



20184 **San Juan Bautista Tuxtepec, Oaxaca**
PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLOGICO LOCAL
ARTICIPATIVO DEL TERRITORIO
TOMO IV. PRONÓSTICO

v. 10.02.24

*Este documento aún está sujeto a la revisión
Del comité de Ordenamiento Ecológico.*

Contenido

Glosario	4
4. Pronóstico.....	6
4.1 Modelo conceptual del sistema socioambiental.....	7
4.1.1 Metodología	7
4.1.2 Dinámica socioambiental.....	8
4.1.3 Crecimiento de la población.....	14
4.2 Definición de la imagen objetivo del POEL.....	17
4.3 Formulación de escenarios.....	18
4.3.1 Escenario tendencial	19
4.3.2 Escenario contextual	23
4.3.3 Escenario estratégico.....	26
4.4 Síntesis del pronóstico	29

Glosario

- Ambiente:** El conjunto de elementos naturales y artificiales o inducidos por el hombre que hacen posible la existencia y desarrollo de los seres humanos y demás organismos vivos que interactúan en un espacio y tiempo determinados.
- Actividades incompatibles:** Aquellas que se presentan cuando un sector disminuye la capacidad de otro para aprovechar los recursos naturales, mantener los bienes y los servicios ambientales o proteger los ecosistemas y la biodiversidad de un área determinada.
- Análisis de aptitud.-** Procedimiento que involucra la selección de alternativas de uso del territorio, entre los que se incluyen el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, el mantenimiento de los bienes y los servicios ambientales y la conservación de los ecosistemas y la biodiversidad, a partir de los atributos ambientales en el área de estudio.
- Aptitud del territorio:** Capacidad del territorio para el desarrollo de actividades humanas.
- Áreas de atención prioritaria:** Zonas del territorio donde se presenten conflictos ambientales o que por sus características ambientales requieren de atención inmediata
- Áreas naturales protegidas:** Las zonas del territorio nacional y aquéllas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción, en donde los ambientes originales no han sido significativamente alterados por la actividad del ser humano o que requieren ser preservadas y restauradas.
- 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 periodos indefinidos.
- Bienes y servicios ambientales:** Estructuras y procesos naturales necesarios para el mantenimiento de la calidad ambiental y la realización de las actividades humanas.
- Bitácora ambiental:** Registro del proceso de ordenamiento ecológico.
- Biodiversidad:** La variabilidad de organismos vivos de cualquier fuente, incluidos, entre otros, los ecosistemas terrestres, marinos y otros ecosistemas acuáticos y los complejos ecológicos de los que forman parte; comprende la diversidad dentro de cada especie, entre las especies y de los ecosistemas.
- Contaminación:** La presencia en el ambiente de uno o más contaminantes o de cualquier combinación de ellos que cause desequilibrio ecológico.
- Contaminación lumínica:** El resplandor luminoso en ambientes nocturnos o brillo producido por la difusión y reflexión de la luz en los gases, aerosoles y partículas en suspensión en la atmósfera, que altera las condiciones naturales de luminosidad en horas nocturnas y dificultan las observaciones astronómicas de los objetos celestes, debido a la luz intrusa, debiendo distinguirse el brillo natural, atribuible a la radiación de fuentes u objetos celestes y a la luminiscencia de las capas altas de la atmósfera.
- Contaminación por ruido:** Todo sonido generado por actividades humanas que, por su intensidad, duración o frecuencia, implique riesgo, molestia, perjuicio o daño para las personas, para otros seres vivos o para el ambiente; o los que superen los niveles fijados por las normas oficiales mexicanas.
- Criterios ecológicos:** Los lineamientos obligatorios contenidos en la presente Ley, para orientar las acciones de preservación y restauración del equilibrio ecológico, el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales y la protección al ambiente, que tendrán el carácter de instrumentos de la política ambiental.
- Desarrollo Sustentable:** El proceso evaluable mediante criterios e indicadores del carácter ambiental, económico y social que tiende a mejorar la calidad de vida y la productividad de las personas, que se funda en medidas apropiadas de preservación del equilibrio ecológico, protección del ambiente y aprovechamiento de recursos naturales, de manera que no se comprometa la satisfacción de las necesidades de las generaciones futuras.
- Ecosistema:** La unidad funcional básica de interacción de los organismos vivos entre sí y de éstos con el ambiente, en un espacio y tiempo determinados.
- Elemento natural:** Los elementos físicos, químicos y biológicos que se presentan en un tiempo y espacio determinado sin la inducción del hombre.

Estrategia ecológica: La integración de los objetivos específicos, las acciones, los proyectos, los programas y los responsables de su realización dirigida al logro de los lineamientos ecológicos aplicables en el área de estudio.

Lineamiento ecológico: Meta o enunciado general que refleja el estado deseable de una unidad de gestión ambiental.

Modelo de ordenamiento ecológico: La representación, en un sistema de información geográfica, de las unidades de gestión ambiental y sus respectivos lineamientos ecológicos.

Ordenamiento ecológico: El instrumento de política ambiental cuyo objeto es regular o inducir el uso del suelo y las actividades productivas, con el fin de lograr la protección del medio ambiente y la preservación y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, a partir del análisis de las tendencias de deterioro y las potencialidades de aprovechamiento de los mismos.

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.

Recurso natural: El elemento natural susceptible de ser aprovechado en beneficio del hombre.

Residuo: Cualquier material generado en los procesos de extracción, beneficio, transformación, producción, consumo, utilización, control o tratamiento cuya calidad no permita usarlo nuevamente en el proceso que lo generó.

Restauración: Conjunto de actividades tendientes a la recuperación y restablecimiento de las condiciones que propician la evolución y continuidad de los procesos naturales.

Sector: Conjunto de personas, organizaciones grupos o instituciones que comparten objetivos comunes con respecto al aprovechamiento de los recursos naturales, el mantenimiento de los bienes y los servicios ambientales o la conservación de los ecosistemas y la biodiversidad.

Servicios ambientales: los beneficios tangibles e intangibles, generados por los ecosistemas, necesarios para la supervivencia del sistema natural y biológico en su conjunto, y para que proporcionen beneficios al ser humano.

Unidad de gestión ambiental: Unidad mínima del territorio a la que se asignan determinados lineamientos y estrategias ecológicas.

Vocación natural: Condiciones que presenta un ecosistema para sostener una o varias actividades sin que se produzcan desequilibrios ecológicos.

4. Pronóstico

El pronóstico es la fase del programa de ordenamiento ecológico en la que se plantean escenarios futuros para la organización ecológica y territorial de San Juan Bautista Tuxtepec. Este tomo está formado por tres temas, el primero denominado modelo conceptual del sistema socioambiental, se resumen las interrelaciones entre los componentes del territorio, es decir, los atributos naturales, sociales y económicos de San Juan Bautista Tuxtepec. Con el análisis de los componentes del territorio, se elaboró un diagrama de flujo que permite visualizar las interacciones entre las diferentes actividades del territorio y las problemáticas que fueron señaladas desde la agenda ambiental, la caracterización y el diagnóstico.

Una vez trazada la dinámica socioambiental actual del municipio, en el segundo contenido se estimaron las tasas de crecimiento de la población, utilizando la base histórica de los censos de INEGI de 2000, 2010 y 2020. Las tasas de crecimiento históricas permitieron realizar proyecciones de población para el mediano plazo definido a 2030, y largo plazo en 2040, que son a su vez, los horizontes de planificación de este instrumento. Las proyecciones de la población son la base para plantear los escenarios tendencial, contextual y estratégico del pronóstico.

En el tercer contenido de este tomo se propone una definición de imagen objetivo para el POELP, la imagen objetivo retoma a otros instrumentos de planificación como principios internacionales como la agenda 2030 y los acuerdos de París. También retoma la visión participativa de la ciudadanía, retomada de las relatorías durante el tercer taller participativo, de manera que se pueda llegar a un futuro construido desde la gobernanza.

Una vez propuesta la imagen objetivo, se formularon escenarios hacia el mediano y largo plazo. Se plantearon tres escenarios; un tendencial que mantiene el comportamiento histórico del territorio, el contextual que implica el análisis a partir de los programas de política pública que podrían tener un impacto sobre la mejora de las tendencias en el territorio. Y el escenario estratégico integra a las estrategias que pueden disminuir los procesos de degradación socioambientales.

4.1 Modelo conceptual del sistema socioambiental actual

4.1.1 Metodología

Entender las interacciones intersectoriales es fundamental para predecir el comportamiento a futuro del capital natural, los agentes sociales y la dinámica económica del territorio. Para analizar la dinámica socioambiental de San Juan Bautista Tuxtepec se utilizó un diagrama de flujo. El diagrama, se construyó desde dos aspectos clave que surgieron en la caracterización y el diagnóstico, los cuales son la deforestación de áreas de selva (principalmente secundaria) y la degradación ambiental. Esta última representada por la contaminación del agua, suelo y atmósfera.

Para analizar los cambios en la cobertura y uso del suelo, se realizó un análisis de dinámica del paisaje utilizando sistemas de información geográfica y percepción remota. Se tomaron como base mapas de cobertura del suelo históricos, obtenidos a partir del análisis de imágenes Sentinel II, utilizando el periodo temporal de 2000 a 2022. Para el análisis las coberturas del suelo se clasificaron como: (1) áreas forestales, (2) áreas agrícolas, (3) pastizales y (4) asentamientos humanos. Aunque existen otras coberturas del suelo (cuerpos de agua, humedales y suelo desnudo), estas se eliminaron del análisis por no presentar cambios sustantivos en su superficie y distribución. Las cuatro coberturas dinámicas se analizaron utilizando el software Dinámica Ego, con ello se obtuvieron los porcentajes y superficies de recambio entre los diferentes usos del suelo.

En el caso de los procesos de degradación ambiental, se utilizó un análisis de árbol de problemas. Para ello se identificaron los factores que ejercen presión sobre los recursos naturales. Estos factores, se identificaron *a priori* a partir de las mesas sectoriales del apartado de diagnóstico. Una vez realizada la identificación de causas directas de la degradación, se correlacionaron los valores base reportados por las fuentes oficiales de información. Esto con la finalidad de comprobar la congruencia entre la información participativa y la información de gabinete.

Una vez obtenida la información de la dinámica territorial y la degradación ambiental, las relaciones entre los diferentes factores fueron integradas en el diagrama de flujo. Las interrelaciones de las diferentes variables se organizaron utilizando una regla de decisión de máxima parsimonia, es decir priorizando las relaciones más simples, y por lo tanto más probables de ocurrir en el territorio. Una vez ajustado el diagrama de flujo, se describieron las interrelaciones. Los datos del modelo conceptual servirán como base para la elaboración de los escenarios del pronóstico.

4.1.2 Dinámica socioambiental

La dinámica socioambiental de San Juan Bautista Tuxtepec, se fundamenta en el crecimiento natural de la población, en el 2000, radicaban en el municipio 133 913 personas, en 2010, sumaban 155 766 habitantes mientras que en 2020, radicaban 159 492 personas, es decir su tasa de crecimiento promedio en la última década fue del 2 % (Tabla 412.1). Al crecer la población requiere de espacios para la vivienda, infraestructura y los servicios lo cual incrementa la superficie de urbanización.

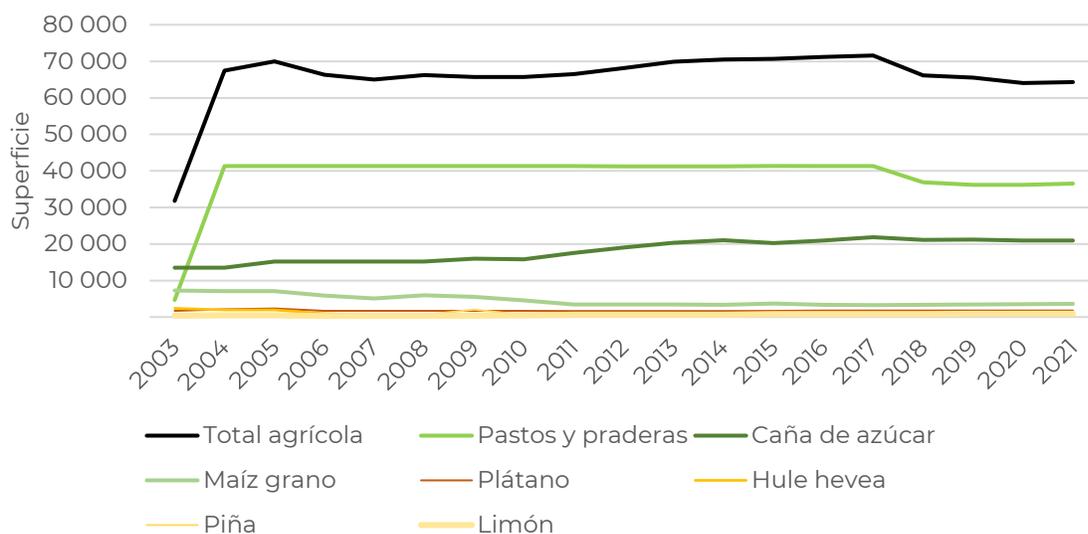
Tal como se señaló en la caracterización, el crecimiento de los asentamientos humanos en San Juan Bautista Tuxtepec, es de baja densidad (2 hab/ha), lo cual genera la dispersión de la población, y por lo tanto, crecimiento sobre otros tipos de suelo. La urbanización de Tuxtepec, ha ocurrido en un 97%, sobre a áreas agrícolas y pastizales (Tabla 412.2). La presión de suelo urbano, detona el desplazamiento de las áreas agrícolas y ganaderas sobre las áreas de vegetación secundaria cercanas, convirtiéndose en un factor indirecto de la deforestación. Aunque de manera directa se deforestaron 47.61 ha de selva para asentamientos humanos.

El crecimiento de los asentamientos humanos ocurre sin una planificación adecuada, y en muchas ocasiones de manera irregular; por ejemplo en 2020 los asentamientos irregulares representaban el 6.81 % de la superficie urbanizada. Esto genera que existan rezagos tanto del equipamiento, la infraestructura y los servicios. Haciendo énfasis en el rezago de servicios, 4.2 % de las viviendas habitadas no cuentan con sistema de drenaje, así mismo, las plantas de tratamiento de aguas residuales no operan, por lo que las descargas llegan a los afluentes, sin el debido saneamiento. Esto provoca la contaminación de ríos principalmente por fecalismo (coliformes entéricos). Por otra parte, el municipio carece de una adecuada gestión y manejo de residuos sólidos urbanos, que ocasiona una disposición inadecuada cerca de los márgenes del río Papaloapan generando contaminación en el mismo. Mientras que en las zonas rurales persiste la quema de residuos, lo cual genera emisiones a la atmósfera. A pesar de la importancia de la degradación tanto del agua, como de la atmósfera, el sistema de monitorio de contaminación solo ocurre para el Río Papaloapan; no existen registros de emisiones de las fuentes fijas y móviles en el municipio.

Además de ello, no existe cultura del agua, por lo que se aprecian niveles de consumo de hasta 40 l/hab/día, esto ha llevado a que la disponibilidad media del acuífero disminuya en 6 014 Mm³/año. Lo cual, representa un riesgo frente a los escenarios de cambio climático que proyectan para San Juan Bautista Tuxtepec, incrementos en la temperatura promedio y disminución en la precipitación. Asimismo, la situación de exacerba por las tasas de deforestación, lo cual redundo en una disminución de la capacidad de infiltración y retención de la humedad.

Tanto las áreas agrícolas como los pastizales son los principales promotores de la deforestación en San Juan Bautista Tuxtepec, dado que el 75.9 % de la deforestación, resulto en la apertura de pastizales y un 24 % se reconvirtió a áreas agrícolas; principalmente caña de azúcar y limón (Tabla 412.1). Debe precisarse que la deforestación por expansión agrícola ocurre de manera constante en pequeñas extensiones, sin seguir un patrón ordenado. Esto ocurre por ser un proceso que surge desde el aprovechamiento de pequeños productores. Analizando los cambios de la superficie sembrada, se identifica que los principales promotores de deforestación y cambio en los usos el suelo son el limón, la caña de azúcar y la ganadería.

Gráfica 1 (412.1) Superficie sembrada de los principales cultivos en San Juan Bautista Tuxtepec



Fuente: Elaboración propia con datos del SIAP

En el caso de la ganadería, se identificó que la superficie incrementa en 285 ha/año, en promedio. No se aprecia un patrón organizado de la expansión de áreas de pastizal, ya que ocurre en la mayor parte del municipio de manera dispersa, se identificó que las áreas de deforestación tienen un tamaño promedio de 300 m², en rangos que van de 10 m² hasta 27 ha. Asimismo, la ganadería no cuenta con datos precisos de la población de animales, y no se realiza con métodos de manejo sostenibles, lo cual supone un reto para la elaboración de estrategias de este programa.

9

En cuanto a la caña de azúcar, en 2022 se sembraron 28 895 ha, la dinámica del cultivo muestra una tendencia de crecimiento de 10.4 ha/año, pudiendo desplazar a cultivos de maíz y hortalizas o bien áreas forestales. El crecimiento del sector de la caña de azúcar está altamente condicionado por el ingenio y la demanda de la alcoholera. La rentabilidad del cultivo de caña es buena porque los productores tienen el mercado asegurado tanto por el ingenio como por la alcoholera, asimismo reciben apoyos técnicos. En asociación al cultivo de caña persisten problemas de bienestar social de los productores por las formas de cosecha que generan emisiones a la atmósfera y contaminación al río contribuyendo a la eutrofización. El limón por su parte ha crecido de manera lenta, pero en algunas zonas como San Francisco Salsipuedes, se registran incrementos del cultivo, precedidos por las demandas de tiendas de autoservicio; debe considerarse que las plantaciones de limón siguen el esquema de monocultivo y enfrentan condiciones de vulnerabilidad por el incremento de plagas y enfermedades relacionadas con el cambio climático y la carencia de manejos integrales.

Durante las mesas sectoriales, se indicó que en lo general todos los sectores agrícolas utilizan agroquímicos de manera indiscriminada provocando contaminación del suelo y aporte de nutrientes al agua. Lo cual redundaría en condiciones factibles para el crecimiento de los coliformes reportados en los análisis de calidad del agua. No obstante, no se cuenta con datos acerca de las dosis de aplicación ni de los consumos de este tipo de productos, por lo cual no es posible medir su impacto, tanto en el suelo como en el agua.

Es importante señalar que la contaminación de los ríos es un peligro para la salud humana pero también para el equilibrio de los recursos naturales tanto de San Juan Bautista Tuxtepec, como de la cuenca baja del Papaloapan. Actualmente, los niveles de contaminación afectan a la pesca, sobre

todo en las áreas aledañas Santa Úrsula y Paso Canoa, pero a la postre pondrán en riesgo la disponibilidad de agua para la población y el resto de las actividades económicas.

Tabla 1 (412.1) Valores base de consumo de recursos naturales en San Juan Bautista Tuxtepec

	2 000	2010	2020	TCA
Población	133 913	155 766	159 452	0.2%
Viviendas habitadas	31 443	41 374	47 234	1.3%
Consumos				
Residuos kg/hab./año	0.086	0.98	1.05	1%
Disponibilidad de agua 150l/hab./día	266	241	251	-0.1%
Agua residual litros/día/vivienda	900	692	606	-0.8%
Energía KWh/usuarios	668	689	718	2%
Sin drenaje				-
Viviendas habitadas	13 615	713	2 092	4.23%

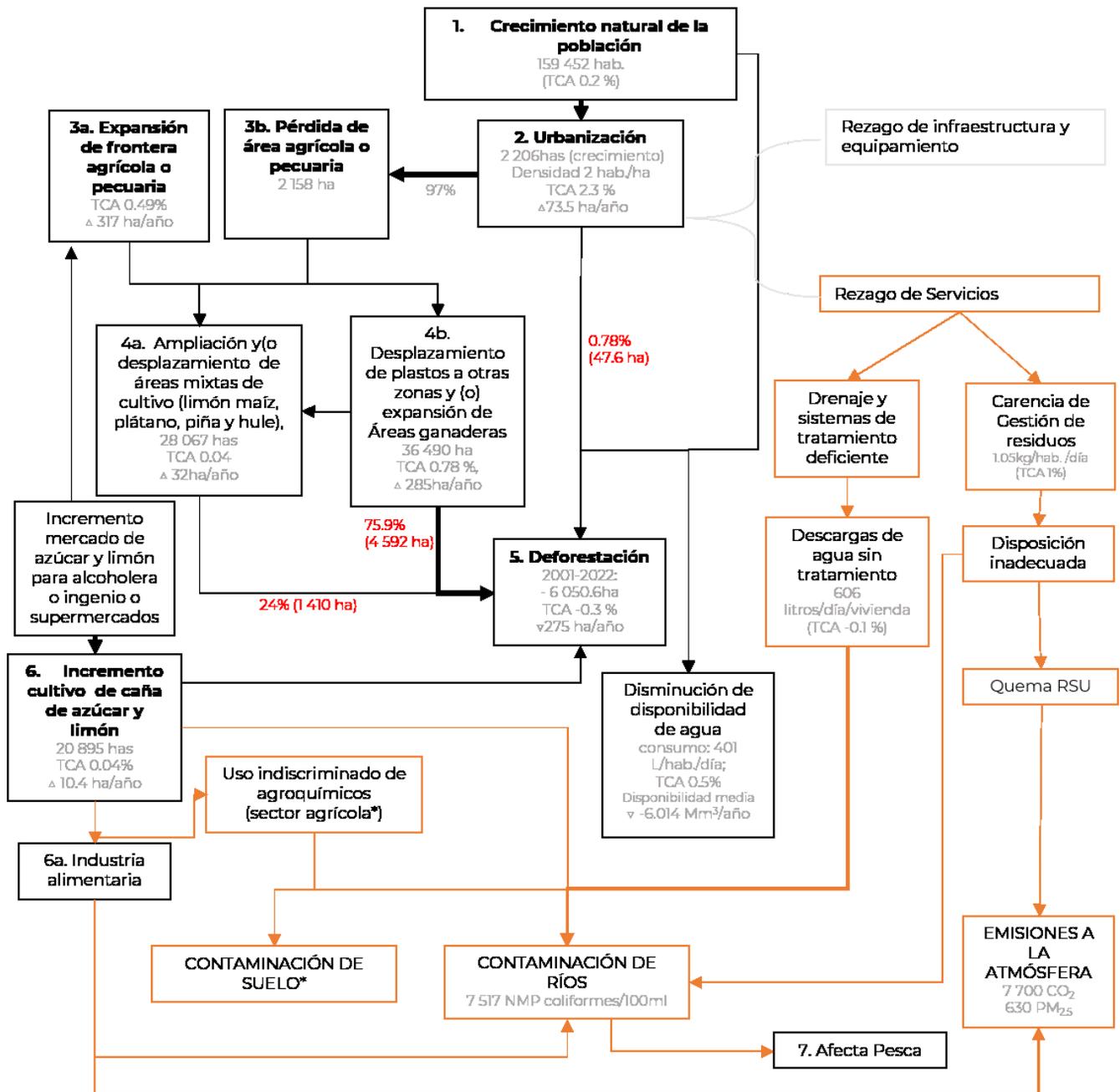
Fuente: Elaboración propia con datos de la caracterización

Tabla 2 (412.2) Dinámica de cambio de uso y cobertura del suelo 2000-2020.

Deforestación		
San Juan Bautista Tuxtepec	▼6 050.00	
Transformación		
Asentamientos humanos	47.61	0.79%
Agricultura	1 410.23	23.31%
Pastizales	4 592.17	75.90%
Urbanización		
San Juan Bautista Tuxtepec	▲2 206.01	
Transformación		
Vegetación forestal	47.61	2.16%
Agricultura	328.96	14.91%
Pastizales	1 829.44	82.93%

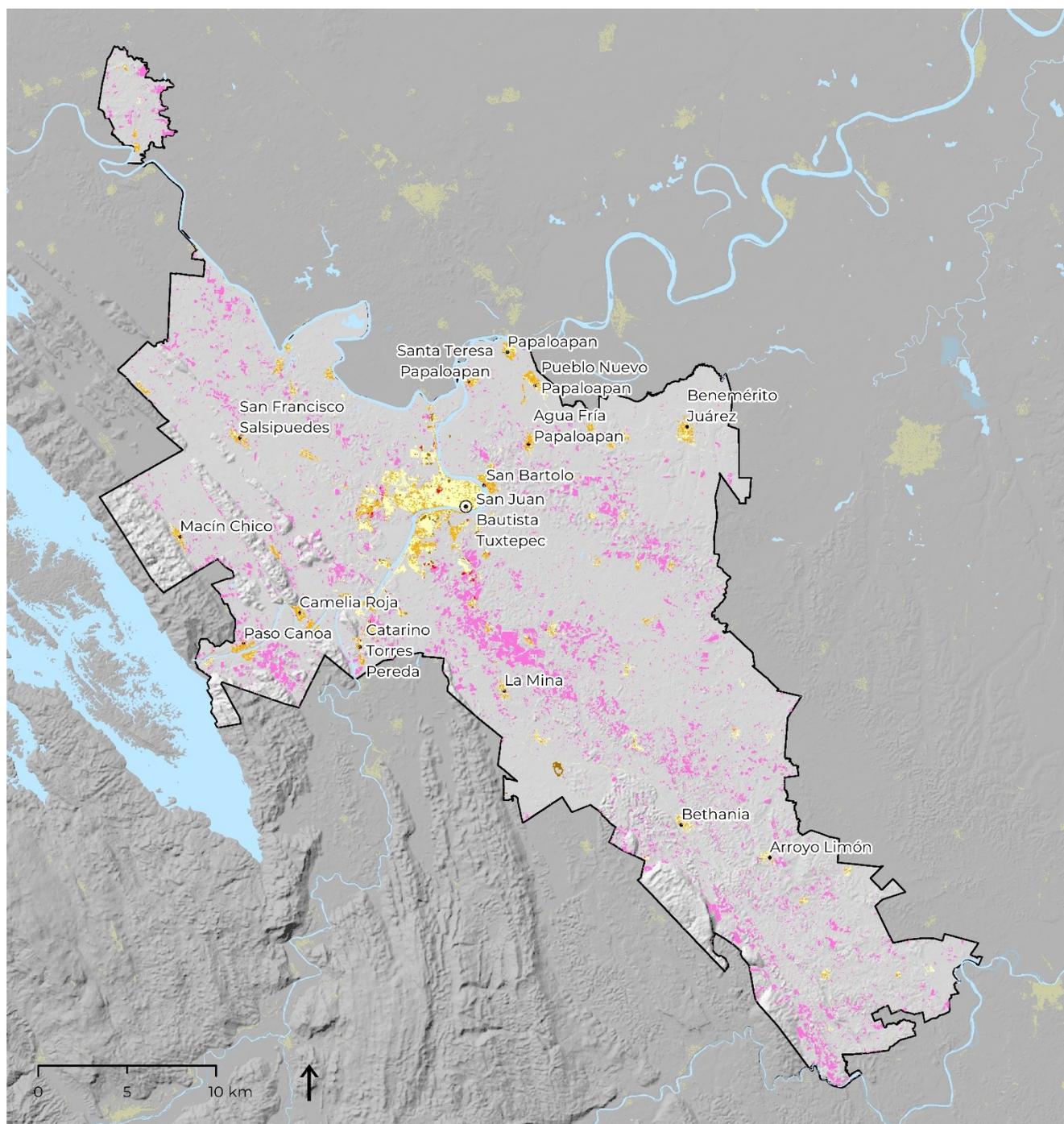
Fuente: Elaboración propia

Figura 1 (412.1) Diagrama de flujo de la dinámica sociambiental en San Juan Bautista Tuxtepec de 2000 a 2022



NOTA: Las líneas negras, enmarcan la dinámica de cambio de uso y cobertura del suelo; las líneas naranjadas, indican los procesos de degradación ambiental. El asterisco (*), señala eventos para los cuales no se tienen datos numéricos, por no ser monitoreados de manera periódica. Fuente: Elaboración propia con base en diagnóstico.

Mapa 1 (412.1) Dinámica de cambio de uso y cobertura del suelo 2000 a 2022



Simbología básica

- localidades mayores a 1000 habitantes
- ⊙ cabecera municipal
- ▭ limite municipal
- ▭ cuerpos de agua
- ▭ suelo artificializado

Simbología temática

- ▭ deforestación por urbanización
- ▭ deforestación por agricultura
- ▭ deforestación por pastizales
- ▭ urbanización en áreas de cultivo
- ▭ urbanización de pastizales



Fuente: Elaboración propia

Contexto de cambio climático

Actualmente el cambio clima ha llegado a niveles irreversibles, de acuerdo con los informes del IPCC, casi la mitad de la población mundial es vulnerable a las modificaciones de los eventos meteorológicos. Actualmente la temperatura global incrementó en 1.2°C. Dentro de las principales consecuencias que surgen del calentamiento global, se encuentran las modificaciones de los eventos meteorológicos, tales como los rangos de temperatura, niveles de precipitación y estacionalidad.

Como se indicó en la caracterización, se prevé que la temperatura en San Juan Bautista Tuxtepec, incremente en el corto plazo entre 1.15 a 1.18°C, y al largo plazo hasta en 5.38°C, lo cual significaría alcanzar temperaturas máximas cercanas a los 40°C. En estos mismos modelos se señala que la precipitación media anual disminuirá hasta en un 12%, es decir podría pasar de los 2172 mm a 1909 mm al largo plazo. A la disminución de la precipitación se suman los incrementos de frecuencia de sequías, donde se prevén escenarios desde moderadamente secos hasta severamente secos. Los valores de referencia dejarían vulnerables a los sectores agrícola y pecuario, cuyos productos actuales disminuyen su productividad a temperaturas mayores a 30 °C, productos como la piña, el plátano, el limón y la caña de azúcar que son vulnerables a la sequía perderían la aptitud para ser producidos en el municipio, o bien supondrían la necesidad de tecnificación y por tanto mayor presión a los recursos hídricos de la cuenca.

Otra vertiente del cambio climático está representada por la aparición de plagas y enfermedades en los cultivos, esto se debe a la modificación en las estacionalidades. Los cambios en el patrón climático condicionan la presencia de nuevas enfermedades, por lo que es fundamental implementar sistemas de monitoreo temprano y laboratorios de control y manejo integrado de plagas. Por otro lado, se prevé mayor frecuencia de tormentas y ciclones tropicales, con lo cual se incrementarán los eventos de inundaciones, en la cuenca, dejando en situación de vulnerabilidad a las personas.

13

Tabla 3 (412.3) Escenarios de cambio climático.

Emisiones bajas RCP 2.6

	Históricos	Corto plazo (2021-2040)	Mediano plazo (2041- 2060)	Largo plazo (2081-2100)
Temperatura máxima	31	32.15	33.67	35.27
Temperatura promedio	25.9	26.93	28.28	29.69
Temperatura mínima	20.9	21.91	23.22	24.56
Precipitación promedio	2 172	2 152	2156	2151

Emisiones muy altas RCP 8.5

Temperatura máxima	31	32.29	31	36.38
Temperatura promedio	25.9	27.06	25.9	30.54
Temperatura mínima	20.9	22.05	20.9	25.43
Precipitación promedio	2 172	2 149	2 172	1 910

Fuente: Elaboración propia con datos de la estación 20294 San Juan Bautista Tuxtepec II, Servicio Meteorológico Nacional CONAGUA y del Atlas Nacional de Vulnerabilidad al Cambio Climático, INECC.

4.1.3 Crecimiento de la población

Escenario máximo y mínimo

Antes de que se pueda llevar a cabo cualquier análisis sobre la población, es imperativo elaborar un escenario proyectado que muestre tanto las tendencias máximas como las mínimas de población para los años 2030 y 2040. Este escenario de proyección especulativa es crucial para obtener una comprensión plena de las fuerzas que impulsan el cambio poblacional y cómo la expansión o contracción de esta podría impactar en otros aspectos de la planificación territorial.

Tener una proyección precisa de la población, permite aplicar medidas preventivas o corregir cualquier tendencia en el caso de que se espera un aumento o disminución significativos en la población. Además, la proyección también brinda una idea más profunda de los cambios en las tendencias demográficas, lo que podría tener efectos profundos en aspectos tales como el planeamiento de la economía y la infraestructura urbana. Por todos estos motivos, construir un escenario proyectado de análisis poblacional, es una actividad imprescindible para desarrollar medidas de política pública adecuadas y ofrecer las condiciones para un crecimiento sostenible.

De acuerdo con lo anterior, se puede observar que el municipio experimenta un crecimiento poblacional por debajo de la línea natural de crecimiento promedio. En el año 2000, la población de San Juan Bautista Tuxtepec se registró en 133 913 habitantes. Diez años más tarde, la población había aumentado a 155 766 habitantes, lo que representa un incremento del 1.5 % anual. Este crecimiento continuó en la siguiente década y en el año 2020 la población alcanzó los 159 452 habitantes, con un crecimiento anual del 0.2 % en comparación con la década anterior.

Analizando las diferencias absolutas en la población, entre los años 2000 y 2010 hubo un aumento de 21 853 habitantes. Sin embargo, el aumento entre 2010 y 2020 fue menor, con una diferencia absoluta de 3 686 habitantes. Estos datos reflejan una desaceleración en el crecimiento poblacional durante la última década. Ahora bien, la segunda parte de la tabla muestra tres tipos de escenarios (mínimo, máximo y propuesto), con el fin de comprender y planificar el crecimiento futuro de la población de San Juan Bautista Tuxtepec, y adaptar las políticas ambientales se plantearon tres escenarios. De este modo, dentro del escenario mínimo, se espera un crecimiento anual del 0.5 % para 2030, se proyecta una población de 167 425 habitantes, y para 2040, podría tener un crecimiento de 14 351 habitantes más. Aunado a ello, en el escenario máximo, se espera un crecimiento anual del 0.7 % en 2030, lo que se traduce en una población de 170 614 habitantes y se espera que aumentará a 191 342 habitantes en 2040.

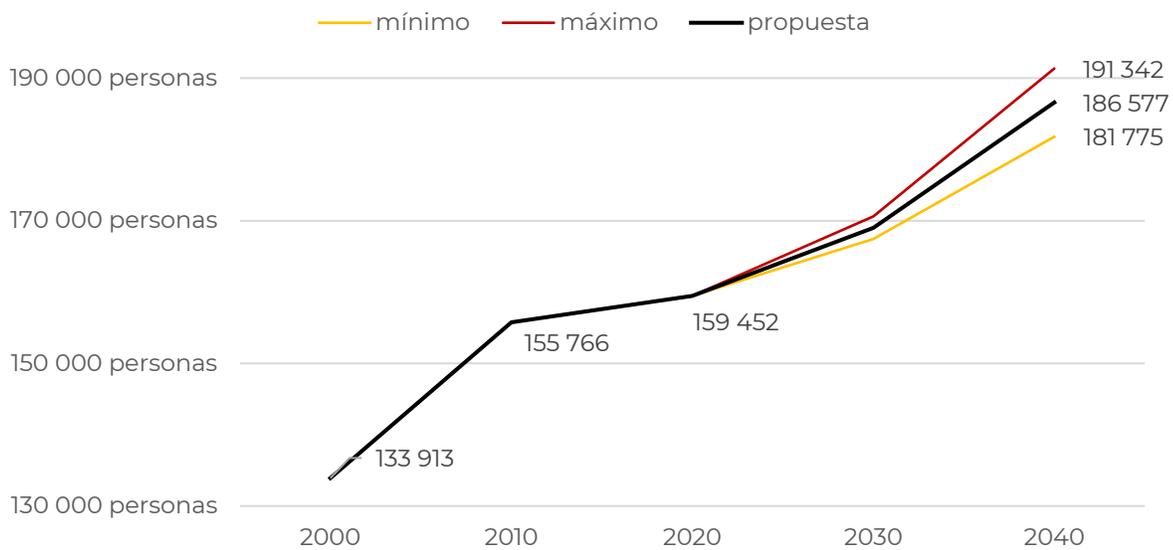
En cuanto al escenario propuesto, éste se encuentra entre estos dos extremos y se considera un escenario más realista y equilibrado. Utiliza una tasa de crecimiento anual entre el 0.6 % y 0.9 %, que se encuentra en el medio de las tasas utilizadas en los otros escenarios. Este escenario considera factores como el potencial de desarrollo económico y social, así como los cambios en las condiciones demográficas de la región. Con ello se prevé un crecimiento anual moderado, es decir en el 2030 se proyecta una población de 169 019 habitantes y que en 2040 aumentará a 186 577 habitantes.

Tabla 4 (413.1) Escenarios de población máximo y mínimo.

POBLACIÓN	2000	2010	2020	TCMA		DIFF	
				$\Delta 00-10$	$\Delta 10-20$	00 a 10	10 a 20
San Juan Bautista Tuxtepec	133 913	155 766	159 452	1.5%	0.2%	21 853	3 686
escenarios		2030	2040	TCMA		DIFF	
				$\Delta 20-30$	$\Delta 30-40$	20 a 30	30 a 40
	mínimo	167 425	181 775	0.5%	0.7%	7 973	14 351
	máximo	170 614	191 342	0.7%	1.0%	11 162	20 729
	propuesta	169 019	186 577	0.6%	0.9%	9 567	17 558

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 1 (413.2) Escenarios futuros de población a 2040.



Fuente: Elaboración propia

Población

Durante el periodo 2000-2010, el municipio experimentó un crecimiento poblacional anual del 1.5 %, que en la siguiente década disminuyó a 0.2 %. Según las estimaciones, se espera que para el año 2040 la tasa anual en el municipio sea de 0.9 %, lo que resultaría en una población total de 188 885 habitantes, es decir, que el municipio pasaría por un incremento de 29 433 habitantes, en comparación con los 159 452 actuales.

Se pronostica que los nuevos habitantes se establecerán principalmente en el área urbana, en otras palabras, esta zona tendrá una tasa de crecimiento de 1.0 %, por lo que absorberá el 82.5 % del crecimiento poblacional al alojar a 24 268 personas nuevas y concentrar a 134 481 habitantes. Asimismo, el área rural muestra un crecimiento de 0.5 %, ya que, la población que se espera en la región será de 5 165 personas y una concentración del 17.5 % de la nueva población, para finalmente alcanzar una población de 54 404 habitantes.

Tabla 5 (413.2) Modelo de crecimiento de la población a 2040.

	Año				TCA			DIFF						
	2000	2010	2020	2040	$\Delta 00-10$	$\Delta 10-20$	$\Delta 20-40$	00 a 10	%	10 a 20	%	20 a 40	%	
POBLACIÓN														
San Juan Bautista Tuxtepec	133 913	155 766	159 452	188 885	1.5%	0.2%	0.9%	21 853	100%	3 686	100%	29 433	100%	
Urbano	89 847	108 322	110 213	134 481	1.9%	0.2%	1.0%	18 475	84.5%	1 891	51.3%	24 268	82.5%	
Rural	44 066	47 444	49 239	54 404	0.7%	0.4%	0.5%	3 378	15.5%	1 795	48.7%	5 165	17.5%	
Urb / Mun														
San Juan Bautista Tuxtepec														
Urbano	67%	70%	69%	71%										
Rural	33%	30%	31%	29%										

Fuente: Elaboración propia

4.2 Definición de la imagen objetivo del POEL

La imagen objetivo plantea la visión general del Programa de Ordenamiento Ecológico Local de San Juan Bautista Tuxtepec; esta visión tiene una meta temporal a 2040. El POEL-Tuxtepec, guarda congruencia tanto con el Plan Municipal de Desarrollo, el Programa de Ordenamiento Territorial y el Programa Municipal de Desarrollo Urbano, así como con varios lineamientos internacionales de la Agenda 2030 y el Convenio sobre Diversidad Biológica. Su planteamiento, debe involucrar indiscutiblemente la visión de las personas, por lo que se enriquecerá con los aportes ciudadanos en los talleres de participación social.

La imagen objetivo para Tuxtepec es la siguiente:

“San Juan Bautista Tuxtepec es un municipio próspero e inclusivo que prioriza el bienestar y goce de derechos humanos de sus habitantes fortaleciendo sus raíces culturales, aprovecha de manera sustentable su capital natural, y mantiene su vocación agrícola y pecuaria.

El territorio se ordena, las actividades se organizan de acuerdo a su vocación por lo que se disminuyen los conflictos territoriales. Los usos del suelo se enriquecen logrando que el territorio sea multifuncional; la matriz agropecuaria utiliza técnicas sostenibles que mantienen la conectividad del paisaje natural y aseguran la viabilidad de los procesos ecológicos.

Los asentamientos humanos son compactos con legalidad en la tenencia de la tierra, los hogares gestionan adecuadamente sus recursos, existe cultura del agua, ahorro energético y una adecuada gestión de los residuos. Existe equidad en las condiciones de bienestar de las personas, acceso a la educación, salud y empleo. Los impactos negativos al medio ambiente son bajos, con lo que el territorio es resiliente frente a los eventos de cambio climático.

En materia de protección del capital natural, se disminuyen las tasas de deforestación, se aprovechan las especies nativas como parte de los sistemas productivos, existen áreas de protección definidas, en las cuales las especies mantienen sus procesos evolutivos. La buena calidad de la selva perennifolia, incrementa los servicios ambientales, manteniendo la funcionalidad del territorio. Las personas tienen apropiación por sus recursos naturales y participan activamente en su conservación.

El municipio se distingue por su cultura e historia, que se refleja en sus pueblos indígenas, sus expresiones artísticas y sus tradiciones. El municipio se rige por un gobierno democrático, transparente, responsable, coordinado, de rendición de cuentas y representativo de todos sus pobladores; que implementa políticas públicas en conjunto con la sociedad y promueve la gobernanza.”

4.3 Formulación de escenarios

A partir, tanto del modelo conceptual como del planteamiento de la imagen objetivo se proponen tres escenarios: tendencial, contextual y estratégico, para ello se considera 2030 como mediano plazo y 2040 como largo plazo. El uso de ambas décadas obedece a que los datos históricos que sirven como base para realizar la proyección provienen de datos obtenidos cada diez años, por lo que mantener los periodos es fundamental para reducir la incertidumbre de las proyecciones. En cada escenario se analizan los posibles cambios en la cobertura y uso del suelo, los procesos de degradación ambiental y las dinámicas sociales o económicas que se identificaron en la caracterización y el diagnóstico como fuerzas motrices de la transformación del territorio.

El escenario tendencial, señala los cambios esperados si se mantienen sin cambios las tendencias actuales, es decir es una proyección lineal utilizando las tasas de cambio anual históricas del municipio.

Por su parte el escenario contextual, muestra el comportamiento del territorio a partir del uso de alternativas deseables para abatir todos los problemas socioambientales, este escenario muestra las condiciones deseables para alcanzar la sostenibilidad del municipio. También contextualiza el efecto del cumplimiento de los acuerdos internacionales, programas nacionales, estatales y municipales, así como la correcta aplicación de instrumentos legales.

En el escenario estratégico se propone una visión intermedia entre el escenario tendencial y contextual, es decir es un escenario alcanzable, mediante la aplicación de políticas públicas y estrategias que se instrumentan a partir de la aplicación de este instrumento de planificación u otros instrumentos sectoriales.

Para la formulación de los escenarios se realizó un análisis de gabinete que sintetizó los aspectos relevantes de la caracterización y el diagnóstico. Esta propuesta será sometida al escrutinio participativo de actores, instituciones y ciudadanos de San Juan Bautista Tuxtepec, quienes aportarán una retroalimentación activa al modelo del pronóstico.

4.3.1 Escenario tendencial

El escenario tendencial, parte directamente del modelo de la dinámica socioambiental, por ello, se considera que los principales factores motrices del cambio en el uso del suelo la degradación ambiental, son el crecimiento poblacional que establece necesidades de vivienda, infraestructura y servicios.

En conjunto con las presiones urbanas, existe mayor demanda de productos agropecuarios; la producción agrícola y pecuaria se realiza con un modelo de producción extensiva y de monocultivos; por lo tanto, establece presiones sobre los recursos naturales. La agricultura es dependiente del uso de fertilizantes, los cuales se aplican de manera desmedida, con ello se incrementa la contaminación química del suelo y el arrastre de nutrientes a los ríos. La eutroficación acompañada por las descargas domésticas incrementa la concentración de organismos coliformes, transformando a los embalses en focos de contaminación y sitios con potencial riesgo para la salud de las personas.

A continuación, se muestran los valores de diversos indicadores que permiten hacer medible el futuro tendencial del municipio.

Desarrollo urbano disperso

De acuerdo al modelo de crecimiento poblacional Tuxtepec registra un decremento en la tasa de crecimiento, sin embargo, considerando la estructura de edades de la población se considera que las próximas dos décadas la tasa de crecimiento de la población incrementará nuevamente. Por lo cual se determinó utilizar una tasa de crecimiento anual del 0.9 %, con ello la población proyectada será de 174 398 personas en 2030 y 190 745 en 2040. La población requerirá un estimado de 73 172 viviendas en 2030 y 90 074 en 2040. Como se aprecia la tendencia es parecida al modelo de crecimiento máximo de la población.

Otro factor que promueve cambios en los usos del suelo es la ocupación de la población económicamente activa como indicador de los sectores que mantendrán un desarrollo o serán modificados. Debe recordarse que San Juan Bautista Tuxtepec, muestra una tendencia hacia la especialización de actividades del sector terciario, sin embargo, debido a la demanda de productos agrícolas y pecuarios la población dedicada a actividades primarias incrementará. Esto denota que de continuarse estas dinámicas económicas en 2030 la población ocupada en el sector primario será de 22 006 personas, y en 2040 será de 35 168 personas alcanzando tasas de crecimiento de hasta el 11 %.

Tabla 6 (431.1) Modelo de crecimiento de la población y la vivienda al 2040.

	2000	2010	2020	2030	2040	Δ00-10	Δ10-20	Δ20-30	Δ30-40
Población	133 913	155 766	159 452	174 398	190 745	1.5%	0.2%	0.9%	0.9%
PEA	31 735	43 317	80 919	129 319	206 669	3.2%	6.4%	4.8%	4.8%
PEA ocupada	31 341	41 382	79 706	127 381	203 571	2.8%	6.8%	4.8%	4.8%
Sector primario	1 657	7 149	13 980	22 006	35 168	15.7%	6.9%	11.3%	11.3%
Sector secundario	8 359	7 653	14 953	23 557	37 648	-0.9%	6.9%	3.0%	3.0%
Sector terciario	20 930	26 219	51 270	80 706	128 980	2.3%	6.9%	4.6%	4.6%
No especificado	394	361	707	1 111	1 776	-0.9%	7.0%	3.0%	3.0%
Vivienda total	39 145	50 351	59 441	73 172	90 074	2.5%	1.7%	2.1%	2.1%
Vivienda habitada	31 443	41 374	47 234	58 145	71 576	2.8%	1.3%	2.1%	2.1%
Vivienda deshabitada	7 453	8 977	12 207	15 626	20 003	1.9%	3.1%	2.5%	2.5%

Fuente: Elaboración propia

Cambio de cobertura del suelo

El incremento en la población y el número de viviendas provocará necesidad de urbanización, hasta ahora el proceso de urbanización en San Juan Bautista Tuxtepec ha sido disperso y de baja densidad, tanto en las zonas urbanas como en las rurales. Históricamente los asentamientos humanos crecen el 97% de las veces sobre suelos agrícolas o pecuarios, por lo que esta tendencia se mantendrá, se estima que los asentamientos humanos incrementarán su superficie en 779 ha en el periodo de 2020 a 2030 y en 2040, se requerirán 969 ha.

La presión sobre el suelo urbano en conjunto con el incremento de población dedicada a actividades primarias motivará la ampliación de la superficie agrícola y pecuaria. En el caso de la superficie agrícola, se estima una tasa de crecimiento constante en 1.8 % considerando los datos históricos y debido que existe una tendencia hacia incrementar los cultivos de caña de azúcar por las demandas de la alcoholera o posible mejora del Ingenio. Esto provocará la apertura de 233 ha de tierras de cultivo, en 2040. La superficie de pastizales para actividades pecuarias crecerá en 871 ha en 2040, es decir abarcará una superficie de 29 674 ha.

Tanto el crecimiento urbano con la ampliación agropecuaria disminuirá la superficie forestal, sobre todo en los fragmentos de selva secundaria que se localiza de manera adyacente a las zonas productivas actuales. La tasa de deforestación estimada se estima en 0.6 %, con lo que la pérdida de selvas será de 2 381 ha.

Tabla 7 (431.2) Modelo de cambio de cobertura del suelo.

Coberturas de suelo (ha)	2000	2010	2020	2030	2040	TCA			
	87837	87837	87837	87 837	87 837	Δ00-10	Δ10-20	Δ20-30	Δ30-40
San Juan Bautista Tuxtepec									
Superficie urbana	2 075	2 862	3 206	3 985	4 954	3.30%	1.10%	2.20%	2.20%
Superficie agrícola	13 224	13 544	13 864	14 471	14 097	0.20%	0.20%	1.80%	1.80%
Caña de azúcar	3 115	4 231	4 436	4 852	5 307	3.10%	0.50%	0.90%	0.90%
Superficie pecuaria	22 573	24 659	26 746	27 888	29 674	0.90%	0.80%	2.20%	2.20%
Superficie forestal	49 239	46 045	43 294	40 765	38 384	-0.70%	-0.60%	-0.60%	-0.60%
Otros usos	726	727	727	727	727	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%

DIFF

00 a 10	10 a 20	20 a 30	30 a 40
787	344	779	969
320	320	607	-374
1 116	205	416	455
2 086	2 087	1 142	1 786
- 3 194	- 2 751	- 2 529	- 2 381
1	0	0	0

Fuente: Elaboración propia

Degradación de los recursos naturales

Actualmente existe degradación de diferentes recursos naturales en San Juan Bautista Tuxtepec, en este subapartado se organizaron aquellos con los que se cuenta información histórica, por lo que es factible realizar una proyección a futuro. Sin embargo, la degradación del suelo por contaminación química y erosión no es susceptible de medición por la falta de disponibilidad de la información.

El agua en San Juan Bautista Tuxtepec es un tema de gran relevancia, por un lado, existen registros de contaminación, principalmente relacionados con las descargas de aguas residuales sin el debido tratamiento y por la acumulación de residuos sólidos. Asimismo, se aprecia una disminución en la disponibilidad del recurso. Tal como se aprecia en la tabla 431.3, la cobertura de drenaje en la vivienda ha incrementado, con ello se esperaría que la contaminación de coliformes disminuya a tasas bajas 0.2 % por lo que la mala calidad del agua se mantendría estable. En el tema de los residuos, existe una tendencia de incremento en la producción per cápita de residuos, ya que en 2000 cada persona producía 860 gr de residuos al día y en 2020 generaban 1.05 kg, el escenario tendencial muestra que en 2040 cada persona en San Juan Bautista Tuxtepec generará 1.6 kg diarios. La cantidad de residuos, acompañada por las carencias de medidas de gestión integral de residuos mantendrá la contaminación de los embalses y la quema de residuos.

Al igual que con los residuos, en San Juan Bautista Tuxtepec, existe un incremento en el consumo de agua por habitante, de 2010 a 2020, el consumo creció en 11l/hab/día, se estima que las tasas de cambio anual en los consumos de agua aumenten a 410 l/hab/día en 2030 y a 418 l/hab/día en 2040. Debido a que el aprovechamiento del agua para el uso público y urbano proviene del Acuífero de San Juan Bautista Tuxtepec, cabría esperar que la tendencia hacia reducción de la disponibilidad de agua subterránea continuará. Para 2040 en el escenario tendencial se estima que el volumen de la disponibilidad de agua subterránea será de 4.79 hm³.

Para las emisiones a la atmósfera no existen datos anteriores a 2020, sin embargo, se consideró la tasa de incremento promedio por tres fuentes, los cultivos de caña de azúcar, la apertura de pastizales para ganadería y el volumen de generación de residuos sólidos urbanos. Considerando estas tres fuentes de contaminación se utilizó una tasa constante del 0.9 % para estimar las emisiones en el mediano y largo plazo. En 2020, San Juan Bautista Tuxtepec registra emisiones totales de 38 954 mg/año, esto incluye al conjunto total de gases con efecto invernadero y partículas, se prevé que en 2030 incrementen en 3 651 mg/año, hasta alcanzar al largo plazo 46 599 mg/año.

Tabla 8 (431.3) Modelo de cambio en los recursos naturales

Factor	200	201	202	203	20	TCA				DIF									
	0	0	0	0	40	$\Delta 00$	$\Delta 10$	$\Delta 20$	$\Delta 30$	00	10 a	20 a	30 a						
						-10	-20	-30	-40	a 10	20	30	40						
Viviendas sin drenaje (número)	13	2	1	48	615	713	092	002	0	-	25.5 %	11.4 %	-	-	- 12	1	- 1	- 522	
Volumen de descarga doméstica (lts/día/ vivienda)	900	692	606	618	631	-	-	7.1%	7.1%	-	208	- 86	12	12					
Consumo de agua (lts/hab/día)	416	391	402	410	418	-	0.6%	0.3%	0.2%	0.2%	- 25	11	8	8					
Volumen de RSU (kg/hab/día)	.8	.6	.9	.8	05	1.3	1.6	1.3%	0.7%	2.0%									
Degradación																			
Disponibilidad de agua subterránea	*	36	5.4	5.1	4.79	-	17.3 %	0.6 %	- 0.6%	-	- 31	.32	.30						
Volumen concesionado agua subterránea	*	112	143	183	234	*	2.5%	2.5%	2.5%		31	40	51						
Contaminación de agua (enterobacterias /100ml)	*	956	517	368	222	*	9.8%	0.2%	0.2%		4	- 149	- 146						
Emissiones totales (mg/año)	*	*	38	42	46	*		0.9 %	0.9%		*	3	3						
			954	605	599							651	994						

Fuente: Elaboración propia

4.3.2 Escenario contextual

El escenario contextual es un planteamiento del futuro ideal para San Juan Bautista Tuxtepec, donde la base del desarrollo urbano sea rigurosamente relacionada con el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Con la vinculación del desarrollo sustentable se vislumbra que existe cumplimiento de los objetivos planteados en el Programa Municipal de Desarrollo, asimismo que existen políticas públicas, programas y acciones eficientes que aminoran los problemas socioambientales del municipio y dotan a la población de cultura ambiental, el pleno ejercicio de sus Derechos Humanos y altos niveles de bienestar social.

Densificación

Los contextos utilizados para el planteamiento del escenario tendencial parten de mantener el crecimiento de la población con el escenario intermedio, es decir la tasa anual de crecimiento poblacional en el municipio sea de 0.9 %, lo que resultaría en una población total de 188 885 habitantes. La tasa de crecimiento urbano disminuye 0.5% porque, se hace uso de la vivienda deshabitada. El resultado de la densificación es el incremento de 147 ha, es decir cerca de la mitad con respecto al crecimiento histórico; con ello las viviendas habitadas en 2040 serían 49 160, muy por debajo de las proyectada en el escenario tendencial de 71 156. El proceso de densificación permitiría al municipio mejorar la dotación de servicios y de infraestructura, con lo que el consumo de recursos naturales disminuiría.

Tabla 9 (432.1) Modelo de crecimiento con densificación de la población y la vivienda al 2040.

	2000	2010	2020	2030	2040	TCA			
						Δ00-10	Δ10-20	Δ20-30	Δ30-40
Población	133 913	155 766	159 452	162 670	188 885	1.5%	0.2%	0.2%	0.9%
PEA	31 735	43 317	80 919	83 380	85 915	3.2%	6.4%	0.3%	0.3%
PEA ocupada	31 341	41 382	79 706	42 314	44 037	2.8%	6.8%	4.8%	4.8%
PEA sector primario	1 657	7 149	13 980	7 310	2 527	15.7%	6.9%	11.3%	11.3%
PEA sector secundario	8 359	7 653	14 953	7 825	2 705	-0.9%	6.9%	3.0%	3.0%
PEA sector terciario	20 930	26 219	51 270	26 809	9 268	2.3%	6.9%	4.6%	4.6%
No especificado	394	361	707	369	128	-0.9%	7.0%	3.0%	3.0%
Densidad (hab/ha)	65	54	50	51	54	8.4%	9.1%	10.2%	10.6%
Vivienda total	38 896	50 351	59 441	63 100	64 373	2.6%	1.7%	1.7%	1.7%
Vivienda habitada	31 443	41 374	47 234	50 646	51 669	2.8%	1.3%	0.7%	0.2%
Vivienda deshabitada	7 453	8 977	12 207	12 453	12 705	1.9%	3.1%	0.2%	0.2%

Fuente: Elaboración propia

Sistemas productivos sostenibles

México es un país firmante del Acuerdo de París el cual es un tratado internacional sobre el Cambio Climático jurídicamente vinculante. Dentro de los acuerdos de mitigación frente al cambio climático, promueve el desarrollo y transferencia de tecnologías, en concordancia con el fomento a las capacidades técnicas; así mismo existe un compromiso de disminuir hasta llegar a tasas de deforestación cero. Por tanto, el modelo tendencial de uso del suelo para San Juan Bautista Tuxtepec, plantea, que existe una transición productiva hacia sistemas sustentables de policultivo, es decir, se mantiene la extensión del cultivo de caña de azúcar porque se adaptan sistemas de cultivo agroecológicos y biointensivos; se fomenta el sistema de policultivo para el resto de productos agrícolas implementando sistemas agroforestales. Los sistemas agroforestales aprovechan especies nativas de la selva perennifolia y por lo tanto se incrementa la conectividad de los ecosistemas, lo cual posibilita la sobrevivencia de las especies silvestres.

Se adopta un sistema de producción silvopastoril con ganaría holística, de manera que las áreas de pastizal se enriquecen con especies que fungen como fuente de proteína, con ello se reduce la presión sobre la selva secundaria reestableciendo la restauración pasiva. De la mano con estas estrategias, delimitan áreas de protección de recursos naturales con lo que se adquieren compromisos para la conservación de la diversidad. Las áreas de protección se vinculan con la prestación de servicios turísticos de naturaleza y culturales que permiten que las personas diversifiquen sus ingresos al tiempo que fortalecen sus tradiciones y costumbres.

Bajo este modelo de desarrollo, el área urbana incrementaría en 319 ha, alcanzando una extensión de 3 525 ha, la superficie agrícola y pecuaria se mantendrían más o menos estables, ya que la tasa de cambio anual se mantendría en 0.1 %, considerando que el incremento ocurra por la necesidad de dotar de tierras a familiares. Con ello la deforestación en el periodo de 2020 a 2040 sería de 1 281 ha, lo cual significa un 50 % menos a los proyectado en el escenario tendencial.

Tabla 10 (4.32.2) Modelo contextual de cambio de cobertura del suelo.

Coberturas de suelo (ha) San Juan Bautista Tuxtepec	2000	2010	2020	2030	2040	TCA			
	87837	87837	87837	87	87	Δ00-10	Δ10-20	Δ20-30	Δ30-40
Superficie urbana	2 075	2 862	3 206	3 353	3 525	3.3%	1.1%	0.5%	0.5%
Superficie agrícola	13 224	13 544	13 864	14 070	14 004	0.2%	0.2%	0.1%	0.1%
Caña de azúcar	3 115	4 231	4 436	4 481	4 526	3.1%	0.5%	0.1%	0.1%
Superficie pecuaria	22 573	24 659	746	27 251	27 568	0.9%	0.8%	0.1%	0.1%
49	49	46	43						
Superficie forestal	239	045	294	42 436	42 013	-0.7%	-0.6%	-0.2%	-0.1%
Otros usos	726	727	727	727	727	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%

Fuente: Elaboración propia

Consumo responsable de recursos naturales

En este escenario, se reduce el consumo de recursos naturales, debido a el desarrollo compacto y ordenado de los asentamientos humanos el ayuntamiento puede abatir el rezago en la cobertura de agua entubada y alcantarillado. En el pronóstico contextual, el número de viviendas sin drenaje pasa de 2 092 viviendas en 2020 a 1 002 en 2030 y en 2040 a 394. Así mismo se cuenta con tratamiento eficiente y efectivo de las aguas residuales, con lo cual se disminuye la concentración de bacterias coliformes entéricas, con el correcto funcionamiento de plantas de agua residuales y la disminución en las descargas directas de drenaje se esperaría una concentración de coliformes entéricos de 3 599 enterobacterias/100ml; esto sería agua contaminada; pero al largo plazo, en 2040 se podrían lograr niveles de contaminación baja (1 255 enterobacterias/100ml).

Al mediano plazo (2030) se asigna un sitio para el establecimiento de un relleno sanitario con producción de biogas; de este modo se reducen las quemas de residuos, existe un sistema eficiente de recolección de residuos. A la par, se inicia un programa de cultura del agua y los residuos con lo cual se logra disminuir efectivamente el consumo *per cápita* de agua en 390 l/hab/día y el volumen de residuos sólidos urbanos en 950 gr/hab/año. Una vez iniciado esto se promueve entre la ciudadanía, empresas e industrias proyectos de separación de residuos de manera que el municipio participe en un modelo de economía circular.

Para mejorar la disponibilidad media de agua del acuífero, se pone en marcha un programa de aprovechamiento y almacenamiento de aguas pluviales, con ello se eliminan presiones al acuífero y se permite la reincorporación del agua al subsuelo, con lo que en 2040 se mantiene estable un volumen concesionado de 158hm³. Asimismo al largo plazo se disminuye el número de títulos concesionados, puesto que los pozos existentes son suficientes para cubrir las demandas de agua para uso público y riegos agrícolas.

25

Tabla 11 (432.3) Modelo contextual de cambio en los recursos naturales

Factor	2000	2010	2020	2030	2040	TCA			
						Δ00-10	Δ10-20	Δ20-30	Δ30-40
Viviendas sin drenaje (número)	13 615	713	092	1 002	349	-25.5%	11.4%	-7.1%	10.0%
Volumen de descarga doméstica (lts/día/vivienda)	900	692	606	548	506	-2.6%	-1.3%	-1.0%	-0.8%
Consumo de agua (lts/hab/día)	416	391	402	398	390	-0.6%	0.3%	-0.1%	-0.2%
Volumen de RSU (kg/hab/día)	.8 6	.9 8	1. 05	. 999	. 95	1.3%	0.7%	-0.5%	-0.5%
Degradación									
Disponibilidad de agua subterránea	*	36	5.4	5. 5	5. 79	*	17.3%	0.2%	0.5%
Volumen concesionado agua subterránea (hm ³ /año)	*	112	143	158	158	*	2.5%	1.0%	0.0%
Contaminación de agua (enterobacterias /100ml)	*	956	7 517	599	1 255	*	9.8%	-7.1%	10.0%
Emissiones totales (mg/año)	*	*	38	42	45	*		0.9%	0.7%
			954	605	683				

Fuente: Elaboración propia

4.3.3 Escenario estratégico

En este modelo de ordenamiento ecológico se busca corregir de manera gradual los factores que ejercen presiones negativas sobre el territorio. El escenario se plantea con un punto intermedio entre el escenario tendencial y el contextual, es decir incorpora los aspectos de incertidumbre en los cuales no se puede cumplir con la totalidad de instrumentos contextuales.

Crecimiento con densificación

Para el desarrollo de los asentamientos humanos, se mantendrá el crecimiento de las áreas urbanizadas promoviendo la densificación en ritmos asumibles. La base poblacional se mantiene con el modelo contextual que adopta el incremento intermedio de la población de 188 885 personas. El número de viviendas abandonadas disminuye, representando un 20% de las viviendas en 2040 pero con una tasa menor dado que se mantiene la construcción de nuevos desarrollos, se estima la construcción de 17 220 viviendas, las viviendas tendrían una densidad de 3.27 hab/vivienda, es decir se mantendrían las características actuales. La superficie urbana incrementaría en 335 ha en el periodo 2020 a 2030 y 256 ha de 2030 a 2040 (tabla 4.33.2).

Tabla 12 (4.33.1) Modelo estratégico de crecimiento poblacional y vivienda

	2000	2010	2020	2030	2040	Δ 00-10	Δ 10-20	Δ 20-30	Δ 30-40
Población	133 913	155 766	159 452	162 670	188 885	1.5%	0.2%	0.2%	0.9%
PEA	31 735	43 317	80 919	83 380	85 915	3.2%	6.4%	0.3%	0.3%
PEA ocupada	31 341	41 382	79 706	42 314	44 037	2.8%	6.8%	4.8%	4.8%
PEA sector primario	1 657	7 149	13 980	7 310	2 527	15.7%	6.9%	11.3%	11.3%
PEA sector secundario	8 359	7 653	14 953	7 825	2 705	-0.9%	6.9%	3.0%	3.0%
PEA sector terciario	20 930	26 219	51 270	26 809	9 268	2.3%	6.9%	4.6%	4.6%
No especificado	394	361	707	369	128	-0.9%	7.0%	3.0%	3.0%
Vivienda total	38 896	50 351	59 441	65 660	72 529	2.6%	1.7%	1.0%	1.0%
Vivienda habitada	31 443	41 374	47 234	52 176	57 634	2.8%	1.3%	1.0%	1.0%
Vivienda deshabitada	7 453	8 977	12 207	13 484	14 895	1.9%	3.1%	1.0%	1.0%

Fuente: Elaboración propia

Sistemas productivos sostenibles

El crecimiento urbano, se realizará aprovechando vacíos urbanos, en los asentamientos, y una parte del desarrollo seguirá lo previsto en el Programa Municipal de Desarrollo Urbano, de acuerdo a la zonificación actual del Programa, los asentamientos mantendrán la dinámica de crecer sobre suelo pecuario y agrícola. En 2040 los asentamientos humanos ocuparán una extensión de 3 797 ha, que representa el 4.32% del municipio, dentro de las áreas de asentamiento se realizarán campañas de forestación, de manera que se incremente la superficie de espacios verdes.

Se implementarán programas piloto de sistemas agroforestales, como modelo de producción con bajo uso de fertilizantes y manejo agroecológico, asimismo, se fomentarán programas de ganadería holística y promoverán campañas de reforestación con especies útiles para la ganadería de manera que se motive la heterogeneidad y enriquecimiento de los fragmentos de selva secundaria. Con ello la tasa de crecimiento de la frontera agropecuaria será de un incremento de 358 ha para agricultura y 1 576 ha de ganadería, transformando 2 525 ha de selva. No obstante, al mantenerse esquemas de producción sostenible se mantendrá parte de la cobertura de vegetación nativa, con lo que podrían reducirse los impactos ambientales.

Tabla 13 (433.2) Modelo estratégico de cambio de cobertura del suelo.

Coberturas de suelo (ha)	2000	2010	2020	2030	2040	TCA			
						Δ00-10	Δ10-20	Δ20-30	Δ30-40
San Juan Bautista				87	87				
Tuxtepec	87837	87837	87837	837	837				
Superficie urbana	2 075	2 862	3 206	3 541	3 797	3.3%	1.1%	1.0%	0.7%
Superficie agrícola	13 224	13 544	13 864	14 272	14 222	0.2%	0.2%	0.2%	0.1%
Caña de azúcar	3 115	4 231	4 436	4 526	4 571	3.1%	0.5%	0.2%	0.1%
Superficie pecuaria	22 573	24 659	746	27 703	28 322	0.9%	0.8%	0.1%	0.1%
	49	46	43		40	-0.7%	-0.6%		
Superficie forestal	239	045	294	41 593	769	-0.7%	-0.6%	-0.4%	-0.2%
Otros usos	726	727	727	727	727	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%

Fuente: Elaboración propia

Consumo responsable de recursos naturales

Como parte del escenario estratégico, se conecta a la red de drenaje al 2% de las viviendas existentes, y mediante instrumentos de control del desarrollo urbano se garantiza que las viviendas nuevas tengan conexión a drenaje y se instalen sistemas de tratamiento de aguas residuales. Con ello, se proyecta que, en 2040, existirían 827 viviendas sin drenaje, el volumen de descargas sería de 481 l/hab/día, lo cual reduciría considerablemente las tasas de contaminación de los embalses por coliformes entéricos, con niveles parecidos al 2010 de 2 973 enterobacterias/100 ml, lo cual corresponde a un nivel contaminado, que es manejable mediante el establecimiento de proyectos de aireación en los diferentes ríos.

Aunque en este escenario se mantiene la tendencia a incrementar el consumo de agua, se propone un descenso paulatino acompañado por la instalación de tecnologías de captación de agua pluvial doméstica y en edificios públicos, con lo que a la postre se lograría que el acuífero de balanceara; para ello es necesario establecer políticas de rehabilitación de suelos y garantizar la protección de la selva perennifolia en las porciones altas del municipio.

En el tema de los residuos, el modelo estratégico supone comenzar con políticas de separación y economía circular de productos reutilizables, esto disminuirá la tasa de generación de residuos al 0.2 % en 2030 y 0.1% en 2040. Aún con estas tasas el volumen de RSU es alto, lo que denota la necesidad de disponer de un programa de gestión y manejo integral de residuos.

Tabla 14 (433.3) Modelo estratégico de cambio en los recursos naturales

Factor	2000	2010	2020	2030	2040	TCA				
						Δ00-10	Δ10-20	Δ20-30	Δ30-40	
Viviendas sin drenaje (número)	13 615	713	2 092	1 709	827	-25.5%	11.4%	-2.0%	-7.0%	
Volumen de descarga doméstica (lts/día/vivienda)	900	692	606	532	481	-2.6%	-1.3%	-1.3%	-1.0%	
Consumo de agua (lts/hab/día)	416	391	402	410	414	-0.6%	0.3%	0.2%	0.1%	
Volumen de RSU (kg/hab/día)	.8 6	.9 8	1. 05	1. 071	1. 08	1.3%	0.7%	0.2%	0.1%	
Degradación										
Disponibilidad de agua subterránea	*	36	5.4	3. 2	2. 64	*	-17.3%	-5.0%	-2.0%	
Volumen concesionado agua subterránea	*	112	143	174	193	*	2.5%	2.0%	1.0%	
Contaminación de agua (enterobacterias /100ml)	*	2	956	7 517	6 142	2 973	*	9.8%	-2.0%	-7.0%
			38	43	46					
Emisiones totales (mg/año)	*	*	954	029	138	*	*	1.0%	0.7%	

Fuente: Elaboración propia

4.4 Síntesis del pronóstico

Modelo conceptual del sistema socioambiental

A partir del diagnóstico, se planteó un diagrama de flujo que resume las interrelaciones de los diferentes sectores en San Juan Bautista Tuxtepec. El modelo conceptual representa entonces una síntesis del estado actual del territorio y de las fuerzas motrices que determinan sus características.

El crecimiento de los asentamientos humanos ocurre, sin una planificación adecuada, y en muchas ocasiones de manera irregular, en 2020, los asentamientos irregulares representaban el 6.81 % de la superficie urbanizada. Además de ello, existen rezagos tanto del equipamiento, la infraestructura y los servicios. Haciendo énfasis en el rezago de servicios, 4.2 % de las viviendas habitadas no cuentan con sistema de drenaje, así mismo, las plantas de tratamiento de aguas residuales no operan, por lo que las descargas llegan a los afluentes. Esto provoca la contaminación de ríos principalmente por coliformes entéricos. Por otra parte, el municipio carece de una adecuada gestión y manejo de residuos sólidos urbanos, lo que ocasiona una disposición inadecuada cerca de los márgenes del río Papaloapan o la quema de los residuos. No existe cultura del agua, por lo que se aprecian niveles de consumo de hasta 401 l/hab/día, esto ha llevado a que la disponibilidad media del acuífero disminuya en 6 014 Mm³/año.

Tanto las áreas agrícolas como los pastizales son los principales promotores de la deforestación en San Juan Bautista Tuxtepec, dado que el 75.9 % de la deforestación, resulto en la apertura de pastizales y un 24 % se reconvirtió a áreas agrícolas; principalmente caña de azúcar y limón. Debe precisarse que la deforestación por expansión agropecuaria ocurre de manera constante en pequeñas extensiones, sin seguir un patrón ordenado.

Durante las mesas sectoriales, se indicó que en lo general todos los sectores agrícolas utilizan agroquímicos de manera indiscriminada provocando contaminación del suelo y aporte de nutrientes al agua y una posible salinización del suelo. Durante el trabajo participativo se enfatizó en la necesidad de recibir capacitación técnica, y de plantear esquemas que permitan incrementar el valor de los diferentes productos.

Contexto de cambio climático

Se prevé que la temperatura en el San Juan Bautista Tuxtepec, incremente en el corto plazo entre 1.15 a 1.18°C, y al largo plazo hasta en 5.38°C, lo cual significaría alcanzar temperaturas máximas cercanas a los 40°C. En estos mismos modelos se señala que la precipitación media anual disminuirá hasta en un 12%, es decir podría pasar de los 2172 mm a 1909 mm al largo plazo. A la disminución de la precipitación se suman los incrementos de frecuencia de sequías, donde se prevén escenarios desde moderadamente secos hasta severamente secos. También hay aparición de nuevas enfermedades y plagas en los cultivos, ocasionando la necesidad de ampliar la investigación y proponer esquemas de manejo integrales.

Crecimiento de la población

Analizando las diferencias absolutas en la población, entre los años 2000 y 2010 hubo un aumento de 21 853 habitantes. Sin embargo, el aumento entre 2010 y 2020 fue menor, con una diferencia absoluta de 3 686 habitantes. Estos datos reflejan una desaceleración en el crecimiento poblacional durante la última década. Con el fin de comprender y planificar el crecimiento futuro de la población de San Juan Bautista Tuxtepec, se plantearon tres escenarios. En el escenario mínimo, se espera un

crecimiento anual del 0.5 % para 2030, se proyecta una población de 167 425 habitantes, y para 2040, podría tener un crecimiento de 14 351 habitantes más. En el escenario máximo, se espera un crecimiento anual del 0.7 % en 2030, lo que se traduce en una población de 170 614 habitantes; y se espera que aumentará a 191 342 habitantes en 2040. En cuanto al escenario propuesto, éste se encuentra entre estos dos extremos y se considera un escenario más realista y equilibrado. Utiliza una tasa de crecimiento anual entre el 0.6 % y 0.9 %, que se encuentra en el medio de las tasas utilizadas en los otros escenarios. En el 2030 se proyecta una población de 169 019 habitantes, y que en 2040 aumentará a 186 577 habitantes.

Se pronostica que los nuevos habitantes se establecerán principalmente en el área urbana, esta zona tendrá una tasa de crecimiento de 1.0 %, por lo que absorberá el 82.5 % del crecimiento poblacional proyectado en 134 481 habitantes. Asimismo, el área rural muestra un crecimiento de 0.5 %, ya que, la población que se espera en la región será de 5 165 personas y una concentración del 17.5 %.

Imagen objetivo

“San Juan Bautista Tuxtepec es un municipio próspero e inclusivo que prioriza el bienestar y goce de derechos humanos de sus habitantes fortaleciendo sus raíces culturales, aprovecha de manera sustentable su capital natural, y mantiene su vocación agrícola y pecuaria. El territorio se ordena, las actividades se organizan de acuerdo con su vocación por lo que se disminuyen los conflictos territoriales. Los usos del suelo se enriquecen logrando que el territorio sea multifuncional; la matriz agropecuaria utiliza técnicas sostenibles que mantienen la conectividad del paisaje natural y aseguran la viabilidad de los procesos ecológicos.

Los asentamientos humanos son compactos con legalidad en la tenencia de la tierra, los hogares gestionan adecuadamente sus recursos, existe cultura del agua, ahorro energético y una adecuada gestión de los residuos. Existe equidad en las condiciones de bienestar de las personas, acceso a la educación, salud y empleo. Los impactos negativos al medio ambiente son bajos, con lo que el territorio es resiliente frente a los eventos de cambio climático.

En materia de protección del capital natural, se disminuyen las tasas de deforestación, se aprovechan las especies nativas como parte de los sistemas productivos, existen áreas de protección definidas, en las cuales las especies mantienen sus procesos evolutivos. La buena calidad de la selva perennifolia, incrementa los servicios ambientales, manteniendo la funcionalidad del territorio. Las personas tienen apropiación por sus recursos naturales y participan activamente en su conservación.

El municipio se distingue por su cultura e historia, que se refleja en sus pueblos indígenas, sus expresiones artísticas y sus tradiciones. El municipio se rige por un gobierno democrático, transparente, responsable, coordinado, de rendición de cuentas y representativo de todos sus pobladores; que implementa políticas públicas en conjunto con la sociedad y promueve la gobernanza.”

Escenarios

Escenario tendencial

El escenario tendencial, parte directamente del modelo de la dinámica socioambiental, por ello, se considera que los principales factores motrices del cambio en el uso del suelo la degradación ambiental, son el crecimiento poblacional que establece necesidades de vivienda, infraestructura y servicios.

Se determinó utilizar una tasa de crecimiento anual del 0.9 %, con ello la población proyectada será de 174 398 personas en 2030 y 190 745 en 2040. La población requerirá un estimado de 73 172 viviendas en 2030 y 90 074 en 2040. De continuarse con la especialización económica, en 2030 la población ocupada en el sector primario será de 22 006 personas, y en 2040 será de 35 168 personas alcanzando tasas de crecimiento de hasta el 11 %.

El incremento en la población y el número de viviendas provocará necesidad de urbanización, hasta ahora el proceso de urbanización en San Juan Bautista Tuxtepec ha sido disperso y de baja densidad, tanto en las zonas urbanas como en las rurales. Se estima que los asentamientos humanos incrementarán su superficie en 779 ha en el periodo de 2020 a 2030 y en 2040, se requerirán 969 ha.

En el caso de la superficie agrícola, se estima una tasa de crecimiento constante en 1.8 % considerando los datos históricos y debido que existe una tendencia hacia incrementar los cultivos de caña de azúcar, por las demandas de la alcoholera o posible mejora del ingenio. Esto provocará la apertura de 233 ha de tierras de cultivo, en 2040. La superficie de pastizales para actividades pecuarias crecerá en 871 ha en 2040, es decir abarcará una superficie de 29 674 ha. La tasa de deforestación estimada se estima en 0.6 %, con lo que la pérdida de selvas será de 2 381 ha.

La cobertura de drenaje en la vivienda ha incrementado, con ello se esperaría que la contaminación de coliformes disminuya a tasas bajas 0.2 % por lo que la mala calidad del agua se mantendría estable. En el tema de los residuos, existe una tendencia de incremento en la producción per cápita de residuos, ya que en 2000 cada persona producía 860 gr de residuos al día y en 2020 generaban 1.05 kg, el escenario tendencial muestra que en 2040 cada persona en San Juan Bautista Tuxtepec generará 1.6 kg diarios. Se estima que las tasas de cambio anual en los consumos de agua aumenten a 410 l/hab/día en 2030 y a 418 l/hab/día en 2040.

31

Escenario contextual

El escenario contextual es un planteamiento del futuro ideal para San Juan Bautista Tuxtepec, donde la base del desarrollo urbano sea rigurosamente relacionada con el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

Los contextos utilizados para el planteamiento del escenario tendencial parten de mantener el crecimiento de la población con el escenario intermedio, lo que resultaría en una población total de 188 885 habitantes. La tasa de crecimiento urbano disminuye 0.5% porque, se hace uso de la vivienda deshabitada. El resultado de la densificación es el incremento de 147 ha, es decir cerca de la mitad con respecto al crecimiento histórico; con ello las viviendas habitadas en 2040 serían 49 160, muy por debajo de las proyectada en el escenario tendencial de 71 156.

Se adopta un sistema de producción silvopastoril con ganaría holística, de manera que las áreas de pastizal se enriquecen con especies que fungen como fuente de proteína, con ello se reduce la presión sobre la selva secundaria reestableciendo la restauración pasiva. Bajo este modelo de desarrollo, el área urbana incrementaría en 319 ha, alcanzando una extensión de 3 525 ha, la superficie agrícola y pecuaria se mantendrían más o menos estables, ya que la tasa de cambio anual se mantendría en 0.1 %, considerando que el incremento ocurra por la necesidad de dotar de tierras a familiares. Con ello la deforestación en el periodo de 2020 a 2040 sería de 1 281 ha, lo cual significa un 50 % menos a los proyectado en el escenario tendencial.

Se reduce el consumo de recursos naturales, debido a el desarrollo compacto y ordenado de los asentamientos humanos el ayuntamiento puede abatir el rezago en la cobertura de agua entubada y alcantarillado. En el pronóstico contextual, el número de viviendas sin drenaje pasa de 2 092 viviendas en 2020 a 1 002, en 2030 y en 2040 394. se esperaría una concentración de coliformes entéricos de 3 599 enterobacterias/100ml; esto sería agua contaminada; pero al largo plazo, en 2040, se podrían lograr niveles de contaminación baja (1 255 enterobacterias/100ml).

Se logra disminuir efectivamente el consumo *per cápita* de agua en 390 l/hab/día y el volumen de residuos sólidos urbanos en 950 gr/hab/año.

Escenario estratégico

En este modelo de ordenamiento ecológico se busca corregir de manera gradual los factores que ejercen presiones negativas sobre el territorio. La base poblacional se mantiene con el modelo contextual que adopta el incremento intermedio de la población de 188 885 personas. El número de viviendas abandonadas disminuye, representando un 20% de las viviendas en 2040 pero con una tasa menor dado que se mantiene la construcción de nuevos desarrollos, se estima la construcción de 17 220 viviendas. La superficie urbana incrementaría en 335 ha en el periodo 2020 a 2030 y 256 ha de 2030 a 2040.

En 2040 los asentamientos humanos ocuparán una extensión de 3 797 ha, que representa el 4.32% del municipio, dentro de las áreas de asentamiento se realizarán campanas de forestación, de manera que se incremente la superficie de espacios verdes. La tasa de crecimiento de la frontera agropecuaria será de un incremento de 358 ha para agricultura y 1 576 ha de ganadería, transformando 2 525 ha de selva. No obstante, al mantenerse esquemas de producción sostenible se mantendrá parte de la cobertura de vegetación nativa, con lo que podrían reducirse los impactos ambientales.

Se conecta a la red de drenaje al 2% de las viviendas existentes, y mediante instrumentos de control del desarrollo urbano se garantiza que las viviendas nuevas tengan conexión a drenaje y se instalen sistemas de tratamiento de aguas residuales. Con ello, se proyecta que, en 2040, existirían 827 viviendas sin drenaje, el volumen de descargas sería de 481 l/hab/día, lo cual reduciría considerablemente las tasas de contaminación de los embalses por coliformes entéricos. En el tema de los residuos, el modelo estratégico supone comenzar con políticas de separación y economía circular de productos reutilizables, esto disminuirá la tasa de generación de residuos al 0.2 % en 2030 y 0.1% en 2040.

Bibliografía

1. CONAGUA. 2023. Datos de la estación 20294 San Juan Bautista Tuxtepec II Servicio Meteorológico Nacional CONAGUA y del Atlas Nacional de Vulnerabilidad al Cambio Climático. Disponible en <https://smn.conagua.gob.mx/es/informacion-climatologica-por-estado?estado=oax>
2. Díaz, R. 2010. Expandiendo el mercado de bananos y plátano. Mundo Nuevo Agrícola Ganadera SPR de RL de CV. Programa de documento de casos de éxitos IICA-COFRUPO-SADER-CONACYT.
3. Enríquez, J. Meléndez, F. Bolaños. E. y Esqueda, V. 2011. Producción y manejo de forrajes tropicales. INIFAP-SAGARPA. EdoMex, Mex
4. Hernández-Sampieri, R, Fernández Collado C., Baptista Lucio P. 1997. Metodología de la investigación. McGraw-Hill. Bogota, Colombia.
5. Juárez-López J.C., González H. A.J., Cabrera E. M.L, Garza C. J.M. 2006. Anfibios y Reptiles de una zona perturbada en el municipio de Tuxtepec, Oaxaca, México. Publicaciones de la Sociedad Herpetológica Mexicana No.3 inventarios herpeto faunísticos de México: avances en el conocimiento de su biodiversidad. sociedad herpetológica mexicana, A.C.
6. Plan Municipal de Desarrollo 2022-2024. San Juan Bautista Tuxtepec.
7. Polo, D. 2022. Factores que limitan la incorporación de tecnologías agrícolas en productores de piña en la región de la Cuenca Baja del Papaloapan. Tesis de Maestría. Colegio de Posgraduados. Campus Córdoba, Ver.
8. SADER. 2023. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Disponible en: <https://www.agricultura.gob.mx/datos-abiertos/siap>
9. Sánchez, M.A. Jiménez, J. Morales, G. Acevedo, R. Antonio, C. y C. Villanueva. 2019. Rendimiento de grano en maíces adaptados a condiciones de la Baja Cuenca del Papaloapan. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 22: 519-529.
10. Vilboa, J. Díaz, P. Platas, D. Ruiz, O. Segundo, S. y Juárez, F. 2009. Estructura de comercialización de bovinos destinados al abasto de carne en la región del Papaloapan, Veracruz, México. *Economía, Sociedad y Territorio* Vol. IX. Núm. 13: 831-854.
11. <https://www.inegi.org.mx/app/mapa/denue/default.aspx>
12. https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/#Datos_abiertos
13. <https://grupopiasa.com/site/index.php/u-o-perativas/planta-de-generacion-de-energia-electrica-2>
14. https://biopappel.com/wp-content/uploads/2023/07/Bio-Pappel_Informe-de-Sustentabilidad-2022_J.pdf
15. <https://datos.gob.mx/busca/dataset/produccion-pesquera>
16. <https://datos.gob.mx/busca/dataset/titulos-acuicolas-otorgados-por-la-conapesca>
17. <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>