometeorología se calculó a partir de los datos de 60 estaciones con series de datos completas desde el año 1950 y hasta 2013, las cuales cuentan con datos de cuatro variables, precipitación, evaporación, temperatura máxima y temperatura mínima, forman parte de la red de la Comisión Nacional del Agua y por los valores registrados por la UNIATMOS-UNAM correspondientes a las normales climatológicas 1951-2011 y que conforman el escenario base a partir de cuyo análisis se generan los escenarios de balance hídrico a 2030 y 2050

Temperatura y precipitación (2011)

Temperatura media anual.- El valor promedio para la cuenca de conjunto oscila entre 19.44^{o}C, más menos 1.87^{o}C de desviación estándar. La subcuenca P. Santa Rosa - R. Bolaños que es la que muestra mayor variación altitudinal, y es también la que presenta mayor variación en la temperatura media anual (Figura 4).

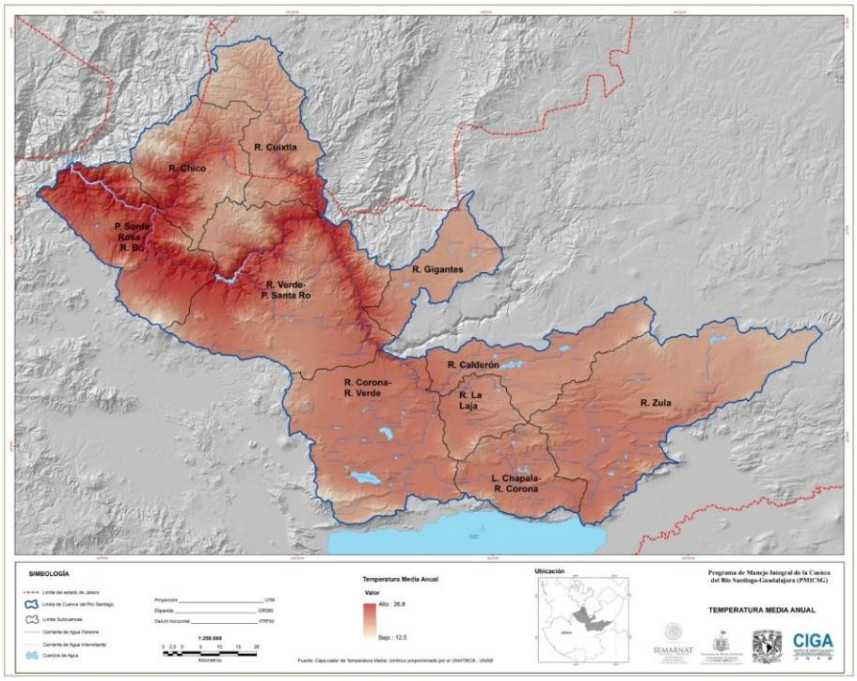


Figura 4. Distribución de la Temperatura Media Anual en el área de estudio y sus subcuencas. Con base en UNIATMOS-UNAM.

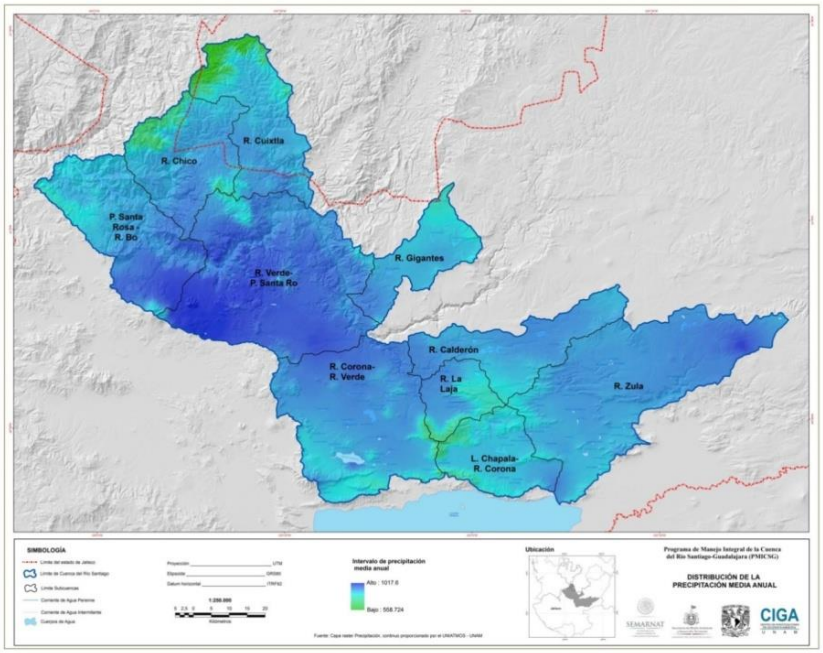


Figura 5. Distribución anual de la precipitación total (mm) en las subcuencas.

Precipitación total anual.- A nivel del conjunto de subcuencas del área de estudio la precipitación total anual fluctúa entre 558 y 1,017 mm con un valor promedio de 867 y una desviación estándar de 56.7 mm (Figura 5).

ACUÍFEROS

La cuenca Río Santiago-Guadalajara se compone de 13 acuíferos, de los cuales 5 tienen disponibilidad de agua subterránea y 8 presentan un déficit. El mayor déficit lo encontramos en el acuífero Toluquilla con -72.32 hm^3/año, déficit cinco veces mayor que el acuífero Cajititlán (-15.26 hm^3/año), segundo con mayor déficit. El tercer acuífero, por su déficit, es Atemajac (-11.09 hm^3/año). El Acuífero con el mayor volumen concesionado de agua subterránea es precisamente Atemajac con 132.69 hm^3/año, y es el acuífero donde se asienta la mayor parte de la Zona Metropolitana de Guadalajara (ZMG), en particular los municipios de Guadalajara, Zapopan, Tlaquepaque y Tonalá (Figura 6).

Le sigue, en volumen concesionado, el acuífero de Toluquilla (119.02 hm^3/año) y a continuación Ocotlán (88.18 hm^3/año). La ventaja que presenta el acuífero de Atemajac ante Toluquilla es que el primero tiene una recarga media anual de 147.3 hm^3/año mientras que el segundo recarga solamente 49.1 hm^3/año

Tabla 4. Actualización de la disponibilidad media anual de agua subterránea al 30 de junio de 2014. Registro Público de Derechos de Agua. CONAGUA

ACUÍFERO	CLAVE	R	DNCOM	VCAS	VEXTET	DAS	DÉFICIT
Toluquilla	1402	49.1	2.4	119.02	59.80	0.00	-72.32
Cajititlán	1403	47.5	0.5	62.26	37.70	0.00	-15.26
Atemajac	1401	147.3	25.7	132.69	159.70	0.00	-11.09
Ocotlán	1405	85.6	8.3	88.18	51.50	0.00	-10.88
Altos de Jalisco	1413	62.3	0.6	72.04	9.50	0.00	-10.34
Arenal	1436	22.5	1.9	27.66	12.50	0.00	-7.06
Poncitlán	1404	33.8	4.4	34.41	25.90	0.00	-5.01
Cuquío	1446	12.5	2.1	12.48	1.00	0.00	-2.08
Amatitán	1435	10.7	1	7.77	5.60	1.93	0.00
Santa Martín de Bolaños	1456	137.4	130	5.32	2.60	2.08	0.00
Tequila	1437	23.9	4.6	12.75	3.40	6.55	0.00
García de la Cadena	3207	42	24.7	1.98	0.80	15.32	0.00
Tlaltenango - Tepechitlán	3206	38.6	13.5	8.24	6.90	16.86	0.00

R: recarga media anual; DNCOM: descarga natural comprometida; VCAS: volumen concesionado de agua subterránea; VEXTET: volumen de extracción de agua subterránea consignado en estudios técnicos; DAS: disponibilidad media anual de agua subterránea. EL valor de DAS se obtiene de la ecuación: DAS= R-DNCOM-VCAS, para la cual sólo se toman los valores positivos ya que si resultan negativos se consideran como déficit.

El acuífero Atemajac es el que tiene la recarga media anual (R) más alta para toda la cuenca. Los únicos acuíferos que no presentaron sobreexplotación se encuentran en la parte noroeste de la cuenca.

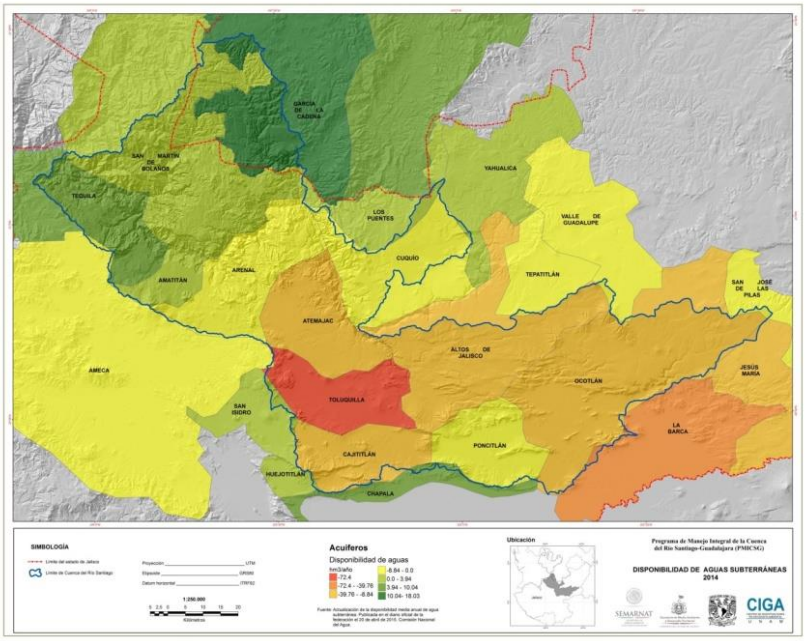


Figura 6. Actualización de la disponibilidad media anual de agua subterránea, publicada en el diario oficial de la federación el 20 de abril de 2015. Los valores positivos señalan y en tonos de verde indican disponibilidad de agua y los valores negativos y en tonos de amarillo a rojo indican déficit. En el mapa se presentan los acuíferos externos a la línea de parteaguas de la cuenca Río Santiago-Guadalajara. Fuente CONAGUA.

En cuanto a la hidrología se trataran más adelante los aspectos del ciclo hidrológico.

GEOLOGÍA

La cuenca del Río Santiago-Guadalajara comparte superficie tanto con la Sierra Madre Occidental (SMO), como la faja volcánica trans-mexicana (FVTM), es decir forma parte de las dos grandes provincias fisiográficas de origen magmático de México. Para algunos autores, los Altos son parte de la Provincia fisiográfica Mesas del Centro.

El mapa geológico (Figura 7) fue construido con base en el conjunto de datos vectoriales de la carta geológica escala 1:250,000 serie I y 1:1'000,000 del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). En total se representan 16 unidades litológicas de diversas composiciones, 14 de ellas de origen volcánico y 2 resultado de depósitos sedimentarios continentales recientes de origen lacustre y aluvial. Dominan los basaltos de diferentes edades al ser la unidad que cubre el 40% de la cuenca, se encuentran distribuidos principalmente al Este de la cuenca. La segunda litología en extensión es la clasificada como riolita-Toba ácida con el 29% de la superficie y se distribuye principalmente al Noroeste. Le siguen en extensión los depósitos aluviales y volcanoclástico, cada unidad representa un 10% de superficie, la primera se concentra al Sur y la segunda al Centro. El 11% restante corresponde a otras litologías. Se encuentran en la cuenca un total de 51 edificios volcánicos y 5 zonas con manifestaciones geotérmicas (Figura 7). La mayor cantidad de fallas y fracturas se localizan al Sur. Se observa direcciones preferenciales E-W esta tendencia cambia hacia el centro de la cuenca donde las direcciones preferenciales son NO-SE. Al Noroeste no se observa la presencia de fallas, pero sí de fracturas.

RELIEVE

La geomorfología de la cuenca Río Santiago-Guadalajara está claramente diferenciada por la provincia fisiográfica a la que pertenecen. Al Noroeste que corresponde a la Sierra Madre Occidental (SMO) predomina el volcanismo ácido del Mioceno, y al centro y Oeste que corresponde a la Faja Volcánica Trans-mexicana (FVTM)

En total se delimitaron 12 unidades geomorfológicas: Cono volcánico de escoria y volcanoclástos, domo volcánico, derrames de lava, derrames de lava cubiertos de piroclástos, meseta con disección fluvial escasa, laderas modeladas con disección fluvial severa, laderas modeladas con disección fluvial moderada, laderas modeladas con disección fluvial escasa, piedemonte acumulativo-erosivo con disección moderada, piedemonte acumulativo con disección escasa, abanicos proluviales activos, llanura sujeta a inundación y deflación.

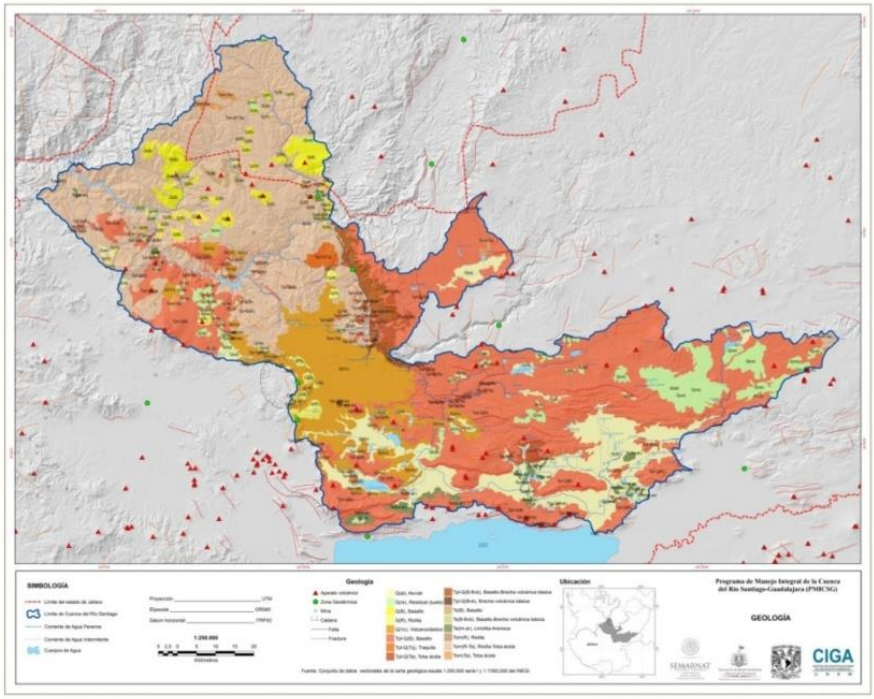


Figura 7. Mapa geológico de la cuenca Río Santiago- Guadalajara 1:250000.

MORFOMETRÍA

El gradiente altitudinal de la cuenca Río Santiago-Guadalajara es de 2557 m y una altitud media de 1679 msnm. Las mayores elevaciones corresponde al volcán de Tequila con 2930 msnm y al Cerro Viejo con 2960 msnm y la partes más bajas se localizan al fondo del cañón del Río Grande de Santiago en la parte final de la cuenca.La zona que presenta los mayores contrastes altimétricos es la Noroeste, mientras que el resto es más homogénea y la altitud cambia de manera gradual con excepción de la zona de los Altos que de un rango de 1500-1600 sube hasta 2000-2100 en un trayecto de 2 km. El rango que cubre mayor superficie (23%) es de 1500 a 1600 msnm (Figura 8) seguido de los rangos 1600-1700 (13%), 1700-1800 (12%) y 1800-1900 (11%).

Los rangos de pendientes que mayor proporción de superficie ocupan son de 1°-3° con el 22.9%, le sigue el rango de 5°-10° con el 20.6% y de 3°-5° con el 17.5%, que al sumarse representan el 61% de toda la cuenca, lo que indica que predominan las pendientes de muy ligeramente inclinadas a ligera a medianamente inclinadas y se localizan principalmente al centro y al Este de la cuenca. Los rangos con las mayores inclinaciones (>30°) se concentran a lo largo del cañón del Río Grande de Santiago principalmente al final de la cuenca.

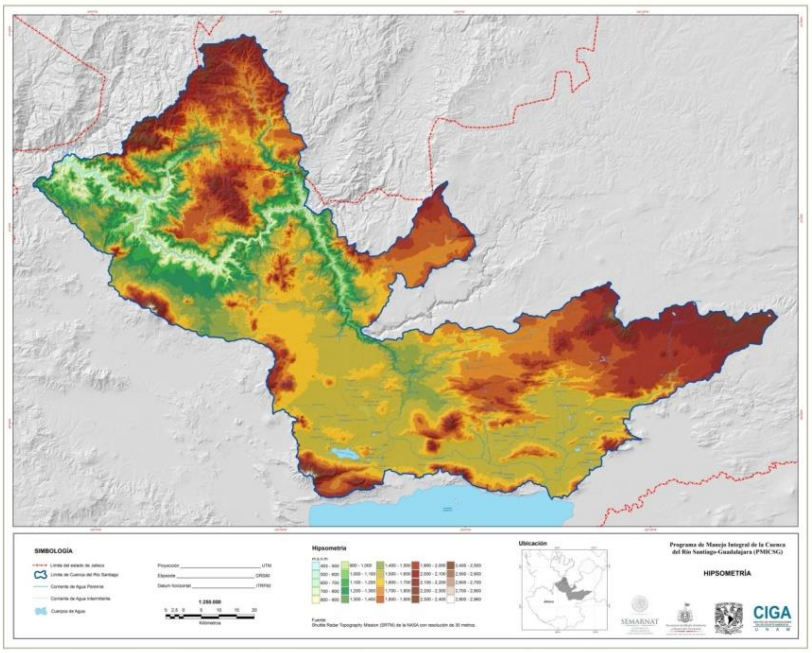


Figura 8. Mapa hipsométrico de la cuenca Río Santiago-Guadalajara. Las altitudes fueron obtenidas con base en modelos de elevación digitales con resolución de 30 m de las imágenes Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) de la NASA.

SUELOS

El mapa de suelos de la Cuenca Santiago-Guadalajara está constituido por 10 unidades cartografiadas, con 16 asociaciones de suelos diferentes, compuesta cada una de ellas por uno o más suelos que ocupan posiciones características en el paisaje. En la cartografía se relaciona a las unidades de suelos con la topografía, la geomorfología y la litología. Las asociaciones predominantes son Haplic-Phaeozem: Haplic Vertic Luvisol, Ferric Luvisol, Lithic Leptosol (Loamic) y Haplic-Phaeozem: Haplic Vertic Luvisol, Ferric Luvisol, Eutric Regosol, Dystric Regosol con el 35 y 27% de la superficie.

Aptitud del suelo para usos potenciales

En la Cuenca la clase de suelos más abundante es la Clase V, con 39.91% de la superficie, son los suelos más abundantes en la parte norte de la cuenca, *Haplic Luvisol, Ferric Luvisol, Haplic Acrisol, Eutric Planosol, Lithic Leptosol (Clayic), Eutric Regosol, Dystric Regosol, Umbric Andosol.* Tienen una alta susceptibilidad a la erosión y la degradación. La segunda clase de suelos son los pertenecientes a la Clase II (31.68% de la superficie de la Cuenca), con suelos tipo *Haplic Phaeozem*, que por lo regular son suelos con un alto índice de fertilidad pero fácilmente pueden degradarse por ello es necesario considerar prácticas intensivas de conservación. En menor porcentaje tenemos la clase de suelos I (15.98%), *Haplic Phaeozem, Ferric Cambisol (Dystric), Dystric Cambisol, Chromic Vertisol, Pellic Vertisol, Eutric Fluvisol*, los cuales se distribuyen principalmente al sur de la Cuenca, asociados a la antigua línea litoral del Lago de Chapala, esta asociación de suelos es muy productiva en la práctica agrícola pero requieren de un conocimiento importante de sus propiedades físicas para evitar su degradación, que regularmente se presenta como una compactación superficial, pérdida de la permeabilidad en el suelo y de su fertilidad. Las clases III (6.15%) y IV (6.28%), son suelos que asociados a las pendientes de los lomeríos volcánicos y tectónicos, que debido a su posición en el relieve y los rasgos físicos genéticos se facilita la pérdida total del mismo por erosión, por lo que se sugieren prácticas intensivas de conservación a pesar de que sean tierras aptas para la ganadería y el pastoreo (Figura 9).

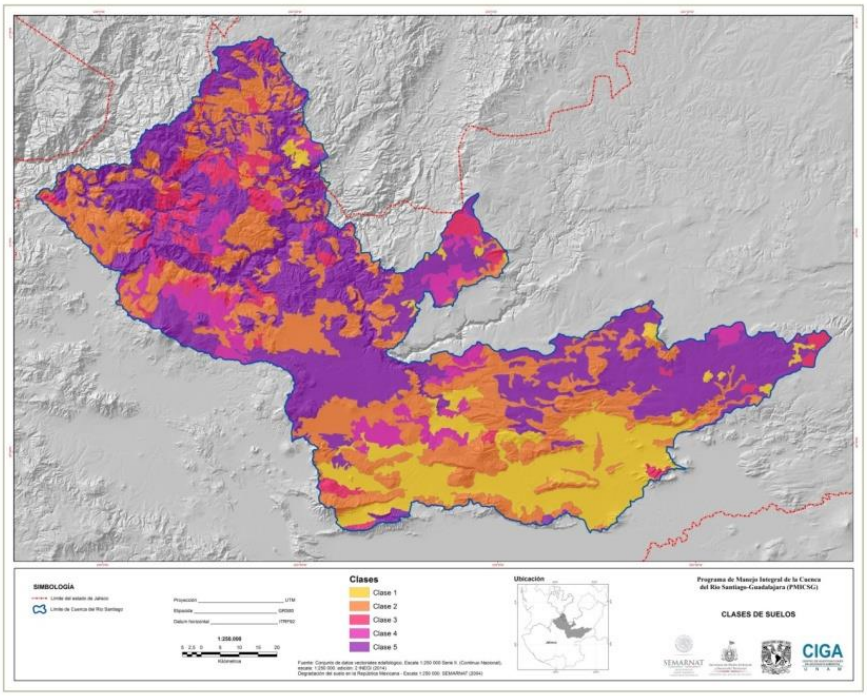


Figura 9. Mapa de Clases de Suelos de la Cuenca Santiago-Guadalajara

ÁREAS DE CONSERVACIÓN-PROTECCIÓN

Estas figuras son la Áreas Naturales Protegidas, las Unidades de Manejo Ambiental, las Áreas de importancia para la Conservación de aves (AICAs), las Regiones Hidrológicas Prioritarias (RHP) y las Regiones Terrestres Prioritarias (RTP).

En la Cuenca Santiago-Guadalajara se distribuyen un total de 10 áreas naturales protegidas, de ellas 4 de jurisdicción federal, 1 estatal y 5 municipales. El área estatal, Cuenca alimentadora del distrito nacional de riego 043, Nayarit (La Yesca) tiene el 100% de su superficie al interior de la cuenca y otras 4 municipales también; el resto de las ANP tienen parte de su superficie fuera de la Cuenca. La superficie total protegida al interior de la Cuenca es de 931 km^2, lo que significa el 9.23%, las ANP federales suman 514 km^2 para el 5% de la Cuenca, la Estatal se extiende en una superficie de 133 km^2 para un 1.32% y las ANP municipales suman 284 km^2 para un 2.81% de la superficie de la Cuenca (Figura 10).

En el límite sur de la cuenca Santiago – Guadalajara se localiza el sitio RAMSAR denominado Laguna de Chapala. En el territorio solo existe una Región Terrestre

Prioritaria conocida como Cerro Viejo – Sierras de Chapala, ocupa una superficie de 393.8 Km^2 y al interior de la Cuenca comprende una superficie es de 243.5 Km^2 lo que representa solamente el 11% de su superficie.

El AICAs Laguna de Chapala es la única encontrada al interior de la cuenca. Se han registrado 153 especies de aves; 54 acuáticas y de éstas el 59% migratorias. Tiene una superficie de 1067.77 km^2 y en la cuenca solamente están representados 11.84 km^2, lo que representa el 1% de la misma.

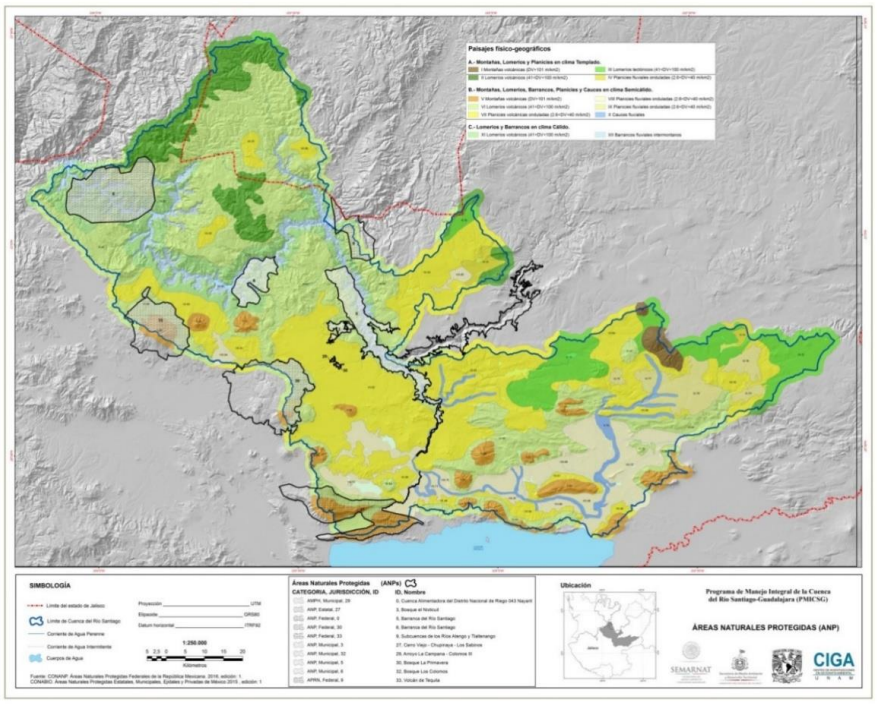


Figura 10. Mapa de Áreas Naturales Protegidas de la cuenca Santiago-Guadalajara

BIODIVERSIDAD

De las 2516 especies de plantas registradas para la cuenca Santiago-Guadalajara estas se agrupan en 209 familias y 1040 géneros. El total de especies corresponde al 51.5% de las 4878 registradas para el estado de Jalisco. De las especies catalogadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, se presentan 13 amenazadas, 22 sujetas a protección especial y 6 en peligro de extinción. Los registros de reptiles en la cuenca corresponden a 13 familias, 38 géneros y 51 especies, de las cuales 12 se encuentran amenazadas y 18 sujetas a protección especial. Los mamíferos que se han registrado dentro de la cuenca suman en total 20 familias, 59 géneros y 77 especies, ocho de las especies se encuentran amenazadas, 2 sujetas a protección especial y una en peligro de extinción. Las aves son

el grupo con mayor número de especies registradas en la cuenca con un total de 376 que corresponden al 86% de las 437 especies descritas para el estado de Jalisco y al 34% de las 1100 reportadas para el país. Las 376 especies de aves pertenecen a 240 géneros y 63 familias. De acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010, 2 de las especies se encuentran amenazadas, 2 sujetas a protección especial, 8 en peligro de extinción y 1 probablemente extinta en el medio silvestre. Los anfibios son el grupo menos abundante con solo 13 especies pertenecientes a 9 familias y 16 géneros, de estas especies 1 se encuentra amenazada, y 8 sujetas a protección especial

REGIONALIZACIÓN

En el mapa de paisajes físico-geográficos presentado, se utilizó solamente un nivel taxonómico de la tipología de los paisajes, la "localidad físico-geográfica". Así, se delimitaron un total de 12 localidades físico-geográficas con 85 polígonos que se muestran en la Figura 11. El mapa posee una leyenda explícita y explicativa en lo que se refiere a la composición y estructura de las unidades de paisaje, la cual se presenta en el informe técnico (Caracterización). El mapa de unidades de paisaje ha sido la base del análisis espacial a lo largo de toda la investigación ya que ellos indican las condiciones y recursos naturales originales del territorio estudiado y permiten a parir de su utilización y modificación establecer los niveles de deterioro ambiental de la Cuenca.

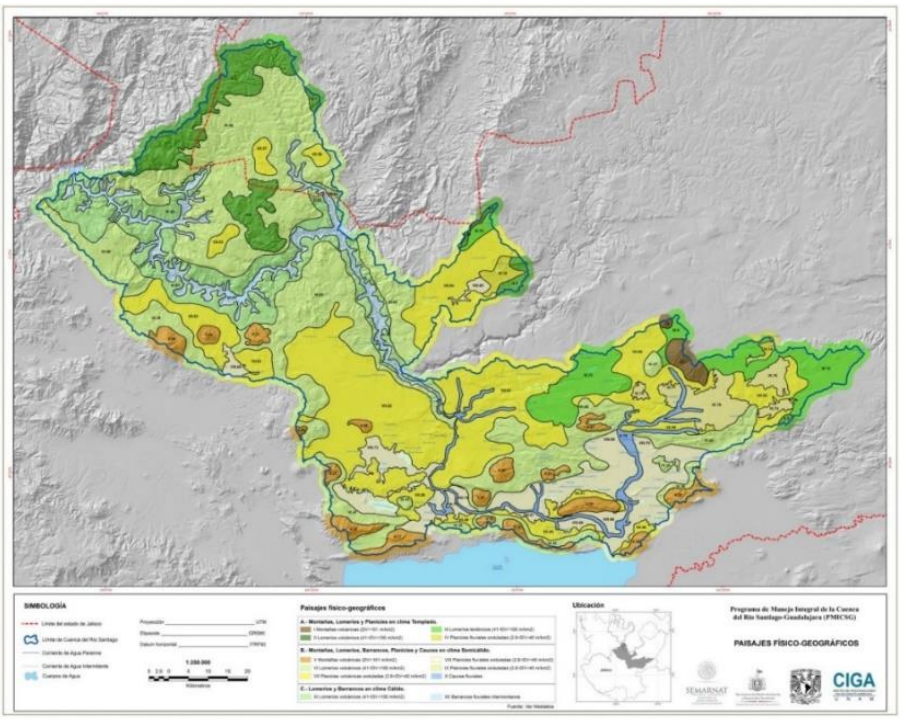


Figura 11. Mapa de Unidades de paisaje para la Cuenca de Río Santiago-Guadalajara

CARACTERIZACIÓN DEL COMPONENTE DEMOGRÁFICO Y SOCIO –ECONÓMICO

ASPECTOS DEMOGRÁFICOS

Para el análisis de los indicadores socio económicos fue necesario realizar el cálculo para la Cuenca en su totalidad, pero fue necesario separar el dato al su interior en la Zona Metropolitana de Guadalajara y el resto de la Cuenca, dado que la ZMG deforma los datos de la Cuenca en su totalidad

Densidad de población

La población total de la cuenca Santiago-Guadalajara a **2010** era de 4.880.264 de habitantes en un área de 10091,16 km^2, lo que resulta en una densidad poblacional de 483,61 Hab/km^2. La densidad de la población al interior de la ZMG, para esta fecha, es de 1872,49 Hab/km^2, mientras que en el resto de la Cuenca es de 68,55 Hab/km^2. En 2000, la densidad en la Cuenca era de 426.25 Hab/km^2, al interior de la ZMG de 1548.14 Hab/km^2 y en el resto de la Cuenca de 58.94 Hab/km^2. Si comparamos los valores obtenidos, veremos que, en los 10 años, hay un aumento considerable de la densidad de población en la Cuenca pero el mayor aumento ocurre realmente en la Ciudad de Guadalajara y su ZM. El mayor aumento de la densidad poblacional ocurre entre 2000 y 2010 en la Ciudad de Guadalajara y su ZM y a continuación en el territorio de la Cuenca excluyendo a la ZMG (el valor del indicador para todo Jalisco en 2010 es de 93,24 Hab/km^2 y de 35.45 excluyendo la Cuenca)

Tasa de crecimiento medio anual de la población (TCMA)

La Cuenca presenta entre **1990 y 2000** un crecimiento poblacional (TMCA) de 2,25%, en general la Cuenca creció en población más rápidamente, que el resto del Estado. El mayor crecimiento poblacional lo tiene la ZMG, de 2.28% y la Cuenca crece en 2.02%. Entre **2000 y 2010** la TMCA en la Cuenca es de 2,06%, la ZMG continúa creciendo más rápidamente con una Tasa de 2.09%, y la Cuenca sin tomar la ZMG con 1.68%, en el período hay una disminución de la tasa de crecimiento medio anual de población en la Cuenca de 0.19%, en particular, en la Cuenca fuera de la ZMG. La Tasa de crecimiento

de la población disminuye en la ZMG y en el resto de la Cuenca, pero en esta última es el doble el decrecimiento

Atracción migratoria acumulada.

Al analizar el indicador para el 2010, la atracción migratoria acumulada es muy superior en la ZMG (14,53%), al resto de la Cuenca (5.67%). Entre **2000 y 2010,** veremos hay una pérdida de la atracción migratoria acumulada en la Cuenca, (-1.9%) y también de la ZMG (-2.07%). Ello indica que disminuye la migración hacia la ZMG mucho más que hacia el resto de la Cuenca

ASPECTOS SOCIALES

Índice de Rezago educativo

Para **2010,** la cuenca Santiago-Guadalajara tiene un nivel de rezago educativo del 20.03%, que para México está en nivel bajo a medio, inferior al Estado de Jalisco que es de 25.98%. Sin embargo, al separar los datos, en la ZMG es de 17.89% mientras que en la Cuenca fuera de la ZMG es de 39.17%. Entre el **2000 y 2010,** el indicador disminuyó en -0.43% en la ZMG y -0.11% en el resto de la Cuenca. Ello indica la necesidad de priorización de los programas educativos en la Cuenca fuera de la ZMG ante un desarrollo educativo desigual

Índice de analfabetismo

La ZMG presenta, en **2010**, los valores más bajos del índice, 1.79%, la Cuenca sin la ZMG un valor de 4.96%, lo que manifiesta claramente el desigual desarrollo social entre la ciudad y el campo, en general para la Cuenca el índice es de 2.11%. Entre **2000 y 2010,** hay una disminución del índice de analfabetismo de -1.4% fuera de la ZMG y -1.47% en la ZMG.

Índice de acceso a los servicios de salud

Para **2010**, para la Cuenca la cobertura de este servicio es de 63.35%, en la ZMG es de 63.59% y al exterior de la misma de 61.21%. Entre **2000 y 2010,** veremos que hay un aumento considerable del acceso a servicios de salud en la Cuenca de 11.86%, que se comporta en la ZMG con un +10.14% y con un +26.59% al interior de la Cuenca, algo favorable para la población de la Cuenca fuera de la ZMG.

Superficie de área urbanizada

En el año **2010,** la superficie urbanizada de la Cuenca es del 6.68%, de ello el 1.22% fuera de la ZMG. La ZMG representa el 22.60%, de su territorio con un crecimiento entre **2000 y 2010** de +7.4%, mientras que al exterior de la Cuenca le corresponde un crecimiento de +0.6%.Estos valores indican un crecimiento muy grande de la superficie urbanizada de la ZMG para un periodo de 10 años

ASPECTOS ECONÓMICOS

Índice de suficiencia vial

En **2010** el índice de la Cuenca es de 7.84%, sin embargo, cuando sacamos la ZMG del análisis, encontramos que el valor es del 11.7% en la ZMG. Entre **2000 y 2010,** hay una disminución de la suficiencia vial en la Cuenca de -0.77%, que se refleja en -0.42% en el exterior de la Cuenca y del -1.16% en la ZMG. Ello se relaciona con poco crecimiento de las vías de comunicación al exterior de la Cuenca y el decrecimiento de la población.

Tasa Bruta de Actividad Económica (TBAE)

Para **2010,** la Cuenca tiene una TBAE del 41,86%, en la ZMG es de 42,39%; y en el resto de la Cuenca de 37.10%. Entre **2000 y 2010**, hubo un aumento del indicador de +2.40% para la Cuenca en general, mientras que para la ZMG es de +2.34% y para el exterior a la ZMG en la Cuenca es de 2,76%. Ello indica una mejora económica para los habitantes fuera de la ZMG superior a la de este territorio.

Índice de Población Económicamente Activa (PEA)

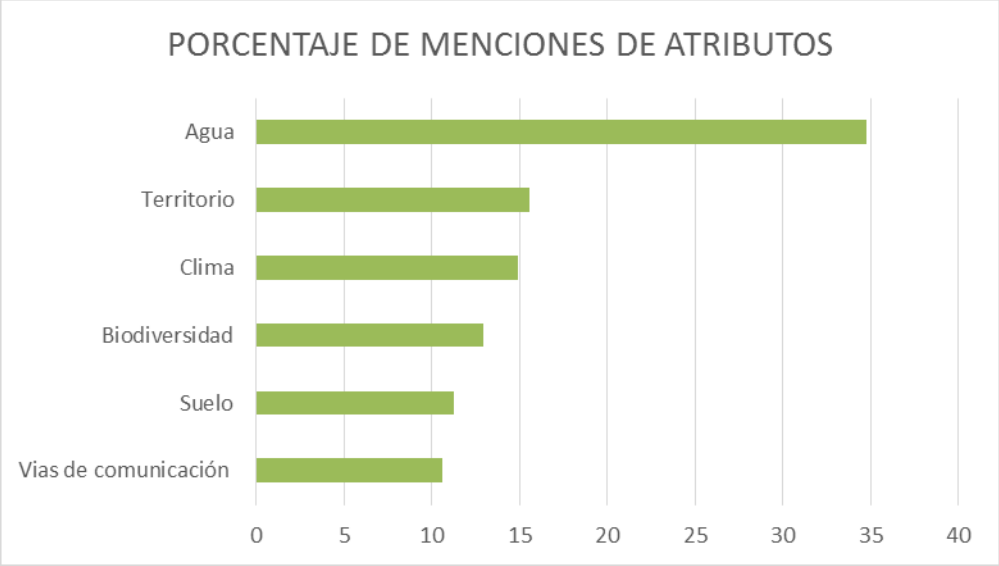
El valor de este índice en **2010** fue del 41.92% en la Cuenca en su totalidad, en la ZMG fue de 44.06% y en la parte restante de la Cuenca fue de 38.72%. Entre **2000 y 2010** el indicador creció en la Cuenca creció en +3.65%, para la ZMG en +3.57% y en el resto de la Cuenca en +5.19%. Este indicador también muestra una mejora económica en la Cuenca fuera de la ZMG.

CARACTERIZACIÓN DEL COMPONENTE SECTORIAL

Esta etapa es resultado también de los Talleres participativos regionales explicados durante la Agenda Ambiental.

ATRIBUTOS AMBIENTALES

A continuación se muestra, de manera gráfica, el porcentaje de registros de cada atributo por sector, donde agua, territorio y clima son los atributos más comunes asignados los sectores de gobierno para el desarrollo de sus actividades productivas (Gráfica 3).



Gráfica 3. Porcentaje de asignaciones de atributos ambientales. Fuente: Talleres de planeación participativa, 2016.

Atributos por sector

Sector agrícola: Agua, se considera totalmente indispensable para que el sector se desarrolle, seguido por el suelo el clima y las vías de comunicación.

Sector pecuario: Agua se señala como atributo indispensable para el sector, el territorio o espacio físico para el desarrollo de la actividad ocupa el 80% junto con el clima y en último lugar las vías de comunicación.

Pesca: por razones obvias, el atributo agua es el más importante, seguido por clima señalado por el 90% de los participantes, y como tercero por la biodiversidad.

Minero: se detectaron el menor número de atributos, el suelo como fuente de materia prima en el 100% de registros y las vías de comunicación señaladas por el 30% de los actores del sector.

Industria: además del atributo agua con más registros, se indicó al atributo biodiversidad en función de representar algunas materias primas para este sector.

Infraestructura: también con mayor frecuencia de registros está el atributo agua, seguido por el clima, el territorio y vías de comunicación.

Conservación: el atributo agua, ocupa el mayor número de registros del 100% de los participantes, seguido por la biodiversidad, mencionada como la base del sector, les siguen el territorio (áreas naturales), y suelo, principalmente fértil.

Turismo: a diferencia del resto de los sectores el atributo agua está en la segunda posición después del atributo territorio señalado por el 100%.

INTERESES SECTORIALES

El sector con mayor número de unidades de paisaje ocupadas en la Cuenca es el agrícola, se encuentra presente en el 94% de unidades de paisaje (Tabla 5).

Tabla 5. Número de unidades y porcentaje de ocupación en el territorio de la cuenca del río Santiago-Guadalajara. Fuente: Talleres de planeación participativa, 2016.

SECTOR	NO. UNIDADES	%
Agrícola	80	94
Conservación	46	54
Industrial	36	42
Infraestructura	26	31
Minero	26	31
Pecuario	75	88
Pesquero	11	13
Turismo	35	41
TOTAL	**85**	**100**

INTERACCIONES ENTRE SECTORES

Se contabilizó por los 4 talleres la cantidad de ocasiones en que los actores señalaron el tipo de interacción entre los sectores neutra, positiva o negativa.

Sector Agrícola: Ocurren de manera positiva con los sectores Pecuario, Industrial y en menor escala con los sectores Infraestructura y Turismo, de manera negativa con el sector Pesca y Conservación y son neutros con el sector Minería

Sector Pecuario: Ocurren de manera positiva con las sectores Industrial y Agrícola y en menor escala con los sectores Infraestructura y Turismo, de manera negativa con el sector Pesca y Conservación y son neutros con el sector Minería.

Sector Pesca: Ocurren de manera positiva con los sectores Industrial, Turismo, Agrícola, Pecuario e Infraestructura, de manera negativa con la Conservación y de manera neutra con la Minería.

Sector Minería: Ocurren de manera positiva con los sectores Industrial e Infraestructura y de manera negativa con los restantes sectores

Sector Industrial: Ocurren de manera positiva con los sectores Minero, Infraestructura y Turismo y de manera negativa con los restantes sectores.

Sector Infraestructura: Ocurren de manera positiva con los sectores Agrícola, Pecuario, Pesquero, Minero, Turismo e Industrial y de manera negativa con la Conservación.

Sector Conservación: Ocurren de manera positiva con los sectores Agrícola, Pecuario, Pesquero, y Turismo, de manera negativa con los restantes sectores.

Sector Turismo: Ocurren de manera positiva con los sectores Infraestructura, Agrícola, Pecuario, Industrial, Conservación y de manera negativa con el sector Minería

ETAPA DE DIAGNÓSTICO

DIAGNÓSTICO DEL COMPONENTE NATURAL (PARTE I)
DEGRADACIÓN DE LA CANTIDAD Y CALIDAD DEL AGUA
Cantidad del Agua. Balance Hídrico

Se realiza un diagnóstico sobre la disponibilidad de agua superficial de las subcuencas del área de estudio conforme a la norma NOM-011-CONAGUA-2015, y de las tendencias del Cambio Climático, como base para el Pronóstico y Propuesta del Plan de Manejo de esta porción de las Cuencas del Río Santiago-Guadalajara.

Estimación del volumen anual de escurrimiento de agua superficial

Se procedió a realizar la evaluación de escurrimientos por subcuenca conforme a la determinación de Coeficiente de Escurrimiento y posteriormente la estimación de escurrimiento con información de registros hidrométricos entre 1961 y 2012. En los 5 años con registros hidrométricos el volumen a la salida de las subcuencas es MENOR que el volumen de entrada (diferencia negativa)

En el ejemplo de la Figura 12 se observa que solo en 8 de los 50 años, la diferencia entre lo medido y lo estimado es positiva, mientras que en el resto de los años (42) la diferencia es negativa.

La diferencia positiva entre lo estimado menos lo medido denota años en los que los **usos consuntivos** (uc) y los volúmenes de **exportaciones** contribuyeron, en esos años a dicha diferencia positiva.*****

Entre los usos consuntivos se encuentra el destinado a la agricultura, el abastecimiento público, la industria y la generación de energía termoeléctrica conforme a CONAGUA (2007). Esta dependencia gubernamental señala para la Región Hidrológica Lerma-Santiago, un 90% de usos consuntivos concesionados a la agricultura y ganadería, el 9% para el abastecimiento público y el 1% a la industria. Los usos consuntivos e importaciones se presentan generalmente en aguas superficiales.

Los años en que dicha diferencia es negativa representan los años en que los volúmenes de **importaciones y los retornos** fueron mayores. (Por importaciones la NOM-011 se refiere al volumen de agua que se recibe en una cuenca desde otra a la que no drena en forma natural. Como retorno se refiere a los volúmenes que se reincorporan a la red de drenaje de la cuenca hidrológica, como remanentes de los volúmenes aprovechados en los diferentes usos del agua.)

Es decir, que en 42 años el gasto (importaciones) y uso consuntivo fue mayor que las entradas y exportaciones. Ello significa un déficit de agua generalizado en el escurrimiento.

Si se considera el promedio de los años con valores positivos como el **volumen promedio de usos consuntivos**, la diferencia con el valor promedio de los años con valores negativos proporcionará un estimado de **los volúmenes promedio de retornos**.

La estimación anterior arroja un promedio en 8 años de 80.8 hm^3 de **usos consuntivos y exportaciones**. El promedio de valores negativos en la estimación menos la medición en 42 años es de 277.6 hm^3 que corresponden a los volúmenes de **retornos e importaciones.**

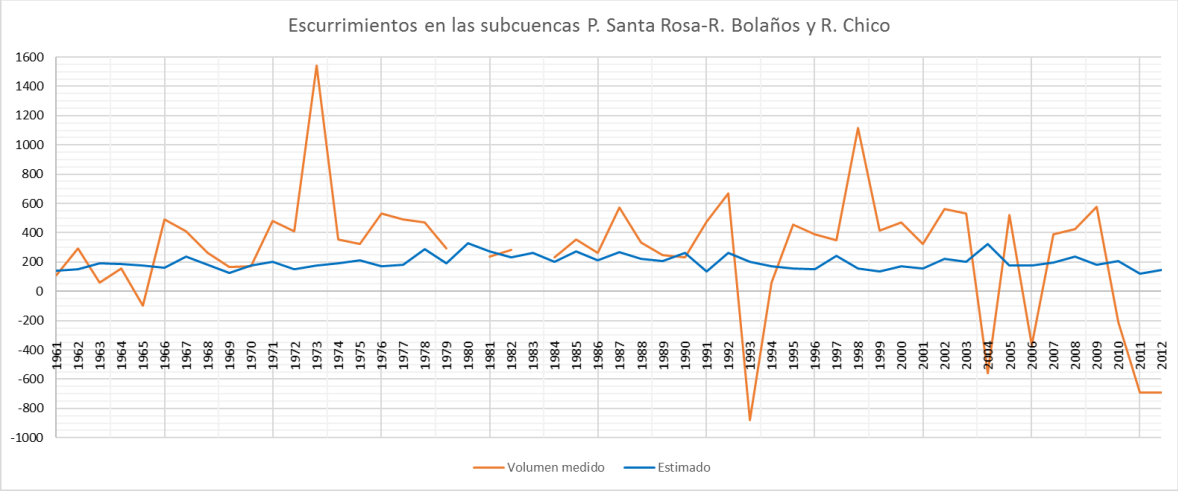


Figura 12. Volumen (hm^3) medido en estaciones hidrométricas y volumen estimado de escurrimientos anuales de las subcuencas P.Santa Rosa-R. Bolaños y R. Chico de 1961 a 2012.

*** Como exportación, la NOM-011 (2015) define al volumen de agua superficial o subterránea que se transfiere de una cuenca hidrológica o acuífero a otra u otras, hacia las que no drena en forma natural.**

Análisis de tendencias de cambio climático

Un elemento importante de la investigación actual en cambio y variabilidad climática es el análisis de tendencias de variables hidrodinámicas realizado a partir de registros de datos. Así, la prueba de Mann-Kendall se aplicó a los registros de precipitación acumulada, temperatura media, temperatura máxima y mínima anual de 60 estaciones, para 50 años, localizadas en la zona, tanto al interior como en los alrededores de la Cuenca y se obtuvieron como resultado las tendencias:

Temperaturas máximas:

- 22 estaciones tienen incrementos significativos en sus temperaturas máximas, los mayores incrementos se observan en el sur del área.
- 25 estaciones tienen incrementos no significativos en sus temperaturas máximas; - 8 estaciones tienen reducción no significativa en sus temperaturas máximas y
- 5 estaciones tienen reducción significativa en sus temperaturas máximas, las cuales se encuentran principalmente en el centro sur de la Cuenca

Parece haber una tendencia al incremento de la temperatura máxima en la Cuenca, incluso a máximas extremas, el cual puede ser significativa

Temperaturas medias:

- 14 estaciones presentan incrementos significativos en sus temperaturas medias, los valores más altos se asocian a las estaciones del sur del área.
- 23 estaciones presentan incrementos no significativos en sus temperaturas medias;
- 14 estaciones presentan reducciones no significativas en sus temperaturas medias y
- 9 estaciones presentan reducciones significativas en sus temperaturas medias, las cuales se localizan, principalmente, en el sur y este de la Cuenca

Parece haber una tendencia a un incremento de las temperaturas medias en la Cuenca el cual podría no ser significativa

Temperaturas mínimas:

- 10 estaciones presentan una tendencia significativa a tener temperaturas mínimas menos extremas, las cuales se localizan principalmente al sur de la Cuenca
- 11 estaciones presentan una tendencia no significativa a tener temperaturas mínimas menos extremas.
- 17 estaciones presentan una tendencia no significativa a tener mínimas más extremas
- 15 estaciones presentan una tendencia significativa a tener temperaturas mínimas más extremas, las cuales se localizan principalmente en el centro y sur de la Cuenca.

Parece no haber una tendencia al incremento de las temperaturas mínimas más extremas

Precipitaciones:

- 7 estaciones presentan incrementos significativos en sus precipitaciones, las cuales se localizan al noreste y suroeste, fuera de la cuenca estudiada;
- 22 estaciones presentan incrementos no significativos en sus precipitaciones.
- 24 estaciones presentan reducciones no significativas en sus precipitaciones y
- 7 estaciones presentan reducciones significativas en sus precipitaciones y se localizan al sur y norte del área, principalmente fuera de la cuenca.

Parece haber una reducción no significativa de las precipitaciones

Escenarios de cambio climático

Precipitación

Se usaron proyecciones “moderadas” (subfamilia de escenarios 2) para contrastar escenarios pesimistas (familia A), con optimistas (familia B) del modelo de circulación general HADGEM1 de Escenarios de Cambio Climático. Se seleccionó como ejemplo para el análisis (También para la Etapa de Pronóstico de la investigación) la proyección moderada, subfamilia 2, con escenario pesimista A para 2030 y 2050.

La Figura 13 muestra los valores de distribución espacial de la precipitación anual desde su promedio histórico (1961-2013), este se le denominará escenario base.

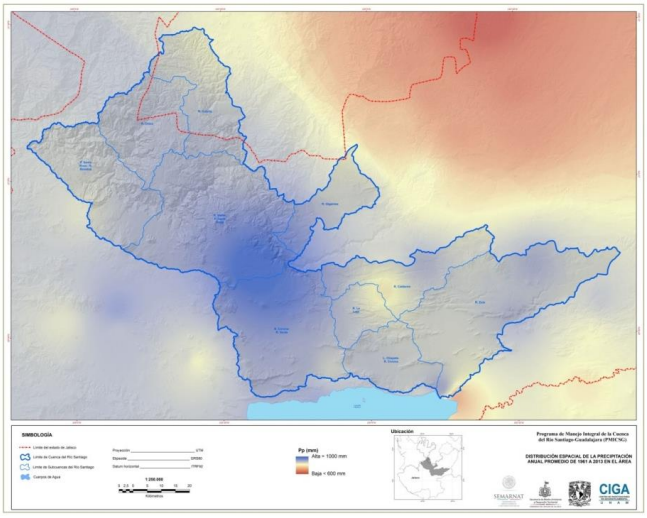


Figura 13. Distribución espacial de la precipitación anual promedio de 1961 a 2013 en el área (mm).

Se modelaron los escenarios para los años 2030 y 2050, en particular presentaremos el escenario pesimista A2 de estos años (Figura 14)

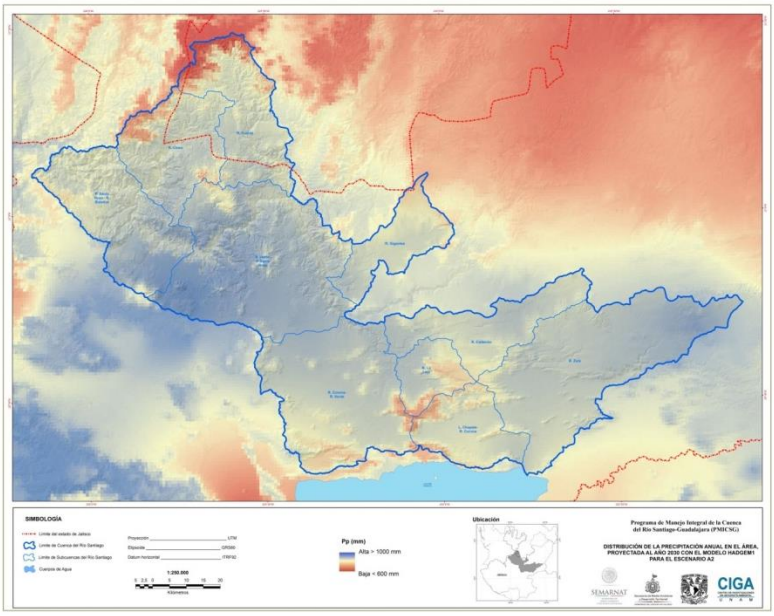


Figura 14. Distribución de la Precipitación anual en el área, proyectada al año 2030 con el modelo HADGEM1 para el escenario A2 (mm)

Destaca un cierto contraste del escenario base con el escenario moderadamente pesimista a 2030 que proyecta incremento de valores medios en la región, no así los valores extremos. Es en el escenario pesimista (A2) para 2050, donde se presenta la mayor diferencia en los valores de precipitación y que muestran reducciones en poco más de 80 mm de precipitación anual en la Cuenca.

Escurrimiento

Se presentan los escenarios de escurrimiento correspondientes al escenario base o promedio de escurrimientos históricos definidos para el periodo 1961-2013 (Figura 17) y la distribución espacial de los escurrimientos medios como lámina (mm) para los escenarios a 2030 y 2050. Los escenarios A muestran valores relativamente menores de escurrimiento medio tanto para el año 2030 como el 2050. Lo que indica que se dispondrá de menos agua superficial.

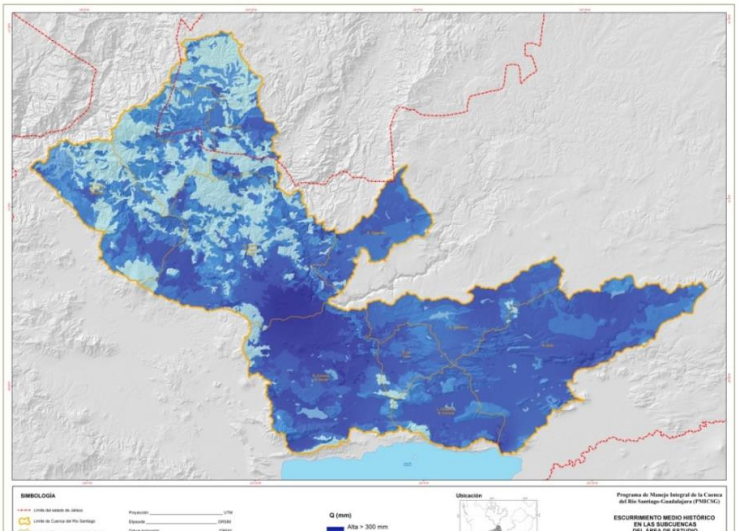


Figura 15. Escurrimiento medio histórico en las subcuencas del área de estudio (escenario base), como lámina de escurrimiento en mm; obsérvese que la escala va de 45 a 300 mm.

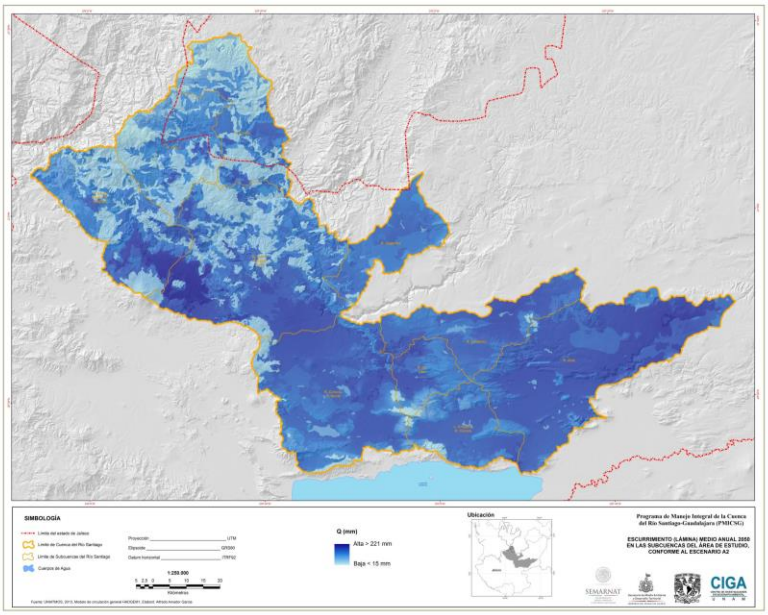


Figura Escurrimiento (lámina en mm) medio anual 2050 en las subcuencas del área de estudio, conforme al escenario A2. La escala de escurrimiento va de 15 a 221 mm.

Escenarios integrados de balance hídrico

Los datos de **Escurrimiento medio Anual** (Figura 17), **Precipitación anual (Figura 15) y Evapotranspiración actual**, permitieron calcular un balance hídrico promedio, y sus respectivos componentes. Los cálculos de estos mismos parámetros proporcionan insumos para la obtención de balances hídricos recientes para un año lluvioso (2010) y uno relativamente seco (2011), los cuales se muestran en el informe técnico.

El modelo de regresión múltiple generado para la estimación abreviada de Evapotranspiración actual es:

ET= -91.5044 + 37.5871*T - 0.0455*P + 0.4475*SW

En el que ET es la evapotranspiración anual actual, T la temperatura media anual, P la precipitación total anual y SW la capacidad de almacenamiento de agua en el suelo. La estadística de la regresión arroja un R^2= 0.834733.

En cuanto a los escenarios proyectados con los insumos de UNIATMOS correspondientes al modelo de circulación general HADGEM1 se presentan los mapas de distribución del balance para 2030 y 2050 tanto para las condiciones A2 como para las condiciones B2.

En estas salidas gráficas se aplica una operación para despliegue de valores por reclasificación en categorías de déficit o retención de humedad en: Alto déficit (menos de -300 mm), Moderado déficit (-300 a -150 mm), Bajo a nulo déficit (-150 a 0 mm), Baja retención (0 a 150 mm), Moderada retención (150 a 300 mm) y Alta retención (más de 300 mm).

El escenario de balance hídrico promedio (Figura 16) muestra que predominan los valores de retención baja en toda la cuenca; sin embargo, también se presentan algunas zonas con retención moderada, principalmente en la subcuenca del río Zula. Las clases de moderado y bajo déficit predominan al oeste de la cuenca, principalmente en la subcuenca del río Santa Rosa-Bolaños

Con relación a las categorías antes mencionadas, el alto déficit ocupa el 0.31% de la Cuenca, el déficit moderado el 5.11%, el bajo déficit el 17.83%, la baja retención el 63.20%, la moderada retención el 13.44% y la alta retención el 0.11%. Ello significa que en la Cuenca predominan la baja retención y bajo déficit de agua como promedio.

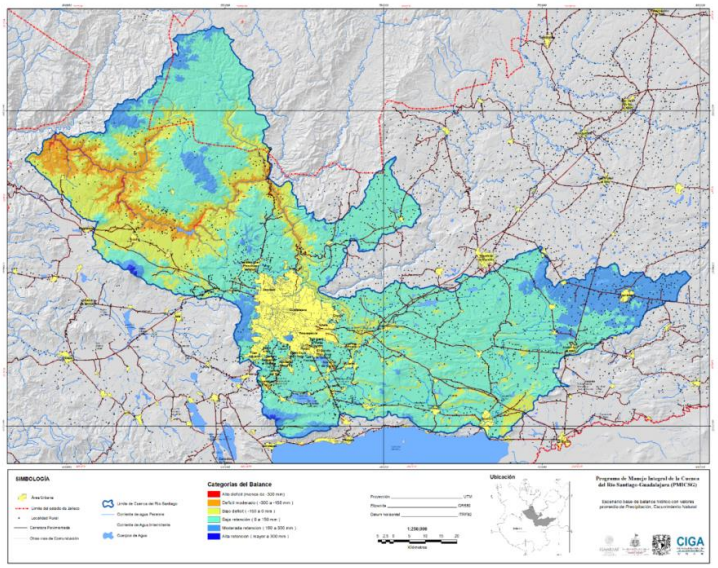


Figura 16. Escenario base de balance hídrico con valores promedio de Precipitación, Escurrimiento Natural (conforme a NOM011) y Evapotranspiración Actual (conforme a Thornthwaite y Mathern 1957)(mm)

El escenario de balance hídrico para el año 2050, considerando el modelo HADGEM1 A2 (pesimista moderado), refleja un predominio de la clase déficit bajo; este patrón indica una clara falta de agua para soportar procesos biofísicos y aprovechamiento para uso consuntivo. Las subcuencas que pueden ser más afectadas son presa Santa Rosa-Río Bolaños, seguidas por las de Río Chico y Río Verde-P. Santa Rosa (Figura 17).

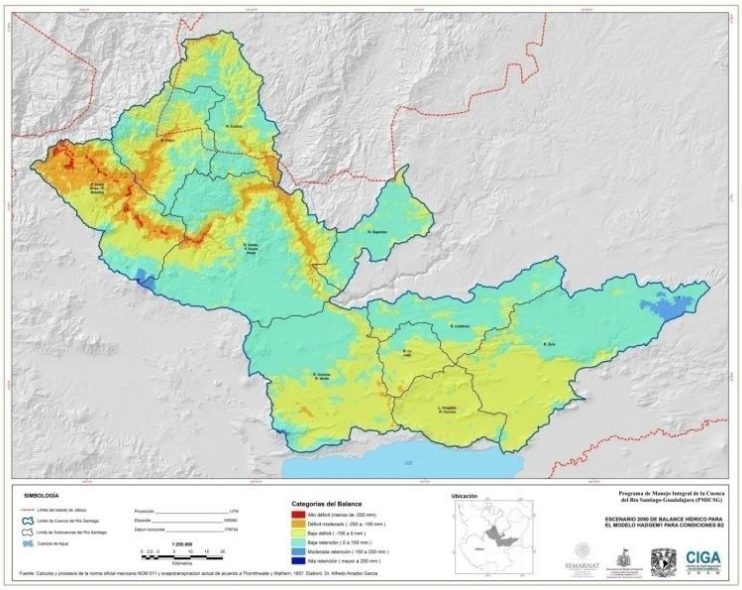


Figura 17. Escenario 2050 de balance hídrico conforme al mismo conjunto de operaciones que las señaladas para el escenario base pero con el modelo HADGEM1 para condiciones A2 (PESIMISTA moderado)(mm)

El área de estudio es una zona hidrológicamente muy compleja en su ensamblaje, con aportes de escurrimientos procedentes tanto de Río Verde como del Río Santiago; adicionalmente existen numerosos cuerpos de agua, en los que el proceso de evaporación representa una importante salida del sistema, pero principalmente con numerosos y diversos usos consuntivos cuyos volúmenes se han comenzado a registrar a finales del siglo pasado. La inclusión de la Zona Metropolitana de Guadalajara y los diversos usos que del territorio ocurren derivados del crecimiento poblacional, e industrial, imprimen una dinámica hídrica compleja al sistema en detrimento de las aguas superficiales y también subterráneas en su calidad y cantidad.

Las características climáticas de la Cuenca, aunadas a la permeabilidad del sustrato, favorecen las condiciones deficitarias en el balance hídrico. El déficit hídrico es susceptible a incrementarse, debido a las tendencias de cambio en los patrones de

precipitaciones y temperatura analizados. Adicionalmente, las estimaciones del balance hídrico a partir de los escenarios de cambio climático son congruentes con los resultados anteriores y por lo tanto el déficit hídrico tiende a incrementarse en la cuenca, principalmente en las cuencas del norte, que suministran en agua superficial a la Zona Metropolitana de la Guadalajara.

Los escenarios de balance hídrico para 2030 y 2050 podrían modificarse si adicionalmente se considerarán escenarios de cambio de cobertura, variable clave del balance hídrico, por lo que se sugiere incluir modelos de distribución potencial de la vegetación y uso del suelo en la construcción de escenarios futuros de balance hídrico.

Calidad del agua en la cuenca Santiago - Guadalajara

Junto con los rasgos biofísicos de las cuencas, la calidad del agua refleja los distintos usos que se dan al territorio, la ocupación del espacio y la diversidad económica-cultural de cada región.

Este capítulo analiza los datos de monitoreo de calidad del agua que realiza la Comisión Estatal de Agua de Jalisco (CEAJ) desde el año 2009 al presente. Estos datos han sido tabulados y proyectados espacialmente, relacionados a las subcuencas receptoras, siendo en total 60 sesiones de monitoreo, en 13 puntos de monitoreo, las que se encuentran disponibles en línea (Figura 18).

Estos datos se analizan junto con otras variables que permiten comprender mejor las causas de la variación de la calidad del agua en los tramos analizados, se incorpora por tanto información sobre la población, la cantidad y tipo de industrias, así como el estado de las plantas de tratamiento en la Cuenca. Cabe señalar que éste es un análisis de información pública, tomada de los portales del CEAJ y del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) y proyectada en cartas digitales 1:250 000 con ventanas a escala 1: 50 000. Se reportan las variables más importantes del agua dentro de cada subcuenca (INEGI 2010) y posteriormente, se hacen comentarios y recomendaciones generales.

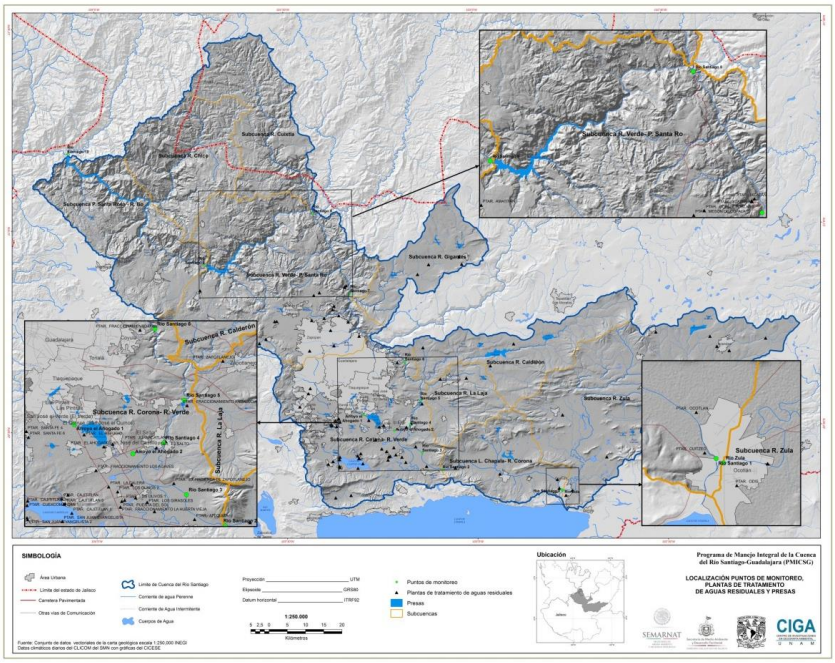


Figura 18. Localización de puntos de monitoreo de la Comisión Estatal del Agua de Jalisco, las plantas de tratamiento de la región, según la subcuenca en que están localizados

Se estudiaron parámetros como, Oxígeno disuelto, DQO, DBO, Temperatura y pH; elementos y compuestos como el Fósforo total, Sulfuros, Sustancias Activas al Azul de Metileno, Nitrógeno Amoniacal, Fluoruros; metales como Cadmio, Aluminio, Bario, Fierro, Cobre, Mercurio, Zinc, Plomo, Arsénico, Níquel, Cromo y además Coliformes Fecales, Sólidos Suspendidos totales y Grasas y Aceites como parte de la base de datos del CEAJ ante mencionada. Se confeccionaron los mapas de contenido de los mismos a las escalas antes mencionadas, los que se presentan en el informe técnico.

Panorama general de la calidad del agua en el Río Santiago.

Los cambios de uso del suelo, los asentamientos humanos y la actividad industrial son las fuentes principales de contaminación del agua del Río Santiago. Este cuerpo de agua recibe una gran cantidad de substancias distintas a lo largo de su recorrido. Se incrementa el problema de contaminación que exhibe, conforme se incrementa la densidad poblacional y la presencia de industrias, lo cual indica que el tratamiento de agua está siendo ineficiente, ya que no está cumpliendo su propósito de mantener limpios los cuerpos de agua, en beneficio de la naturaleza y de la sociedad.

La corriente del Río Santiago tiene una gran carga de contaminantes orgánicos (provenientes de seres vivos) que el río no tiene capacidad de transformar; es decir la

eutrofización es muy alta y tiene consecuencias importantes como la reducción drástica de los niveles de oxígeno dentro de la columna de agua, de vital importancia para la vida acuática.

Los datos de Nitrógeno amoniacal, Fósforo Total y DBO_5 mostrados para cada sitio de monitoreo, expresan el estado de la carga orgánica en ese sitio particular. Esta carga orgánica, que ocasiona la eutrofización del río, proviene de: (1) del flujo de agua gris poblacional que no se alcanza a tratar, (2) los escurrimientos de las zonas agrícolas que acarrean excesos de fertilizantes nitrogenados y fosforados; y (3) los desechos industriales particulares, como es el caso de las vinazas producidas durante la elaboración de bebidas como el tequila y otras industrias que vierten residuales orgánicos a la corriente. A esto sumemos: Insuficiente capacidad de tratamiento, un alto número de PTAR ineficientes, desechos industriales que entran a la PTAR y no es posible tratar (por la naturaleza de la PTAR)

Ello se puede observar en la Tabla 6 que muestra una comparación de la DBO_5 a través de los 13 sitios de monitoreo analizados; este indicador muestra la falta de oxígeno en el agua resultado de su uso por microorganismos en la descomposición de estas sustancias orgánicas.

Resaltan claramente los sitios del Arroyo El Ahogado 1 y 2, y los sitios Río Santiago 7 y 8 como aquellos que reciben una carga orgánica mayor a la que pueden degradar.

La contaminación química, está asociada en su mayor parte con actividades industriales, también con las fuentes domésticas que incorporan detergentes y limpiadores al agua, de forma constante y universal (se usan prácticamente en todos los hogares) y la agricultura aporta también contaminación química a la cuenca por el uso de agroquímicos diversos (insecticidas, fungicidas, pesticidas, etc.). Los niveles de Demanda Química de Oxígeno nos muestran las tendencias de la contaminación química en la corriente de agua.

Como se puede observar en la Tabla 6, la calidad química del agua en el Río Santiago es muy baja, siempre. Esta condición se ha mantenido durante muchos años, dado que este monitoreo se realiza desde 2009 y desde entonces, es mala la calidad. Los valores de cero corresponden por lo general a la época de lluvias. De cualquier modo, es necesario aclarar y separar la responsabilidad que tiene cada actor social en la calidad química del agua en el Río Santiago. Alrededor de 10000 industrias vierten residuales al Río Santiago,

Tabla 6. Demanda Biológica de Oxígeno (DBO_5) en la cuenca Santiago -Guadalajara, Jalisco.

	ÉPOCA DEL AÑO	MES	SESIONES DE MONITOREO	DBO_5MÁX. (MG / L)	DBO PROMEDIO (MG / L)	DBO_5MÍN. (MG / L)
RÍO ZULA	Inicio de lluvias	Junio	7	116.25	41.06	3.68
	Lluvias	Jul a Sep.	21	95.6	18.08	1.95
	Fin de lluvias	Oct y Nov	11	49.4	13.73	3.25
	Secas	Dic a Abril	20	27.96	5.96	1.25
	Fin de secas	Mayo	7	26.28	10.78	3.21
RÍO SANTIAGO 1	Inicio de lluvias	Junio	6	174.75	51.59	4.32
	Lluvias	Jul a Sep.	20	59.88	15.15	3.38
	Fin de lluvias	Oct y Nov	11	22.02	9.66	3.83
	Secas	Dic a Abril	17	15.12	5.11	1.25
	Fin de secas	Mayo	7	15.60	5.98	2.72
RÍO SANTIAGO 2	Inicio de lluvias	Junio	7	17.580	8.821	4.340
	Lluvias	Jul a Sep.	21	22.92	8.12	2.89
	Fin de lluvias	Oct y Nov	11	9.75	3.65	0.00
	Secas	Dic a Abril	20	7.11	3.06	1.25
	Fin de secas	Mayo	7	15.24	5.96	2.56
RÍO SANTIAGO 3	Inicio de lluvias	Junio	7	91.88	21.43	5.17
	Lluvias	Jul a Sep.	20	26.82	8.50	2.86
	Fin de lluvias	Oct y Nov	10	23.52	8.01	3.61
	Secas	Dic a Abril	16	14.85	4.77	0.00
	Fin de secas	Mayo	7	52.80	15.46	2.76
ARROYO EL AHOGADO 1	Inicio de lluvias	Junio	7	276.00	94.03	21.06
	Lluvias	Jul a Sep.	21	73.65	37.07	14.10
	Fin de lluvias	Oct y Nov	11	287.40	96.08	12.71
	Secas	Dic a Abril	20	260.50	113.26	42.00
	Fin de secas	Mayo	7	288.00	146.00	28.30
ARROYO EL AHOGADO 2	Inicio de lluvias	Junio	7	121.81	45.28	15.66
	Lluvias	Jul a Sep.	21	149.80	33.06	8.67
	Fin de lluvias	Oct y Nov	11	146.10	47.19	9.76
	Secas	Dic a Abril	20	606.00	73.14	4.46
	Fin de secas	Mayo	7	117.33	42.08	13.92

Tabla 6. Demanda Biológica de Oxígeno (DBO_5) en la cuenca Santiago -Guadalajara, Jalisco (continuación).

	ÉPOCA DEL AÑO	MES	SESIONES DE MONITOREO	DBO_5 MÁX (MG / L)	DBO PROMEDIO (MG / L)	DBO MÍN (MG / L)
RÍO SANTIAGO 4	Inicio de lluvias	Junio	7	49.20	22.35	6.40
	Lluvias	Jul a Sep.	21	48.24	15.79	5.94
	Fin de lluvias	Oct y Nov	11	40.44	16.98	6.72
	Secas	Dic a Abril	20	38.62	10.43	2.63
	Fin de secas	Mayo	7	35.62	14.26	2.03
RÍO SANTIAGO 5	Inicio de lluvias	Junio	6	21.84	11.44	3.94
	Lluvias	Jul a Sep	21	72.36	13.30	4.88
	Fin de lluvias	Oct y Nov	11	33.60	12.13	5.97
	Secas	Dic a Abril	19	29.64	8.59	0.00
	Fin de secas	Mayo	7	26.70	12.87	2.54
RÍO SANTIAGO 6	Inicio de lluvias	Junio	7	37.32	16.63	5.72
	Lluvias	Jul a Sep	21	42.36	17.63	5.06
	Fin de lluvias	Oct y Nov	11	34.80	13.66	3.65
	Secas	Dic a Abril	19	85.50	14.93	3.34
	Fin de secas	Mayo	7	16.86	11.42	6.81
RÍO SANTIAGO 7	Inicio de lluvias	Junio	7	171.00	79.91	14.63
	Lluvias	Jul a Sep	21	93.00	31.02	7.04
	Fin de lluvias	Oct y Nov	11	240.00	57.11	9.84
	Secas	Dic a Abril	20	229.50	94.58	12.63
	Fin de secas	Mayo	7	254.40	138.23	16.56
RÍO SANTIAGO 8	Inicio de lluvias	Junio	7	65.52	25.95	10.52
	Lluvias	Jul a Sep	21	118.80	35.87	4.44
	Fin de lluvias	Oct y Nov	11	55.44	34.55	11.10
	Secas	Dic a Abril	20	109.50	36.97	14.43
	Fin de secas	Mayo	7	295.50	106.21	17.46
RÍO SANTIAGO 9	Inicio de lluvias	Junio	6	19.95	12.31	5.59
	Lluvias	Jul a Sep	20	14.31	6.11	1.25
	Fin de lluvias	Oct y Nov	11	6.66	4.41	2.33
	Secas	Dic a Abril	17	20.70	10.16	4.41
	Fin de secas	Mayo	6	34.26	15.60	5.44
RÍO SANTIAGO 10	Inicio de lluvias	Junio	7	34.02	14.72	5.51
	Lluvias	Jul a Sep	21	37.68	7.94	1.55
	Fin de lluvias	Oct y Nov	11	6.26	3.40	1.25
	Secas	Dic a Abril	20	22.74	5.94	0.00
	Fin de secas	Mayo	7	48.00	12.74	3.06

Datos de CEAJ- Jalisco (www.ceajalisco.gob.mx). **En amarillo se muestran los datos elevados de DBO_5** y en verde la tendencia a mejorar el parámetro. Se han dejado en blanco las celdas donde no se rebasa la normatividad, pero el valor indica riesgo. No se consideró el valor mínimo en la escala de colores. La normatividad indica el límite de **30 mg / l** de DBO_5.

es necesario separar el aporte de cada una de ellas al estado que guarda el Río, desde hace muchos años, como lo demuestra el monitoreo de CEAJ. Dado el volumen de residuales que se aportan, hay que comenzar a evaluar las industrias con mayores y más peligrosos aportes; se han detectado más de 400 industrias pertenecientes a 16 Subramas industriales que pueden incorporar contaminantes peligrosos a las corrientes. La contaminación industrial es evidente en todos los puntos estudiados, la capacidad de carga de industrias y por tanto de contaminantes esta rebasada en la Cuenca, no solo por el número de industrias que aportan al Río sino por algunas que según se aprecia en los resultados, están vertiendo de manera irresponsable importantes cargas de contaminantes, es necesario identificarlas y detener y revertir esta situación.

En relación a la variación de los principales contaminantes estudiados a lo largo del Río Santiago encontramos lo siguiente para el promedio histórico y en el año 2015 (Mapas 36 al 42, páginas 183 a 191 Tomo I Caracterización). La (Tabla 7) ofrece un panorama de los parámetros fisicoquímicos y biológicos que inciden en la contaminación química y biológica y que rebasan la normatividad, y con qué frecuencia ocurre. Los sitios de monitoreo de CEAJ que muestran registros desde 2009, suman 832 registros para 13 sitios.

Se aprecia en la tabla que el fósforo total, aluminio, nitrógeno amoniacal, sulfuros, Coliformes fecales, SAAM, DQO, oxígeno disuelto, mercurio, bario y sólidos suspendidos totales, rebasan los límites permisibles en más de 400 ocasiones de un total de 832 registros.

En el Río Santiago la entrada de materia fecal es común y constante, rebasa los límites en 722 ocasiones de los 832 registros. Cabe señalar que se ha manejado un límite demasiado flexible, de 1,000 NMP de bacterias en 100 ml de agua. En los parámetros de la Organización Mundial de la Salud y la Agencia Ambiental de Estados Unidos, los límites de Coliformes en el agua son: CERO para el agua de beber, y 250 a 500 para agua de primer contacto humano (nadar). Con una concentración de 1,000 NMP de bacterias, el riesgo de enfermedad se incrementa. El agua del Río Santiago recibe constantes descargas de materia fecal durante todo el tramo estudiado en esta investigación y supera dichos valores permanentemente.

Tabla 7. Demanda Química de Oxígeno (DQO) en la cuenca Santiago -Guadalajara, Jalisco.

	ÉPOCA DEL AÑO	MES	SESIONES DE MONITOREO	DQO MÁX. (MG / L)	DQO PROMEDIO (MG / L)	DQO MÍN. (MG / L)
RÍO ZULA	Inicio de lluvias	Junio	7	169.14	92.09	48.84
	Lluvias	Jul a Sep	20	152.50	61.97	0.00
	Fin de lluvias	Oct y Nov	11	69.75	38.83	0.00
	Secas	Dic a Abril	15	106.02	46.72	0.00
	Fin de secas	Mayo	7	112.30	55.27	31.53
RÍO SANTIAGO 1	Inicio de lluvias	Junio	6	313.69	135.82	50.96
	Lluvias	Jul a Sep	20	169.65	60.94	0.00
	Fin de lluvias	Oct y Nov	11	81.06	37.62	0.00
	Secas	Dic a Abril	17	55.49	41.97	25.80
	Fin de secas	Mayo	7	79.69	51.04	36.14
RÍO SANTIAGO 2	Inicio de lluvias	Junio	7	143.33	76.31	40.86
	Lluvias	Jul a Sep	21	118.17	53.99	0.00
	Fin de lluvias	Oct y Nov	11	105.90	39.56	0.00
	Secas	Dic a Abril	20	62.20	36.23	0.00
	Fin de secas	Mayo	7	78.91	52.47	36.02
RÍO SANTIAGO 3	Inicio de lluvias	Junio	7	345.22	118.81	53.47
	Lluvias	Jul a Sep	20	178.25	61.58	0.00
	Fin de lluvias	Oct y Nov	10	196.10	60.42	26.50
	Secas	Dic a Abril	16	104.81	48.73	0.00
	Fin de secas	Mayo	7	230.38	93.19	45.76
ARROYO EL AHOGADO 1	Inicio de lluvias	Junio	7	532.72	263.78	101.89
	Lluvias	Jul a Sep	21	295.87	132.39	35.27
	Fin de lluvias	Oct y Nov	11	457.27	240.03	72.07
	Secas	Dic a Abril	20	610.49	327.27	210.15
	Fin de secas	Mayo	7	567.30	348.09	161.54
ARROYO EL AHOGADO 2	Inicio de lluvias	Junio	7	259.81	150.50	59.52
	Lluvias	Jul a Sep	21	233.69	94.45	21.36
	Fin de lluvias	Oct y Nov	11	344.35	129.77	43.20
	Secas	Dic a Abril	20	370.57	110.58	36.72
	Fin de secas	Mayo	7	264.49	132.10	59.83
RÍO SANTIAGO 4	Inicio de lluvias	Junio	7	209.94	105.06	58.51
	Lluvias	Jul a Sep	21	158.05	71.61	0.00
	Fin de lluvias	Oct y Nov	11	127.11	81.00	34.72
	Secas	Dic a Abril	20	176.59	56.35	25.38
	Fin de secas	Mayo	7	96.97	65.52	37.68

RÍO ZULA	ÉPOCA DEL AÑO	MES	SESIONES DE MONITOREO	DQO MÁX. (MG / L)	DQO PROMEDIO (MG / L)	DQO MÍN. (MG / L)
RÍO SANTIAGO 5	Inicio de lluvias	Junio	6	170.35	97.22	52.46
	Lluvias	Jul a Sep	21	166.76	59.97	0.00
	Fin de lluvias	Oct y Nov	11	203.21	88.95	17.48
	Secas	Dic a Abril	19	112.47	56.60	29.51
	Fin de secas	Mayo	7	100.70	70.77	37.94
RÍO SANTIAGO 6	Inicio de lluvias	Junio	7	222.06	100.16	50.44
	Lluvias	Jul a Sep	21	298.54	78.50	0.00
	Fin de lluvias	Oct y Nov	11	108.17	54.25	21.85
	Secas	Dic a Abril	19	143.49	63.17	35.72
	Fin de secas	Mayo	7	84.00	58.82	46.90
RÍO SANTIAGO 7	Inicio de lluvias	Junio	7	424.74	233.85	53.47
	Lluvias	Jul a Sep	21	265.77	116.55	33.78
	Fin de lluvias	Oct y Nov	11	469.00	158.10	47.83
	Secas	Dic a Abril	20	554.78	267.52	60.80
	Fin de secas	Mayo	7	539.74	324.94	69.61
RÍO SANTIAGO 8	Inicio de lluvias	Junio	7	301.93	135.54	56.49
	Lluvias	Jul a Sep	21	380.14	126.10	25.28
	Fin de lluvias	Oct y Nov	11	190.35	108.07	52.96
	Secas	Dic a Abril	20	309.00	142.81	58.42
	Fin de secas	Mayo	7	794.83	331.18	56.95
RÍO SANTIAGO 9	Inicio de lluvias	Junio	6	167.14	82.64	53.00
	Lluvias	Jul a Sep	20	82.01	37.83	0.00
	Fin de lluvias	Oct y Nov	11	45.68	26.13	0.00
	Secas	Dic a Abril	17	87.87	43.71	0.00
	Fin de secas	Mayo	6	113.99	54.42	10.00
RÍO SANTIAGO 10	Inicio de lluvias	Junio	7	144.09	62.58	38.22
	Lluvias	Jul a Sep	21	198.00	48.23	0.00
	Fin de lluvias	Oct y Nov	11	43.65	20.42	0.00
	Secas	Dic a Abril	20	53.81	29.31	0.00
	Fin de secas	Mayo	7	162.39	51.11	0.00

Datos de CEAJ- Jalisco (www.ceajalisco.gob.mx). **En amarillo se muestran los datos elevados de DQO fuera de norma** y en blanco las celdas donde el valor indica riesgo, excepto cuando el valor es cero. La normatividad indica el límite de **40 mg / l** de DQO.

Tabla 8. Parámetros de monitoreo y frecuencia con la que los parámetros físico -químicos rebasan la normatividad en la Cuenca

PARÁMETRO	LÍMITE	UNIDADES	FRECUENCIA DE VALORES FUERA DE NORMA
Fósforo total	0.05	mg / l	832:832
Aluminio	0.05	mg / l	810:832
Nitrógeno Amoniacal	0.06	mg / l	785:808
Sulfuros	0.002	mg / l	798:832
Coliformes Fecales	1000	NMP	722:828
Sustancias Activas al Azul de Metileno	0.1	mg / l	648:832
DQO	40	mg / l	632:832
Oxígeno disuelto	5	mg / l	620:825
Mercurio	0.0005	mg / l	479:832
Bario	0.01	mg / l	444:806
Sólidos Suspendidos totales	30	mg / l	402:831
Fluoruros	1	mg / l	374:832
Fierro	1	mg / l	263:832
Cadmio	0.004	mg / l	257:832
Cobre	0.05	mg / l	219:832
DBO	30	mg / l	195:832
Grasas y Aceites	10	mg / l	142:830
Zinc	0.2	mg / l	71:832
Cromo	0.05	mg / l	16:832
Plomo	0.03	mg / l	13:832
pH	6.5 - 8.5	s/u	7:832
Temperatura	40	ºC	0:833
Arsénico	0.2	mg / l	0:796
Níquel	0.6	mg/l	0:832

Elaboración propia con base en los datos de CEAJ. En rojo se encuentran los parámetros que rebasan la normatividad en la zona de estudio, en más de 400 registros de un total de 832; en amarillo aquellos que rebasan las normas en más de 100 ocasiones y en verde al menos una vez.

El promedio histórico del Oxígeno disuelto se presenta muy bajo en todas las estaciones, esta fuera de la norma en 620 ocasiones de 825 mediciones; solo sobrepasa los 5 mg/l en las estaciones R. Santiago 6 (Tonalá-Zapotlanejo) y R. Santiago 8 (San Cristóbal de la Barranca), ya en el año 2015 mejoran los valores que sobrepasan ligeramente los 5 mg/ en las estaciones R. Santiago 6 a la R. Santiago 10 (La Yesca) en que se observa el mayor valor.

El promedio histórico del Nitrógeno Amoniacal sobrepasa la norma en 785 ocasiones, de 808 mediciones, presenta valores extremadamente altos en todas los puntos de

muestreo, incluso después de pasar la presa Santa Rosa y en el límite con Nayarit, en particular aumenta en los sitios Arroyo el Ahogado 1 y 2, disminuye en R. Santiago 4 (Juanacatlán) y 5 (Zapotlanejo), aumenta de nuevo en R. Santiago 7 (La Barranca) y 8 y decrece a R. Santiago 9 (después de presa Santa Rosa) y 10 donde aún los valores son altos. En el año 2015 las variaciones son similares en la trayectoria de los sitios aguas abajo, incluso aumentan los valores del Nitrógeno Amoniacal con excepción de R. Santiago 10 donde disminuyen, pero aún son muy altos. Llega en las aguas residuales por transformación de la Urea en residuales domésticos, en fabricas de hielo, aguas residuales agrícolas, entre otras

Los promedios históricos de las Sustancias Activas de Azul de Metileno (SAAM), sobrepasan la norma en 648 ocasiones de 832 mediciones, todos los sitios de muestreo, de R. Zula a R. Santiago presentan valores altos, pero se incrementa considerablemente en los dos sitios del Arroyo el Ahogado, disminuye en los sitios R. Santiago 5 al 6, después del Salto, aumenta en R. Santiago 7 para disminuir en R. Santiago 9 y 10, este último sitio se acerca a la norma. En 2015 lo valores son considerablemente más bajos en todas las estaciones, en R. Santiago 9 y 10 cumple con valores permisibles. Se encuentran en las aguas p por el uso de detergentes domésticos e industriales

Los valores históricos de la DQO sobrepasan la norma en todos los sitios, excepto en R. Santiago 9 y 10, con valores muy similares en todo el curso del Río, excepto en R. Santiago 7 donde aumenta considerablemente, posiblemente debido a cargas industriales. El Arroyo el Ahogado presenta también valores muy altos de este índice, en particular antes de la presa del mismo nombre. En el año 2015 sin embargo, los valores bajan desde R. Zula hasta R. Santiago 7, a pesar de que los sitios de Arroyo el Ahogado mantienen muy altos niveles; de nuevo en R. Santiago 7 se produce el aumento de la Demanda Química de Oxígeno, disminuye en R. Santiago 8 y ya en R. Santiago 9 y 10 está en la normatividad.

Los promedios históricos del Fósforo total muestran valores muy altos en todas las estaciones (832 valores por encima de la norma de 832 mediciones) y un aumento a partir del sitio R. Santiago 4 con valores muy altos, para disminuir en algo en los sitios R. Santiago 9 y 10 donde aún sobrepasa en alto grado la normatividad. En el año 2015 se mantiene la misma situación, tan solo que en todos los sitios disminuyen levemente los valores que se mantienen muy altos. Proviene de aguas residuales domesticas e industriales como componente de los detergentes, de la agricultura por fertilización excesiva, en la industria de fertilizantes, industria avícola entre otras

El promedio histórico de SST sobrepasa en 402 ocasiones de 831 mediciones, es variable entre puntos de muestreo, se mantiene cercano a la norma en R. Santiago 2, 3, 4, 5, 9 y 10, y los valores más altos se encuentran en los sitios de Arroyo el Ahogado y R. Santiago 6,7,8, donde sobrepasan la normatividad. En el año 2015 se mantiene muy parecida la situación, pero los valores se redujeron a la mitad en la mayoría de los sitios, aunque continúan por encima de la norma.

El promedio histórico de Sulfuros supera la norma en 798 ocasiones de 832 muestreos; es extremadamente alto en todos los sitios, en particular en los sitios Arroyo el Ahogado 1 y 2 y en R. Santiago 2, pero en general sobrepasan en muchas veces la normatividad. En 2015 los valores son muy parecidos a los del promedio histórico, incuso en sitios como R. Santiago 2, 3, 9 y 10, le duplican. Se encuentran en las aguas negras, aguas de industria química y papelera y refinerías de petróleo, pueden dar lugar al sulfuro de hidrogeno que provoca olores a huevo podrido o incluso acido sulfhídrico.

Sobre el Aluminio, sobrepasa la norma en 810 ocasiones de 832 mediciones, el promedio histórico es muy alto en todos los sitios, en particular en R. Zula y R. Santiago 1 (Salida del Lago Chapala), los valores disminuyen hasta R. Santiago 7 y 8 donde alcanza los mayores valores y desciende en R. Santiago 9 y 10. En el 2015 los valores más altos están en R. Zula y R. Santiago, decrecen mucho en R. Santiago 2 y 3, y aumentan de nuevo en R. Santiago 7, 8 e incluso 9.Tiene relación con la industria de la pulpa y el papel, se utiliza en la eliminación del fosforo en aguas residuales como sulfato, en la producción de sales de aluminio, de jabones y grasas industriales, de catalizadores sintéticos en la industria química y en la industria farmacéutica

El Cadmio presenta un valor histórico y en el 2015 muy alto en los sitios R. Santiago 7 y 8, lo que evidencia aportes de alguna industria en ese tramo de la corriente fluvial. Es residual en procesos textiles en tintes y pigmentos, de limpieza de metales, recubrimientos por electrodeposición: recubrimiento de rectificadores y acumuladores, curados, refino de fosfatos y bauxita, generación de cloro, galvanotecnia y fabricación de baterías de Ni-Cd, fabricación de esmaltes, galvanotecnia, fotografía y tintorería, estabilidad de materiales de PVC frente a la luz y a los agentes atmosféricos entre otras.

El Fierro presenta los valores más altos en R. Zula y R. Santiago 1 en el promedio histórico y en el 2015.

El mercurio sobrepasa la norma en 479 ocasiones en 832 mediciones, presenta niveles superiores a la normatividad en todas las estaciones de acuerdo a sus promedios históricos, aunque no se alejan de la norma, sin embargo, estos valores son muy

peligrosos para la salud y la vida de la fauna de la corriente. Los mayores valores se alcanzan en R. Santiago 7 y 8, pero más preocupante aún en R. Santiago 9 y 10 aguas abajo de la presa S. Rosa. En 2015 disminuyen los valores entre R. Zula y R. Santiago 6, pero aumentan en R. Santiago 7, 8 y 10 superando la norma en dos veces. Se utiliza en los procesos industriales que producen cloro (plantas de cloro-álcali con tecnología de células de mercurio), monómeros de cloruro de vinilo (MCV) (para la producción de policloruro de vinilo (PVC)) y elastómeros de poliuretano, en la industria textil en pigmentos y tintes, fabricación de batería, como biocidas, como antiséptico en la industria farmacéutica, entre otras

Finalmente los Coliformes fecales se presentan en 722 ocasiones en 828 muestreos, se mantienen históricamente muy por encima de la norma en todas las estaciones, en particular en R. Santiago 6 y 7, mientras que en R. Santiago 9 y 10 aun sobrepasan en varias veces la norma. En 2015 los valores disminuyen considerablemente pero aun sobrepasan en mucho la normatividad en todos los sitios.

Degradación del Suelo

Los valores de este indicador se obtuvieron del Mapa de Degradación del Suelo en la República Mexicana (SEMARNAT 2012)

Se determinaron cinco clases o categorías de degradación por medio de un proceso de reclasificación, las cuales se distribuyen de la siguiente manera en los paisajes de la Cuenca (Cuadro 1)

Como se observa e, mientras que la superficie de suelos muy degradados en la Cuenca es aproximadamente del 47%, las superficies con poca degradación no llegan al 13% del total, lo que muestra problemas ambientales serios en los suelos del territorio.

Cuadro 1. Porcentaje de superficie ocupada por las categorías de degradación de suelos de la cuenca Santiago - Guadalajara

CLASE	ÁREA (KM^2)	%
Muy bajo	511,62	5,58
Bajo	664,52	7,25
Medio	3686,01	40,19
Alto	3009,57	32,82
Muy alto	1299,16	14,17

Los tipos de Degradación presentes son la Degradación química por declinación de la fertilidad y reducción del contenido de materia orgánica, Erosión hídrica con pérdida del suelo superficial, que son los que ocupan mayor área y Erosión eólica con pérdida del suelo superficial por acción del viento y Degradación física por pérdida de la función productiva con menor superficie. Las causas más frecuentes de la degradación del suelo son, Actividades agrícolas, Deforestación y remoción de la vegetación, Sobrepastoreo Urbanización. En el informe técnico se presenta la degradación de suelos por unidad de paisaje.

Degradación de la Vegetación

Indicador de Degradación de Cobertura Vegetal Natural (CVN)

Este indicador se calcula a partir de la actualización, para el 2015, del mapa de Usos de suelos y Cobertura Vegetal de la Serie V (2011). Se consideraron como Coberturas Naturales para el territorio de estudio las siguientes, reportadas sin vegetación secundaria: Bosque de encino, Bosque de encino-pino, Bosque de pino-encino, Selva baja caducifolia y Vegetación halófila hidrófila. Los porcentajes de vegetación natural en la Cuenca fueron para 2002 del 20.53%, 2007 del 19.07, 2011 del 18.86% y 2015 del 17,58% (Figura 19). Ello indica altos niveles de degradación de la Cobertura vegetal; la superficie ha disminuido en los últimos 14 años continuamente con pérdida de aproximadamente un 3% de esta superficie lo que equivale a poco más de 27,512 ha de bosques. La pérdida de CVN entre 2002 y 2015 es de 26,974.98 ha.

En la Cuenca hay 34 unidades de paisaje sin cobertura vegetal natural, los cuales ocupan 1581,15 km^2, y representa el 17,24% de la superficie de la misma, el 3.65% como el número de paisajes con muy alta cobertura y el 19% de paisajes con cobertura alta. Cuando analizamos los datos de la cubierta vegetal natural por unidad de paisaje, encontramos paisajes que forman parte del Sistema de Áreas de Conservación del Estado.

SERVICIOS AMBIENTALES

Para la definición de las áreas con mayor potencial para la prestación de servicios ambientales en la cuenca del Río Santiago-Guadalajara, se basó en la información disponible de los siguientes elementos: Recarga de acuíferos, Coberturas forestales, Riesgos de deforestación, Áreas Naturales protegidas (ANP), Áreas prioritarias para la conservación de las aves (AICAS), Regiones terrestres prioritarias (RTP), Regiones

hidrológicas prioritarias (RHP), Humedales de importancia mundial (RAMSAR), Unidades de Manejo Ambiental (UMA).

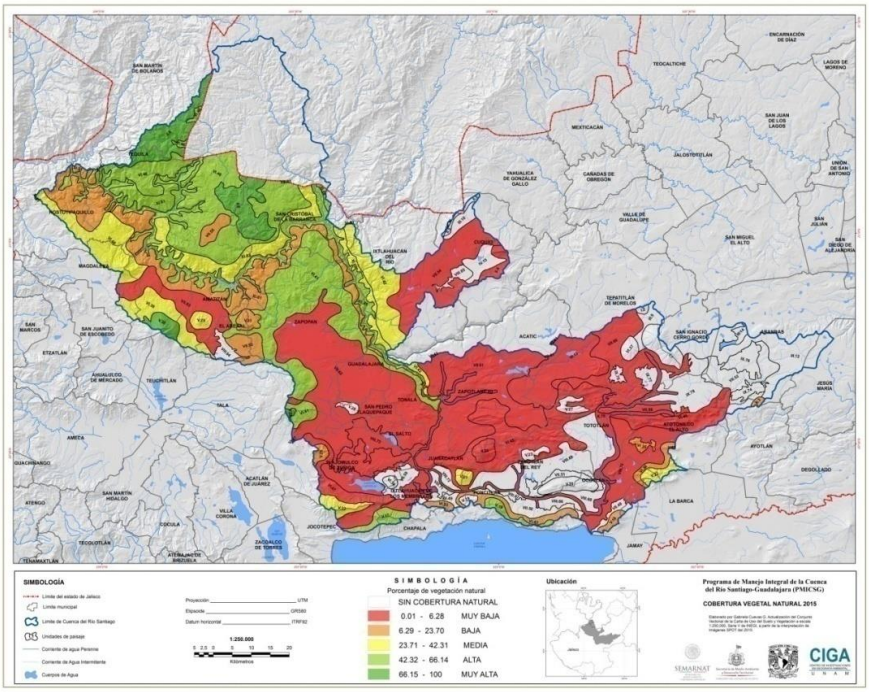


Figura 19. Cobertura Vegetal Natural. Año 2015. Cuenca Santiago-Guadalajara

Para la cuenca Santiago-Guadalajara las áreas podrían proveer servicios ambientales ocupan una superficie aproximada de 7,768.4 km^2 (superficie potencial), con diferentes niveles de importancia, pero de ellas solamente 542 ha tienen posibilidades reales, ellas se asocian a la unidad de paisaje del Volcán de Tequila.

SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS

Se realizó la interpretación visual de un mosaico de imágenes del satélite *Sentinel-2*, las cuales tienen una resolución espacial de 10 m por pixel y son del año 2015.

La mayor susceptibilidad se encuentra en la parte norte de la Cuenca, en laderas fuertemente disectadas, así como en la barranca de Huentitán, la cual se encuentra bordeando la parte Norte y Noreste de la ciudad de Guadalajara, es importante señalar que las zonas de mayor susceptibilidad en esta última región se encuentran en las proximidades de asentamientos humanos que están muy cerca del borde de dicha barranca, lo que tiene un importante potencial de causar daños e incluso pérdida de vidas.

En la porción sur de la cuenca también hay algunas zonas con alta y muy alta susceptibilidad a deslizamientos, y corresponde a laderas que comprenden la porción

norte del graben donde se encuentra el lago de Chapala. La Figura 20 presenta la distribución de los diferentes rangos de susceptibilidad a la ocurrencia a deslizamientos, y permite enfocar esfuerzos en estudios más detallados al reconocer las áreas prioritarias para dicha tarea.

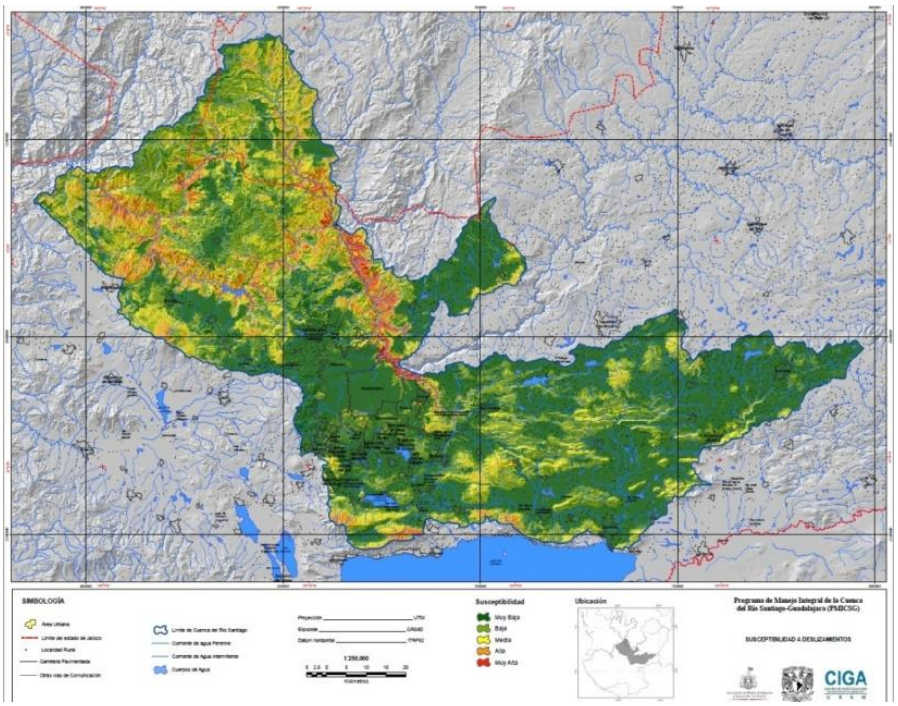


Figura 20. Categorías de susceptibilidad de deslizamientos.

DIAGNÓSTICO DEL COMPONENTE ANTROPOGÉNICO (PARTE II)

Degradación Antropogénica

Para estudiar la degradación producida en la cuenca por la actividad antropogénica en el paisaje, se utilizan dos indicadores, el Índice de Antropización del Paisaje (IAP), también conocido como Índice de Antropización de la Cobertura Vegetal (IACV) o Índice de Shishenko, y el Índice de Antropización por introducción de Elementos Antropogénicos en el paisaje (IAEA).

Índice de Antropización del Paisaje (IAP)

El Índice permite conocer el grado de transformación por tipos de utilización que presenta la cubierta vegetal, fue calculado para los años 2002, 2007, 2011 y 2015.

Entre 2002 y 2015, el índice en la Cuenca, en la categoría de muy alto, creció un 26% aproximadamente y llama la atención el crecimiento entre el 2011 y 2015 que fue de un

18% (Tabla 9). Ello equivale a un aumento de superficies con categoría de muy alta modificación de 243,853.3 ha entre 2002 y 2015 y de 165,486.2 ha entre 2011 y 2015.

Tabla 9. Índice de Antropización del Paisaje (%) en la cuenca Santiago –Guadalajara en los años 2002, 2007, 2011 y 2015

IAP (%)	2002	2007	2011	2015
Muy bajo	20.0	18.2	18.2	11.2
Bajo	25.2	21.1	21.1	22.4
Medio	16.2	8.9	8.9	12.9
Alto	18.9	28.5	23.5	7.2
Muy alto	19.8	23.4	28.3	46.3

Índice de Antropización por la Presencia de Elementos Antrópicos en el Paisaje

El Índice tiene por objeto calcular la influencia antropogénica de aquellos elementos introducidos por el hombre al paisaje para realizar las funciones socioeconómicas asignadas, está conformado por variables de modificación antropogénica tales como carreteras, vías férreas, líneas de transmisión eléctrica, canales, presas y población total entre otras posibles.

Se utilizaron los siguientes elementos antropogénicos en el cálculo: Densidad de Ductos de Pemex, Porcentaje de superficie urbana, Densidad de Vías Férreas, Porcentaje de superficie de cuerpos de agua, Densidad de vías de comunicación, Densidad de Canales y Densidad de líneas de electricidad.

La densidad de ductos de Pemex en la Cuenca es de 0.02 km/km^2, es decir de 20 metros por km^2 de superficie, el porciento de superficie urbana para toda la cuenca Santiago – Guadalajara es de 8.82, con 809.45 km^2 de superficie urbanizada, la longitud de vías férreas para toda la cuenca Santiago – Guadalajara es de 343.9 km y la densidad promedio es de 0.037 km/km^2, es decir 37 ms por km^2, la superficie promedio que ocupan los cuerpos de agua en la Cuenca es del 1.01 %, pero tiene una fuerte variación cuando la analizamos por unidades de paisajes, la densidad promedio que ocupan las vías de comunicación en la Cuenca es del 0.49 km/km^2, pero tiene una fuerte variación cuando la analizamos por paisajes, la densidad de canales es en general muy baja para sus paisajes con un valor de 0.019 km/km^2, y la densidad de las líneas de alta tensión es de 0,3 km/km^2

Las categorías del IAEA en la Cuenca se muestran en la Tabla 10; se observa que en general el territorio es bastante homogéneo en la distribución de los niveles de elementos

antropogénicos en los paisajes, aunque la distribución espacial por paisajes es diferente. Las superficies con muy baja y baja modificación antropogénica suman aproximadamente el 50%, mientras que los valores altos y muy altos están aproximadamente en el 31%, lo que representa una superficie de 2860,87 km en la Cuenca.

Tabla 10. Superficie que ocupan las categorías de IAEA de los paisajes de la cuenca Santiago – Guadalajara.

CATEGORÍA	ÁREA (km^2)	%
MUY BAJO	1966,28	21,44
BAJO	2647,72	28,87
MEDIO	1696,01	18,49
ALTO	1568,42	17,10
MUY ALTO	1292,46	14,09

Actividad industrial en la Cuenca Santiago - Guadalajara.

La actividad industrial en la Cuenca Santiago - Guadalajara es una de las variables de introducción de elementos antropogénicos en el paisaje, que permite apreciar los problemas ambientales de la Cuenca y en particular de la calidad del agua en el río Santiago e incluso de la atmosfera de la Zona Metropolitana de Guadalajara.

La Cuenca según datos de DENUE (INEGI 2016), tiene un total de 9,282 empresas de diferente magnitud, de las cuales 7,810 se encuentran en la Zona Metropolitana de Guadalajara, es decir aproximadamente el 80 %. Es posible que el número de empresas sea mayor, aquí solamente se reflejan las registradas en el DENUE en febrero de 2016. El dato integra solamente a aquellas empresas que espacialmente están dentro de la Cuenca.

Este número de empresas se insertan en 9 Ramos, y numerosos subramos de la Industria: Industria alimenticia (675 empresas), Industria de las bebidas (1549), Industria de Pieles (657 empresas), Industria textil (1398 empresas), Industria de productos de celulosa (papel y cartón) e impresión (1663 empresas), Industria Química (1097 empresas), Industria del vidrio, cemento y sus productos (686 empresas), Industria de Materiales de la Construcción (1546 empresas) e Industria de la Minería de minerales metálicos (11 empresas).

Del total de empresas, 516 se pueden considerar grandes, ellas representan el 5.6%, 443 se encuentran en la ZMG para el 84 % del total de empresas grandes. El mayor número de empresas se encuentran en el ramo de las Industrias de Celulosa y papel, Bebidas,

Materiales de construcción y Química. Pero por el número de empresas grandes es la Industria Química la de mayor cantidad con 167, le sigue la Industria de Bebidas con 90, la Alimenticia con 88, la de Celulosa y Papel con 53 empresas y la de Pieles con 50. Es decir se concentran en las principales consumidoras de agua y posibles emisoras de contaminantes. Estas empresas predominan en la ZMG, mientras que en el resto de la Cuenca predominan la Industria de Bebidas (Tequileras), Materiales de construcción (Ladrilleras) y de Vidrio-Cemento.

Si cartografiáramos el conjunto de industrias en la Cuenca, la distribución de las mismas se apreciaría en la Figura 21. Por ello, se representó su distribución por unidades de paisaje y Ramas y Subramas de la industria, lo que se presenta en el informe técnico del proyecto.

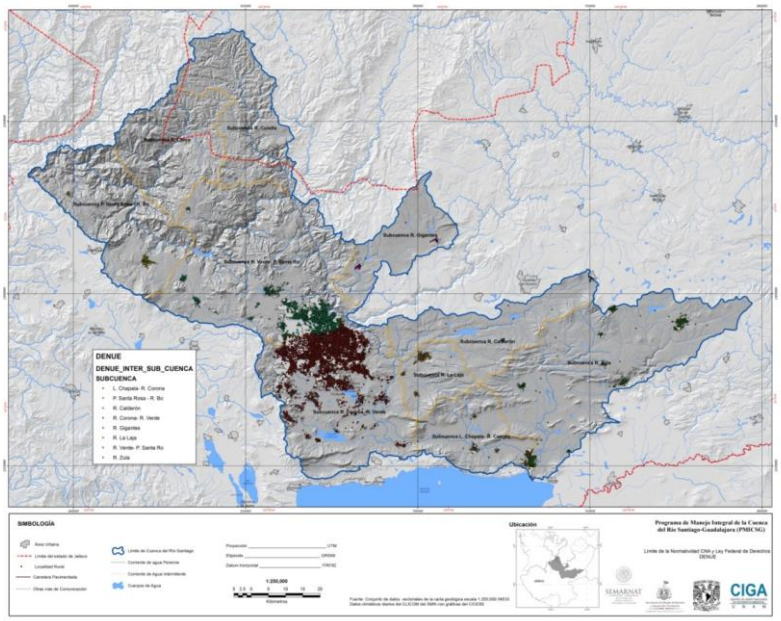


Figura 21. Distribución de las Industrias en la Cuenca Santiago -Guadalajara

DIAGNÓSTICO DEL COMPONENTE DEMOGRÁFICO Y SOCIO-ECONÓMICO (PARTE III)

Este diagnóstico consistió en el cálculo de los índices que se establecieron en la etapa de Caracterización para toda la Cuenca, pero por cada polígono o unidad de paisaje (85 unidades en total), lo que constituyó información relevante en las etapas de Pronóstico y Propuesta.

La metodología se explica en el informe técnico Diagnóstico Tomo II, así como los resultados de la evaluación de cada indicador por unidad de paisaje. El análisis de cada índice se divide en tres partes: una primera parte presenta los resultados de los indicadores demográficos y socio-económicos de las unidades de paisaje que forman parte de la cuenca Santiago - Guadalajara para el año 2000, la segunda parte exhibe los mismos resultados para el año 2010 y la última parte compara la situación en ambos años. Se realizó la cartografía de cada indicador para los años 2000 y 2010 y los valores de cada indicadores se establecieron en rangos o categorías y se presentan en tabla o matrices para cada indicador.

Los resultados de este diagnóstico se presentaran y utilizaran en la etapa de Propuesta.

DIAGNÓSTICO SECTORIAL (PARTE IV)

Elementos para el análisis de concurrencia espacial de actividades sectoriales y la identificación de los conflictos ambientales

A partir de los resultados de los talleres de planeación participativa donde se solicitó a los participantes que identificaran la presencia de los sectores en el territorio, así como los conflictos que se presentan entre los mismos, se trabajó para representar esta información a nivel de unidad de paisaje. Una vez identificada la presencia o ausencia de un sector en una unidad de paisaje se elaboró la siguiente matriz de ocupación, en donde se asignó una categoría de acuerdo a la cantidad de sectores que se agrupan en cada unidad.

Tabla 11. Superficie por número de unidades de paisaje para cada categoría

CATEGORÍA	NO. UNIDADES	SUPERFICIE (HA)	PORCENTAJE (%)
Baja	22	40,137.86	4
Media	32	204,335.50	20
Alta	20	374,850.52	37
Muy Alta	11	389,792.96	39
Total	**85**	**1,009,116.84**	**100**

Como se aprecia en la Tabla 11 el número de unidades por categoría no está relacionado con la superficie que ocupa la categoría en el territorio, siendo la categoría Muy Alta la que ocupa mayor porcentaje de superficie, el 39%, seguida por la Alta con 37%, Media 20% y Baja 4%, en cambio la categoría con mayor número de unidades es la Media con 32, seguida de la Baja con 22, la Alta con 20 y Muy Alta con 11. Ello significa que las

unidades de mayor superficie tienen mayor diversidad de ocupación por sectores, son más diversificadas en el uso.

Diagnóstico de los Conflictos Ambientales

En este apartado, abordaremos las situaciones en las cuales exista una interacción negativa, a la cual llamaremos 'conflicto'. Los conflictos detectados se muestran a continuación:

Tabla 12. Conflictos entre sectores (-); sinergia entre sectores (+). Fuente: Talleres de planeación participativa, 2016

	Agrícola	Pecuario	Pesquero	Minero	Industrial	Infraestructura	Conservación
Pecuario	+						
Pesquero	-	-					
Minero	-	-	-				
Industrial	-	-	-	+			
Infraestructura	+	+	+	+	+		
Conservación	-	-	-	-	-	-	
Turismo	+	+	+	-	+	+	+

En relación a la ocupación de los sectores dentro del territorio de la cuenca, se identifican a continuación las interacciones que se presentan en una misma unidad del paisaje, y generan los conflictos citados en la Tabla 12. Se presenta la Cartografía de los conflictos por sectores en 22 mapas en el informe técnico.

Se realiza la categorización de conflictos a partir del número de conflictos (C) identificados por taller, estos se categorizaron por presencia en las unidades del paisaje (Tabla 13)

Tabla 13. Categorías de conflictos sectoriales

PRESENCIA DE CONFLICTOS	CATEGORÍA
0	Nulo
1 -6	Muy bajo
7 - 12	Bajo
13-18	Medio
19-24	Alto
>25	Muy Alto

Al analizar el comportamiento general de la cuenca en materia de conflictos, (Tabla 14) encontramos que del poco menos de millón hectáreas que conforman la cuenca, en el 49.8% de su superficie 498,070.8 hectáreas - alcanzan la categoría de conflicto alto y muy alto, un dato relevante es que se concentra en pocas unidades de paisaje.

Tabla 14. Superficie por categoría del conflicto

GRADO DE CONFLICTO	UNIDADES	HECTÁREAS	%
Muy alto	4	125,623.0	12.6
Alto	10	372,447.8	37.2
Medio	6	176,412.3	17.6
Bajo	17	161,044.8	16.1
Muy bajo	25	123,500.5	12.3
Nulo	23	41,327.0	4.1
Total	**85**	**1,000,355.4**	**100.0**

Fuente: Elaboración propia con datos de los talleres de planeación participativa, 2016.

Los conflictos y sinergias se expresan en una matriz por cada unidad de paisaje, como se puede apreciar en un fragmento de dicha matriz que se presenta a continuación y se representan cartográficamente (Figura 22).

Matriz de sinergias (S) y conflictos (C) por unidad de paisaje

UNIDAD PAISAJE	CONSERVACIÓN		PESCA		INFRAESTRUCTURA		PECUARIO		AGRÍCOLA		MINERÍA		TURISMO		INDUSTRIA		TOTAL		CATEGORÍA DE CONFLICTOS	CONFLICTOS
	S	C	S	C	S	C	S	C	S	C	S	C	S	C	S	C	S	C		
I.1	0	3	0	0	0	0	1	2	1	2	0	0	0	0	0	3	2	10	Bajo	Conservación - Agrícola Conservación - Pecuario Conservación - Industria Agrícola - Industria Pecuario - Industria
I.2	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2	0	Nulo	
II.3	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2	0	Nulo	
II.4	0	3	0	0	3	0	3	1	3	1	0	0	3	1	0	0	12	8	Bajo	Conservación - Agrícola Conservación - Pecuario Conservación - Infraestructura Conservación - Turismo

(Fragmento de la matriz)

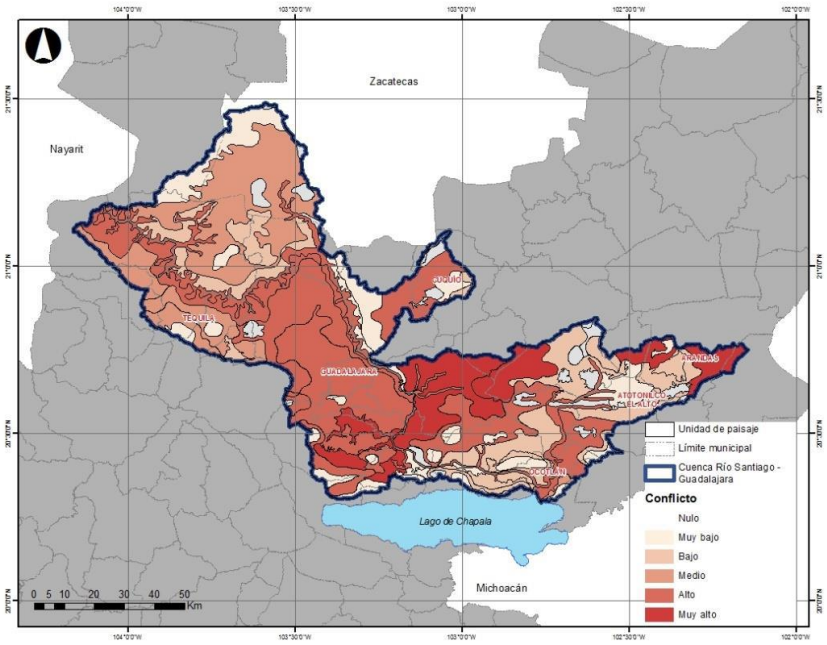


Figura 22. Conflictos en el área de estudio por unidad de paisaje. Fuente: Elaboración propia con datos de los talleres de planeación participativa, 2016

Identificación e intensidad de los problemas ambientales

Con base en los resultados obtenidos de los Talleres de Planeación Participativa Regional en los que los participantes identificaron los problemas ambientales que genera cada sector, se identificaron cuáles eran georreferenciables y se analiza, con el uso de un sistema de información geográfica, la presencia de los problemas ambientales para cada una de las 85 unidades de paisaje, y la cantidad ellos, lo que permitió asignar un peso de bajo, medio o alto en esta problemática a cada unidad.

Los problemas más relevantes en cuanto al agua fueron: Sobreexplotación del recurso, contaminación por desechos industriales, urbanos y agrícolas, dificultades para acceso al recurso, Uso irracional, mal manejo y tratamiento, disminución del caudal (disminución de niveles en los embalses y caudales), falta de cultura del uso del agua, inadecuadas políticas públicas, falta de infraestructura hidráulica.

Los relacionados con el territorio fueron: Contaminación, crecimiento de zonas urbanas, falta de planificación para el uso del suelo.

Los relacionados con el clima fueron: Cambio de régimen de lluvias, sequias, heladas, tormentas .

Los relacionados con biodiversidad fueron: Sobre explotación de especies de interés económico, pérdida del hábitat, desplazamiento por especies invasoras, incendios forestales, cacería furtiva, deforestación, plagas, contaminación.

Los relacionados con suelo fueron: Erosión hídrica y eólica, contaminación, incompatibilidad de uso, azolves, baja fertilidad, deforestación, degradación por monocultivos y acidez, falta de abastecimiento de material geológico.

Los relacionados con vías de comunicación fueron: Insuficientes, inundaciones, falta de infraestructura, crecimiento poblacional desordenado, deterioro, falta de planeación.

Las superficies de cada categoría en la cuenca se expresan en la Tabla 15, donde el grado con mayor superficie lo ocupa el nivel medio:

Tabla 15. Superficie por grado de problemática ambiental

GRADO	NÚMERO DE UGAS	HECTÁREAS	KM^2	%
Bajo (1)	59	371,332.9	3,713.3	37.5
Medio (2)	24	485,889.6	4,858.8	48.5
Alto (3)	2	15,1862.0	1,518.6	15

En la Tabla 16 se muestra un fragmento de la matriz elaborada a partir de la información recopilada, de INEGI, SEMADET, CONAGUA, UEPCyB con relación a los problemas ambientales mencionados. Se elaboraron 8 mapas a partir de esta información que muestran la distribución de los problemas más frecuentes e intensos en la Cuenca y se muestran en el informe técnico.

Aunque los problemas ambientales enunciados en los talleres se detectaron durante la investigación, ellos se aplicaron al Pronóstico y Propuesta según su intensidad fundamentado en los estudios de degradación de los componentes naturales demográficos y socioeconómicos realizados en esta etapa de diagnóstico.

Tabla 16. Intensidad de los problemas ambientales a nivel de unidad de paisaje. (Fragmento de la matriz)

Superiores	Polígono	Clave	Incendio	Déficit	Descarga	Peligros	Erosión	Deforestación	Crecimiento urbano	Intensidad	Grado
I	I.1	1	1	1	1	1	1	1	1	7	1
I	I.2	2	1	1	1	1	1	1	1	7	1
II	II.3	3	1	1	1	1	1	1	1	7	1
II	II.4	4	1	1	1	1	1	1	1	7	1
II	II.5	5	1	1	1	1	1	1	1	7	1
II	II.6	6	1	1	1	1	1	1	1	7	1
II	II.7	7	1	1	1	1	1	1	1	7	1
II	II.8	8	1	1	1	1	1	1	1	7	1

ETAPA III. PRONÓSTICO AMBIENTAL

El proceso de planeación incluye a la presente etapa de pronóstico (Etapa III del Programa de Manejo), que se concibe como un escalón para la integración y proyección del diagnóstico (Etapa II), como insumo indispensable para el desarrollo de la siguiente etapa. En el pronóstico se requiere elaborar escenarios tendenciales a partir de las proyecciones del diagnóstico, lo que incluye la evaluación del estado actual del medio ambiente y la situación ambiental en el momento actual y su proyección a futuro bajo los mismos usos históricos de suelo. Los escenarios elaborados representan la plataforma geográfica, de concepción holística, para el análisis y la discusión del modelo de manejo integrado para el territorio de estudio (Etapa IV).

Los escenarios tendenciales consideran el comportamiento del estado y la situación ambiental actual del territorio (Diagnóstico integrado 2015), en una proyección futura a corto plazo (2030) y otra a mediano plazo (2050), si prevalecen las tendencias e intensidad de los procesos negativos que originan los problemas ambientales estudiados, relacionados con la utilización histórica del mismo.

Para la realización de la presente etapa III, de Pronóstico se realizaron las siguientes tareas:

- A partir de indicadores seleccionados durante las etapas de caracterización y diagnóstico se realiza la evaluación del estado del medio ambiente (EMA), el cual es un indicador de la degradación de las unidades de paisaje.

- A partir de la identificación de los problemas ambientales de cada unidad y de su intensidad, y conociendo el EMA de cada unidad se define su situación ambiental actual.
- El análisis integrado de diferentes variables como el cambio de usos de suelos en los últimos 20 años, la proyección de cambio de diferentes indicadores, en particular la influencia del cambio climático en el balance hídrico y en algunos de sus componentes como las variaciones del escurrimiento y la precipitación y el cálculo de los cambios de los indicadores de modificación antropogénica.

Diagnóstico ambiental integrado

El Estado del Medio Ambiente en la cuenca Santiago - Guadalajara

El estado del medio ambiente representa el grado de conservación del potencial de los recursos naturales y ambientales de los sistemas naturales (paisajes) para el desarrollo de la actividad productiva que permiten asegurar un nivel de calidad para la satisfacción de las necesidades humanas. El estado del medio ambiente es resultado del grado de impacto antropogénico y la capacidad de reacción y absorción del geosistema en un momento dado. El estado del medio ambiente se analiza para conocer la calidad ambiental, la integridad del geosistema y coadyuvar en la gestión de recursos; se obtiene a través de indicadores biofísicos, antropogénicos, demográficos, socioeconómicos y la intensidad con que se manifiestan diferenciadamente en el espacio.

El EMA clasifica los estados en las categorías siguientes: Estable, Estable -inestable, Inestable, Inestable -crítico y Muy crítico.

Para calcular el Estado del Medio Ambiente de la Cuenca se seleccionaron tres grupos de indicadores compuestos por 40 variables, calculados para la Cuenca en la Etapa de Caracterización y por unidad de paisaje en la Etapa de Diagnóstico:

Indicadores de modificación antropogénica: Cobertura Vegetal Natural (CVN), Índice de Antropización del Paisaje (IAP)**,** Degradación de suelos (DEGSUEL)**,** Índice de Antropización por la introducción de Elementos Antropogénicos al paisaje (IAEA)

Indicadores demográficos: Densidad de Población (DP)**,** Tasa de Crecimiento Media Anual de la Población (TCMA)**,** Rezago Educativo (RE)**,** Población de habla lengua Indígena (PI)**,** Analfabetismo (ANALFA)**,** Acceso a servicios de salud (ASS)**,** Atracción Migratoria Acumulada (AMA)

Indicadores económicos: Superficie urbana (SAU)**,** Suficiencia Vial (SV)**,** Tasa Bruta de Actividad Económica (TBAE)**,** Población Económicamente Activa (PEA

Los resultados obtenidos del cálculo de los indicadores fueron organizados en una matriz de indicadores que permitiera normalizar los datos. Con el conjunto de datos normalizados se realizó un análisis de correlación entre variables de cada subgrupo de indicadores para detectar qué variables son redundantes; dos o más variables fuertemente correlacionadas explican de manera similar el nivel de degradación del medio ambiente. A continuación se llevó a cabo el Proceso de Análisis Jerárquico (AHP), que consiste en formalizar la comprensión intuitiva de un problema multicriterio complejo, mediante la construcción de un modelo jerárquico; es parte de un Árbol de decisiones (proceso de Saaty)

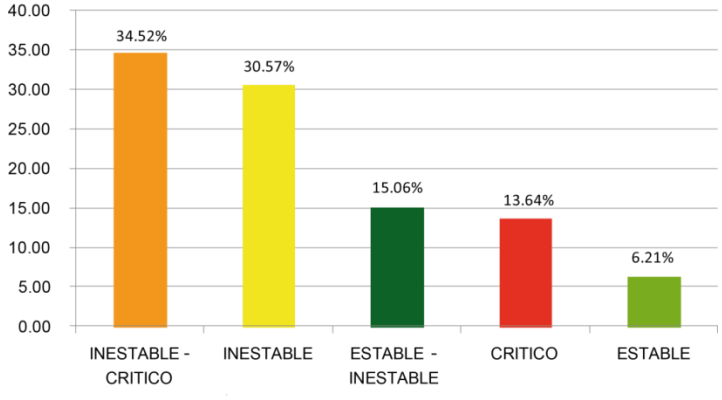
En la Tabla 17 se muestra un ejemplo de la matriz de resultados a partir de las variables resultado del proceso antes explicado. Se trabaja con valores numéricos resultado de la ponderación y la aplicación del método, la sumatoria de los valores en cada unidad de paisaje permite establecer las categorías del EMA.

Tabla 17. Matriz de índices e indicadores con valores normalizados y categorías del Estado del Medio Ambiente (EMA) (Fragmento)

Paisajes	Área (Km^2)	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	Σ	ESTADO DEL MEDIO AMBIENTE
I.1	59.19	0.00	0.01	0.25	0.00	0.00	0.10	0.07	0.00	0.00	0.55	0.99	**ESTABLE - INESTABLE**
I.2	6.06	0.00	0.01	0.22	0.00	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.38	**ESTABLE**
II.3	5.53	0.03	0.01	0.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.24	**ESTABLE**
II.4	30.27	0.01	0.04	0.19	0.00	0.01	0.08	0.07	0.01	0.01	0.36	0.78	**ESTABLE - INESTABLE**
II.5	10.92	0.00	0.07	0.33	0.01	0.01	0.09	0.11	0.01	0.00	0.52	1.15	**INESTABLE**
II.6	137.98	0.13	0.01	0.19	0.00	0.01	0.07	0.05	0.01	0.00	0.67	1.15	**ESTABLE**
II.8	153.95	0.14	0.01	0.22	0.00	0.02	0.08	0.07	0.01	0.00	0.59	1.15	**ESTABLE**
III.9	31.41	0.00	0.07	0.36	0.00	0.01	0.08	0.07	0.00	0.02	0.65	1.27	**INESTABLE - CRÍTICO**
III.10	26.82	0.00	0.10	0.30	0.00	0.01	0.09	0.09	0.00	0.00	0.54	1.13	**INESTABLE - CRÍTICO**
..	..	..	..	..	..	....	..	...	..	..	..	..	
XII.85	400.13	0.07	0.04	0.36	0.00	0.00	0.09	0.09	0.01	0.00	0.51	1.17	**INESTABLE**

A. Cobertura vegetal natural, **B**. Degradación de suelos, **C**. Índice de antropización por la introducción de elementos antrópicos en el paisaje, **D**. Densidad de población, **E**. Tasa de crecimiento media anual de la población, **F.** Rezago educativo, **G**. Acceso a servicios de salud, **H**. Atracción migratoria acumulada, **I**. Suficiencia vial, **J.** Tasa bruta de actividad económica

Las categorías del EMA dominantes, por la superficie que ocupan, son los paisajes en estado inestable, inestable - crítico y crítico, los cuales en conjunto ocupan el 82% (7,588.99 Km^2) de la superficie del territorio; en particular las categorías de crítico (16%) e inestable a crítico (33%) llegan a un 49%, es decir la mitad de la superficie de la Cuenca. A partir de estos datos, es evidente que la alta degradación de los componentes naturales y sociales, reflejan una situación ambiental, en lo general, preocupante En el texto del informe técnico se presenta la cartografía de estos resultados, y un análisis por categorías de EMA y unidades de paisaje.



Paisajes Cuenca (Km^2)		Área de la Cuenca (Km2)	Área de la Cuenca (%)
9,170.88	Inestable - Crítico	3,137.41	34.52
	Inestable	2,778.92	30.57
	Estable - Inestable	1,369.08	15.06
	Crítico	1,239.35	13.64
	Estable	564.57	6.21

Gráfica 4. Estado del Medio Ambiente de la Cuenca Santiago – Guadalajara

Situación ambiental

Para determinar y categorizar la situación ambiental de un territorio, es necesario establecer lo que ocurre en las unidades de paisajes. La situación ambiental es un diagnóstico integrado de los procesos de degradación que ocurren en el territorio y que determinan un estado ambiental particular, los problemas ambientales o consecuencias que generan y su intensidad. Ella se establece para un momento dado. Las diferentes categorías de la situación ambiental, constituyen la base para establecer, junto a otras variables o indicadores, la propuesta de Áreas de Atención Prioritaria y el PRONÓSTICO Ambiental de la Cuenca.

Esta información constituye la base para establecer la Regionalización de las Unidades de Gestión Ambiental (UGAs), a las que se asignan las políticas ambientales en el

proceso de zonificación ambiental y a través de las cuales se realiza la propuesta de uso o zonificación funcional para el territorio en cuestión. Ella permite establecer oportunamente las propuestas de estrategias y acciones para cada unidad, lo que se realizará en la etapa IV o de PROPUESTA Ambiental.

Los problemas ambientales, también llamados geoecológicos del territorio de estudio se han reunido en los siguientes grupos: Problemas hidro-ambientales, Problemas edafo ambientales, Problemas ambientales forestales, Problemas socio-económicos, Problemas demográficos, y Problemas de tecno - ambientales

Por el carácter regional del estudio, no se evaluaron problemas urbano -ambientales, es decir de calidad de la vivienda y las condiciones sanitarias de las localidades urbanas y rurales. En el caso particular de la ZM de Guadalajara, se ha trabajado en el POER, relacionado con la calidad del agua del Río Santiago, pero es necesario un estudio más pormenorizado de la Ciudad que integre además la calidad del aire, la influencia de la infraestructura industrial y de servicios, el funcionamiento y capacidad de las plantas de tratamiento de aguas residuales, el sistema de recolección y deposición de estas aguas y de los residuales sólidos, los niveles de ruido, así como la calidad de la vivienda.

Las categorías de la Situación Ambiental son las siguientes: situación ambiental muy favorable, favorable, poco favorables, desfavorable y muy desfavorable

A partir de una matriz de trabajo que contiene la información básica de las características naturales, el uso de suelos en 2015 y la ubicación territorial, la degradación de los componentes naturales, demográficos y socio - económicos, así como el EMA de cada unidad de paisaje, se construye una ficha informativa que permite la integración de la problemática ambiental y establecer la Situación Ambiental de dichas unidades de paisaje. A continuación mostramos un ejemplo

Unidad de Paisaje I.1

Características naturales, uso de suelos y ubicación: Es un paisaje de montañas volcánicas (DV>101 m/km^2) (1960 – 2660 msnm), formadas en basalto, con clima templado subhúmedo, pendientesentre 5°-30°, agricultura de temporal (50%), bosque de encino con vegetación secundaria arbustiva (26%)y selva baja caducifolia con vegetación secundaria arbustiva (22%) sobre suelos Haplic Phaeozem, Ferric Cambisol (Dystric), Dystric Cambisol, Haplic Vertic Luvisol y Ferric Luvisol.Ocupa una superficie de 59.19 Km^2, lo que significa el 0.59 % de la Cuenca. Lo comparten los municipios Tepatitlán de Morelos y San Ignacio de Cerro Gordo. Los rasgos topográficos más notables del relieve son el Cerro Chico yel Cerro Gordo.

Riesgos: El substrato geológico de este paisaje, constituido por un complejo extrusivo, en ocasiones fuertemente intemperizado, y en un escenario geomorfológico esencialmente montañoso, con gran energía del relieve y con pendientes del terreno de hasta 32º, y más de 45º

en algunos sitios, lo sitúan como una unidad con **alta** susceptibilidad a procesos de remoción en masa.

Problemas hidro-ambientales: Se comparte en las Subcuencas R. Zula y R. Calderón, se encuentra en las zonas funcionales alta y media de la cuenca del Río Santiago, sus acuíferos (Valle de Guadalupe, Ocotlán, Altos de Jalisco)presentan una disponibilidad que consiste en un déficit bajo a medio, es decir están sobreexplotados. Es un paisaje que recibe baja precipitación, su escurrimiento es de alto a medio y tiene moderada retención de agua, que llega a ser baja en un año seco. Intensidad: **media.**

Problemas edafo-ambientales: Predominan las clases de suelo 2 y 5 con potencial Agrícola y Forestal respectivamente. El uso va de acuerdo a estos potenciales, se observan actividades agrícolas con siembra a favor de la pendiente y sobrepastoreo en algunas pendientes. La degradación del suelo es baja. Intensidad: **baja.**

Problemas ambientales forestales: El paisaje posee un 99% de su superficie con potencial para los servicios ambientales, aunque los mismos se encuentran entre las categorías de muy bajo a medio. La cobertura vegetal natural es muy baja, predominan los bosques degradados con vegetación secundaria. En este paisaje se encuentran la UMA "El Potrero de Carranza" dedicada al aprovechamiento cinegético de varias especies y no existen otras categorías de conservación. Intensidad: **media.**

Problemas socio-económicos: Muy alto rezago educativo, en particular muy alto analfabetismo y bajo acceso a los servicios de salud. La Tasa bruta de actividad económica es alta, con una PEA de categoría media, relacionada con la actividad agrícola. Intensidad: **alta.**

Problemas demográficos: Se encuentran 15 localidades rurales con una población de 371 habitantes y una densidad de población muy baja con una baja tasa de crecimiento medio anual de la población. Intensidad: **baja.**

Problemas tecno-ambientales: Su Índice de Antropización del Paisaje es medio y hay pocos elementos antropogénicos introducidos al paisaje, una superficie muy baja de área urbanizada, no presenta actividad industrial. Las poblaciones no tienen tratamiento de aguas residuales y no hay oficialmente ubicado rellenos sanitarios en el paisaje. No hay infraestructura hidráulica. Intensidad: **baja**

Intensidad de los problemas ambientales: **Baja a media**
Estado del medio ambiente: Estable a inestable.

Situación ambiental: Favorable

Se realiza la cartografía de la situación ambiental de las unidades de paisajes (Figura 23) y el análisis de las categorías según la superficie que ocupan, el cual muestra (Cuadro 2) que el 40% de la superficie de los paisajes están en una situación ambiental desfavorable, el 33% en situación ambiental poco favorable y tan solo el 27% en situación ambiental favorable.

Cuadro 2. Situación Ambiental de la Cuenca Santiago Guadalajara en 2015.

CATEGORÍAS DE SITUACIÓN AMBIENTAL 2015	ÁREA (KM2)	PORCENTAJE DE LA CUENCA
Muy desfavorable	1300.95	11.74%
Desfavorable	3154.34	28.47%
Poco favorable	3611.16	32.59%
Favorable	2322.1	20.96%
Muy favorable	690.53	6.23%

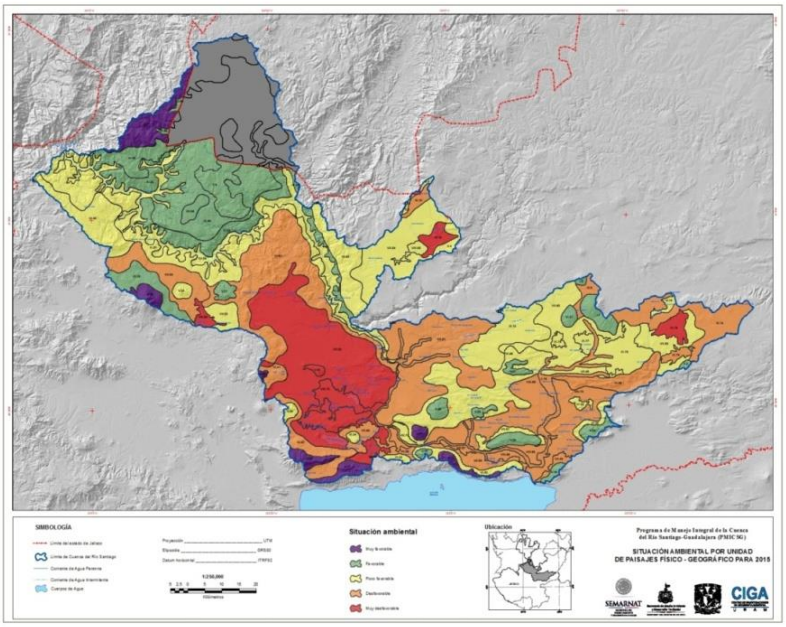


Figura 23. Situación Ambiental de la Cuenca Santiago Guadalajara (2015)

Análisis de las variables ambientales para el pronóstico

Para la realización del pronóstico se hace necesaria la evaluación de variables de manera temporal, por ello se analizaron los cambios de uso de suelos entre 2002 y 2015 y se estableció la tendencia de los mismos en cada unidad de paisaje.

A continuación se muestra un ejemplo:

Unidad de Paisaje I.1

El paisaje I.1 durante el periodo 2002-2015 muestra un 60.3% de permanencia de sus coberturas tanto naturales (Bosque de encino y Selva baja caducifolia, ambas con vegetación secundaria, 38.6%), como en la actividad agrícola de temporal (27.7%). En el periodo 2002-2007 se observa deforestación (11.1%) y al mismo tiempo áreas de recuperación de vegetación natural (9.3%) a secundaria; en el periodo 2011-2015 hay una deforestación ligeramente mayor (11.5%).

Entre el 2002 y 2015, ocurre una deforestación del 23% de la vegetación natural y permanece una cobertura del 39%, hay una permanencia de la agricultura del 29%, hay un abandono de la actividad agropecuaria del 9% que pasa a vegetación secundaria

Tendencia: Deforestación (23%), abandono de agricultura y ganadería, muy alto el aumento de vegetación secundaria**.**

La siguiente variable analizada fueron las tendencias en el balance hídrico.

Tendencias en el Balance hídrico de la Cuenca Santiago - Guadalajara Pronóstico al 2030 y 2050

Los datos históricos del balance hídrico (base 2010) por unidad de paisaje fueron estudiados en el diagnóstico Parte 1, en el Cuadro 26 se presentaron los resultados de las categorías de dicho balance en las unidades de paisaje. Dicho cuadro nos muestra que en la Cuenca dominan superficialmente las categorías de paisajes con baja y baja a moderada retención de agua**,** en casi el 80% de la superficie de la Cuenca, sin embargo, un 1% de su superficie presenta déficit en el momento actual. Ello significa que actualmente el ambiente de la cuenca en algunos paisajes es seco, es decir no hay suficiente agua.

Las tendencias del balance hídrico por unidad de paisaje hacia el año 2030, resultado de la comparación con el balance hídrico base año 2010, se pueden apreciar en la Tabla 18. En la tabla se presenta una intensidad de cambio, significa que el paisaje ha saltado una o dos categorías hacia el déficit de agua. Un total de 25 unidades no cambiaron su balance, es decir mantuvieron la categoría del 2010, 12 unidades se mantuvieron reteniendo agua pero disminuyeron su categoría, 40 unidades pasaron de alguna categoría de retención a una de déficit, en 4 unidades deficitarias aumentó aún más el déficit y tres unidades pasaron de retención a déficit bajando dos categorías. Se representan los resultados cartográficamente

Tabla 18. Tendencias del cambio en el balance hídrico 2010 -2030 para la cuenca del Río - Santiago –Guadalajara. (Fragmento)

POLÍGONOS DE PAISAJE	BALANCE HÍDRICO BASE 2010	BALANCE HÍDRICO 2030 A DESFAVORABLE	TENDENCIA	INTENSIDAD
I.1	Moderada retención	Baja retención	Disminuye retención	1
I.2	Baja retención	Baja Retención a bajo	De retención a	1

POLÍGONOS DE PAISAJE	BALANCE HÍDRICO BASE 2010	BALANCE HÍDRICO 2030 A DESFAVORABLE	TENDENCIA	INTENSIDAD
		déficit	déficit	
II.3	Baja a moderada retención	Baja a moderada Retención	sin cambio	
II.4	Baja retención	Bajo déficit a baja retención	De retención a déficit	2
....	....	....	....	...
XII.85	Bajo a moderado déficit	Moderado a bajo déficit	Aumenta déficit	1

El pronóstico al año 2050 se analiza de la misma manera que para el 2030, aparecen las categorías de moderado a alto déficit con un 4.25% de la superficie de los paisajes del territorio y la de baja retención con un 4.33%, en total, los paisajes con déficit suman el 92.77% del territorio, lo que lo ubica con muy alto déficit de agua. Para el 2050, 9 unidades no cambiaron su balance, es decir mantuvieron la categoría del 2010, 6 unidades se mantuvieron reteniendo agua pero disminuyeron su categoría, 63 unidades pasaron de alguna categoría de retención a una de déficit, en 3 unidades deficitarias aumentó aún más el déficit y 15 unidades pasaron de retención a déficit o de bajo déficit a déficit alto, cambiando en dos categorías.

A partir de toda la información referida y con el estudio de las tendencias del componente demográfico y socio económico antes realizado, se pasa a la siguiente etapa

Pronóstico del Estado y la Situación Ambiental
2030 y 2050

El pronóstico del estado y de la situación ambiental para los años 2030 y 2050, utiliza la información obtenida sobre las tendencias en la modificación y cambios de cobertura de las unidades de paisaje, a partir del uso de suelos en el periodo 2002 - 2015, en las tendencias y el pronóstico del balance hídrico en el periodo en cuestión, las tendencias de cambio de los indicadores sociales, económicos y demográficos en el período 2000-2010 información que es posible encontrar en el informe - técnico en la etapa de Diagnóstico de la Cuenca. (Ver página 240 en informe técnico Etapa de Pronóstico, información utilizada)
En sentido general para la cuenca se establecieron algunas regularidades en las tendencias estudiadas:

- El análisis de los cambios o permanencia de los usos de suelo en el periodo estudiado, muestra que los mismos han influido directamente en la pérdida de la cobertura vegetal natural, la cual ha sido sustituida, en buena parte, por la agricultura, la ganadería, la urbanización y los bosques de vegetación secundaria. En los años analizados, la tendencia a la deforestación continúa, es un proceso más antiguo, en el 2002 aparecía en partes de la Cuenca, sobre todo de planicies, sin cobertura natural y con uso agrícola. No obstante, este proceso está diferenciado en los paisajes de la Cuenca, como se ha podido apreciar en los resultados de la etapa de diagnóstico y, en particular, en el diagnóstico integrado. De mantenerse este proceso, ello influirá en la erosión de suelos y en el cambio de parámetros climáticos con mucha intensidad y se perderá geo y biodiversidad.
- El resultado del estudio del balance hídrico actual y sus pronósticos, muestran la tendencia a la disminución de las precipitaciones y el escurrimiento en los últimos 50 años, con un déficit actual de agua y la tendencia a que continúe dicha situación, por lo que a futuro, se observa una superficie considerable de la cuenca con déficit de agua. Esto significa que podrá haber menos agua en presas y bordos para la actividad agrícola y ganadera, y para la producción de energía eléctrica, entre otras actividades económicas. A todo ello, se suma un número alto de acuíferos sobreexplotados, que recibirán además volúmenes menores del preciado líquido, lo que podría afectar a la población.
- El suelo ha sufrido un fuerte deterioro y degradación en la cuenca, la degradación se relaciona con la siembra en pendientes muy inclinadas con laboreo a favor de la pendiente, con la eliminación de los bosques de galería o vegetación riparia en corrientes permanentes e intermitentes, con el uso extensivo de la ganadería sobrepasando la capacidad de carga, todo ello ha provocado fuertes procesos erosivos y la tendencia se refuerza. Ha contribuido a la degradación del suelo el uso durante décadas de la agricultura de temporal con monocultivo del maíz, sin aplicar técnicas de rotación de cultivo o barbecho adecuado; ello ha conllevado a la necesidad del uso de fertilizantes, de herbicidas para la eliminación de malezas y de pesticidas contra plagas de manera indiscriminada o siguiendo normas que exceden las necesidades reales del suelo. Todo ello tiene como consecuencias la pérdida de la superficie arable del suelo que deja de ser productivo, el aumento de la carga de sedimentos a ríos y arroyos, azolvamiento de presas y micropresas, la contaminación de corrientes permanentes con el nitrógeno y fósforo excedente que se lava con la lluvia y el riego, la acumulación de sustancias peligrosas como pesticidas y herbicidas y entre otros la eutrofización de acuatorios. Se denota mayor superficie con riego, pero a expensas de riego con aguas contaminadas de corrientes permanentes y presas.

- Existe un crecimiento general de la población, el cual tiende a disminuir, pero hacia las localidades urbanas que son las que tienen una mayor atracción migratoria, en particular la capital del estado es el principal foco de atracción junto a otras pequeñas localidades urbanas como El Arenal y Arandas; hay decrecimiento de la población en muchas localidades rurales, con tendencia a la concentración en las localidades rurales de mayor tamaño, en algunas de ellas, la densidad de población es muy alta. El incremento de la urbanización mejora índices sociales de la población como el acceso a la salud, disminuye el rezago educativo y el analfabetismo, así promueve el crecimiento de índices económicos, pero aumentan los problemas de vivienda, y con ello el crecimiento en la superficie urbana a expensas en ocasiones de bosques naturales, tendencia que no se detiene. Ello conlleva además al aumento en el consumo de agua en las localidades urbanas y al aumento de la emisión de residuales humanos líquidos y sólidos que se deben tratar; se contaminan las presas con residuales humanos e industriales, con fuerte eutroficación. Es interesante que en partes rurales de la Cuenca aumenta considerablemente la degradación de los componentes naturales, hay problemas sociales de rezago educativo, analfabetismo y acceso a los servicios para la salud como tendencia general y sin embargo crecen los indicadores económicos de ocupación como la Tasa bruta de actividad económica, es decir hay más personas con posibilidades de empleo y empleadas pero no mejoran en salud y educación. Ello indica la tendencia a una explotación inadecuada de los recursos naturales, algo que afecta a los países en desarrollo, es decir, el mejoramiento de las economías de las familias, pero a expensas de la explotación irracional de recursos naturales.
- Otro criterio utilizado fue el nivel de elementos antropogénicos introducidos en el paisaje de la Cuenca (presas, líneas de alta tensión, vías férreas, carreteras de diferentes órdenes, etc.), el cual muestra una distribución muy dispareja, ellos tienen importancia en el desarrollo de los territorios al tiempo que pueden provocar severos daños a los componentes naturales, por ejemplo, modificaciones de la estructura de los paisajes. No se pudo determinar una tendencia, pero es significativo el aumento del número de presas en los últimos años y el crecimiento de autopistas, carreteras y terracerías.
- El siguiente análisis corresponde al crecimiento de la industria, que va directamente proporcional al incremento de la contaminación del Río Santiago y sus tributarios, con una tendencia al aumento en el futuro. Lugares como la Zona Metropolitana de Guadalajara sobrepasan en un grado extremadamente grande la capacidad de carga de industrias del mismo y provocan fuerte degradación en particular de las corrientes fluviales y ya de la atmosfera de la ciudad junto al transporte automotor. Tan solo en Internet hemos podido apreciar la oferta de más de 20 zonas o parques industriales en este territorio para el establecimiento de industrias y bodegas, hay competencia en oferta de espacios, lo que

señala un crecimiento de la industria en este territorio en el futuro. No se ha podido verificar si las industrias tienen regulaciones en cuanto a emisiones de contaminantes, pues la institución que lleva esta información no nos la facilita, pero la mejor evidencia de que este control no es eficiente, es el estudio histórico de la contaminación del Río Santiago presentado en este trabajo. Sumado a esta situación los resultados muestran que las plantas de tratamiento de residuales líquidos de la población no es suficiente por la inexistencia o rotura de plantas que están fuera de operación o, en algunos casos, porque no cubren los volúmenes de aguas negras que les llegan, los análisis de colifecales en el Santiago son más que evidentes, y va en aumento el problema. Hacia el interior de la Cuenca, es decir fuera de la ZMG, la industria tequilera, la presencia de numerosas granjas porcinas, producen fuerte contaminación en muchos casos por no contar siempre con el tratamiento adecuado; la fabricación de ladrillos incontrolable, la presencia de numerosos bancos de materiales provocan degradación de componentes naturales como la vegetación (uso de leña en hornos), el suelo y el relieve y aportan sedimentos sólidos en suspensión que degradan las corrientes naturales y solvatan las presas.

Estas tendencias continúan y se refuerzan.

Los resultados del análisis de dichos indicadores reportó el panorama perspectivo en cada una de las unidades de paisaje, los cuales se presentan como categorías del pronóstico para toda la cuenca Santiago-Guadalajara. Los resultados se expresaron en matrices que resumen la información para el 2030 y el 2050 y se realizó la cartografía correspondiente.

Como resultado, encontramos que la superficie que ocupan en la Cuenca las categorías de la situación ambiental desfavorable y muy desfavorable es de un 40.21% en el escenario 2015, situación ambiental que ya es preocupante; crecen estas categorías al 52.83% en el escenario 2030 y llegan al 75.17% de la superficie de la Cuenca en el escenario 2050. Ello es resultado del incremento de la intensidad de los problemas ambientales, tendencias resumidas anteriormente y de ahí estas consecuencias. En el escenario 2015, la superficie que presenta alguna situación aún favorable es de 59.78%, con una superficie poco favorable del 32.59% para el 2030 la superficie de estas categorías es del 47.17%, de ellas un 28.11% poco favorables, y para el escenario 2050, esa superficie se reduce al 24.83% con solo el 5.45% de la superficie con una situación ambiental favorable y muy favorable, la cual se relaciona con algunas categorías del sistema de ANP o de unidades que conservan hoy la vegetación natural. Ello pronostica para el 2050 una situación ambiental muy compleja, donde será muy difícil mantener la

calidad de vida de la población y en la cual podrían existir problemas con el abasto de agua para consumo y para actividades económicas.

Ejemplo de resumen de propuesta de Intensidad de los problemas ambientales, Situación ambiental y EMA para 2030 y 2050

Unidad de Paisaje I.1
Escenario 2015:
Intensidad de los problemas ambientales: baja
Estado del medio ambiente: estable - inestable
Situación ambiental: favorable
Pronóstico 2030:
Intensidad de los problemas ambientales: baja
Estado del medio ambiente: estable - inestable
Situación ambiental: favorable
Pronóstico 2050:
Intensidad de los problemas ambientales: media
Estado del medio ambiente: inestable.
Situación ambiental: poco favorable

El análisis realizado muestra para los próximos 15 años un proceso de degradación preocupante, continuo, del territorio por aumento de los problemas ambientales y su intensidad en el escenario, acompañado de un déficit de agua. En los siguientes 25 años se podría tener un escenario muy complejo de la Situación Ambiental de la Cuenca (aproximadamente el 70%) y muy preocupante, bajo tendencias de degradación que han crecido en forma casi exponencial en los últimos 30 años y que de no tomar las medidas ambientales adecuadas continuará en el futuro casi inmediato limitando la actividad agrícola, por pérdida de fertilidad y cobertura, escases de agua para la actividad agrícola, industrial y el consumo humano y corrientes fluviales con muy bajo caudal y presas solvatadas con muy alta contaminación.

ETAPA IV. PROPUESTA

La construcción y proposición del modelo de manejo integrado del territorio de estudio, constituye una propuesta consensuada de vinculación entre las acciones productivas y los intereses de los diferentes sectores de la economía, bajo una óptica de sustentabilidad y de explotación racional de los recursos naturales. La propuesta debe ser un modelo que se aproxime a la realidad, que oriente la instrumentación de las políticas sectoriales de una manera sustentable, de acuerdo con las políticas ambientales requeridas para el territorio.

En la etapa de Propuesta se desarrollan varios pasos, ante todo es necesario establecer las **Áreas de Atención Prioritaria**, una vez vistos los escenarios tendenciales y conocidos la Ocupación Sectorial y los Conflictos Sectoriales ambientales del territorio. En segundo término, establecer la **Zonificación ambiental** de la Cuenca, es decir, a partir de la información ambiental recopilada, definir las **Unidades de Gestión Ambiental** (UGAs), y establecer su Zonificación o agrupamiento (también llamada Regionalización Ambiental), establecer las **Políticas ambientales** o sus combinaciones para cada UGA, que permitan la sustentabilidad del territorio en cuestión. En tercer término, se debe establecer la **Zonificación funcional** del territorio, es decir, de acuerdo al análisis de la información acopiada, proponer funciones o usos que sean compatibles con el Estado del Medio Ambiente y la Situación Ambiental de las Unidades y que conlleven a mejorar estas categorías a futuro; ellas constituyen un modelo de manejo. En cuarto término, y para completar el Programa de Manejo Integrado, se deben establecer los Lineamientos, Estrategias y Acciones que se deben observar para que el modelo funcione adecuadamente

ÁREAS DE ATENCIÓN PRIORITARIA

Según el Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) (SEMARNAT, 2003), en materia de ordenamiento ecológico, las áreas de atención prioritaria (AAP) de un territorio, son aquellas donde se presentan conflictos ambientales o que por sus condiciones ambientales requieren de atención inmediata.

Para la determinación de las áreas de atención prioritaria (AAP) se utilizaron tres indicadores: (a) el nivel o grado de conflicto intersectorial, establecido en los talleres de participación sectorial; (b) el estado del medio ambiente; y (c) la evaluación de la situación ambiental, todo ello en las unidades de paisaje de la Cuenca y resultado de la etapa III de Pronóstico. De acuerdo con éstos, se establecieron 5 niveles de prioridad en la propuesta de atención al medio ambiente: Muy Alta (MA), Alta (A), Media (M), Baja (B) y No priorizada (NP). (Más sobre la metodología en: Áreas de Atención Prioritaria en México: una óptica medioambiental, ver

Cuadro ***3***.

Cuadro 3. Combinación de categorías del Estado del Medio Ambiente, Situación Ambiental y Conflictos Sectoriales por unidades de paisaje en la cuenca, que definen su nivel de prioridad de atención ambiental.

Categorías del Estado del Medio Ambiente	
I	Crítico
II	Inestable a Crítico
III	Inestable
IV	Estable a Inestable
V	Estable
Categorías de la Situación Ambiental	
A	Muy desfavorable
B	Desfavorable
C	Poco Favorable
D	Favorable
E	Muy Favorable
Categoría de los Conflictos Sectoriales	
++	Muy alto y alto
+	Medio
-	Bajo, muy bajo, nulo

En el Cuadro 4 se muestra la combinación de estas variables mencionadas para establecer la categoría de prioridad en la atención ambiental en las unidades de paisaje de la Cuenca. A partir de la siguiente información, obtenida en las etapas de Diagnóstico y Pronóstico, se confecciona una tabla matriz Tabla 19 con las tres variables (a), (b) y (c), así como el resultado de sus combinaciones, es decir, el nivel de prioridad en atención ambiental de cada unidad de paisaje.

Cuadro 4. Combinación de categorías del Estado del Medio Ambiente, Situación Ambiental y Conflictos Sectoriales por unidades de paisaje en la cuenca, que definen su nivel de prioridad de atención ambiental (continuación)

Según prioridades	
1	**Muy Alta**: I A ++, II B ++

2	**Alta**: I A -, II B -, III B ++, II B +, II C ++, II A -, III C ++, III C +
3	**Media**: II C +, II C -, III B -, III C -
4	**Baja**: IV D -, IV C -
5	**No priorizada**: V E -, V D -

Fuente:https://www.academia.edu/28285089/Areas_de_Atenci%C3%B3n_Prioritaria_en_M%C3%A9xico_una_%C3%B3ptica_medioambiental

Tabla 19. Categorías de Prioridad en atención ambiental a los paisajes de la Cuenca Santiago - Guadalajara. (Fragmento)

POLÍGONO DE PAISAJE	ESTADO DEL MEDIO AMBIENTE	SITUACIÓN AMBIENTAL	CONFLICTO SECTORIAL	Clave	PRIORIDAD ATENCIÓN AMBIENTAL
I.1	ESTABLE - INESTABLE	Favorable	Bajo	IV D -	Baja
I.2	ESTABLE	Favorable	Nulo	V D -	No priorizada
II.3	ESTABLE	Favorable	Nulo	V D -	No priorizada
II.4	ESTABLE - INESTABLE	Poco favorable	Bajo	IV C -	Baja
II.5	INESTABLE	Poco favorable.	Nulo	III C -	Media
II.6	ESTABLE	favorable	Bajo	V D -	No priorizada
.....	.....	.....	.....	.....	.....
XII.85	INESTABLE	Poco favorable	Alto	III C ++	Alta

En el Cuadro 5, se muestran las superficies de la Cuenca por nivel de prioridad para la atención ambiental.

Como se observa, el 37% de la superficie tiene alta prioridad en su atención, el 30% muy alta necesidad de atención, lo que junto a la superficie de máxima atención hacen que casi el 70% se encuentren en estas categorías. En la Figura 24, se representa su distribución espacial

Cuadro 5. Superficie de las categorías de atención prioritaria ambiental en la cuenca Santiago - Guadalajara.

CATEGORÍA DE APA	SUPERFICIE KM^2	%
No priorizada	564.57	6.21
Baja	1369.08	15.06

Media	926.57	10.19
Alta	3332.33	36.66
Muy Alta	2683.36	29.52
Máxima prioridad	213.42	2.35

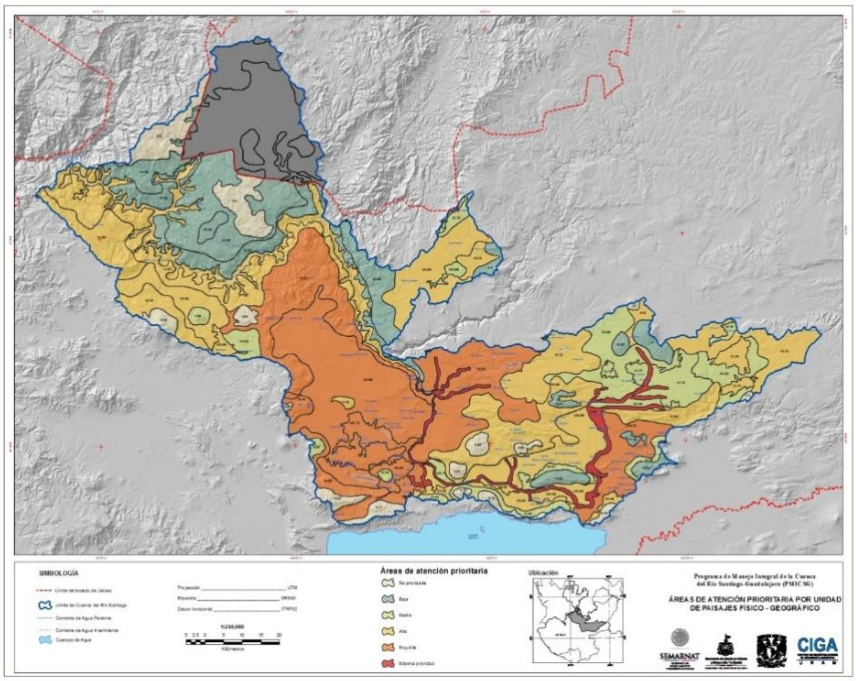


Figura 24. Distribución de las necesidades de atención ambiental por categorías, en las unidades de paisaje

En general, las Áreas de atención Prioritaria para el ambiente, son un indicador de que en esos espacios, los conflictos sectoriales están originando problemas ambientales con mayor intensidad, quizás indiquen hacia dónde se deba comenzar a dirigir los recursos, pero la situación ambiental de la Cuenca, en general, es desfavorable. Hay paisajes con alta degradación y situación desfavorable cuyas causas no son los conflictos entre sectores, sino la intensidad o mal uso de los mismos, por tanto, estas unidades no se deben descuidar; es necesario aplicar las estrategias y acciones encaminadas a minimizar los problemas ambientales de toda la Cuenca, sin descuidar las acciones que se deben emprender por las autoridades gubernamentales con la participación del sector empresarial y la sociedad civil.

Zonificación Ambiental

La Zonificación Ambiental o también llamada Regionalización Ecológica en México, (RLEEGPA - SEMARNAT, 2003) tiene como objetivo definir unidades de gestión ambiental (UGAs) y proponer las políticas ambientales que coadyuven a fundamentar una propuesta uso de cada unidad, lo que conforma el Modelo o Zonificación Funcional del territorio de estudio, de manera de lograr su sustentabilidad.

Unidades de Gestión Ambiental (UGAs)

Una UGA es la unidad mínima territorial donde se aplican tanto lineamientos como estrategias ambientales y de política territorial, aunadas con esquemas de manejo de recursos naturales, es decir, criterios o lineamientos finos del manejo de estos recursos, orientados a un desarrollo que transite a la sustentabilidad. (http://www.bitacoraordenamiento.yucatan.gob.mx/bitacora/index.php).

La propuesta de Zonificación ambiental e identificación de las UGAs al interior de las Zonas o Regiones Ambientales (Ecológicas) en la cuenca del Río Santiago, se realiza a partir de la asociación de paisajes físico-geográficos, teniendo en cuenta diversos factores que permiten definir la homogeneidad de las mismas:

- La pertenencia a determinadas unidades regionales de los paisajes y su clasificación en determinada localidad físico-geográfica. Ello asegura la homogeneidad relativa de las condiciones y recursos naturales, los cuales son similares en cada polígono de una misma localidad físico-geográfica.
- La analogía en la naturalidad de los paisajes, en la conservación de sus coberturas naturales.
- La analogía en la intensidad y grado de las transformaciones y modificaciones antropogénicas que han sufrido los paisajes desde que comenzaron a ser utilizados por los grupos sociales que le habitan, de la introducción de elementos antropogénicos en el paisaje para cumplir dichos usos o funciones.
- La analogía en la intensidad y el grado de los problemas ambientales en la unidades de paisaje, resultado de la incompatibilidad con el uso asignado o la superación de la capacidad de carga de la actividad antropogénica sobre el mismo, reflejado en una determinada situación ambiental.
- La analogía de los tipos y niveles de degradación de los componentes naturales y de los componentes sociales y económicos en el paisaje, como resultado de las acciones antropogénicas inadecuadas, reflejado en un determinado estado ambiental.

El análisis interrelacionado de estos factores nos ha permitido realizar la siguiente propuesta de Zonificación o Regionalización Ambiental distinguiendo Regiones ambientales integradas por Unidades de Gestión Ambiental:

Región Ambiental 1

En esta región se asocian paisajes que se encuentran en la Provincia físico-geográfica Mesas del Centro de México y en el contacto con la provincia físico-geográfica "Eje transversal Neovolcánico de México" (*), se refiere a los paisajes de "Los Altos", formado por relieves de planicies volcánicas y lomeríos volcánicos y tectónicos, con alturas entre los 1500 y 2300 m, y climas principalmente semicálido y también templado en las partes más altas. En la Zona aparecen volcanes aislados que forman paisajes de montañas en el contacto mencionado. Está integrada por 8 UGAs y 28 unidades de paisaje

(*)(http://www.ciga.unam.mx/publicaciones/images/abook_file/PropuestadelaRFGdeMexico.pdf).

Región Ambiental 2

En ésta se asocian paisajes que se encuentran en la provincia físico-geográfica "Eje transversal Neovolcánico de México" en su contacto con la provincia físico-geográfica "Mesas del Centro de México" y con la provincia físico-geográfica "Sierra Madre Occidental". Son paisajes formados en esencia por relieves de planicies volcánicas que han sido cortadas por las corrientes fluviales y formado amplios valles de planicies fluviales, limitadas al norte, por el relieve de altiplanos de las Mesas Centrales; al sur, estas planicies están limitadas por sistemas de montañas volcánicas, que constituyen el parteaguas entre la cuenca del Río Santiago y el Lago de Chapala, mientras que al suroeste, los sistemas de montañas volcánicas constituyen el parteaguas de la Cuenca de esta corriente y la separan de las planicies del Eje Neovolcánico Transversal y la Sierra Madre del Sur. Al norte, las planicies están limitadas por las estructuras de lomeríos o alturas premontañosas en el contacto con la Sierra Madre Occidental. Al interior de las llanuras o planicies, como es característico de esta provincia físico-geográfica, aparecen montañas aisladas, de origen volcánico. Está integrada por 6 UGAs y 38 unidades de paisaje

Región Ambiental 3

En esta se asocian paisajes que se encuentran en la provincia físico-geográfica "Sierra Madre Occidental" en contacto con el "Eje transversal Neovolcánico de México". Son paisajes formados en esencia por relieves de lomeríos y montañas volcánicas que han sido cortadas por las corrientes fluviales, formando barrancos profundos producto de su ascenso, en climas semicálido y cálido. Al sur los lomeríos están limitadas por planicies volcánicas y sistemas fluviales. Está integrada por 5 UGAs y 13 unidades de paisaje

En la
Tabla ***20***, se resumen, las Regiones ambientales, UGAs y unidades de paisaje que las integran y en la Figura 25 su distribución espacial en la Cuenca

Tabla 20. Regiones Ambientales, superficies de las UGAs y Unidades de Paisaje.

Región	UGA	Área (km^2)	%	Unidades de Paisaje
1	1.1	260.80	2.87	IX.74, IX.75, IX.76, IX.77, IX.78
	1.2	1254.73	13.80	VII.52, VII.54, VII.59, VII.60, VII.61.
	1.3	550.78	6.06	III.9, III.10, III.12, III.13
	1.4	86.64	0.95	VIII.65, IV.14, IV.15
	1.5	535.29	5.89	VI.37**,** VI.44, VI.45
	1.6	83.27	0.92	V.21, V.23, V.24, V.27
	1.7	64.64	0.71	I.1 y I.2
	1.8	46.29	0.51	II.3, II.4, II.5
2	2.1	854.82	9.40	VIII.64, VIII.66, VIII.67, VIII.68, VIII.69, VIII.70, VIII.71, VIII.72 VIII.73
	2.2	318.98	3.51	V.16, V.17, V.18, V.19, V.20, V.22, V.25, V.26, V.29, V.30, V.31, V.32
	2.3	361.12	3.97	VI.33, VI.34, VI.35, V.36, VI.38, VI.43, VI.47
	2.4	419.84	4.62	VII.48, VII.49, VII.50, VII.51, VII.53, VII.58 VII.63
	2.5	936.03	10.30	VII.62
	2.6	213.42	2.35	X.79
3	3.1	1557.75	17.14	VI.40, VI.41, VI.42, VI.46
	3.2	825.91	9.09	XI.80, XI.81, XI.82, XI.83, XI.84
	3.3	289.36	3.18	II.6 y II.8
	3.4	32.97	0.36	VII.55

Región	UGA	Área (km^2)	%	Unidades de Paisaje
	3.5	396.69	4.36	XII.85

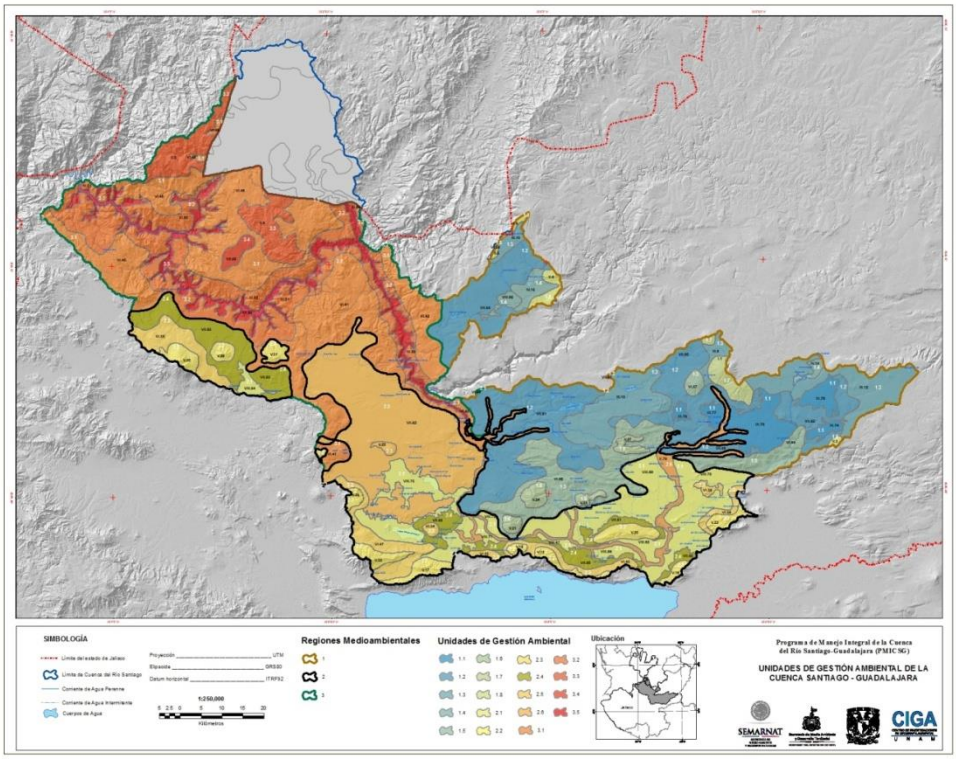


Figura 25. Distribución espacial de las Regiones Ambientales, UGAs y sus unidades de paisaje.

Políticas ambientales

En el artículo tercero de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, se expresan los conceptos fundamentales de las diferentes políticas ambientales, a saber:

- Aprovechamiento sustentable: La utilización de los recursos naturales en forma que se respete la integridad funcional y las capacidades de carga de los ecosistemas de los que forman parte dichos recursos, por períodos definidos.
- Preservación: El conjunto de políticas y medidas para mantener las condiciones que propicien la evolución y continuidad de los ecosistemas y hábitat naturales, así como conservar las poblaciones viables de especies en sus entornos naturales y los componentes de la biodiversidad fuera de sus hábitats naturales.

- Protección: El conjunto de políticas y medidas para mejorar el ambiente y controlar su deterioro.
- Restauración: Conjunto de actividades tendientes a la recuperación y restablecimiento de las condiciones que propician la evolución y continuidad de los procesos naturales.

En el presente proyecto, una vez evaluado el estado actual del medio ambiente y la situación ambiental de cada una de las unidades de paisajes y de las unidades de gestión ambiental (UGAs) y determinados los niveles de atención se confeccionaron los escenarios tendenciales dentro de la etapa III de Pronóstico (2030 y 2050) para las mismas, todo ello permitió la definición de las políticas ambientales que deberán aplicarse en cada unidad de gestión ambiental (UGA).

Uno de los primeros pasos para la definición de las políticas ambientales fue la evaluación del uso actual por UGA, el estado del medio ambiente como indicador de degradación, la situación ambiental como reflejo de la intensidad de los problemas ambientales y la situación hídrica en particular. Paralelamente, se analizaron los problemas de degradación socioeconómica y la presión demográfica en cada UGA (

Tabla ***21***).

La información empleada se obtuvo de los resultados de las etapas de Caracterización (I), Diagnóstico (II) y Pronóstico (III), así como de la descripción ambiental de cada una de las UGAs en esta etapa de Propuesta (IV). En el Cuadro 6 se presentan las combinaciones de políticas ambientales propuestas para las UGAs de la Cuenca.

Cuadro 6. Propuestas de políticas ambientales para la Cuenca Santiago -Guadalajara y superficie y % de ocupación.

Propuesta Política Ambiental	Área (km^2)	%
Aprovechamiento sustentable - Restauración - Protección	961.05	10.57
Aprovechamiento sustentable -Restauración.	3427.60	37.71
Protección	825.91	9.09
Protección- Preservación - Restauración	396.69	4.36
Protección-Preservación	83.27	0.92
Protección - Preservación	289.36	3.18
Protección - Aprovechamiento sustentable - Restauración	1557.75	17.14
Protección - Preservación	318.98	3.51

Propuesta Política Ambiental	Área (km^2)	%
Protección - Restauración	32.97	0.36
Protección con restauración	46.29	0.51
Restauración	1149.45	12.65

Como se puede observar del Cuadro, la política de mayor cobertura en la Cuenca es el Aprovechamiento sustentable combinado con la Restauración, lo que se refiere a las unidades con actividad agrícola de temporal, en particular maíz. Otro porcentaje importante lo ocupa la política de Protección - Aprovechamiento sustentable - Restauración, relacionada con la recuperación de unidades de paisajes de bosques y selvas con diferentes niveles de degradación. La política de Restauración, por si sola, ocupa un 12.65% de la superficie, lo que es indicativa de la fuerte degradación del territorio y la intensidad de los problemas ambientales (Figura 26).

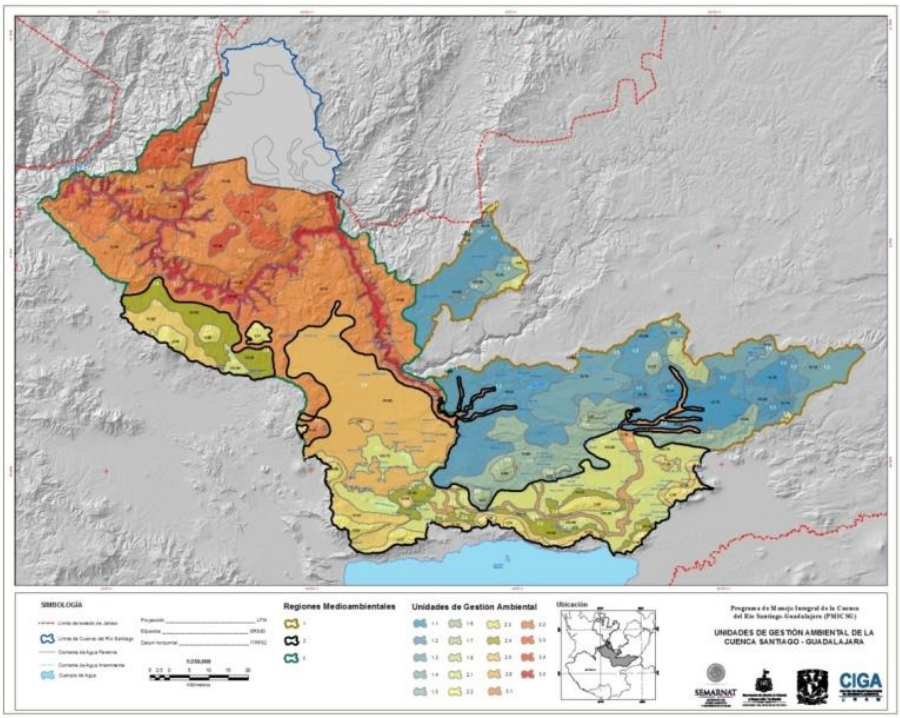


Figura 26. Políticas ambientales propuestas para las UGAs en la Cuenca Santiago -Guadalajara.

Tabla 21. Estado actual del medio ambiente, el uso de suelo, la situación hidrológica y la política ambiental propuesta por UGA.

Región	UGA	Uso y Cobertura Actual	Disponibilidad hídrica	Estado Actual del Medio Ambiente	Situación Ambiental	Propuesta de Política Ambiental	Observaciones
1	1.1	Agricultura de temporal	Baja retención-Déficit	Inestable e Inestable-crítico y Crítico	Poco favorable-Desfavorable	Aprovechamiento sustentable, con medidas de restauración.	La unidad IX.76 sobresale por su nivel crítico dentro de la UGA, con una situación ambiental muy desfavorable.
	1.2	Agricultura de temporal y agricultura de riego	Baja retención-Déficit	Inestable e Inestable-crítico	Poco favorable-Desfavorable	Aprovechamiento sustentable, con medidas de restauración.	---
	1.3	Agricultura de temporal y agricultura de riego	Baja retención	Inestable e Inestable-crítico	Poco favorable-Desfavorable	Aprovechamiento sustentable, con medidas de restauración.	---
	1.4	Agricultura de temporal, agricultura de riego y ganadería	Baja retención	Inestable-crítico	Desfavorable a Muy desfavorable	Aprovechamiento sustentable, con medidas de restauración.	En la unidad IV.14 predomina la ganadería.
	1.5	Agricultura de temporal, agricultura de riego, pasto inducido y bosque secundario	Baja a moderada retención	Estable (VI.37), Estable a Inestable (VI.45) e Inestable a Crítico (VI.44)	Favorable y Poco favorable a Desfavorable	Aprovechamiento sustentable, con medidas de restauración y protección	---
	1.6	Bosque secundario, bosque natural, agricultura de temporal y ganadería	Baja retención	Estable	Favorable	Protección-Preservación (en bosques naturales)	---
	1.7	Agricultura de temporal, Bosque secundario	Baja retención	Estable	Favorable	Aprovechamiento sustentable con restauración y protección	---
	1.8	Bosque secundario, agricultura de temporal y ganadería y bosque natural.	Baja retención	Estable, Estable-inestable e Inestable	Favorable y Poco favorable.	Protección con restauración	---
2	2.1	Agricultura de riego, agricultura de temporal, pastos	Baja retención a déficit moderado	Inestable a crítico	Desfavorable	Aprovechamiento sustentable con restauración	---

	2.2	Bosque natural, bosque secundario, agricultura de temporal	Baja retención	Estable e Inestable (V.25)	Favorable y Poco favorable (V.25)	Protección, Preservación (V.30)	La unidad V.30 mantiene muy bien la vegetación natural y oferta servicios ambientales
	2.3	Agricultura de temporal, pastos, bosque natural	Baja retención a déficit bajo a moderado	Estable a Inestable con predominio de Inestable e Inestable a crítico (VI.47)	Poco favorable y Desfavorable (VI.47)	Aprovechamiento sustentable con restauración y Protección	---------
	2.4	Agricultura de temporal, agricultura de riego, pastos bosque natural	Baja retención a déficit bajo a moderado	Inestable-crítico	Desfavorable	Aprovechamiento sustentable con restauración	----------
	2.5	Urbano (60%), agricultura de temporal	Baja a moderada retención	Crítico	Muy desfavorable	Restauración	---------
	2.6	Agricultura de temporal, urbano e industrial	Corriente permanente	Crítico	Muy desfavorable	Restauración	---------
3	3.1	Pastos, agricultura de temporal, bosque natural	Baja retención a déficit bajo a moderado	Estable-inestable (VI.42 y 46), Inestable (VI.40) e Inestable-crítico (VI.41)	Favorable a Desfavorable	Protección y aprovechamiento sustentable con restauración	---------
	3.2	Bosque natural, agricultura de temporal y pastos	Baja retención a déficit bajo	Estable-inestable e Inestable (XI.81)	Favorable a poco favorable	Protección	----------
	3.3	Bosque natural, pastos	Notable recarga de mantos freáticos	Estable	Muy favorable	Protección, Preservación	Posibilidad de servicios ambientales
	3.4	Agricultura de temporal, pastos y bosque natural	Baja retención	Estable	Muy favorable	Protección y restauración	----------
	3.5	Bosque natural, bosque secundario y agricultura de temporal	Corriente permanente	Inestable	Favorable	Protección, Preservación y restauración	----------

Zonificación funcional. Propuestas de uso

La zonificación funcional es el proceso de asignar usos o funciones a las UGAs para establecer un modelo que permita la sustentabilidad del territorio, priorizando las políticas de preservación, protección y restauración.

Tomando como base la política ambiental asignada a cada una de las 19 UGAs del territorio de la cuenca Santiago-Guadalajara, el uso y la cobertura actual, la prioridad de atención y la compatibilidad del uso actual con las condiciones naturales, se realizó la propuesta de uso como parte del modelo de sustentabilidad del territorio.

El nivel de compatibilidad se dividió en dos categorías: compatible y no compatible. Su definición y asignación a cada UGA consideró las características, potencialidades y limitaciones de sus condiciones naturales, así como los requerimientos técnicos y de intensidad de uso de las actividades socioeconómicas imperantes en la cuenca Santiago-Guadalajara. Ello permitió proponer el uso de suelo adecuado a futuro para las mismas (

*Tabla **22***).

Cuadro 7. Propuestas de combinaciones de Uso para la Cuenca Santiago -Guadalajara,

Propuesta de uso	Área (km2)	%
Agricultura semipermanente - permanente y de temporal. Agricultura de cobertura	1390.11	15.29
Agricultura semipermanente - permanente y de temporal. Agricultura de cobertura - Forestal.	419.84	4.62
Agricultura semipermanente - permanente y de temporal. Agricultura de cobertura - Ganadería extensiva.	2066.31	22.73
Forestal	3796.31	41.77
Forestal-Ganadero	32.97	0.36
Forestal -Agricultura semipermanente - permanente y de temporal. Agricultura de cobertura	361.12	3.97
Ganadería - agricultura de temporal y de riego	86.64	0.95
Urbano	936.03	10.30

Se establecieron 7 combinaciones de uso para las 19 UGAs, tomando como criterios el uso y cobertura actual, el nivel de compatibilidad con el uso propuesto, el nivel de atención prioritaria y la propuesta de política ambiental, entre otros. En el

*Cuadro **7***, se presentan las combinaciones de usos que se propusieron para las UGAs y la superficie que ocupan. El Uso Forestal es el de mayor superficie en la Cuenca, se trata de

recuperar importantes paisajes que tienen como función proteger el recurso hídrico, le sigue la Agricultura semipermanente - permanente y de temporal, la Agricultura de cobertura - Ganadería extensiva, que combina usos diferentes y propone nuevas formas de realizar la actividad agrícola. No se plantea el uso en Preservación, ya que la propuesta general es mantener las Áreas de conservación y ANPs, y declarar al Paisaje Volcán de Tequila como ANP; algunas de estas áreas tienen propuestas de políticas de protección y restauración dada su situación ambiental (Figura 27). No se propone uso urbano, la cifra que aparece es la ocupada actualmente por la urbanización en la Cuenca

Tabla 22. Propuestas de uso (zonificación funcional) para el Desarrollo Sustentable Territorial en la cuenca Santiago-Guadalajara.

Región	UGA	Uso y Cobertura Actual	Nivel de Atención Prioritaria	Propuesta de Política Ambiental	Nivel de compatibilidad con las condiciones naturales	Propuesta de Uso (Zonificación Funcional)	Observaciones
1	1.1	Agricultura de temporal	Alto (IX.74 y IX.76) y Medio.	Aprovechamiento sustentable, con medidas de restauración.	**Incompatible** (con clase de suelo y déficit hídrico)	Agricultura semipermanente (agave) y permanente. Agricultura de temporal con medidas de conservación y restauración de suelos. Agricultura de cobertura y ganadería extensiva.	Predominan las clases de suelo 5 (63%), que tienen vocación en primer término para uso forestal y agropecuario. La unidad tiene un 100% de uso agrícola temporal, lo que muestra incompatibilidad de uso, y presenta degradación alta de suelos por pérdida de fertilidad.
	1.2	Agricultura de temporal y agricultura de riego	Muy alto (VII.61), alto (VII.54) y Medio.	Aprovechamiento sustentable, con medidas de restauración.	**Incompatible** (con clase de suelo y baja retención hídrica)	Agricultura semipermanente (agave) y permanente. Agricultura de temporal con medidas de conservación y restauración de suelos. Agricultura de cobertura y ganadería extensiva.	Predominan las clases de suelo 5 (del 63 al 81%), que tienen vocación en primer término para uso forestal y agropecuario. La unidad tiene un 90 al 96 % de uso agrícola temporal, lo que muestra incompatibilidad de uso, y presenta degradación alta de suelos por pérdida de fertilidad.
	1.3	Agricultura de temporal y agricultura de riego	Alto (III.9, III.12 y III.13) y medio	Aprovechamiento sustentable, con medidas de restauración.	**Incompatible** (con clase de suelo y baja retención a bajo déficit hídrico)	Agricultura semipermanente (agave) y permanente. Agricultura de temporal con medidas de conservación y restauración de	Predominan las clases de suelo 3 y 5 (90%), que tienen vocación en primer término para uso forestal y agropecuario. La unidad tiene un 90 al 95 % de uso agrícola temporal, lo que muestra incompatibilidad de uso, y presenta degradación

Región	UGA	Uso y Cobertura Actual	Nivel de Atención Prioritaria	Propuesta de Política Ambiental	Nivel de compatibilidad con las condiciones naturales	Propuesta de Uso (Zonificación Funcional)	Observaciones
						suelos. Agricultura de cobertura y ganadería extensiva.	alta de suelos por pérdida de fertilidad.
	1.4	Agricultura de temporal, agricultura de riego y ganadería	Alto (IV.15) y medio	Aprovechamiento sustentable, con medidas de restauración.	**Compatibilidad** con ganadería e **Incompatibilidad** con la agricultura de temporal y de riego (con clase de suelo y baja retención hídrica)	Ganadería en suelos de clase 4, 5 y 3; y la agricultura de temporal y de riego en aquellas zonas con suelo clase 2.	Predominan las clases de suelo 4, 5 y 3 (entre 60 y 95 %), que tienen vocación en primer término para uso forestal y agropecuario. La unidad tiene aproximadamente entre 50 y 100 % de uso agrícola temporal, lo que muestra incompatibilidad de uso, y presenta degradación alta de suelos por pérdida de fertilidad. Presenta un 43 % de uso ganadero que es compatible.
	1.5	Agricultura de temporal, agricultura de riego, pasto inducido y bosque secundario	Alto (VI.44 y VI.45) y Bajo	Aprovechamiento sustentable, con medidas de restauración y protección	**Compatible** ((con clase de suelo y moderada retención hídrica)	Agricultura semipermanente y permanente. Agricultura de temporal con medidas de conservación y restauración de suelos. Agricultura de cobertura.	Predominan las clases de suelo 2 y 1 (entre 73 y 90 %), con vocación agrícola.
	1.6	Bosque secundario, bosque natural, con agricultura de temporal y ganadería a menor escala	Bajo a No priorizado	Protección-Preservación (en bosques naturales)	**Compatible** con actividad forestal (con suelo y baja retención hídrica)	Forestal	Predominan la clase de suelo tipo 2 (del 88 al 100 %).
	1.7	Agricultura de temporal, Bosque secundario	Bajo a No priorizado	Aprovechamiento sustentable con restauración y protección	I**ncompatible** con actividad agrícola (con clase de suelo y baja a moderada retención hídrica) y **Compatible** con actividad forestal.	Forestal	Predominan las clases de suelo tipo 2 y 5 (del 70 al 100 %).
	1.8	Bosque secundario, agricultura	Bajo a No priorizado	Protección con restauración	Compatible con actividad	Forestal	Predominan las clases de suelo tipo 5, 2, y 3 (del 50 al

Región	UGA	Uso y Cobertura Actual	Nivel de Atención Prioritaria	Propuesta de Política Ambiental	Nivel de compatibilidad con las condiciones naturales	Propuesta de Uso (Zonificación Funcional)	Observaciones
		de temporal y ganadería y bosque natural.			forestal.		60% la clase 5)
2	2.1	Agricultura de riego, agricultura de temporal, pastos	Alto a Muy alto	Aprovechamiento sustentable con restauración	**Compatible** con actividad agrícola y ganadería.	Agricultura semipermanente y permanente. Agricultura de temporal con medidas de conservación y restauración de suelos. Agricultura de cobertura.	Predominan los suelos de clase 1 (100 %)
	2.2	Bosque natural, bosque secundario, agricultura de temporal	No priorizado	Protección, Preservación (V.30)	**Compatible** con actividad forestal.	Forestal	Predominan las clases de suelo1, 2 y 5 (100 %).
	2.3	Agricultura de temporal, pastos, bosque natural	Media, Alta y muy alta (VI.38 y VI.47)	Aprovechamiento sustentable con restauración y Protección	**Compatible** con actividades agrícolas, ganaderas y forestales.	Forestal. Agricultura semipermanente y permanente. Agricultura de temporal con medidas de conservación y restauración de suelos. Agricultura de cobertura.	Predominan las clases de suelo1 y 2 (100 %).
	2.4	Agricultura de temporal, agricultura de riego, pastos bosque natural	Medio (VII.51 y VII.53), Alto (VII.48, VII.49 y VII.63) y Muy alto (VII.58)	Aprovechamiento sustentable con restauración	**Compatible** con actividades agrícolas, ganaderas y forestales.	Agricultura semipermanente y permanente. Agricultura de temporal con medidas de conservación y restauración de suelos. Agricultura de cobertura. Forestal.	Predominan las clases de suelo1 y 2 (100 %).
	2.5	Urbano (60%), agricultura de temporal	Muy alto (VII.62)	Restauración	**Incompatible**	Urbano (posee un uso urbano histórico).	Predominan la clase de suelo 2 y 5 (90 %).
	2.6	Agricultura de temporal, urbano e industrial	Muy alto (X.79)	Restauración	**Incompatible** (con agricultura y uso urbano e industrial)	Forestal	Predominan la clase de suelo 1, 2 y 5 (100 %).
3	3.1	Pastos, agricultura	Alto (VI.40) y Muy alto	Protección y aprovechamiento	**Compatible** con	Forestal	Predominan la clase de suelo

Región	UGA	Uso y Cobertura Actual	Nivel de Atención Prioritaria	Propuesta de Política Ambiental	Nivel de compatibilidad con las condiciones naturales	Propuesta de Uso (Zonificación Funcional)	Observaciones
		de temporal, bosque natural	(VI.41)	sustentable con restauración	uso forestal		5 y 2 (del 70 al 100 %).
	3.2	Bosque natural, agricultura de temporal y pastos	Alto (XI.81) y Bajo	Protección	**Compatible** con uso forestal	Forestal	Predominan la clase de suelo 5 y 2 (del 70 al 100 %).
	3.3	Bosque natural, pastos	No priorizado	Protección, Preservación	**Compatible** con uso forestal	Forestal	Predominan la clase de suelo 5 y 2 (del 70 al 100 %).
	3.4	Agricultura de temporal, pastos y bosque natural	Bajo	Protección y restauración	**Incompatible** con la agricultura (por clase de suelo y baja retención de agua), pero compatible con la ganadería extensiva.	Forestal-Ganadero	Predominan las clases de suelo 4 (75 %) y 5 (25 %), que tienen vocación en primer término para uso forestal y ganadero. La unidad tiene un 54 de uso agrícola temporal y un 22 % de pastos, lo que muestra incompatibilidad de uso, y presenta degradación alta de suelos por pérdida de fertilidad.
	3.5	Bosque natural, bosque secundario y agricultura de temporal	Alto	Protección, Preservación y restauración	**Incompatible** con la agricultura (por clase de suelo y baja retención de agua), pero compatible uso forestal	Forestal	Predominan los suelos de clase 5 que tienen vocación en primer término para uso forestal

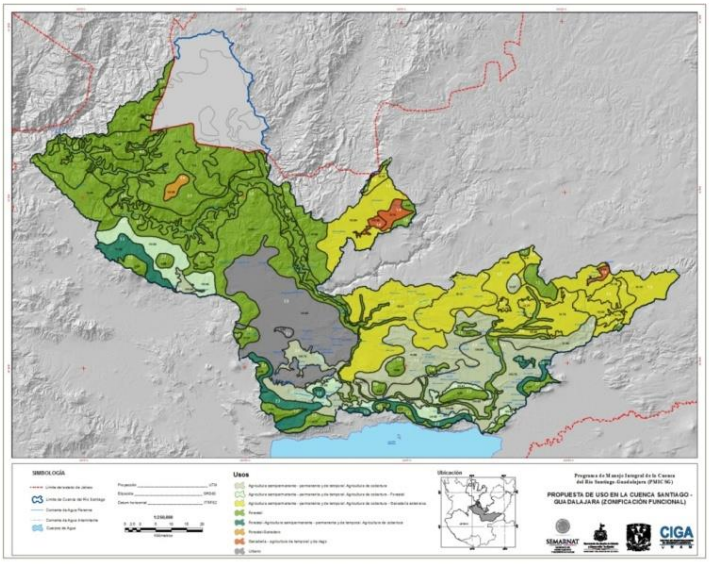


Figura 27. Distribución espacial de los Usos propuestos para las UGAs en la cuenca Santiago - Guadalajara

LINEAMIENTOS Y ESTRATEGIAS PARA EL DESARROLLO SUSTENTABLE DE LA CUENCA.

Los 9 lineamientos ambientales que se formulan para este Programa de Manejo Integrado del Territorio, reflejan el estado deseable para las regiones y unidades de gestión ambiental y se instrumentan a través de las estrategias y acciones que en lo ambiental, social y económico se deberán promover para alcanzar los estados y situaciones ambientales deseables del territorio.

Por su parte, las estrategias que se presentan, definidas como los objetivos específicos y las acciones para su consecución, fueron construidas a partir de la caracterización, el diagnóstico, el pronóstico y el modelo de ocupación (zonificación funcional) comprendidos en la propuesta presentada.

Las estrategias y acciones se implementarán, por las instancias correspondientes de los gobiernos estatal y municipal, con base en lo establecido en los programas sectoriales y políticas públicas existentes y futuras para dar cumplimiento a los objetivos de este programa de manejo integrado. En este sentido, se definieron tres grandes grupos de estrategias: las dirigidas a lograr la sustentabilidad ambiental del territorio, las dirigidas al mejoramiento del sistema social e infraestructura urbana y las dirigidas al fortalecimiento de la gestión y la coordinación institucional.

Los lineamientos para el desarrollo sustentable territorial a cumplir son los siguientes:

1. Proteger y usar responsablemente el patrimonio natural y cultural del territorio, consolidando la aplicación y el cumplimiento de la normatividad en materia ambiental, desarrollo rural y ordenamiento ecológico del territorio.
2. Mejorar la planeación y coordinación existente entre las distintas instancias y sectores económicos que intervienen en la instrumentación del programa de manejo integrado del territorio, con la activa participación de la sociedad en las acciones propuestas.
3. Contar con autoridades de los tres niveles de gobierno y con una población con conciencia ambiental y responsable del uso sustentable del territorio, fomentando la educación ambiental a través de los medios de comunicación y sistemas de educación y salud.
4. Contar con mecanismos de coordinación y responsabilidad compartida entre los diferentes niveles de gobierno para la protección, conservación y restauración del patrimonio natural.

5. Preservar los sistemas hídricos a través de las acciones coordinadas entre las instituciones y la sociedad civil.
6. Promover la conservación de los recursos naturales y la biodiversidad, mediante formas de utilización y aprovechamiento sustentable que beneficien a los habitantes locales y eviten el deterioro del patrimonio natural.
7. Brindar información actualizada y confiable para la toma de decisiones en la instrumentación del programa de manejo integrado del territorio.
8. Fomentar la coordinación gubernamental a fin de fortalecer y hacer más eficiente al sistema económico y los programas sociales.
9. Reducir las tendencias de degradación ambiental, consideradas en los escenarios tendenciales (2030 y 2050) del pronóstico, a través de la observación de las políticas ambientales y públicas.

ESTRATEGIAS

I. Dirigidas a lograr la Sustentabilidad Ambiental del Territorio

A. Dirigidas a la Preservación

Estrategia 1. Preservación, conocimiento, análisis y monitoreo de los geosistemas, ecosistemas y su biodiversidad. Contiene 15 posibles acciones

B. Dirigidas al Aprovechamiento Sustentable

Estrategia 2. Manejo adecuado de los recursos agua y suelo para un aprovechamiento sustentable. Contiene 17 posibles acciones

Estrategia 3: Manejo adecuado de los recursos forestales para un aprovechamiento sustentable. Contiene 3 posibles acciones

C. Dirigidas a la Protección

Estrategia 4. Propiciar el equilibrio de las cuencas y acuíferos sobreexplotados. Contiene 5 posibles acciones.

Estrategia 5: Reglamentar el uso del agua en las principales cuencas y acuíferos para su protección. Contiene 5 posibles acciones

Estrategia 6: Mantener en condiciones adecuadas de funcionamiento las presas administradas por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). Contiene 2 posibles acciones

Estrategia 7: Valoración de los servicios ambientales. Contiene 7 posibles acciones

Estrategia 8: Racionalizar el uso de agroquímicos y promover el uso de biofertilizantes. Contiene 4 posibles acciones.

D. Dirigidas a la Restauración

Estrategia 9: Restauración forestal y de suelos agropecuarios. Contiene 7 posibles acciones

E. Dirigidas al aprovechamiento sustentable en actividades de servicios

Estrategia 10: Rediseñar los instrumentos de política hacia el fomento productivo del turismo. Contiene 5 posibles acciones

II. Dirigidas al Mejoramiento del Sistema Social e Infraestructura Urbana.

A. Suelo Urbano y Vivienda.

Estrategia 11: Mejorar las condiciones de vivienda y entorno de los hogares en condiciones de pobreza. Contiene 6 acciones

B. Zonas de riesgo y prevención de contingencias

Estrategia 12: Prevenir, mitigar y atender los riesgos naturales y antrópicos en acciones coordinadas entre los tres órdenes de gobierno de manera corresponsable con la sociedad civil. Contiene 3 posibles acciones

C. Agua y Saneamiento.

Estrategia 13: Incrementar el acceso y calidad de los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento de la región. Contiene 4 posibles acciones

Estrategia 14: Consolidar la calidad del agua en la gestión integral del recurso hídrico. Contiene 4 posibles acciones

Estrategia 15: Posicionar el tema del agua como un recurso estratégico en el territorio. Contiene 4 posibles acciones

D. Infraestructura y equipamiento urbano y regional.

Estrategia 16: Modernizar la red carretera a fin de ofrecer mayor seguridad y accesibilidad a la población y así contribuir a la integración inter e intrarregional. Contiene 4 posibles acciones. Contiene 5 posibles acciones

Estrategia 17: Generar e impulsar las condiciones necesarias para el desarrollo sustentable de las localidades urbanas y de la zona metropolitana, asegurando la calidad ambiental. Contiene 5 posibles acciones

Estrategia 18: Frenar la expansión desordenada de las ciudades y la zona metropolitana, dotarlas de suelo apto para el desarrollo urbano. Contiene 4 posibles acciones.

E. Desarrollo social.

Estrategia 19: Optimizar la utilización de recursos públicos que conlleven a incrementar el acceso a servicios en el medio rural y reducir la pobreza. Contiene 5 posibles acciones

Estrategia 20: Promover la diversificación de las actividades productivas en el sector agroalimentario y llevar a cabo una política alimentaria integral que permita mejorar la nutrición de la población. Contiene 4 posibles acciones

Estrategia 21: Fomentar el desarrollo de capacidades básicas de las personas en condición de rezago educativo y propiciar la educación media y superior. Contiene 6 posibles acciones

Estrategia 22: Facilitar el acceso al uso de los servicios de salud, especialmente por las familias en situación de pobreza. Contiene 2 posibles acciones

Estrategia 23: Atender las necesidades de los adultos mayores mediante la integración social y la igualdad de oportunidades. Promover la asistencia social a los adultos mayores en condiciones de pobreza o vulnerabilidad, dando prioridad a la población de 70 años y más, que habita en comunidades rurales con los mayores índices de rezago. Contiene una posible acción.

Estrategia 24: Procurar el acceso a instancias de protección social a personas en situación de vulnerabilidad. Contiene 2 posibles acciones.

F. Infraestructura industrial y capacidad energética.

Estrategia 25: Descentralizar la ubicación de las nuevas industrias en parques especializados hacia el exterior de la Zona Metropolitana y de las localidades urbanas, reduciendo la emisión de gases y residuos sólidos y líquidos contaminantes. Contiene 7 posibles acciones.

Estrategia 26: Fortalecer la confiabilidad y la seguridad energética para el suministro de electricidad en el territorio, mediante la diversificación de las fuentes de energía, incrementando la participación de tecnologías limpias. Contiene 10 posibles acciones.

Las Estrategias y Acciones propuestas para cada Unidad de gestión Ambiental se muestran en la Tabla 23.

Tabla 23. Estrategias de Manejo Integrado para la cuenca Santiago-Guadalajara.

Región	UGA (Paisajes)	Uso y Cobertura Actual	Nivel de Atención Prioritaria	Propuesta de Política Ambiental	Propuesta de Uso (Zonificación Funcional)	Estrategias
1	1.1 (IX.74, IX.75, IX.76, IX.77 y IX.78)	Agricultura de temporal	Alto (IX.74 y IX.76) y Medio.	Aprovechamiento sustentable, con medidas de restauración.	Agricultura semipermanente (agave) y permanente. Agricultura de temporal con medidas de conservación y restauración de suelos. Agricultura de cobertura y	2, 3, 6, 8, 9, 11, 13, 14,15, 16, 19, 20, 21, 22, 23, 24,

Región	UGA (Paisajes)	Uso y Cobertura Actual	Nivel de Atención Prioritaria	Propuesta de Política Ambiental	Propuesta de Uso (Zonificación Funcional)	Estrategias
					ganadería extensiva.	25, 26
	1.2 (VII.52, VII.54, VII.59, VII.60, VII.61)	Agricultura de temporal y agricultura de riego	Muy alto (VII.61), alto (VII.54) y Medio.	Aprovechamiento sustentable, con medidas de restauración.	Agricultura semipermanente (agave) y permanente. Agricultura de temporal con medidas de conservación y restauración de suelos. Agricultura de cobertura y ganadería extensiva.	2, 3, 6, 8, 9, 11, 13, 14,15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26
	1.3 (III.9, III.10, III.12, III.13)	Agricultura de temporal y agricultura de riego	Alto (III.9, III.12 y III.13) y medio	Aprovechamiento sustentable, con medidas de restauración.	Agricultura semipermanente (agave) y permanente. Agricultura de temporal con medidas de conservación y restauración de suelos. Agricultura de cobertura y ganadería extensiva.	2, 3, 6, 8, 9, 11, 13, 14,15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26
	1.4 (VIII.65, IV.14, IV.15)	Agricultura de temporal, agricultura de riego y ganadería	Alto (IV.15) y medio	Aprovechamiento sustentable, con medidas de restauración.	Ganadería en suelos de clase 4, 5 y 3; y la agricultura de temporal y de riego en aquellas zonas con suelo clase 2.	2, 3, 6, 8, 9, 11, 13, 14,15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26
	1.5 (VI.37**,** VI.44, VI.45)	Agricultura de temporal, agricultura de riego, pasto inducido y bosque secundario	Alto (VI.44 y VI.45) y Bajo	Aprovechamiento sustentable, con medidas de restauración y protección	Agricultura semipermanente y permanente. Agricultura de temporal con medidas de conservación y restauración de suelos. Agricultura de cobertura.	2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 11, 13, 14,15, 16, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26
	1.6 (V.21, V.23, V.24, V.27)	Bosque secundario, bosque natural, con agricultura de temporal y ganadería a menor escala	Bajo a No priorizado	Protección-Preservación (en bosques naturales)	Forestal	4, 5, 1, 9, 10, 11, 12, 13, 14,15, 19, 21, 22, 23, 24, 26
	1.7 (I.1, I.2)	Agricultura de temporal, Bosque secundario	Bajo a No priorizado	Aprovechamiento sustentable con restauración y protección	Forestal	2, 3, 4, 5, 10, 11, 12, 13, 14,15, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 26
2	**2.1**	Agricultura de riego, agricultura	Alto a Muy	Aprovechamiento sustentable con	Agricultura semipermanente y permanente. Agricultura de	2, 3, 6, 8, 9, 11, 13,

Región	UGA (Paisajes)	Uso y Cobertura Actual	Nivel de Atención Prioritaria	Propuesta de Política Ambiental	Propuesta de Uso (Zonificación Funcional)	Estrategias
	(VIII.64, VIII.66, VIII.67, VIII.68, VIII.69, VIII.70, VIII.71, VIII.72, VIII.73)	de temporal, pastos	alto	restauración	temporal con medidas de conservación y restauración de suelos. Agricultura de cobertura.	14,15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26
	2.2 (V.16, V.17, V.18, V.19, V.20, V.22, V.25, V.26, V.29, V.30, V.31, V.32)	Bosque natural, bosque secundario, agricultura de temporal	No priorizado	Protección, Preservación (V.30)	Forestal	4, 5, 1, 7, 9, 10, 11, 12, 13, 14,15, 19, 21, 22, 23, 24, 25, 26
	2.3 (VI.33, VI.34, VI.35, VI.36, VI.38, VI.43, VI.47)	Agricultura de temporal, pastos, bosque natural	Media, Alta y muy alta (VI.38 y VI.47)	Aprovechamiento sustentable con restauración y Protección	Forestal. Agricultura semipermanente y permanente. Agricultura de temporal con medidas de conservación y restauración de suelos. Agricultura de cobertura.	2, 3, 4, 5, 8, 9, 11, 13, 14,15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26
	2.4 (VII.48,VII.49, VII.50,VII.51, VII.53,VII.58, VII.63)	Agricultura de temporal, agricultura de riego, pastos bosque natural	Medio (VII.51 y VII.53), Alto (VII.48, VII.49 y VII.63) y Muy alto (VII.58)	Aprovechamiento sustentable con restauración	Agricultura semipermanente y permanente. Agricultura de temporal con medidas de conservación y restauración de suelos. Agricultura de cobertura. Forestal.	2, 3, 4, 5, 8, 9, 11, 13, 14,15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26
	2.5 (VII.48, VII.49, VII.50, VII.51, VII.53, VII.58, VII.63)	Agricultura de temporal, agricultura de riego, pastos bosque natural	Medio (VII.51 y VII.53), Alto (VII.48, VII.49 y VII.63) y Muy alto (VII.58)	Aprovechamiento sustentable con restauración	Agricultura semipermanente y permanente. Agricultura de temporal con medidas de conservación y restauración de suelos. Agricultura de cobertura. Forestal.	2, 3, 6, 8, 9, 11, 13, 14,15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26
	2.6 (VII.62)	Urbano (60%), agricultura de temporal	Muy alto (VII.62)	Restauración	Urbano (posee un uso urbano histórico).	6, 10, 11, 12, 13, 14,15, 16, 17, 18, 19, 21, 22, 23,

Región	UGA (Paisajes)	Uso y Cobertura Actual	Nivel de Atención Prioritaria	Propuesta de Política Ambiental	Propuesta de Uso (Zonificación Funcional)	Estrategias
						24, 25, 26
	2.7 (X.79)	Agricultura de temporal, urbano e industrial	Muy alto (X.79)	Restauración	Forestal	6, 9, 10, 11, 12, 13, 14,15, 19, 21, 22, 25, 26
3	**3.1** (VI.40, VI.41, VI.42, VI.46)	Pastos, agricultura de temporal, bosque natural	Alto (VI.40) y Muy alto (VI.41)	Protección y aprovechamiento sustentable con restauración	Forestal	4, 5, 2, 3, 6, 9, 10, 11, 13, 14, 15, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26
	3.2 (XI.80, XI.81, XI.82, XI.83, XI.84)	Bosque natural, agricultura de temporal y pastos	Alto (XI.81) y Bajo	Protección	Forestal	4, 5, 6, 10, 11, 13, 14,15, 17, 18, 19, 21, 22, 23, 24, 25, 26
	3.3 (II.6, II.8)	Bosque natural, pastos	No priorizado	Protección, Preservación	Forestal	4, 5, 1, 7, 10, 11, 13,15, 19, 21, 22, 23, 24, 26
	3.4 (VII.55)	Agricultura de temporal, pastos y bosque natural	Bajo	Protección y restauración	Forestal-Ganadero	4, 5, 6, 9, 11, 13, 14,15, 17, 18, 19, 21, 22, 23, 24, 26
	3.5 (XII.85)	Bosque natural, bosque secundario y agricultura de temporal	Alto	Protección, Preservación y restauración	Forestal	12, 13, 14,15, 17, 18, 19, 21, 22, 23, 24, 26

Las estrategias para el fortalecimiento de la gestión y la coordinación interinstitucional en el marco del manejo integrado de la cuenca van dirigidas a las instituciones del estado y los municipios.

III. Dirigidas al Fortalecimiento de la gestión y la coordinación institucional.

A. Marco Jurídico

Estrategia 27: Asegurar la definición y el respeto al marco jurídico del manejo del agua. Contiene 2 posibles acciones

B. Planeación del manejo integrado del territorio.

Estrategia 28: Impulsar el desarrollo integrado mediante acciones coordinadas entre los tres órdenes de gobierno y concertadas con la sociedad civil. Contiene 4 posibles acciones

Proyectos Recomendados

Como resultado del análisis y propuesta, se hace también la recomendación de un conjunto de temas de proyectos que deberían ejecutarse en la Cuenca para garantizar un mínimo de las propuestas para el desarrollo sustentable. La mayoría de estos proyectos tratan de cumplir con las acciones y estrategias planteadas. Ellos se proponen en un contexto espacial, por eso se diferencian según las Regiones ambientales cuya problemática ambiental es similar, aunque algunos se relacionan a Unidades de Gestión Ambiental en particular. Estos proyectos deben ser además revisados con la SEMADET para conocer su posible realización y consensuar un orden de prioridades, aspectos que no se incluyen en esta propuesta.

Región Ambiental 1

Esta Región se caracteriza por un conjunto de paisajes de llanuras y lomeríos, dedicados a varias actividades económicas que por su antigüedad han conformado la historia ambiental del territorio; entre ellas la agricultura de temporal, que ha sido sustituida poco a poco por la de Riego y en los últimos años por la agricultura de cultivos tapados. Otra actividad importante ha sido la producción Tequilera y la industria de la Construcción con la actividad de fabricación de ladrillos, que entre otras crean la problemática ambiental estudiada, así, las propuestas de proyectos deben ir dirigidas a:

- Estudiar la posible diversificación de la actividad económica en general y en particular de la agricultura en las UGAs de la Región, establecer cultivos permanentes y semipermanentes en sustitución de la agricultura de temporal, también en particular la agricultura tapada por el ahorro de agua y la disminución de la fertilización y de los cultivos de cobertura o cultivo de relevo para enriquecer el suelo después del temporal, estructuras de Contreo para el aprovechamiento de lluvia, etc.
- Estudiar el uso óptimo y establecer el control del uso de fertilizantes en la actividad agrícola, de manera de eliminar el exceso de los mismos que está provocando contaminación y eutroficación en las corrientes fluviales y presas del territorio.

- Estudiar el uso de suelo en la actividad agavera, proponiendo las medidas más adecuadas de manejo y conservación de esta actividad, en particular en los paisajes de pendientes fuertes y en los de suelos muy fértiles teniendo en cuenta la degradación que produce este cultivo.
- Estudiar las formas de manejo del suelo en paisajes con problemas de degradación de suelos por erosión o fertilidad, proponer medidas de restauración que pueden implicar cambios de uso a forestal o de formas de manejo en terrazas de muro vivo y empastado de taludes de cárcavas entre otras.
- Estudiar las formas adecuadas del uso en ganadería de forma que no se supere la capacidad de carga en el pastoreo, la repastización de agostaderos, la producción de piensos y la ganadería tecnificada estabulada. Estudio de posibilidad de establecer sistemas agroforestales para conjugar el uso ganadero y forestal, cercas vivas con frutales, etc.
- Estudiar el fomento de la regeneración natural de los bosques de ribera en las corrientes permanentes y temporales con especies de valor maderable y adaptadas a las condiciones riparias y en las zonas de vegetación secundaria.
- Realizar el inventario y la auditoría de todas las instalaciones de diferente tipo en la producción de tequila, desde la deposición del residuo orgánico por la jima, al tratamiento de los residuales en todas las etapas del proceso, incluidos los volúmenes de agua utilizados.
- Realizar el inventario y el funcionamiento, así como la regulación del proceso de producción de las "ladrilleras" ,en particular controlando el uso de la leña como combustible para los hornos y ofertando nuevas fuentes de energía en la producción.
- Proyecto de reforestación de los paisajes de montañas, control de la deforestación, pago por servicios ambientales en bosques de protección y evaluación de potenciales para usos turísticos.
- Investigar las causas del analfabetismo y rezago educativo en la Región para promover una campaña de alfabetización e incorporación de jóvenes a los estudios , o conocer prioridades en los programas al respecto

Región Ambiental 2

Esta Región está formada por un conjunto de UGAs integradas por paisajes de llanuras fluviales y de planicies de pie de monte de los sistemas montañosos que conforman el parteaguas sur de la Cuenca; estos paisajes han tenido un uso histórico agrícola con sistemas de riego cuyas fuentes de agua han sido los Ríos Zula y Santiago y alguno de sus afluentes en el sur de la Cuenca y que hoy se encuentran saturadas por el uso

durante mucho tiempo de fuertes e intensas cargas de fertilizantes nitrogenados y fosforados y contaminadas con residuales líquidos de la población y la industria. Hacia el sur oeste de la Cuenca hay un uso histórico de los paisajes agaveros en las llanuras y lomeríos de Tequila. Los sistemas montañosos han sido declarados en las dos últimas décadas como Áreas de Conservación de diferentes categorías, lo que les ha permitido la protección de algunos bosques que por la deforestación y el avance de la frontera agropecuaria hoy se someten a fuertes presiones antropogénicas. Así los proyectos deben ir dirigidos a:

- Estudiar la posible diversificación de la actividad económica en general y en particular de la agricultura en las UGAs de la Región, establecer cultivos permanentes y semipermanentes en sustitución de la agricultura de temporal, también en particular la agricultura tapada por el ahorro de agua y la disminución de la fertilización y de los cultivos de cobertura o cultivo de relevo para enriquecer el suelo después del temporal, estructuras de Contreo para el aprovechamiento de lluvia, etc.
- Estudiar el uso óptimo y establecer el control del uso de fertilizantes en la actividad agrícola, de manera de eliminar el exceso de los mismos que está provocando contaminación y eutroficación en las corrientes fluviales y presas del territorio
- Estudiar el uso de suelo en la actividad agavera, proponiendo las medidas más adecuadas de manejo y conservación de esta actividad, en particular en los paisajes de pendientes fuertes y en los de suelos muy fértiles teniendo en cuenta la degradación que produce este cultivo
- Estudiar las formas de manejo del suelo en paisajes con problemas de degradación de suelos por erosión o fertilidad, proponer medidas de restauración que pueden implicar cambios de uso a forestal o de formas de manejo en terrazas de muro vivo y empastado de taludes de cárcavas entre otras.
- Estudiar las formas adecuadas del uso en ganadería de forma que no se supere la capacidad de carga en el pastoreo, la repastización de agostaderos, la producción de piensos y la ganadería tecnificada estabulada. Estudio de posibilidad de establecer sistemas agroforestales para conjugar el uso ganadero y forestal, cercas vivas con frutales, etc.
- Estudiar el fomento de la regeneración natural de los bosques de ribera en las corrientes permanentes y temporales con especies de valor maderable y adaptadas a las condiciones riparias y en las zonas de vegetación secundaria.
- Realizar el inventario y la auditoría de todas las instalaciones de diferente tipo en la producción de tequila, desde la deposición del residuo orgánico por la jima, al tratamiento de los residuales en todas las etapas del proceso, incluidos los volúmenes de agua utilizados.

- Recuperación de Áreas con categorías de Conservación, proyecto de reforestación de los paisajes de montañas, control de la deforestación, pago por servicios ambientales en bosques de protección y evaluación de potenciales para usos turísticos, control de la frontera agropecuaria hacia estos territorios.
- Investigar las causas del analfabetismo y rezago educativo en la Región para promover una campaña de alfabetización e incorporación de jóvenes a los estudios, o conocer prioridades en los programas al respecto.

Región Ambiental 3

Esta Región la integran UGAs relacionadas con paisajes de lomeríos y montañas con cimas de planicies o planaltos, de suma importancia para la protección del recurso agua pues son zonas de recarga o alimentadoras del resto de la Cuenca. En ella se ha iniciado en épocas más recientes un uso ganadero con la construcción de numerosos bordos con la tendencia al cambio hacia un uso agrícola de temporal en suelos sin potencial para esta actividad, con una fuerte deforestación y degradación de suelos por erosión y pérdida de fertilidad principalmente en los paisajes de menores pendientes. La deforestación selectiva está provocando un aumento de la vegetación de bosques secundarios y perdida del bosque natural con las consecuencias conocidas para la biodiversidad y los suelos y la disminución en la retención de las precipitaciones. El paisaje de la Barranca debe ser protegido en su totalidad por sus valores en la protección de la corriente fluvial y por su alto potencial turístico una vez mejorada la calidad de las agua del Río Santiago. Los proyectos deben ir dirigidos a:

- Inventario de bosques naturales y declaración de nuevas zonas de protección con el pago de servicios ambientales u otras formas que aseguren no sean desforestados.
- Inventario y Reforestación de bosques secundarios con especies autóctonas en aquellos donde aún no ha ocurrido la degradación de los suelos por su importancia en la protección de recursos como el agua.
- Control de la actividad ganadera, cálculo de la capacidad de carga de ganado y aseguramiento de su cumplimiento, repastización de agostaderos; la producción de piensos y la ganadería tecnificada estabulada de ser posible. Estudio para establecer sistemas agroforestales que conjuguen el uso ganadero y forestal.
- Estudio para la sustitución de actividades agrícolas de temporal, por la producción de forrajes en donde las pendientes lo permitan, o por cultivos permanentes como frutales en combinación de cercas vivas, laboreo en terrazas, buscando la optimización de la actividad económica y la protección de suelos.

- Evaluar las potencialidades del turismo, que en nuestro criterio son muy altas, en esta Región, como alternativa económica de protección de estos bosques, aunque la gran limitante es la mala calidad de las aguas del Río Santiago.
- Evaluar el estado de las ANP y de protección hídrica del territorio ya que se observa una fuerte presión de la actividad urbana, la cual es incompatible con las peculiaridades de los paisajes, en particular hacia el norte de Zapopan donde la ciudad comienza a desplazarse a los cerros y lomeríos.
- Establecer nuevas PTAR en las localidades urbanas y rurales del territorio ya que se observa que a la corriente del Santiago llegan numerosos afluentes permanentes contaminados por residuos líquidos de estas poblaciones y por la actividad ganadera en las márgenes de los mismos muy desforestadas.
- Investigar las causas del analfabetismo y rezago educativo en la Región para promover una campaña de alfabetización e incorporación de jóvenes a los estudios, o conocer prioridades en los programas al respecto.
- Establecer programas de acceso a la salud por presentarse también los problemas más agudos de la población al interior de la Cuenca.

Relacionados con la calidad del agua del Río Santiago

- Crear el inventario de las industrias que liberan residuales líquidos al Río Santiago y sus afluentes en las subcuencas, creando el expediente respectivo con sitios de descargas, tipo de contaminante, volúmenes, tratamiento, monitoreo, auditorías realizadas, entre otras.
- Aplicar el inventario para establecer un programa de eliminación de contaminantes por tramos del Río principal, haciendo referencia a las subcuencas que drenan hacia cada tramo. Construir un plan de pre-tratamiento industrial, para orientar y regular de forma más eficiente a las industrias, en función de su ramo de actividad. Ajustar su actividad cumplimiento de la normatividad con transparencia de información respecto a las sustancias que se vierten a los ríos y cuerpos de agua en general.
- Identificar las condiciones de funcionamiento de las PTAR del territorio, establecer las que reciben sobrecarga de residuales o mezcla con residuales industriales que afectan su funcionamiento (evaluación de la eficiencia técnica-administrativa), determinar las descargas de residuales líquidos de la población que no tienen tratamiento, sitios de descarga y proyecciones para el tratamiento (para las poblaciones menores a 10,000 habitantes es posible implementar PTAR de lagunas anaerobias, que representan un bajo costo de mantenimiento, lo cual las hace sostenibles económicamente en el tiempo); evaluar las capacidades actuales y las necesidades reales de tratamiento.

- Promover proyectos de la calidad atmosférica en la Cuenca y de los sedimentos en el cauce del Río y sobre todo en las presas, incorporar el estudio de metales pesados a sedimentos, porque muchos contaminantes quedan adsorbidos a las partículas minerales. Se requiere “seguirle la pista” a los contaminantes ambientales, de forma integral. Los sedimentos son una parte muy importante del ciclo de vida y el tiempo de residencia de estas sustancias. Se sugiere incorporar puntos críticos, como la Presa el Ahogado. Es pertinente extender este análisis a otras presas de la región como Santa Rosa y La Yesca.
- Registrar el impacto que tiene el estado del Río Santiago en la salud de la población, ya que existen numerosas enfermedades ligadas la calidad de aguas como las que se observan en el Santiago. Registrar y analizar la morbilidad en la población de las localidades asentadas al margen del Rio, debido a que contaminantes como el Mercurio, Cadmio, Arsénico y Plomo son considerados cancerígenos. Estos metales rebasan la normatividad en algunos puntos de la cuenca.

CONCLUSIONES

- La Cuenca Río Santiago-Guadalajara se ubica en la Meso región Hidrológica Centro Occidente, en la Región Hidrológica R12 “Lerma-Santiago” y tiene 10 789.08 Km^2. A partir del Lago de Chapala, hasta su desembocadura en el mar, el colector de 562 km de longitud recibe el nombre de Río Santiago. Reúne a más de 4´880,264 millones de habitantes, se localizan importantes núcleos urbanos, entre los que destacan la Zona Metropolitana de Guadalajara, Ocotlán, San Francisco de Tesistán, Arandas, Zapotlanejo, y San Agustín entre otras. Aparecen registradas en la cuenca 3,132 localidades rurales y 82 localidades urbanas para un total de un total de 3,214. La cuenca está ocupada territorialmente por 35 municipios, de los cuales se encuentran en el 100% de su superficie un total de 8 de ellos. Los municipios de más extensión en la cuenca son Zapopán, que si incluye el 91% de su superficie en la misma, así como Tequila, con el 95%, Zapotlanejo con el 88% y Tepatitlán de Morelos, a pesar de que solo incorpora alrededor del 43% de su territorio en la Cuenca.
- El gradiente altitudinal de la Cuenca es de 2557 m y una altitud media de 1679 msnm. Las mayores elevaciones corresponde al volcán de Tequila con 2 930 msnm y al Cerro Viejo con 2,960 msnm y las partes más bajas se localizan al fondo del cañón del Río Grande de Santiago. Los rangos de pendientes de mayor superficie están entre 1°-3°, con el 22.9%; le

sigue el rango de 5°-10°, con el 20.6%; y de 3°-5°, con el 17.5%, que al sumarse representan el 61% de toda la cuenca, lo que indica que predominan las pendientes de muy ligeramente inclinadas y ligera a medianamente inclinadas. La densidad de corrientes dominante es de media a alta (2-8 km/km^2), las cuales ocupan el 75% de su superficie.

- El estudio del uso del suelo mostró que el uso predominante en la Cuenca es el agrícola, y ocupa el 43.63% de su superficie. Las coberturas de Bosques (primarios y secundarios), Bosque de Pino-Encino, Bosque de Encino y Bosque de Encino-Pino, ocupan el 21.93%. La Selva Baja Caducifolia (primaria y secundaria) el 16.31%, los Pastizales el 10.25%, y el uso del suelo urbano el 7.13% de la superficie. Pese a ser el uso de suelo con menor superficie, es uno de los que mayor impacto tiene. En la parte central de la cuenca se encuentra la Ciudad de Guadalajara y su Zona Metropolitana. La permanencia de los usos/coberturas del suelo en la cuenca fue del 83.6% en el periodo 2002-2007 y para 2007-2011 llega al 97%, lo que indica poco cambio en el uso de suelo en los últimos 4 años
- Los cambios de cobertura en el periodo 2002-2011 ocurren por deforestación con 6.48% de la superficie, en particular la Selva Caducifolia Secundaria fue la de mayor aporte, con el 4.29%. En 2007-2011 la deforestación bajó a 0.26%, la degradación de bosques fue de 1.21%, ocurre la revegetación de bosques secundarios con 1%, y el crecimiento de superficie urbanizada fue de 1.11% y 2.07% respectivamente, valores muy altos. Los cambios de uso muestran que la tasa de pérdida de uso Pecuario es la mayor transformación, de -7.65% y se explica en gran medida por su conversión a agricultura.
- El estudio de las coberturas naturales de bosques y selvas mostró que en la Cuenca las mismas ocupan un 17.58% (160892.58 ha) de la superficie en 2015, en 2002 era tan solo del 20.53% (187 867.56 ha), es decir que desde el 2002 al 2015 se ha perdido un 2.95% de selvas y bosques naturales que equivalen a 26 974.98 ha. Solamente 4 unidades del paisaje mantienen más del 65% de cobertura natural y 7 más del 40%, asociadas en general a Áreas de Conservación.
- El estudio de las Áreas de Conservación - Protección en la Cuenca, permitió identificar diversas figuras dedicadas a esta actividad, con importantes valores naturales; ellas fueron Áreas Naturales Protegidas, Unidades de Manejo Ambiental, Áreas de Importancia para la Conservación de aves (AICAs), Regiones Hidrológicas Prioritarias (RHP) y Regiones Terrestres Prioritarias (RTP). En general el sistema de Conservación - Protección se encuentra en un proceso de degradación lento, pero progresivo, determinado por la tala ilegal selectiva en bosques y selvas naturales, y es preocupante hacia el noroeste de la cuenca dada la función protectora de las aguas del territorio de los bosques allí presentes. La Cuenca tiene niveles muy bajos para la prestación de servicios ambientales, ellos son casi del 80%, mientras que solo un 7% podría prestar algún tipo de servicio ambiental.

- La susceptibilidad a deslizamientos es baja, en solo el 16% del territorio. La mayor susceptibilidad se encuentra en la parte norte de la Cuenca, en laderas fuertemente disectadas, así como en la barranca de Huentitán, la cual se encuentra bordeando la parte Norte y Noreste de la ciudad de Guadalajara, que por las proximidades de asentamientos humanos cercanos borde de dicha barranca, tienen un importante potencial de causar daños e incluso pérdida de vidas. En la porción sur de la Cuenca también hay algunas zonas con alta y muy alta susceptibilidad a deslizamientos, y corresponde a laderas que comprenden la porción norte del graben donde se encuentra el lago de Chapala.
- La clase de suelos más abundante en la Cuenca es la Clase V, con 39.91%, recomendada para uso forestal, tienen una alta susceptibilidad a la erosión y la degradación, pero están siendo utilizadas para la actividad agropecuaria en amplias superficies. Los suelos de la Clase II ocupan el 31.68%, son suelos con un alto índice de fertilidad pero fácilmente pueden degradarse y perder dicha fertilidad con uso intensivo, lo que está ocurriendo desde hace más de 30 años. La clase de suelos I ocupan el 15.98% de la superficie, son muy productivos para la práctica agrícola pero requieren de un conocimiento de las propiedades físicas para evitar su degradación, que regularmente se presenta por una compactación superficial y pérdida de la permeabilidad. Las clases III (6.15%) y IV (6.28%), son tierras aptas para la ganadería y el pastoreo, pero en la Cuenca se encuentran en pendientes fuertes y por sus rasgos físicos son propensos a la erosión. El uso inadecuado de las potencialidades de los suelos por las actividades agrícolas, sobrepastoreo, deforestación y remoción de la vegetación, y urbanización, ha provocado serios problemas de degradación de los mismos. La superficie de suelos muy degradados en la Cuenca es muy alta, aproximadamente del 47%; las superficies con degradación media es de aproximadamente el 40%, mientras que las superficies con baja degradación no llegan al 13% del total. Es necesario tomar en cuenta la degradación de los suelos en el llamado "paisaje agavero" ya que el cultivo del agave tequilero, de carácter semitemporal provoca pérdida de nutrientes en suelo, actualmente hay suelos de clase II dedicados a esta actividad que de no tener las medidas de conservación adecuadas en un futuro próximo se sumaran a superficies de alta degradación.
- El estudio hidrográfico e hidrológico y de balance hídrico mostró que la Cuenca es una zona hidrológicamente muy compleja en su ensamblaje, existen numerosos cuerpos de agua, en los que el proceso de evaporación representa una importante salida del sistema, pero principalmente por los altos volúmenes de los numerosos y diversos usos consuntivos El crecimiento de la Zona Metropolitana de Guadalajara y los diversos usos que del territorio ocurren derivados del crecimiento poblacional, imprimen una dinámica hídrica compleja al sistema en detrimento de las aguas superficiales, en su calidad y cantidad.

- En la Cuenca hay un total de 47 cuerpos de agua, Jalisco es la entidad en la que más han proliferado las últimas décadas la creación de presas, ollas y bordos para la retención de los escurrimientos superficiales. Los canales, tienen una longitud aproximada de 226.31 kilómetros, y se encuentran principalmente en las llanuras de las subcuencas Rio Corona, Chapala- Río Corona, Rio Gigantes, Rio Zula y Rio Calderón. Con ellos se relaciona el Distrito de Riego 013. Se establecieron las tres zonas funcionales de la Cuenca por altitud, siendo la parte media la de mayor superficie.
- Las temperaturas entre 1961 y 2013 oscilan entre 22.9 ºC, en la Subcuenca Presa Santa Rosa - R. Bolaños, y 18.2ºC en la subcuenca R. Zula. Se muestra una variabilidad de precipitaciones que oscilan entre los 800 y 1000 mm, como promedio histórico con una media de 877 mm, solo superan los 900 mm las subcuencas R. Corona-R. Verde y R. Verde-Presa Santa Rosa, en general son valores bajos de precipitación. El escurrimiento promedio para el mismo período, oscila entre los 90 y 160 mm, con máximos en las subcuencas antes mencionadas
- Las características climáticas de la Cuenca, aunadas a la permeabilidad del substrato, favorecen las condiciones deficitarias en el balance hídrico. El déficit hídrico es susceptible a incrementarse, debido a las tendencias de cambio en los patrones de precipitaciones y temperatura analizados. Adicionalmente, las estimaciones del balance hídrico, a partir de los escenarios de cambio climático, son congruentes con los resultados anteriores y, lo que reafirma que el déficit hídrico tiende a incrementarse en la cuenca, principalmente en las cuencas del norte, que suministran en agua superficial a la Zona Metropolitana de la Guadalajara.
- El estudio de las aguas subterráneas muestra que la cuenca Río Santiago-Guadalajara se compone de 13 acuíferos, de los cuales 5 tienen disponibilidad de agua subterránea (situados al noreste de la Cuenca) y 8 presentan déficit. Las zonas con mayor déficit de agua, se corresponden con los paisajes de relieve más plano y conforme es más agreste aumenta la disponibilidad, aspecto que se relaciona con las preferencias en los usos del suelo. El mayor déficit lo encontramos en el acuífero Toluquilla con -72.32 hm^3/año, déficit cinco veces mayor que el acuífero Cajititlán (-15.26 hm^3/año), segundo con mayor déficit. El tercer acuífero, por su déficit, es Atemajac (-11.09 hm^3/año). El Acuífero con el mayor volumen concesionado de agua subterránea es precisamente Atemajac con 132.69 hm^3/año, y es el acuífero donde se asienta la mayor parte de la Zona Metropolitana de Guadalajara (ZMG), en particular los municipios de Guadalajara, Zapopan, Tlaquepaque y Tonalá. Le sigue, en volumen concesionado, el acuífero de Toluquilla (119.02 hm^3/año) y a continuación Ocotlán (88.18 hm^3/año). El acuífero Atemajac es el que tiene la recarga media anual (R) más alta para toda la Cuenca.

- Con relación a la calidad del agua del Río Santiago, en particular su degradación, se arribó a conclusiones importantes. Este cuerpo de agua recibe una gran cantidad de substancias distintas a lo largo de su recorrido. Se incrementa el problema de contaminación que exhibe conforme se incrementa la densidad poblacional y la presencia de industrias, lo cual indica que el tratamiento de agua está siendo ineficiente. Los residuales domésticos provenientes de los asentamientos humanos, la actividad industrial y la actividad agropecuaria, son las fuentes principales de contaminación del agua del Río Santiago.
- La carga orgánica en el Río Santiago, que está ocasionando su eutrofización, proviene de (1) las PTAR ineficientes, (2) el flujo de agua gris poblacional que no se alcanza a tratar, (3) lo desechos industriales que entran a la PTAR y no es posible tratar (por la naturaleza de la PTAR), (4) los escurrimientos de las zonas agrícolas que acarrean excesos de fertilizantes; y (5) desechos industriales particulares, como es el caso de las vinazas producidas durante la elaboración de bebidas como el tequila, o la industria alimenticia. La contaminación orgánica tiene mucha relación con el funcionamiento de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR). En ocasiones, en las subcuencas, las PTAR tienen una gran capacidad de tratamiento instalada, pero solo le es posible ejecutar una parte del mismo, o bien, se tienen varias plantas de tratamiento de las cuales sólo una funciona. Esto puede observarse en las distintas tablas que integran la información poblacional y la capacidad de las plantas para el tratamiento de las aguas servidas presentadas en el informe técnico. En esta investigación, no se pudo obtener información sobre la evaluación de alguna de las plantas de tratamiento mencionadas, únicamente su estatus (activa o no) y capacidad instalada. Esta es una fuerte carencia, porque no es posible conocer objetivamente qué tanto están resolviendo estas PTAR en la región, así como las distintas alternativas que se tienen para tratar las aguas servidas. Lo que nos dicen los datos del agua, es que la estrategia de saneamiento de la región, no está funcionando adecuadamente. Los sitios de monitoreo muestran dónde y cómo se va acumulando la carga de contaminantes. Es muy urgente realizar una evaluación técnica-administrativa de las PTAR de la región para hacer más eficientes sus procesos en el largo plazo, y que se recupere la calidad ambiental del Río Santiago. En ocasiones, se observa que las PTAR están diseñadas para tratar una cantidad dada de flujo de agua gris poblacional, pero les llega también agua servida proveniente de la actividad industrial, es imposible que una PTAR diseñada para tratar un tipo de agua, con una carga dada de contaminación biológica u orgánica, pueda realizar sus procesos de forma eficiente cuando le llegan aguas para las que no se diseño su tratamiento. Por lo general, este exceso de compuestos orgánicos se conoce como eutrofización y tiene consecuencias importantes como la reducción drástica de los niveles de oxígeno dentro de la columna de agua. Es necesaria la búsqueda de alternativas para evitar que el exceso de fertilizantes llegue a los

ríos. La información sobre la cantidad de fertilizantes, plaguicidas y pesticidas utilizadas en la agricultura en la Cuenca, no se conoce o no esta sistematizada.

- Los datos de Nitrógeno Amoniacal, Fósforo Total y DBO_5 mostrados para cada sitio de monitoreo, expresan en qué estado está la carga orgánica en ese sitio particular. La comparación de la DBO_5 a través de los 13 sitios de monitoreo analizados muestra claramente a los sitios del Arroyo El Ahogado 1 y 2, y los sitios Río Santiago 7 y 8, como aquellos que reciben una carga orgánica mayor a la que pueden degradar las PTAR. En el Río Santiago, la entrada de materia fecal es común y constante, los coliformes fecales rebasan los límites en 722 ocasiones de 832 mediciones realizadas a pesar de que las normas mexicanas manejan un límite demasiado flexible, de 1,000 NMP de bacterias en 100 ml de agua, los valores se mantienen históricamente muy por encima de la norma en todas las estaciones, en particular en R. Santiago 6 y 7, mientras que en R. Santiago 9 y 10 aun sobrepasan en varias veces la norma. En 2015 los valores disminuyen considerablemente pero aun sobrepasan en mucho la normatividad en todos los sitios.
- Respecto a la contaminación química, la mayor parte de ella está asociada con actividades industriales y en menor grado a las fuentes domésticas que incorporan detergentes y limpiadores al agua, de forma constante. La agricultura aporta también contaminación química a la cuenca por el uso de agroquímicos diversos (insecticidas, fungicidas, pesticidas, etc.). Es necesario mantener una red de monitoreo de sitios de descarga que permitan detectar violaciones en los aportes de las industrias a las corrientes, es algo imprescindible para mejorar la calidad de las aguas del Santiago. Es posible que la CNA realice esta actividad, pero no nos fueron facilitados los datos que se le solicitaron para esta investigación, ello no permitió precisar con detalle las fuentes de la contaminación industrial. Sin embargo, si se obtuvieron conclusiones sobre la contaminación química de la corriente al analizar los datos del comportamiento del agua a través de la región de estudio, y ello reflejó contaminación en gran parte de la corriente provocadas por la producción industrial y la falta o inadecuado tratamiento de los desechos domésticos. Esto se puede realizar gracias al monitoreo que realiza CEAJ desde el año 2009 a lo largo de la corriente y que se encuentra publicado en internet de manera transparente.
- Los sitios de monitoreo de CEAJ que muestran registros desde 2009, suman 832 para 13 sitios. La calidad química del agua en el Río Santiago es muy baja, siempre. Esta condición se ha mantenido durante muchos años, dado que este monitoreo se realiza desde 2009 y desde entonces ya es mala la calidad. El fósforo total, aluminio, nitrógeno amoniacal, sulfuros, coliformes fecales, SAAM, DQO, oxígeno disuelto, mercurio, bario y sólidos suspendidos totales, rebasan los límites permisibles por las normas en más de 400 ocasiones de un total de 832 registros (13 sitios de monitoreo).

- Los niveles de Demanda Química de Oxígeno nos muestran las tendencias de la región en ese sentido. Los valores históricos de la DQO sobrepasan la norma en todos los sitios, excepto en R. Santiago 9 y 10, con valores muy similares en todo el curso del Río. En R. Santiago 7 aumenta considerablemente, posiblemente debido a cargas industriales.
- El promedio histórico del Oxígeno disuelto se presenta muy bajo en todas las estaciones, está fuera de la norma en 620 ocasiones de 825 mediciones. El promedio histórico del Nitrógeno Amoniacal sobrepasa la norma en 785 ocasiones, de 808 mediciones, presenta valores extremadamente altos en todas los puntos de muestreo, incluso después de pasar la presa Santa Rosa y en el límite con Nayarit, en particular aumenta en los sitios Arroyo el Ahogado 1 y 2, disminuye en R. Santiago 4 (Juanacatlán) y 5 (Zapotlanejo), aumenta de nuevo en R. Santiago 7 (La Barranca) y 8 y decrece a R. Santiago 9 (después de la Presa Santa Rosa) y 10, donde aún los valores son altos, antes de la Presa La Yesca, es necesario saber que ocurre en las presas del territorio pues no hay mediciones. Los promedios históricos de las Sustancias Activas de Azul de Metileno (SAAM), sobrepasan la norma en todos los sitios de muestreo en 648 ocasiones de 832 mediciones. Los promedios históricos del Fósforo total muestran valores muy altos en todas las estaciones, 832 valores por encima de la norma, en 832 mediciones (100%). El promedio histórico de SST es variable entre puntos de muestreo, sobrepasa en 402 ocasiones de 831 mediciones, los valores más altos se encuentran en los sitios de Arroyo el Ahogado y R. Santiago 6, 7 y 8.. El promedio histórico de Sulfuros, es extremadamente alto en todos los sitios, supera la norma en 798 ocasiones de 832 muestreos. Sobre el Aluminio, el promedio histórico es muy alto en todos los sitios, sobrepasa la norma en 810 ocasiones de 832 mediciones, en particular en R. Santiago 7 y 8 donde alcanza los mayores valores e indica junto al mercurio y otros compuestos alta contaminación industrial. El Cadmio presenta un valor histórico alto, y en el 2015 muy alto en los sitios R. Santiago 7 y 8, lo que evidencia aportes de alguna industria en ese tramo de la corriente fluvial. El mercurio presenta niveles superiores a la normatividad en todas las estaciones de acuerdo a sus promedios históricos, sobrepasa la norma en 479 ocasiones de 832 mediciones, aunque no se alejan de la norma, sin embargo, estos valores son muy peligrosos para la salud y la vida de la fauna de la corriente. Finalmente, los coliformes fecales se mantienen históricamente muy por encima de la norma en todas las estaciones.
- No se trata tan solo de en cuántas mediciones se sobrepasa la norma establecida de los contaminantes, sino también cuantas veces la rebasan. De manera resumida, en algunos puntos de muestreo en 2015 los valores de algunos indicadores llegan a superar en muchas veces la norma, lo que es reflejo no solo de la contaminación, sino también de su intensidad. El Nitrógeno amoniacal llega a superar en 320 veces la norma, el Fósforo Total 84 veces la norma, los coliformes fecales en 6058 veces la norma, las concentraciones de

Aluminio, en un punto de muestreo superan en 95 veces la norma o valor permisible, el Oxígeno disuelto llega a ser en un muestreo, 2.3 veces menor que la cantidad mínima requerida para la preservación de la flora y fauna, los Sulfuros en un punto de muestreo superan en 4510 veces la cantidad permisible por la norma, as Sustancias Activas de Azul de Metileno (detergentes) llegan a superar en 39 veces el valor permisible, la Demanda Química de Oxígeno en 6.6 veces la norma permisible, el Mercurio en un punto de muestreo supera en 2 veces la norma para este metal.

- El Río Santiago se encuentra, por la calidad de sus aguas tanto biológica como química, en un estado crítico. Los puntos R. Santiago 7 y 8, en el cauce del Santiago, cuando atraviesa las barrancas, después de recibir los residuales de la Ciudad, muestran importante contaminación química provocada por la industria, con residuales peligrosos como el mercurio y el cadmio; además de la contaminación provocada por los residuos domésticos. Los puntos de muestreo en el arroyo El Ahogado muestran una importante contaminación orgánica, preocupante, es necesario monitorear la presa El Ahogado de la cual no se obtuvieron datos. Es necesario que toda la información relativa al Río Santiago, sea de acceso público.
- La identificación de los Paisajes físico-geográficos, resultado de la interacción entre los componentes naturales que conforman una unidad espacial, se realizó estableciendo las localidades físico-geográficas del territorio, de las cuales se representaron en doce unidades con un total de 85 polígonos. El uso de los paisajes físico-geográficos como unidades espaciales de análisis de la diferenciación geográfica del territorio, resultó acertado en todo el proceso de evaluación ambiental del territorio llevado a cabo desde el enfoque Geoecológico.
- El análisis demográfico y socio-económico para el territorio mostró una diferenciación espacial en la Cuenca de todos los indicadores debido a la influencia de la ZMG, por ello se analizaron los mismos en espacios separados: la Cuenca en su totalidad, la Cuenca; sin tener en cuenta la ZMG y la ZM Guadalajara.
- En el año 2010, la densidad de población en la Cuenca es 2 veces la densidad de población del Estado y se mantiene una tendencia al crecimiento del indicador entre el 2000 y 2010. La Tasa de crecimiento medio anual de la población entre 1990 y 2000 es superior en la Cuenca que en el Estado de Jalisco y mayor aun en la ZMG, entre 2000 y 2010 la situación es de decrecimiento, disminuye la cantidad de población, en las tres instancias, pero la tasa negativa es mayor en el Estado, que en la Cuenca y que en la ZMG. La atracción migratoria acumulada para el año 2000 fue muy superior en la ZMG con relación al estado de Jalisco, y mayor con relación al exterior a la ZMG en la Cuenca; para el 2010 la atracción migratoria es inferior al 2000, y disminuye en la zona exterior de la ZMG en la Cuenca, pero aumenta en el estado de Jalisco, lo que quiere decir que en esos

últimos 10 años disminuye la atracción de la Ciudad y hacia su exterior en la Cuenca, aumentando hacia otras partes del Estado.

- Sobre el componente demográfico al interior de la Cuenca, se observa que la situación de mayor presión demográfica, se presenta en las UGAs de la Región Ambiental 2. Los valores muy altos y altos de la densidad de población se relacionan con las UGAS y paisajes de la Región Ambiental 2, los valores medios con la Región ambiental 1 y la Región ambiental 3 presenta los valores más bajos. La Tasa de crecimiento anual negativa se presenta en los paisajes y UGAS de las Regiones ambientales 1 y 3, al norte de la misma, en las cuales ha decrecido la población, mientras que la tasa de crecimiento poblacional baja predomina en la Región Ambiental 2. La tasa media y alta de crecimiento anual de la población se relaciona con las UGAs de las Regiones 2 y 3, que constituyen el periurbano de la ZMG o de la localidad urbana de Tequila. Es decir la población crece en la Cuenca en el periurbano de la ZMG, donde también es más alta la atracción migratoria en toda la Cuenca.
- Con relación a la investigación sobre la situación social de la Cuenca, los resultados mostraron que el Rezago Educativo y el Índice de analfabetismo, en la Cuenca, al exterior de la ZMG son mayores que en el estado de Jalisco y mucho mayores que en la ZMG, tendencia que se mantiene desde el año 2000 a la fecha. Ello indica la necesidad de priorizar este problema socioambiental en la Cuenca, pero al exterior de la ZMG. . La peor situación en los indicadores de educación, la presentan las UGAs de las Regiones Ambientales 1 y 3. El Rezago educativo es muy alto y alto hacia el norte de la Cuenca, en las UGAs de las planicies y lomeríos de las Regiones ambientales 1 y 3 respectivamente. El índice de analfabetismo es muy alto y alto en la Región Ambiental 1, en las UGAs conformadas por las mesas y lomeríos y de categoría medio en las UGAs de la Región Ambiental 3. La peor situación en los accesos a servicios de salud, lo presenta la Región ambiental 1, en particular las UGAS de los “Altos”, situadas al norte de la Cuenca, las cuales entran en la categoría de bajos y muy bajos.
- El índice de acceso a los servicios de salud para el Estado es superior al 60 % en el Estado, la Cuenca al exterior de la ZMG y en la ZMG y aumentan considerablemente en los tres espacios desde el año 2000 a la fecha, aunque más en el Estado que en la Cuenca y en la ZMG, aun debe priorizarse la población al exterior de la ZMG en la Cuenca
- El estudio y análisis de la superficie urbanizada mostró un crecimiento muy desproporcionado entre la ZMG (7.4%) y el resto de la Cuenca (0.6%) aunque este último superior al del Estado, excluyendo la Cuenca (0.16%). Es necesario un control más severo del crecimiento de la superficie urbana, en particular en la ZMG ya que ello significa un mayor consumo de agua y un mayor aporte de residuales domésticos al Río Santiago

- Los índices económicos analizados mostraron como resultado, que la Tasa Bruta de Actividad Económica en el Estado, indican que la Cuenca tiene mejores posibilidades económicas que el resto del Estado, pero inferiores a la de la ZMG. La PEA aumenta en los 10 años, es similar en la Cuenca que en el Estado y muy superior en la ZMG. Al interior de la Cuenca no hay mucha diferenciación, la situación que muestran los indicadores económicos, tomando en cuenta en particular la población económicamente activa y la ocupada, en general es buena con altos valores de estos indicadores. La mejor suficiencia vial para el desarrollo económico al interior de la Cuenca se encuentra en la Región ambiental 2, en las UGAs y paisajes vinculados a la ZMG y la localidad urbana de Tequila. La Tasa de actividad económica por unidad de paisajes indica que los valores más bajos se encuentran hacia las UGAS de lomeríos, alrededor de las barrancas en la Región Ambiental 3. La Población Económicamente Activa sigue la misma distribución que el indicador anterior.
- El estudio de las modificaciones antropogénicas permitió concluir, que para el año 2015, el índice de modificación antropogénica o de las coberturas del paisaje es muy alto, tiene valores de más de 46.3% de la superficie del territorio y que ha aumentado un 26.5% desde 2002 al 2015. Ello significa una muy alta modificación antropogénica de la Cuenca lo que tiene relación con la pérdida de potenciales naturales, la degradación ambiental y la intensificación de los problemas ambientales en las UGAs. Es necesario un proceso de restauración ambiental de las UGAs con atención prioritaria alta comenzando con la reforestación con especies autóctonas y la creación de sistemas silvo-agro-pastoriles como se plantea en las estrategias.
- El Índice de Antropización por la introducción de elementos Antropogénicos en el Paisaje predominante es baja (50%), pero una superficie del 30 % de la Cuenca tiene valores altos y muy altos. La distribución de este indicador apunta a la concentración de estos valores en los paisajes de mayor densidad de población y superficie urbanizada. Ello indica una gran diferencia en las inversiones realizadas en la ZMG y el resto de la Cuenca, lo que es necesario revertir.
- La investigación de la carga de industrias en la Cuenca, como indicador de la modificación antropogénica permitió evaluar a la actividad industrial, como uno de los factores que desencadenan los más importantes problemas ambientales en la misma. Ello se relaciona con la contaminación de las corrientes fluviales como se planteó anteriormente. Las 9,282 empresas industriales inventariadas indican que la Cuenca y en particular la ZMG, superan su capacidad de carga de industrias. De ellas 7,810 en la ZMG muestran la intensidad de la problemática ambiental en la Ciudad. Están presentes IX Ramas y 55 Subramas de la Industria, de ellas 16 muy peligrosas por el tipo de residual que emiten. Del total de empresas en la Cuenca, más de la mitad, 5,504 industrias aproximadamente, son

generadoras de residuales que constituyen fuertes contaminantes para el ambiente natural del Río Santiago. El mayor número de empresas se encuentran en el ramo de las Industrias de Celulosa y papel, Bebidas, Materiales de construcción y Química. Pero por el número de empresas grandes es la Industria Química la de mayor número con 167, le sigue la Industria de Bebidas con 90, la Alimenticia con 88, la de Celulosa y Papel con 53 empresas y la de Pieles con 50. Ellas deben ser priorizadas en el control ambiental y emisión de residuales.

- Los talleres realizados permitieron establecer la Agenda Ambiental, compilada con información obtenida en los mismos, identificó los principales problemas ambientales, entre los más importantes encontramos: la contaminación de las aguas, ocasionada por diversos factores que van desde descargas de aguas residuales en las corrientes superficiales y mantos freáticos, de desechos sólidos y líquidos de las industrias y de la agricultura como agroquímicos y pesticidas y la falta de disponibilidad y desabastecimiento del agua, que es originado por el crecimiento desordenado de la población. La sobreexplotación del recurso hídrico por parte de las industrias, provocando un desequilibrio ecológico en la recarga e interacciones de los mantos freáticos subterráneos, la falta de mecanismos técnicos para su manejo. La degradación del suelo ocasionada principalmente por erosión hídrica y eólica, debida al cambio de uso de suelo y la deforestación que provocan la pérdida de cubierta vegetal original y pérdida de materia orgánica y fertilidad de los suelos. La pérdida de la Biodiversidad ocasionada por la actividad humana, debida a la explotación desmedida de los recursos naturales, que origina un desequilibrio ecológico, la destrucción del habitad de distintas especies, disminución de poblaciones, desplazamiento y extinción de especies. Los problemas de origen social y antrópico, como la falta de participación de la sociedad en asuntos públicos socio - ambientales, la poca coordinación entre los 3 niveles de gobierno para atender la problemática ambiental, la inadecuada planeación en desarrollos urbanos, incumplimiento de la normatividad ambiental vigente, la utilización, por tradición, de sistemas productivos no sustentables con un deficiente nivel de organización social para la producción, la falta de concientización y educación ambiental con respecto a la contaminación de suelos, aire y agua. Mayor frecuencia en los últimos años de sequias, inundaciones, heladas y tormentas, que se han presentado con temperaturas extremas y el cambio de régimen de lluvias, debido a las emisiones de gases excesivas de las industrias. La intensidad de los problemas ambientales en la Cuenca mostró que el 15 % de la superficie tiene alta intensidad.
- Los sectores que operan en el territorio fueron el Agrícola, Pecuario, Acuícola, Minero, Industrial, de Infraestructura, Conservación y Turismo. El atributo ambiental más requerido fue el agua y es sobre el que se ejerce mayor presión, tanto en la necesidad de aguas para la población y la industria, como la solución de los residuales en ambos casos. Se

estableció la ocupación de cada uno de estos sectores en el territorio y se relacionó con el uso de suelo, lo que permitió conocer los impactos negativos, las sinergias y conflictos resultados de la actividad sectorial.

- El Diagnóstico de los Conflictos Ambientales en la Cuenca por unidades de paisaje, elaborado a partir de la información de los Talleres, arrojó que los conflictos altos y muy altos (más de 18 conflictos en una unidad) ocupaban el 50% del territorio y los mismos se distribuyen de manera muy diferenciada en toda la Cuenca, aunque destaca la Región Ambiental 1 en las UGAs de llanuras o planicies.
- El cálculo de la degradación ambiental y su intensidad, a través del Estado del Medio Ambiente del territorio, mostró que el 13.64% de la superficie está en estado crítico, el 34.52% en estado inestable - crítico, el 30.57% en estado inestable el 15.06% en estado estable - inestable y el 6.21% en estado estable. Al mismo tiempo, estableció la degradación ambiental por unidad de paisaje y su distribución en la Cuenca. Estos resultados indican la necesidad de realizar acciones para revertir esta situación
- La Situación Ambiental del territorio, definida por los problemas ambientales y su intensidad mostró que el 11.74% de los paisajes se encuentran en situación ambiental muy desfavorable, el 28.47% en situación desfavorable, el 32.59% en situación poco favorable, el 20.96% favorable y el 6.23% en situación ambiental muy favorable. Al mismo tiempo se estableció la situación ambiental por unidad de paisaje y su distribución en la Cuenca.
- El análisis por unidad de paisaje de las tendencias del cambio de coberturas y usos de suelos desde el 2002 al 2015, del cambio de las tendencias de la precipitación y escurrimiento a partir del análisis histórico (1961 -2013), el análisis de las tendencias e intensidad de los cambios del balance hídrico a futuro (2030 y 2050), de las tendencias del Índice de Antropización del Paisaje (2002 -2015), de las tendencias de los Indicadores demográficos, sociales y económicos (1990 -2010), permitieron realizar el pronóstico de la Situación Ambiental y el Estado del Medio Ambiente en los escenarios 2030 y 2050. El análisis realizado muestra para los próximos 15 años un proceso de degradación preocupante y continúo del territorio por aumento de los problemas ambientales y su intensidad acompañado de un déficit de agua. El escenario para el año 2030, muestra una situación ambiental muy desfavorable del 16.65%, desfavorable del 36.18%, poco favorable del 28.11%, favorable del 17.22% y muy favorable del 1.84% de la superficie de la Cuenca. La superficie con categoría del Estado del Medio Ambiente en la categoría Crítico es del 16.12%, la categoría Inestable - crítico del 38.51%, del Inestable es 26.3%, del Estable - inestable es 15.31% y del Estable es 3.75%. El análisis realizado muestra para dentro de 25 años, un escenario muy complejo de la Situación Ambiental de la Cuenca (aproximadamente el 70%), muy preocupante, bajo tendencias de degradación que han crecido en forma casi exponencial en los últimos 30 años y que de no tomar las

medidas ambientales adecuadas continuará en el futuro casi inmediato, limitando la producción de alimentos, por pérdida de fertilidad y cobertura, escases de agua para la actividad agrícola, industrial y el consumo humano, y corrientes fluviales con muy bajo caudal y muy contaminadas. El escenario para el año 2050, muestra una situación ambiental para la Cuenca muy desfavorable del 53.5%, desfavorable del 21.67%, poco favorable del 19.38%, favorable del 3.79% y muy favorable del 1.66% de su superficie. La superficie con categoría del Estado del Medio Ambiente en la categoría Crítico es del 59.66%, la categoría Inestable - crítico es del 16.42%, del Inestable es del 16.73%, del Estable - inestable es del 5.18% y del Estable del 2.01%.

- El análisis de las Categorías del Estado del Medio Ambiente, de la Situación Ambiental y de los Conflictos Sectoriales en las unidades de paisaje de la Cuenca, permitieron establecer las prioridades en la atención ambiental al interior de la Cuenca y para ello quedaron definidas 5 categorías de Áreas de Atención Prioritaria. La superficie con categoría 1, de máxima prioridad de atención, ocupa un 2.35%, la categoría de muy alta prioridad (2), ocupa el 29.5%, la categoría de alta prioridad (3) es del 36.66%, la categoría de prioridad media (4) de atención ocupa el 10.19% y la de baja prioridad (5) el 15.06%. Existe un 6.21% no priorizadas, es decir que de momento no necesitan atención ambiental. Se muestra la distribución espacial de las categorías en la Cuenca.
- Se estableció la Regionalización o Zonificación Ambiental, que dividió en tres Regiones ambientales a la Cuenca y en 19 Unidades de Gestión Ambiental (UGAs) con su descripción. Se propusieron 11 combinaciones de políticas ambientales para las UGAS, basados en las cuatro políticas ambientales planteadas por la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, usando como criterios fundamentales la evaluación del uso actual por UGA, el Estado del Medio Ambiente como indicador de degradación ambiental, la Situación Ambiental como reflejo de la intensidad de los problemas ambientales y la Situación hídrica en particular; los problemas de degradación socioeconómica y la presión demográfica, entre otras variables. La política de mayor cobertura propuesta en la Cuenca es el Aprovechamiento sustentable combinado con la Restauración, lo que se refiere a las unidades con actividad agrícola de temporal, en particular maíz, otro porcentaje importante lo ocupa la política de Protección - Aprovechamiento sustentable - Restauración, relacionada con la recuperación de unidades de paisajes de bosques y selvas con diferentes niveles de degradación. La política de Restauración, por si sola, ocupa un 12.65% de la superficie, lo que es indicativa de la fuerte degradación del territorio y la intensidad de los problemas ambientales.
- Se presentó la Zonificación funcional de las UGAs en la Cuenca y se realizó la propuesta de usos como parte del modelo de sustentabilidad del territorio. Se establecieron 7 combinaciones de uso para las 19 UGAs, tomando como criterios el uso y cobertura actual,

el nivel de compatibilidad con el uso propuesto, el nivel de atención prioritaria, y la propuesta de política ambiental, entre otros.

- Se establecieron 9 lineamientos ambientales, los cuales reflejan el estado deseable para las regiones y Unidades de Gestión Ambiental y se instrumentan a través de 28 Estrategias, dirigidas a lograr la Sustentabilidad Ambiental del Territorio, al mejoramiento del Sistema Social e Infraestructura Urbana y al fortalecimiento de la gestión y la Coordinación Institucional. Ellas incluyen 141 posibles acciones a desarrollar en las UGAs, que en lo ambiental, social y económico, se deberán promover para alcanzar los estados y situaciones ambientales deseables del territorio.

La situación ambiental de la Cuenca es sumamente preocupante, en particular se refleja alta degradación de la vegetación natural, la cual continua como tendencia y es la responsable, junto a una explotación intensiva el recurso agua, de que se presenten ya déficits de agua en la misma, de continuar, en el futuro cercano el déficit será cada año más intenso. Los datos muestran un déficit de escurrimiento para los próximos años que podría llegar a ser severo, ello influiría en los caudales de las corrientes y en los volúmenes embalsados, con obvias consecuencias para el consumo de la población, la actividad agropecuaria y la industria. Por ello es importante el desarrollo de planes intensivos y urgentes de reforestación de la Cuenca, en particular en las Áreas del sistema de Conservación que están siendo dañadas y en la zona funcional alta que es la receptora de aguas y de alimentación de cuencas subterráneas, establecer sistemas agroforestales en aquellas UGAs desprovistas de cobertura de bosques o selvas. Es necesario el control efectivo de las cantidades de fertilizantes y otros químicos aplicados al maíz de temporal y valorar otras actividades económicas incluida la de cultivos permanentes como frutales y el usos de sistemas cubiertos que permitan el ahorro de agua y de fertilizantes y pesticidas. En las UGAs de uso pecuario establecer una capacidad de carga para la producción.

La actividad industrial debe ser atendida en cuanto a los residuales que emiten tanto en la ZMG como en su periferia y en las zonas rurales por la producción de vinazas y de materiales de la construcción, ello con el fin de disminuir el aporte de contaminantes al Río Santiago. La capacidad de carga de industrias y empresas de la ZMG y su periferia, esta sobrepasada en mucho, es necesario analizar la ubicación de ofertas actuales de parques industriales para nuevas industrias. Esto, sumado el alto número de industrias que emiten residuales a la corriente, además

de la mala calidad de los residuos que emiten algunas, junto a la deficiencia en el tratamiento de residuales urbanos o domésticos, son los principales problemas en el ámbito regional de la contaminación del Río Santiago. Es necesaria la remodelación del sistema de plantas de tratamiento en algunos puntos del Santiago, mejorar el funcionamiento de las existentes, evitar el crecimiento de urbanizaciones que no estén conectadas a sistemas de tratamiento o de estar conectadas, que no excedan su capacidad de depuración. El crecimiento demográfico, muestran los datos, no es la problemática, son los factores antes mencionados.

Es importante señalar que los indicadores socio-ambientales se diferencian entre al ZMG y el resto de la Cuenca, donde los valores de indicadores educacionales están por debajo de los indicadores del estado de Jalisco y muy por debajo de la ZMG. Los indicadores de la actividad económica superan en la Cuenca al Estado de Jalisco en General, mucho más en la ZMG, sin embargo percibimos que ello está relacionado con la degradación de los recursos naturales, hay ausencia de un enfoque de sustentabilidad que es necesario establecer. Hay que explotar los recursos naturales, pero protegiendo al ambiente natural, algo que no está ocurriendo.

Finalmente, el Río Santiago, por la calidad de sus aguas está en situación crítica, pero es posible revertirlo; es necesario tomar acciones directas, inmediatas y eficaces para lograrlo, ello es responsabilidad de las instituciones gubernamentales, pero ante todo de la ciudadanía, de los casi 5 millones de personas que habitan la Cuenca.