



**CENTRO DE ESTUDIOS DEMOGRÁFICOS
URBANOS Y AMBIENTALES**

**Medios de Vida Sustentable en el Sistema Socio-Ecológico de cuatro
microcuencas del Suelo de Conservación, Ciudad de México: modelación
conceptual basada en Dinámica de Sistemas**

Tesis presentada por

FAUSTINO GÓMEZ SÁNTIZ

Para optar el grado de

DOCTOR en Estudios Urbanos y Ambientales

Directora de tesis

DRA. MARÍA PEREVOCHTCHIKOVA

Ciudad de México, a 22 de octubre del 2021



CENTRO DE ESTUDIOS DEMOGRÁFICOS
URBANOS Y AMBIENTALES

Doctorado en Estudios Urbanos y Ambientales

Constancia de aprobación de tesis

Ciudad de México, 22/Octubre/2021

Directora de tesis: Dra. María Perevochtchikova

Aprobada por el Jurado Examinador:

Sinodales propietarios

Presidente

Dr. José Alvaro Hernández Flores

Firma _____

Vocal

Dra. Hilda R. Guerrero García Rojas:

Firma _____

Secretario

Dr. José Mauricio Galeana Pizaña:

Firma _____

Sinodal suplente

Dra. Landy Lizbeth Sánchez Peña:

Firma _____

:

A ustedes RVLE, por su amor inconmensurable,

A ti mamá y papá.

Agradecimientos

Agradezco al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por la beca otorgada durante el periodo 2017-2021.

Asimismo, se agradece al proyecto 290832 «Trajectories of Social-Ecological Systems in Latin American Watersheds (TRASSE)», ANR-CONACyT del cual forma parte la presente tesis.

Agradecimiento especial a mi directora de tesis, la doctora María Perevochtchikova:

por sus invaluable consejos y comentarios.

por haber sido el punto de apoyo más importante para culminar esta tesis.

por alentarme a descubrir y a entender apenas la complejidad inigualable del Ajusco.

por su empuje a enrolarme al mundo de la investigación científica, y

por la confianza dada.

Quiero agradecer a quien ha sido una guía y compañía durante toda mi formación académica, a la doctora Hilda R. Guerrero García Rojas. De las personas que pueden cambiar el rumbo de tu vida.

Mi reconocimiento enorme al Dr. J. Mauricio Galeana Pizaña (CentroGeo) y al Dr. José Alvaro Hernández Flores (CEDUA-COLMEX) por sus comentarios y sugerencias.

De igual manera, mi agradecimiento a toda la planta docente del Centro de Estudios Urbanos y Ambientales de El Colegio de México, en particular, a quienes en algún momento tuve la complacencia de tomar sus clases magistrales.

Finalmente, mi gratitud a mis compañeros del doctorado DEUA 2017-2021 por ser excelentes amigos. Les recordaré por siempre.

Resumen

Los territorios peri-urbanos, por la complejidad y el dinamismo de los factores sociales y ecológicos que los caracteriza, pueden considerarse como Sistemas Socio-Ecológicos (SSE). Tal es el caso del área de estudio que abarca cuatro microcuencas y están situadas en la parte suroeste del Suelo de Conservación de la Ciudad de México. En las microcuencas convergen total o parcialmente el territorio de seis comunidades y ejidos que tienen diferentes formas de administrar sus recursos de uso común (bosques), donde, además, se aplican y se sobreponen instrumentos de política pública ambiental federal y local para la conservación de los bosques. No obstante, la legitimación de facto de la tala ilegal, la venta ilegal de terrenos comunales-ejidales para uso urbano y la conversión de suelos forestales a suelos agrícolas han provocado el deterioro de los recursos forestales. Por otro lado, aunque se han realizado importantes inversiones ambientales en los núcleos agrarios y se han aplicado diversas regulaciones para contener el crecimiento urbano, los problemas señalados aún persisten. En suma, estos factores han exacerbado el deterioro de los bosques al registrarse pérdidas importantes de cobertura forestal o su conversión en vegetación secundaria que, consecuentemente, han afectado la provisión y regulación de los servicios ecosistémicos forestales.

A pesar de lo anterior, están emergiendo actividades económicas basadas en la conservación de la naturaleza y se están posicionando gradualmente como medios de vida alternativos sin menoscabo de los recursos naturales. La presente investigación tiene como objetivo general describir y analizar la trayectoria histórica de los medios de vida y Medios de Vida Sustentable (MVS), y las relaciones endógenas que posicionan a los MVS como generadores de ciclos de balance para la sustentabilidad de las cuatro microcuencas. Como hipótesis central, se ha planteado que los MVS se posicionan como Puntos de Apalancamiento profundos para la sustentabilidad del Sistema Socio-Ecológico ya que incentiva y orienta las acciones de los actores sociales hacia la conservación de los bosques. La propuesta analítica emana de la tradición del pensamiento sistémico del que deriva el enfoque Sistema Socio-Ecológico. Este enfoque fue operacionalizado conceptualmente bajo los fundamentos del método de Dinámica de Sistemas que puede representar la complejidad del Sistema Socio-Ecológico a partir de sus dinámicas de ciclos causales. Con base en estas consideraciones, se construyó un modelo conceptual de Dinámicas de Sistemas a partir de entrevistas semiestructuradas y de una amplia revisión bibliográfica de investigaciones realizadas en el área de estudio. Esto hace que el estudio sea de corte cualitativo. De acuerdo con los resultados, se evidencia que los MVS, como el turismo de naturaleza y los esquemas de compensación ambiental son fuentes importantes de ingresos para los hogares que, en términos conceptuales, estos se definen como ciclos de balance y Puntos de Apalancamiento profundos para la sustentabilidad del SSE. Además, las estructuras sociales sólidas con capacidad de agencia para intervenir en las decisiones sobre los usos del suelo es una condición sine que non para la formación de MVS.

Palabras clave: Sistema Socio-Ecológico, Dinámica de Sistemas, Ciclos de refuerzo, Ciclos de Balance, Medios de Vida Sustentable, Puntos de Apalancamiento.

Abstract

Peri-urban territories, due to the complexity and dynamism of the social and ecological factors that characterize them, can be considered as Social-Ecological System (SES). This is the case of the study area that includes four micro-basins, and they are in the southwest part of the Conservation Soil of Mexico City. In the micro-basins, the territory of six communities and ejidos, that have different ways of managing their common use resources (forests), converge totally or partially, where, in addition, federal and local environmental public policy instruments for forest conservation are applied and overlapped. However, the de facto legitimization of illegal logging, the illegal sale of communal-ejidal land for urban use, and the conversion of forest soils to agricultural soils have led to the deterioration of forest resources. On the other hand, although significant environmental investments have been made in agrarian nucleuses and various regulations have been applied to contain urban growth, the problems mentioned above persist. In sum, these factors have exacerbated the deterioration of forests by registering significant losses of forest cover or its conversion into secondary vegetation that, consequently, have affected the provision and regulation of forest ecosystem services.

Despite the above, economic activities based on nature conservation are emerging and are gradually positioned as alternative livelihoods without detriment to natural resources. The present research aims to describe and analyze the historical trajectory of livelihoods and sustainable livelihoods (SL), and the endogenous relationships that position the SL as generators of balance cycles for the sustainability of the four micro-basins. As a central hypothesis, it has been proposed that the SL are positioned as deep leverage points for the sustainability of the SES since it encourages and guides the actions of social actors towards the conservation of forests. The analytical proposal emanates from the tradition of systemic thinking from which the SES approach derives. This approach was operationalized conceptually under the foundations of the System Dynamics method that can represent the complexity of the Social-Ecological System from its causal cycle dynamics. Based on these considerations, a conceptual model of Systems Dynamics was constructed from semi-structured interviews and an extensive bibliographic review of research carried out in the study area. This makes the study qualitative. According to the results, it is evident that SL, such as nature tourism and environmental compensation schemes are important sources of income for households that, in conceptual terms, are defined as balancing loops and deep leverage points for the sustainability of the Social-Ecological System. In addition, solid social structures with agency capacity to intervene in decisions about land uses is a sine que non condition for the formation of SL.

Key words: Social-Ecological System, System Dynamics, Reinforcing Loops, Balancing Loops, Sustainable Livelihoods, Leverage Points.

Índice general

Introducción	5
1. Marco teórico: Sistemas Socio-Ecológicos	12
1.1 Enfoques teóricos en torno a la relación sociedad-naturaleza.....	14
1.2 El pensamiento sistémico en la relación sociedad-naturaleza.....	16
1.3 Sistemas Complejos Adaptativos.....	21
1.4 Sistemas Socio-Ecológicos y conceptos vinculados	24
1.5 Sistemas Socio-Ecológicos en la literatura científica.....	34
1.6 El Marco Sistema Socio-Ecológico de Ostrom.....	47
1.7 Medios de Vida Sustentables en el Sistema Socio-Ecológico	49
2. Marco metodológico: Dinámica de Sistemas para el análisis de Sistemas Socio-Ecológicos	55
2.1. El método de Dinámica de Sistemas en la literatura científica	56
2.2. Dinámica de Sistemas como metodología para la modelación del Sistema Socio-Ecológico	61
2.3. Análisis de actores	68
2.4. El método de Análisis Estructural: un enfoque para identificar Puntos de Apalancamiento en un modelo de Dinámica de Sistemas cualitativo.....	70
2.5. Metodología general de la investigación.....	73
3. Sistema Socio-Ecológico periurbano: diversificación productiva en 4 microcuencas del suroeste de la Ciudad de México	78
3.1. Contexto nacional y regional: dinámica de los cambios en los usos del suelo en entornos metropolitanos, la ZMVM y la Ciudad de México	79
3.2. Componente ecológico del SSE de las microcuencas y factores de cambio	91
3.3. Diversificación productiva.....	97
4. Medios de Vida Sustentable y Trayectoria Socio-Ecológica del área de estudio	120
4.1. Actividades productivas mediante Medios de Vida Sustentables en tres núcleos agrarios del Suelo de Conservación.....	122
4.2. Diferenciaciones en las condiciones sociales y ecológicas por convergencias y divergencias de intereses entre actores sociales.....	157
4.3. Medios de Vida Sustentable y estructuras de gobernanza como Puntos de Apalancamiento para la sustentabilidad en el sistema socio-ecológico.....	172
5. Análisis cualitativo de las interacciones del Sistema-Socio-Ecológico mediante Dinámica de Sistemas	175
5.1. Relaciones endógenas del Sistema Socio-Ecológico	177
5.2. Identificando Puntos de Apalancamiento en las dinámicas de ciclos causales del Sistema Socio-Ecológico SC-CDMX	183
5.3. Puntos de Apalancamiento para la sustentabilidad del Sistema Socio-ecológico del SC-CDMX	191
5.4. Consideraciones finales	197
Conclusiones	199
Referencias bibliográficas	204
Anexos.....	217

Índice de figuras

Figura 1. Área de estudio.	8
Figura 2. Características generales del Suelo de Conservación y el área de las 4 microcuencas.	10
Figura 3. palabras clave con mayor número de frecuencias vinculados a SSE.	30
Figura 4. Conceptos vinculados.	31
Figura 5. Producción científica.	35
Figura 6. Artículos publicados por afiliación.	36
Figura 7. Colaboración entre países	38
Figura 8. Grupos de colaboración SSE ¿Trabajando juntos?	39
Figura 9. Redes de colaboración en Latinoamérica y El Caribe.	41
Figura 10. Redes de colaboración en torno a SSE en México.	45
Figura 11. Estructura del marco SSE.	48
Figura 12. Medios de vida y Medios de Vida Sustentable como situación de acción en el Sistema Socio-ecológico de las 4 microcuencas.	50
Figura 13. Trayectoria de un sistema socio-ecológico	53
Figura 14. Métodos en la operacionalización de SSE. Los números de los círculos indican el total de documentos en los que aparecen los métodos.	56
Figura 15. Tendencia de temas por años 1994-2020	59
Figura 16. Mapa temático. Situación actual del método de Dinámica de Sistemas en el estudio de Sistemas Socio-Ecológicos.	61
Figura 17. Categorías para definir las relaciones en las convergencias por objetivos entre actores.	70
Figura 18. Grafo no-dirigido y grafo dirigido	72
Figura 19. Fuentes de información de los capítulos 3 y 4	74
Figura 20. Núcleos agrarios en las 4 microcuencas. La superficie de las microcuencas (20,645 has) está enclavada mayoritariamente en la demarcación de las alcaldías de La Magdalena Contreras y Tlalpan (37,592 has).	75
Figura 21. Etapas y resultados por objetivos generales de la investigación	77
Figura 22. Contribuciones por cambio de usos de suelo a la ampliación de asentamientos humanos en Zonas Metropolitanas	81
Figura 23. Expansión de asentamientos humanos en zonas metropolitanas 1993-2014	82
Figura 24. Diagrama de dispersión entre Usos del suelo y Vegetación y Asentamientos Humanos por Zonas Metropolitanas.	84
Figura 25. Transiciones del Uso del Suelo y Vegetación de la Zona Metropolitana del Valle de México (KM ²).	85
Figura 26. Transiciones del Uso del Suelo y Vegetación de la Ciudad de México.	90
Figura 27. Transiciones del uso del suelo y vegetación en 4 microcuencas de la Ciudad de México (km ²).	92
Figura 28. Superficie forestal 1993-2019 en el área de las microcuencas	93
Figura 29. Bosque y servicios ecosistémicos.	94
Figura 30. Cambio drástico, proyección de pérdida forestal, aptitud agrícola y asentamientos irregulares.	95
Figura 31. Urbanización en las microcuencas 1954-2019.	96
Figura 32. Valor del suelo en el área de influencia de las microcuencas	96
Figura 33. Crecimiento poblacional en San Miguel y Santo Tomás Ajusco	97
Figura 34. Zonas urbanas y rurales en el área de estudio.	98
Figura 35. Actividades económicas Censo 2000.	100
Figura 36. Características económicas Censo 2010.	101
Figura 37. Características de los hogares censo 2000 y 2010.	104
Figura 38. Flujo de migración interna en localidades menores a 50 mil habitantes en el área de estudio, 2000 y 2010 (escala logarítmica).	106
Figura 39. Cambios de usos en unidades de producción agropecuaria	109
Figura 40. Cartograma. Porcentaje de terrenos con actividades agrícolas y su superficie por AGEB-Rural, 2016.	110
Figura 41. Cartograma. Superficie con maíz y papa, 2016.	111
Figura 42. Principales cultivos con mayor superficie 2003-2018.	113
Figura 43. Inversiones agrícolas del programa PROCAMPO/ProAgro 1995-2018 en las 4 microcuencas (miles de pesos/miles de hectáreas).	115

Figura 44. Inversiones agrícolas del programa PROCAMPO/PRO-Agro por núcleos agrarios.	116
Figura 45. Inversiones por políticas públicas ambientales según tipo de proveedor, por núcleo agrario y tipo de programa.	117
Figura 46. Inversiones por políticas públicas ambientales en núcleos agrarios del área de estudio 2003-2018.	118
Figura 47. Haciendas y frabricas en el area del Ajusco.	126
Figura 48. Fabricas situadas en el cauce del Río Magdalena	137
Figura 49. Presa de filtración. La Magdalena Atlitic	143
Figura 50. . Urbanización hacia el territorio del ejido.	148
Figura 51. Lista de principales medios de vida por sector de actividad	154
Figura 52. Diversificación y transición de los medios de vida en tres núcleos agrarios	156
Figura 53. Porcentaje de ocupación por tipo de uso y vegetación del suelo 1993 y 2019. El anillo exterior corresponde al año 1993, y el anillo interior al año 2019.	158
Figura 54. Convergencia de objetivos entre actores en los tres núcleos agrarios	162
Figura 55. Tala ilegal en San Miguel y Santo Tomas Ajusco. Arboles de Oyamel	163
Figura 56. Transiciones de cambio de uso de suelo y vegetación-Ajusco.	164
Figura 57. Tendencia de la vegetación y usos del suelo en SMySTA.	164
Figura 58. Transiciones de cambio de uso de suelo y vegetación -La Magdalena Atlitic.	165
Figura 59. Cambio de uso de suelo y vegetación -La Magdalena Atlitic.	166
Figura 60. Oyamel viejo y caído	166
Figura 61. Transiciones de cambio de uso de suelo y vegetación-SNT.	168
Figura 62. Cambio de uso de suelo y vegetación-SNT.	169
Figura 63. Convergencia por actores y objetivos	171
Figura 64. Modelo conceptual del Sistema Socio-ecológico de 4 microcuencas basado en Dinámica de Sistemas.	176
Figura 65. Variables de estado del Sistema Socio-Ecológico.	177
Figura 66. Diferentes regiones en el espacio de un SSE	179
Figura 67. Relación de las interacciones entre las variables endógenas.	182
Figura 68. Matriz de adyacencia del modelo conceptual. Los valores en color gris representan las relaciones causales entre dos variables.	184
Figura 69. Digrafo (o grafo dirigido).	186
Figura 70. Matriz de polaridad del modelo conceptual	188
Figura 71. Matriz y grafo de temporalidad del modelo conceptual	190
Figura 72. Medios de Vida Sustentable y definición conceptual de intervenciones en el sistema socio-ecológico para la sustentabilidad.	196
Figura 73. Ciclos y tamaño de los ciclos en el Sistema Socio-Ecológico.	198

Índice de cuadros

Cuadro 1. Matriz de co-ocurrencias de Sistemas de Recursos.	42
Cuadro 2. Matriz de co-ocurrencias.	47
Cuadro 3. Métodos categorizados y matriz de co-ocurrencias	57
Cuadro 4. Variables utilizadas del marco SSE.	63
Cuadro 5. Lista de variables incluidas con base en las tipologías del Marco SSE-Ostrom	63
Cuadro 6. Inventario Forestal Ciudad de México, 2014 (miles de has)	86
Cuadro 7. Histórico cambio de Uso de Suelo y Vegetación-Ciudad de México	87
Cuadro 8. Población ocupada por sector de actividad económica	99
Cuadro 9. Ingresos mensuales totales por hogar.	103
Cuadro 10. Cambios de usos en unidades de producción agropecuaria	108
Cuadro 11. Lista de objetivos por actores y por Núcleo Agrario	160

Introducción

En el primer tercio del siglo XX en la Ciudad de México se inició el proceso de reconocimiento y restitución de tierras bajo el amparo de la Reforma Agraria que había surgido como consecuencia del periodo revolucionario. Esto dio como resultado la formación de 90 núcleos agrarios donde se asignaron derechos de usufructo de las tierras para una población que originalmente era la propietaria. Desde entonces, las tierras ubicadas al sur de la ciudad por sus vastos recursos forestales, a diferencia de los otros núcleos agrarios creados en los otros puntos de la ciudad, fueron motivo de disputa en torno a su aprovechamiento. Desde 1920, las políticas locales, por ejemplo, enfatizaban la importancia de conservar los bosques por sus contribuciones a la infiltración hídrica, de modo que para 1947 los bosques de la ciudad fueron declarados en veda. A pesar de lo anterior, durante ese periodo inició una serie de concesiones para el aprovechamiento forestal que, bajo el argumento de la «técnica», solo las empresas eran las que legalmente podían explotar los recursos forestales, mientras que los propietarios del bosque, además de sus múltiples actividades, se convirtieron durante las décadas posteriores en los empleados de estas empresas. Para la mayoría de los hogares, las actividades primarias fueron los principales medios de vida en las décadas previas al reparto agrario y eran especialmente destinadas al autoconsumo.

Con el reparto agrario, las tierras se configuraron bajo un régimen de propiedad social y las formas de procurar los medios de vida se diversificaron, en gran parte, por el crecimiento de la población y el ensanchamiento de la ciudad. No obstante, las restricciones de la explotación del bosque persistieron, pero eso no impidió que los augurios de los conservacionistas románticos de principios del siglo XX no sucediesen (Falcón, 2020), ya que, contrario a lo que ellos pensaron, fue la expansión urbana la que eventualmente consumiría los bosques de la zona sur y no las actividades agrícolas como ellos habían anticipado.

Con el declive de las actividades de explotación forestal, la ampliación urbana, la disminución gradual de las ya exiguas actividades agrícolas dieron paso, a partir de los ochenta, una nueva reconfiguración en la dinámica de los usos de suelo. Se establecieron las primeras reglamentaciones para contener el crecimiento de la ciudad y se promulgaron

reglamentaciones en torno a los usos del suelo en el sur de la ciudad a fin de conservar los importantes recursos naturales. Evidentemente, estas ideas estaban siendo planteadas en un contexto global donde el concepto de sustentabilidad estaba emergiendo como paradigma.

La siguiente década fue un periodo de institucionalización de las políticas ambientales con énfasis en la conservación de los bosques impulsada por los acuerdos en Río 1992. Mientras tanto, para ese periodo, en la Ciudad de México los núcleos agrarios se habían reducido hasta cuarenta y cuatro. La mayoría de los que persistieron fueron los que se localizaban al sur de la ciudad, pero muchos de ellos —a pesar de que hoy en día poseen una porción de bosques— un porcentaje importante de sus territorios fueron absorbidos por el crecimiento urbano.

Mucho antes de la década de los noventa, los pobladores obtenían principalmente sus medios de vida en los sectores secundarios y terciarios. Pero no figuraban de manera importante los medios de vida generados por el turismo de naturaleza. Con la institucionalización de las políticas ambientales, algunos núcleos emprendieron iniciativas de turismo financiadas total o parcialmente tanto por el gobierno local y federal como de organismos no gubernamentales. El periodo de institucionalización de las políticas ambientales culminaría a inicios de la década de los dos mil cuando diversas instituciones tales como la SEMARNAT, CONAFOR, CONAMP, y otros, quedaron formalmente establecidas. Además, la declaratoria como Suelo de Conservación de la franja verde del sur de la Ciudad quedó formalmente constituida¹ con la publicación de Programa General de Ordenamiento Ecológico del Distrito Federal donde se reconoció institucionalmente las amenidades ambientales que este genera². Esto dio paso a una serie de programas ambientales con inversiones que han tenido impacto directamente en el territorio mediante diversas acciones, pero con un fuerte énfasis en la protección y

¹ En el área se identifica el territorio de 44 núcleos agrarios (GDF, 2012), que en términos de propiedad colectiva de la tierra constituye un 90% del Suelo de Conservación (SC) (Perevochtchikova, 2016). El SC proporciona diversos servicios ecosistémicos (SE) a diferentes escalas territoriales (local y regional). Entre estos servicios, se encuentran: 1) Hídricos. Además de contribuir a la recarga hídrica de los acuíferos del cual la ciudad se beneficia, aporta también a la ciudad flujos de agua superficial a través de los manantiales que están localizados en áreas de propiedad social del Suelo de Conservación (Escolero et al., 2017). Las fuentes internas de agua potable para la CDMX dotan alrededor del 46% del consumo total de agua: 44% son subterráneas y 2% superficiales. 2) Biológicos. Hábitat para flora y fauna. 3) Culturales. Recreación, turismo, tradiciones. 4) Captura de carbono.

² Principalmente, servicios ecosistémicos hídricos que provee a la Ciudad de México cuyo consumo de agua alcanza los 914 hectómetros cúbicos al año de los cuales 46% provienen de fuentes internas (44% son subterráneas y 2% superficiales) (GDF, 2012)

recuperación de los recursos forestales. Detrás de estas medidas, se reconocía la labor de los propietarios y habitantes para alcanzar los objetivos ambientales. De este modo, las transferencias gubernamentales, más las iniciativas locales de turismo de naturaleza, fueron fundamentales para incentivar acciones directas en el territorio conservar y restaurar los suelos forestales y, al mismo tiempo, representó para los pobladores ingresos adicionales para diversificar sus medios de vida sin menoscabo de los recursos naturales, dicho de otra manera, se generaron Medios de Vida Sustentables.

No obstante, aun cuando han persistido medidas ambientales e importantes transferencias gubernamentales por políticas ambientales hacia los núcleos agrarios, las ocupaciones ilegales para asentamientos humanos han aumentado desde el año 2000. Aún más, las extracciones ilegales de los recursos naturales, legitimadas de facto al interior de algunos núcleos agrarios, han exacerbado el deterioro de los bosques al registrarse pérdidas importantes de cobertura forestal o la secundarización de éstas por otras vegetaciones. En total, se han afectado más de 8,500 hectáreas, y se estima que durante el periodo 2010-2030 se registrarán pérdidas anuales de 219 hectáreas (PAOT, 2012).

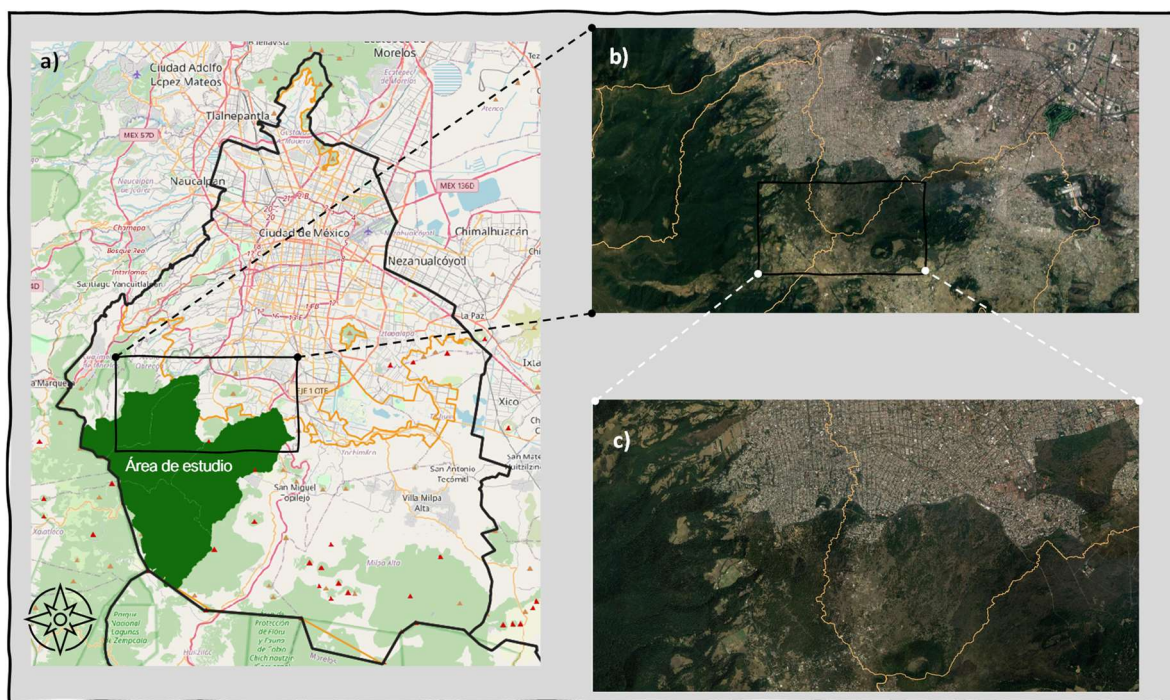
La presente investigación se centra en una porción del Suelo de Conservación, concretamente, en el área de las 4 microcuencas localizadas al suroeste de la Ciudad de México donde converge total o parcialmente el territorio de seis núcleos agrarios ([Figura 1](#)).

Este estudio es de corte cualitativo y plantea como hipótesis central el rol de los Medios de Vida Sustentables (MVS) como generador de ciclos de balance o equilibrio en el Sistema Socio-Ecológico de las cuatro microcuencas y, los MVS son en esencia, Puntos de Apalancamiento profundos para la sustentabilidad. Para indagar lo anterior, la investigación se planteó desde el enfoque sistémico y para el análisis del estudio de caso se procedió metodológicamente mediante el marco Sistema Socio-Ecológico (SSE) que se concibe como un Sistema Complejo Adaptativo (SCA) en tanto que sus componentes sociales y ecológicos interactúan y se retroalimentan mediante procesos dinámicos. Bajo este planteamiento, se ha asumido que los factores causales del deterioro forestal, y sus servicios ecosistémicos, son dinámicos y no lineales (Olsson et al., 2004). Para esto, se diseñó un modelo conceptual mediante el método de Dinámica de Sistemas (DS) y otros métodos analíticos complementarios de corte cualitativo que describen con mayor robustez la DS. De este

método destacan dos conceptos esenciales que describen las dinámicas de ciclos causales de un SSE: el primero son *los ciclos de refuerzo* que son esencialmente relaciones de ciclos causales que generan más cambio en la misma dirección (si x aumenta, y aumentará), el segundo son los *ciclos de balance* y son relaciones de ciclos causales que generan cambios en la dirección opuesta (si x aumenta, y disminuye).

Para la construcción del modelo conceptual se aplicaron 12 entrevistas (individuales y grupales) a miembros de cuatro núcleos agrarios. Asimismo, se revisaron 273 documentos que incluyeron tesis, capítulos de libro, libros, artículos científicos, documentos de trabajo, artículos de conferencia y reportes técnicos de instituciones académicas y gubernamentales. Además, se consultaron los resultados de Cambio de Uso del Suelo 1993-2019 en el área de las 4 microcuencas de la Ciudad de México del proyecto «*Trajectories of Social-Ecological Systems in Latin American Watersheds, TRASSE-ANR-CONACyT*» del cual forma parte esta tesis.

Figura 1. Área de estudio.

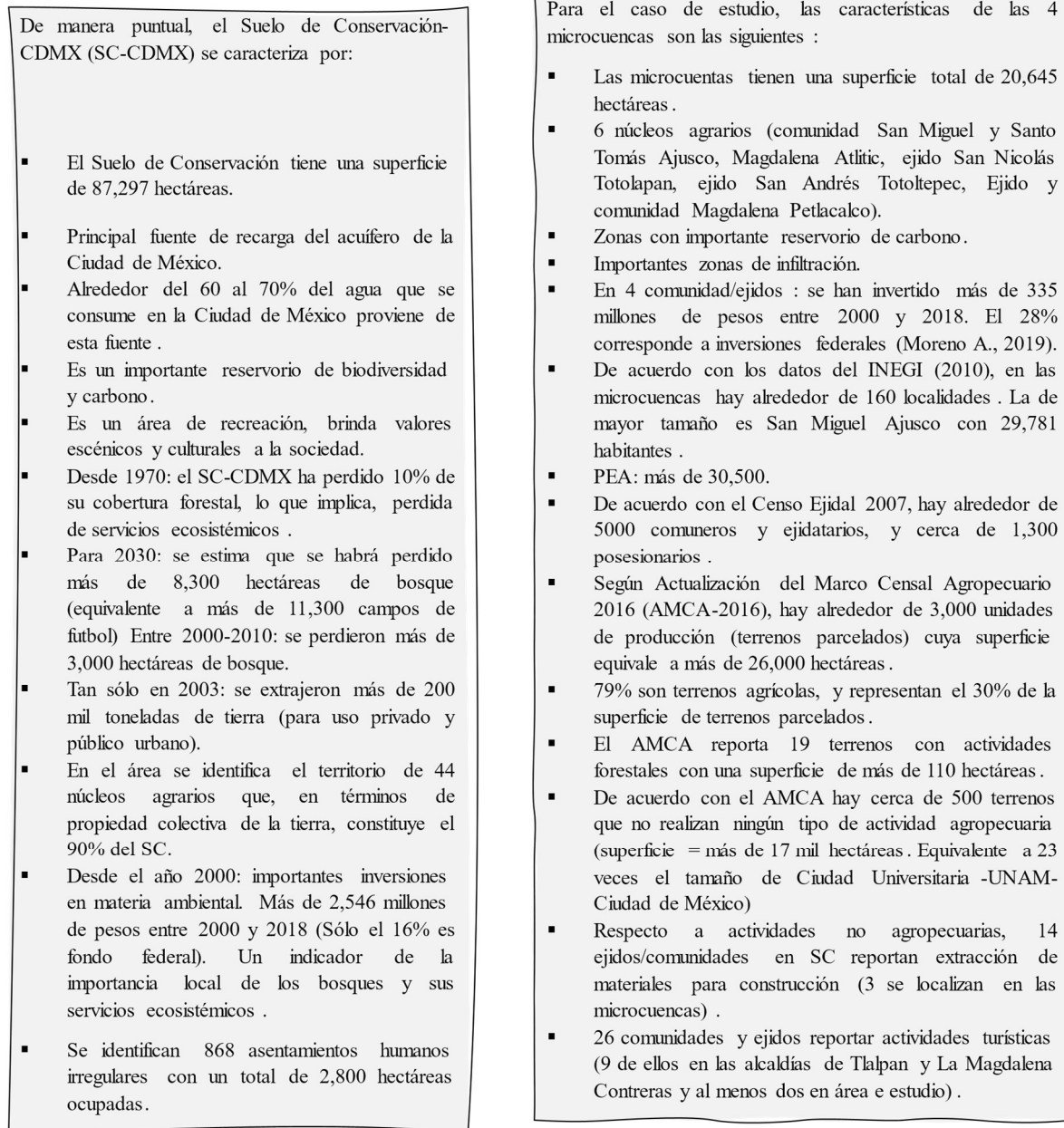


Fuente: Elaboración propia. El polígono en color verde de la *figura a* indica el área de estudio. La *figura b* y *c* representan una ampliación en el área de interfaz entre la ciudad y las microcuencas insertas en el Suelo de Conservación.

De manera general, las características del Suelo de Conservación y el área de las 4 microcuencas se describen puntualmente en la [Figura 2](#) donde destaca la importancia de los servicios ecosistémicos que brinda el área a la ciudad y la menguada actividad agropecuaria en los terrenos agrícolas. Con base en la hipótesis planteada, la investigación buscó responder sobre la trayectoria histórica de los medios de vida de la población e inquirir sobre qué relaciones endógenas del sistema socio-ecológico permitiría que los Medios de Vida Sustentable puedan posicionarse como punto de apalancamiento para la sustentabilidad. De conformidad con lo anterior, y con base en la información recopilada, la investigación planteó como objetivo general describir y analizar la trayectoria histórica de los medios de vida y Medios de Vida Sustentable de los núcleos agrarios, y las relaciones endógenas que posicionan a los MVS como generadores de ciclos de balance para la sustentabilidad del Sistema Socio-ecológico de las cuatro microcuencas, en otras palabras, se ha asumido que los MVS se posicionan como Puntos de Apalancamiento profundos para la sustentabilidad del SSE. Como es evidente, no sólo se trata de identificar las dinámicas de ciclos causales (DCC) vinculadas a los Medios de Vida Sustentables, también consiste en identificar las DCC relacionadas con la deforestación ya que se ha asumido que los MVS interfieren en el SSE directa e indirectamente como [ciclos de balance](#) que reducen los impactos de los [ciclos de refuerzo](#) asociados con la deforestación.

Como ya se mencionó, la aproximación metodológica del estudio parte del marco Sistema Socio-Ecológico que establece principios y categorías generales que interrelaciona variables sociales y ecológicas mediante una situación de acción, es decir, la situación de acción sería el lugar donde interactúan las variables sociales y ecológicas. En nuestro caso, la situación de acción o interacción de estas variables está mediada por los Medios de Vida Sustentable y es, como se ha descrito hipotéticamente, un ciclo de balance para la sustentabilidad.

Figura 2. Características generales del Suelo de Conservación y el área de las 4 microcuencas.



Fuente: elaboración propia.

La tesis consta de cinco capítulos. En el capítulo 1 se explica, además del amplio sustento teórico de la investigación en torno al marco SSE, cómo los Medios de Vida Sustentable se posicionan como la situación de acción. El capítulo 2 describe los aspectos metodológicos de la investigación enfatizando el método de Dinámica de Sistemas como un enfoque para representar la complejidad de los Sistemas Socio-Ecológicos. Los capítulos subsecuentes se

presentan los resultados y los análisis de la trayectoria histórica de los medios vida y Medios de Vida Sustentable. Entre estos capítulos, destaca el análisis de actores sociales porque en última instancia son los que moldean el territorio y definen las estructuras sociales mediante sus acciones. Finalmente, el último capítulo presenta el modelo conceptual del Sistema Socio-Ecológico de las 4 microcuencas en el Suelo de Conservación de la Ciudad de México (SSE-4-Microcuencas-SC-CDMX) basado en Dinámica de Sistemas y tiene como base los dos capítulos que le preceden. En este capítulo se argumenta gráficamente mediante matrices de adyacencia y análisis de grafos por qué MVS y sus factores causales funcionan como ciclos de balance.

1. **Marco teórico: Sistemas Socio-Ecológicos**

En las últimas décadas, los problemas ambientales se han convertido cada vez más en problemas globales conduciendo a que las soluciones para la gestión de la naturaleza llamen a la sociedad a pensar los problemas de manera global actuando localmente bajo la premisa de que las soluciones se basan en la suma de las acciones locales. Sin embargo, los desafíos para su gestión aún siguen siendo amplios y no se vislumbran trayectorias que conduzcan a la senda de la sustentabilidad. Los impactos del cambio ambiental en los ecosistemas y las sociedades humanas que dependen, por ejemplo, de los servicios ecosistémicos que esos ecosistemas brindan, representa un amplio desafío de gestión y gobernanza en todo el mundo al existir múltiples actores con múltiples intereses que hacen usos diferenciados de los recursos naturales (New et al. 2011; Allen et al. 2014, citado en Levin et al, 2013). Bajo esa presunción, al abordar los problemas ambientales desde una perspectiva holística posibilita un mejor entendimiento de las interacciones de los sistemas sociales y ecológicos al asumir que éstas no son lineales y que se caracterizan por procesos de retroalimentación y autoorganización(Levin et al., 2013). Como tal, la gestión y la gobernanza deben tener en cuenta estas propiedades para lograr la sustentabilidad (no como fin o meta, sino como proceso), es decir, la capacidad continua de los Sistemas Socio-Ecológicos para proporcionar beneficios futuros a largo plazo para la sociedad, el bienestar humano y la función continua del ecosistema.

En este capítulo se describe y analiza el enfoque de los Sistemas Socio-Ecológicos que es una vertiente de los Sistemas Complejos Adaptativos, a su vez, este se concibe desde el paradigma del pensamiento sistémico que concibe la realidad como un sistema compuesto por diversos subsistemas que se interrelacionan y definen el comportamiento y la estructura subyacente de dicho sistema (Richmond, 1994). Bajo esta noción, el marco sistema socio-ecológico (SSE) propuesto por Ostrom (2009) se presenta como un marco de estudio para comprender el funcionamiento y relaciones entre el sistema social y ecológico. El SSE es un sistema complejo, dinámico y adaptativo. Es un concepto sistémico e integrador del ser humano en la naturaleza. Es decir, los componentes se conciben como elementos conectados y, por lo tanto, dinámicos. En esencia, los SSE son sistemas complejos y adaptativos en el

que los componentes sociales, económicos, políticos, culturales, ecológicos, etc. interactúan constantemente para *configurar* y *reconfigurar* el sistema (Elinor Ostrom, 2009).

Los SSE, como sistemas complejos, exigen la multi e interdisciplinariedad. Por lo que la construcción de la realidad social basada en los SSE requiere de su articulación con la ciencia de la naturaleza (Morin, 2006). No es que la organización de la ciencia de la naturaleza está separada de la organización de la ciencia social. La organización de la ciencia de la naturaleza, según Morin (1986), tiene su base a partir del observador. «De esta forma, todo concepto remite no sólo al objeto concebido, sino al sujeto conceptuador» (Morin, 2006). Es decir, toda observación social o natural no puede separarse de su observador. «Todo conocimiento, incluso el más físico, sufre una determinación sociológica» (Morin, 2006). Los Sistemas Socio-Ecológicos no escapan de esa determinación. La construcción de un modelo conceptual de la realidad basada en los SSE, donde interactúan las dimensiones sociales y ecológicas, está limitada por la propia construcción del conocimiento en torno a ese sistema en particular.

No obstante, la articulación del conocimiento social-natural disponible en torno a los procesos que se observan en un sistema, por ejemplo, en el Suelo de Conservación de la Ciudad de México (SC-CDMX), facilitan el entendimiento de las relaciones de retroalimentación que existen entre las dimensiones sociales y ecológicas. Se trata de relaciones no-lineales y procesos de retroalimentación en bucle. El modelo conceptual de la realidad a partir de los SSE es entonces una aproximación a la realidad en sí.

Como sistema, el SC-CDMX no permanece constante en el tiempo. Los procesos de retroalimentación y autoorganización de las variables sociales y ecológicas modifican el sistema y, consecuentemente, sus elementos contenedores. En este proceso, el conocimiento también es modificado. Por lo tanto, a la luz de la información disponible, el sistema puede ser reconceptualizado. El marco analítico SSE concibe a los procesos como un andamiaje de relaciones causales en bucle donde interactúan variables sociales y ecológicas (Elinor Ostrom, 2009). Por tal razón, el sistema no solo se refiere a las relaciones en una dimensión, sino que también considera los aspectos sociales, ambientales como un todo integrado (Urquiza & Cadenas, 2015).

En general, el marco de análisis SSE propuesto por Ostrom (2009) es una vertiente de análisis de la relación sociedad-naturaleza que se inscribe en la tradición del pensamiento sistémico. La concepción de la realidad social-natural desde esta tradición tiene una larga trayectoria desde los aportes de los Sistemas Complejos Adaptativos (Buckley, 1968; Gell-Mann & Park, 2005; Gunderson & Holling, 2002; Holland, 1992), del cual forma parte los SSE (Gunderson & Holling, 2002; Norberg & Cumming, 2008; Elinor Ostrom, 2009; Rappaport, 1977), pasando por los aportes de la Teoría General de Sistemas (Bertalanffy, 1968; Foerster, 2003) y de la Teoría de Sistema Social (Luhmann, 1998; Maturana, 2003). Todas éstas plantean como sistemas complejos al conjunto de elementos endógenos de un sistema que interactúan entre sí en un determinado espacio y que operan en distintos niveles. Está conformado por subsistemas con diferentes grados de autonomía y con propiedades autoorganizativas. Todas éstas se entrelazan mediante procesos de comunicación, o acoplamiento estructural, que interiorizan y diferencian el entorno o medioambiente según la dinámica del sistema (Luhmann, 2006). Si algo caracteriza a estos enfoques es que consideran a los sistemas o las estructuras sociales-ecológicas como sistemas complejos y dinámicos.

1.1 Enfoques teóricos en torno a la relación sociedad-naturaleza

El concepto de que la sociedad y la naturaleza son interdependientes no es nuevo. Fue bien reconocido por los filósofos griegos antiguos; economistas preocupados por las restricciones ambientales en el crecimiento de la población humana; geógrafos y antropólogos que buscan comprender los patrones globales del uso de la tierra y la cultura; y ecologistas y conservacionistas preocupados por los seres humanos en el medio ambiente (Chapin et al., 2009).

En la amplia discusión teórica de esta relación se reconocen dos aspectos. El primero, vinculado a la consideración de que naturaleza y sociedad operan como entidades separadas; mientras que el segundo, admite la integralidad naturaleza-sociedad, o la sociedad como parte de la naturaleza.

En la tradición geográfica, por ejemplo, se reconocen diversas perspectivas. Una es referida al determinismo geográfico que señala que la naturaleza, o las condiciones naturales de un

espacio geográfico, es la que determina o estructura el tipo de sociedad (Diamond, 1997; Harris, 1994; y Ratzel citado en Stogiannos 2019); sin embargo, si bien esta noción pudo haber tenido relevancia en los inicios de las sociedades humanas, con el advenimiento de la revolución industrial, dicha noción parece difuminarse dado que las intervenciones de la sociedad son las que parecen modificar a la naturaleza. Justamente, es en perspectiva donde la tradición marxista-ecológica se inscribe al señalar que las sociedades humanas intervienen en la naturaleza para transformarlas en valores de uso y de cambio. En esta discusión Descola y Pálsson (2001) se pronuncian al señalar que, en la perspectiva materialista, la naturaleza es «un determinante básico de la acción social que importan modelos de explicación causal de las ciencias naturales con la esperanza de dar fundamentos más sólidos y alcances más amplios a las ciencias sociales» (Descola & Pálsson, 2001). Por su parte, en la perspectiva geográfica, esta noción es reconocida como posibilismo geográfico, en el sentido de que las sociedades son las que adaptan su entorno modificando la naturaleza usando las técnicas o instrumentos que dicha sociedad ha desarrollado hasta el momento (Claval, 2009). En ambas posturas, los sistemas sociales y ecológicas son vistos como entidades separadas.

Sin embargo, la noción de naturaleza estaba en discusión debido a que los procesos históricos de formación y desarrollo de las sociedades modernas interactuaban con los elementos de la naturaleza de forma diferenciada. Las aportaciones de Julian Steward (1955) a la ecología cultural (posteriormente antropología ecológica) enfatizó la dualidad sociedad-naturaleza priorizando el concepto de entorno (o medio ambiente) con mayor alcance que el concepto mismo de naturaleza. Concretamente, son las prácticas culturales de la sociedad que moldean su entorno, y esto depende de las pautas de explotación según las técnicas disponibles. Para Stewart, el termino ecología implica la adaptación de la sociedad al entorno. El hombre se introduce a la trama ecológica con sus prácticas culturales. Esta noción se asociaría posteriormente con la perspectiva sistémica en la que se distingue la realidad social a partir del concepto de sistema y entorno. Aquí, el *sistema* se define como el conjunto de elementos sociales, ecológicos, económicos y políticos; y el *entorno*, o medioambiente, como el territorio donde las relaciones sociales, ecológicas, económicas y políticas tienen lugar. La dinámica del territorio estaría en función de las interrelaciones entre los diversos elementos que componen el sistema de modo que el entorno se concibe, se construye, se organiza y se autoorganiza según el tipo de relaciones entre los componentes del sistema (Steward, 1955).

Las perspectivas contemporáneas de la dicotomía naturaleza-sociedad enfatizan otros tipos de relaciones, aunque no ponen en discusión las distinciones entre los conceptos naturaleza y medioambiente. En décadas recientes, ha salido a la luz diversas nociones o perspectivas contemporáneas para entender y analizar esta dualidad. Por ejemplo, en la perspectiva unificadora de [Michael Serres \(1990\)](#), arguye que, si la sociedad goza de derechos universales, la naturaleza debería gozar de las mismas consideraciones como sujeto de derecho, por lo que él sugiere y admite como relevante la formación de un contrato natural que la defienda como víctima de la sociedad. Si el contrato social se preocupa por las disputas entre los hombres, un contrato natural incluiría a la naturaleza en esta disputa y la defendería ante la explotación. Esto implica dotarle a la naturaleza de derechos propios como los actores sujetos. ([Serres, 1990](#)). Por su parte, [Arturo Escobar \(1999\)](#) distingue tres regímenes de naturaleza, aparentemente de distintos momentos históricos, en los que se expresan distintas formas de relación entre naturaleza y sociedad. Una naturaleza orgánica que no implica su destrucción, una naturaleza capitalizada para producir mercancías mediadas por el trabajo, y una tecnonaturaleza producida por las nuevas técnicas científicas. Estos tres regímenes representan formas relacionadas en la producción de la naturaleza. Entonces, según Escobar, los paisajes actuales de la naturaleza y la cultura se caracterizan por ser naturalezas híbridas y en el que los tres regímenes pueden coexistir en tiempo ([Escobar, 1993](#)). Asimismo, Escobar reconoce el rol de las políticas culturales (políticas de estado que moldean las sociedades, incluyendo las políticas ambientales) como modificadores de los entornos, donde las prácticas de los sujetos actores encarnan prácticas y significados diferentes entrando en conflicto ([Escobar, 1999](#)).

1.2 El pensamiento sistémico en la relación sociedad-naturaleza

1.2.1. Sistema, pensamiento sistémico y pensamiento complejo

El pensamiento sistémico es un marco conceptual para la resolución de problemas que considera los problemas en su forma empírica. La resolución de problemas de esta manera implica la búsqueda de patrones para mejorar la comprensión y la capacidad de respuesta al problema ([Forrester, 1994](#); [H. D. Meadows, 2008](#); [Richmond, 1994](#)). Los resultados del pensamiento sistémico dependen de cómo se define un sistema debido a que el pensamiento sistémico examina las relaciones entre las distintas partes del sistema. Deben establecerse

límites para distinguir qué partes del mundo están contenidas dentro del sistema y qué partes se consideran el entorno del sistema. El entorno del sistema influirá en la resolución de problemas porque influye en el sistema, pero no es parte del sistema.

La forma sistémica de pensar se ha mostrado como la herramienta más adecuada para comprender la complejidad e investigar realidades complejas. Sin embargo, la noción de sistema ha adquirido una gran variedad de aplicaciones en una variedad de contextos tal que se habla, en lenguaje ordinario, de sistema lingüístico, sistema legal, sistema político, sistema económico, sistema burocrático, sistema productivo, etc. Asimismo, dentro de las disciplinas especializadas uno encuentra la mención de varios sistemas; en biología, el sistema muscular, el sistema nervioso; en matemáticas, sistema numérico, sistema de ecuaciones. En las ciencias sociales, por ejemplo, se usa el término sistema social, político, económico, etc. para determinar los componentes generales de la sociedad. Un sistema económico establece sus relaciones desde la producción de un determinado bien hasta su consumo (Urbani, 2019).

Edgar Morin (2006) explica que «el fenómeno sistema es evidente en todas partes, pero que la idea de sistema apenas emerge en las ciencias que tratan de fenómenos sistémicos» sin definir o explicitar de qué hablamos cuando hablamos de sistemas». De acuerdo con Morin, «la termodinámica ha recurrido a la idea de sistema, pero es para distinguir lo cerrado de lo abierto y no para reconocer en ella una realidad propia». Es decir, la idea de sistema en la termodinámica es para definir los límites con que un sistema se conecta o no con otro sin enfatizar sus propias relaciones endógenas. Según Morin, «la idea de sistema social sigue siendo trivial: la sociología, que usa y abusa del término de sistema, no lo elucida jamás: explica la sociedad como sistema sin saber explicar lo que es un sistema» (Morin, 2006).

La Teoría General de Sistemas (TGS) puede considerarse como un esfuerzo por hacer explícito y preciso este núcleo conceptual. La filosofía de la TGS consiste en una red de totalidades individuales, cada una de las cuales se caracteriza individualmente por su propia estructura interna y funciones propias. Si hubiera que comparar la TGS podría hacerse con la teoría de conjuntos. Sin embargo, la teoría de conjuntos vincula relaciones de pertenencia de elementos en un conjunto (Bertalanffy, 1968). Además, no tienen una estructura interna, ni están vinculados por relaciones particulares, pero pueden agregarse arbitrariamente en conjuntos, subconjuntos y superconjuntos según la demarcación limítrofe que se establezca

para el análisis. Por el contrario, en la teoría de sistemas, cada conjunto, posee características y estructuras internas específicas, y no simplemente pertenecen al sistema global, sino que están mutuamente interrelacionados con los otros sistemas que permiten al sistema global tener ciertas propiedades y realizar ciertas funciones. Si el Suelo de Conservación de la Ciudad de México es considerado como sistema y está interrelacionado con el Sistema Urbano ¿Qué funciones debería realizar este sistema ecológico en su relación con el entorno urbano? Sin duda, dichas funciones dependerían de las características otorgadas al sistema, ya sean, por ejemplo, para la conservación o provisión de servicios ecosistémicos.

Debido al hecho de que los sistemas se constituyen de propiedades particulares y con funciones definidas, cada sistema es al mismo tiempo simple (en el sentido de que está correctamente determinado lo que es, independientemente de sus relaciones con otros sistemas), pero también es complejo en la medida en que tiene un sistema interno que lo distingue de otros sistemas, y que interioriza el entorno según sus propiedades y funciones. Por ejemplo, el sistema social y ecológico en el Suelo de Conservación-CDMX, se distingue de los otros sistemas sociales y ecológicos de otros entornos geográficos del país, ya que las características del Suelo de Conservación son únicas.

En ese sentido, un sistema puede definirse como una entidad constituida por partes que están vinculadas por relaciones mutuas, formando una unidad de orden complejo que está dotada de su propia individualidad en el sentido de que se caracteriza exclusivamente por sus propiedades y funcionamiento que son diferentes de las de sus partes constituyentes, aunque dependen de ellas en cierta medida. Concretamente, un sistema es una totalidad ordenada de partes interrelacionadas cuyas características dependen tanto de las características de las partes como de la red de sus interconexiones (Urbani, 2019). Esta definición comporta dos características principales: el primero es la interrelación de los elementos, el segundo es la unidad global constituida por estos elementos en interrelación. Morin (2006) define sistema recurriendo a diversos autores: sistema es un conjunto de partes (Leibniz, 1666), todo conjunto de componentes definible (Maturana & Varela, 1972). Además, señala que una definición adecuada de sistema incluiría rasgos que son de carácter global y relacional, por lo tanto, un sistema sería un conjunto de elementos en interrelaciones mutuas (Bertalanffy, 1968, 1989) que funciona como un todo por sus elementos constituyentes (Rapoport, 1969).

Otras definiciones, según Morin, indican que un sistema no está necesaria ni principalmente compuesto de partes, sino que pueden algunos ser considerados como conjunto de estados. Asimismo, otro concepto ligado a los sistemas es la organización (y autoorganización). De esta forma, el sistema se puede concebir como una estructura organizada por medio de interrelaciones entre sus elementos. En una primera definición, la organización es la ordenación de relaciones entre elementos de un sistema cuyas características son desconocidas en el nivel de los componentes o individuos. La organización da forma a la estructura que configura el todo. Por lo que esta cualidad asegura al sistema cierta durabilidad a pesar de la de la presencia de eventos contingentes. En esencia, la organización, según Morin (2006) transforma, produce, reúne, mantiene.

Además, [Morin \(2006\)](#), señala que los sistemas son la manifestación fenoménicas y globales que construyen las interrelaciones de los componentes de dicho sistema cuya disposición, como se ha argumentado, constituye la organización del sistema. Siendo así, lo que subyace al sistema son las disposiciones de éste (la forma en que está organizada) y las interrelaciones de sus componentes. De modo que el área delimitada como sistema socio-ecológico en Suelo de Conservación constituye la parte fenoménica, mientras que la organización e interrelaciones representan el estado o la parte subyacente del sistema. La idea de las relaciones bidireccionales remite a los tipos y formas de agrupación entre elementos, y el todo.

La idea de organización en los sistemas también es tomada por [Meadows \(2008\)](#). Define sistema como «un conjunto de elementos o partes que se organizan y se interconectan de manera coherente en un patrón o estructura que produce un conjunto de comportamientos característicos, a menudo clasificados como su función o propósito». Meadows agrega que, las interconexiones o interrelaciones de los sistemas operan a través del flujo de información. Además, enfatiza que el comportamiento del sistema está determinado crucialmente por su función o propósito. La disposición del sistema, su estructura, es la fuente de su comportamiento que se revela como una serie de eventos a lo largo del tiempo. De esta forma, un sistema es un conjunto de elementos interconectados que se organizan de manera coherente de una manera que logra algo. En esencia, según Meadows (2008), un sistema está compuesto de: i) elementos, ii) interconexiones y una iii) función o propósito. Por ejemplo,

los elementos del sistema digestivo incluyen dientes, enzimas, estómago e intestinos. Están interrelacionados a través del flujo físico de los alimentos y a través de un conjunto de señales químicas reguladoras. La función de este sistema es descomponer los alimentos en sus nutrientes básicos y transferir esos nutrientes a la corriente sanguínea (otro sistema), mientras se descartan los desechos inutilizables. (Meadows, 2008, p.12)

Los componentes sociales y ecológicos del SC-CDMX se conectan mediante las interrelaciones entre ambos componentes sea, por ejemplo, mediante transferencia de flujos de servicios ecosistémicos, o mediante la extracción de unidades de recurso, entre otros. El metabolismo del sistema definiría su estado, o, en su caso, las relaciones existentes entre lo ecológico y lo social (Foster, 2002).

Asimismo, Meadows se suma a la idea de sistemas sociales de Luhmann (2000) (sistemas autopoieticos y autorreferenciales) al señalar que los sistemas pueden ser «autoorganizados y, a menudo, se reparan a sí mismos en al menos una serie de interrupciones. Son resilientes, y muchos de ellos son evolutivos». Estas últimas características también se vinculan con la noción de sistemas propuesta por Holland (1995) y Gell-Mann (1994) enfatizando que los sistemas son complejos y adaptativos. Con referencia a la propuesta teórica de Luhmann expresa que los sistemas generan y regulan sus propias relaciones. Plantea que los sistemas sociales se distinguen de: sistema y entorno. Los sistemas generan un sistema de referencia, y son autorreferenciales. En otras palabras, cada sistema observa el entorno de forma diferenciada (Hernandez, 2011).

Otra distinción es la diferencia entre un sistema y el pensamiento sistémico. La definición de Meadows apunta al hecho de que los sistemas logran un propósito, razón por la cual son estables y tan difíciles de cambiar. Sin embargo, este propósito a menudo no es el que se quiere que el sistema logre. Sobre la definición de Meadows, Stroh (2015) define el pensamiento sistémico como la capacidad de comprender estas interconexiones de tal manera que se logre un propósito deseado, como el de conocer la trayectoria de un sistema.

Las escuelas de pensamiento sistémico abarcan tanto teorías como metodologías para abordar el análisis de los sistemas tales como: la teoría general de sistemas, la teoría de la

complejidad, la teoría de los sistemas sociales, teoría de los sistemas complejos adaptativos; como metodología o marco analítico: la Dinámica de Sistemas, modelado basado en agentes, modelo dinámico bayesiano, el marco sistema-socio ecológico, entre otros. Aunque estas escuelas tienden a estar de acuerdo con la mayoría de los principios o características de los sistemas, difieren en las metodologías utilizadas para analizar un sistema e identificar formas de mejorarlo.

Por su parte, el término complejidad, ligado a la tradición del pensamiento sistémico, está cargado con una multitud de significados técnicos diferentes, pero asociado principalmente a la segunda ley de la termodinámica vinculada a los grados de entropía de un sistema; menor entropía, más orden en el sistema; menor entropía, menos orden en el sistema (Eidelson, 1997). La noción de orden y desorden, según Roegen (1996), es un concepto relativo, «si no totalmente inexacto: algo se encuentra en desorden sólo con respecto a algún objetivo, mejor dicho, propósito». Argumenta que la idea de desorden «surge en nuestras mentes cada vez que encontramos un orden que no satisface el propósito específico que tenemos en ese momento»(Georgescu-Roegen, 1996). De tal forma que procesos de cambio en el SC-CDMX en un determinado periodo puede no satisfacer el estado deseado de ese entorno.

1.3 Sistemas Complejos Adaptativos

En la literatura científica, el estudio de sistemas complejos adaptativos (SCA) ha sido abordado en una gran variedad de disciplinas tanto de las ciencias naturales como las ciencias sociales. Levin (1998) señala que es fácil encontrar libros que analicen, con diversos grados de especificidad, los ecosistemas, la biosfera, las economías, los organismos o los cerebros como sistemas complejos adaptativos. Aunque, como muchos de los conceptos contemporáneos, es difícil encontrar una definición formal. De tal forma, Levin se aproxima en señalar que el estudio de sistemas complejos adaptativos es un estudio de cómo las estructuras y los patrones complejos de interacción pueden surgir del desorden a través de reglas simples pero poderosas que guían el cambio. Esta aproximación, como es evidente, se constituye de las características propias de un sistema ya antes definidas (Levin, 1998). Concretamente, Levin identifica tres características propias de un sistema complejo adaptativo:

- Diversidad sostenida e individualidad de los componentes.
- Interacciones localizadas entre esos componentes.
- Un proceso autónomo entre esos componentes, basado en los resultados de las interacciones locales.

Por su parte, [Holland \(1997\)](#), identifica cuatro propiedades básicas de cualquier sistema complejo adaptativo: agregación, no linealidad, diversidad y flujos. En general, los SCA se basan en el "comportamiento complejo que surge como resultado de las interacciones entre los componentes del sistema (o agentes) y su entorno o medioambiente ([Holland, 1997](#)). Al interactuar con su entorno y aprender de él, un SCA modifica su comportamiento para adaptarse a los cambios en su entorno ([Potgieter y Bishop, 2001, citado en Holland 1997](#)). En un SCA, la multiplicidad de interacciones de escala y los bucles de retroalimentación entre diferentes niveles jerárquicos implican un alto grado de complejidad y comportamiento no lineal que los modelos de equilibrio predictivo no pueden calcular ([Holland, 1992](#)). De ahí que el SCA se le considere también como sistema complejo y dinámico. Por ejemplo, las acciones del sistema social sobre el sistema ecológico repercuten en las condiciones del sistema ecológico. Los cambios en el sistema ecológico modifican las acciones del sistema social. Estrictamente, se trata de cambios en el estado del sistema motivados por múltiples variables causales que alimentan y retroalimentan el estado del sistema ([Rammell et al., 2007](#)).

El sistema complejo adaptativo trae implícita la idea de cambio como resultado de las interacciones colectivas de los componentes individuales de un sistema. Se trata es una gran colección de partes diversas interconectadas de una manera jerárquica, de modo que la organización persiste o crece con el tiempo sin control centralizado. Ejemplos de SCA son como los que menciona [Eidelson \(1997\)](#): «El cerebro, el sistema inmunológico, una colonia de hormigas y la sociedad humana».

La mayoría de las definiciones de sistemas adaptativos complejos incluyen propiedades emergentes, autoorganización y no linealidad. Estas propiedades resultarán de la adaptación y el aprendizaje continuos, la ausencia de un controlador global (dinámicas importantes a escalas locales) y la adaptación constante. La adaptación constante implica un cambio

continuo, por lo que las dinámicas están lejos del equilibrio donde se exhiben con frecuencia dinámicas no lineales. El alto potencial de propiedades emergentes en sistemas complejos surge de las interacciones de muchas unidades independientes a escalas locales. Los sistemas complejos son autoorganizados, por lo que pueden surgir patrones complejos de nivel superior a partir del comportamiento de unidades independientes que siguen reglas de comportamiento simples (Eidelson, 1997).

Específicamente, ¿a qué nos referimos con sistemas complejos adaptativos? Al disgregar el orden de las palabras, i) por *sistema* entendemos como el conjunto de elementos que se organizan y se interconectan de manera coherente en una estructura que produce un conjunto de comportamientos para cumplir una función o propósito, y ii) que establece *relaciones complejas*, no lineales, entre esos elementos. Las relaciones establecidas entre esos elementos dotan al sistema de un conjunto de *interacciones* que posibilitan el aprendizaje y el cambio; es decir, son adaptativos. El sistema complejo sumado al adjetivo iii) *adaptativo* le dota de otro significado ¿Quiénes se adaptan ante cambios en el sistema? Los componentes de un sistema pueden ser adaptativos, en particular, como lo indica Holland (1997) los organismos vivos de un determinado ecosistema son *agentes adaptativos*, o una determinada empresa productora de x producto es un agente adaptativo. Por agente nos referimos a «actores o dispositivos que pueden realizar tareas o ejecuciones» cuya característica es que pueden aprender y adaptarse a partir de procesos de interacción. De acuerdo con Holland, se puede pensar en el sistema como agente. De esta forma, sus tareas o ejecuciones posibilitarán el desarrollo de reglas funcionales para el propio sistema, lo que dará al descubrimiento de reglas que proceden de los procesos de interacción. «Se puede pensar en el sistema como si fuese cambiando las reglas poco a poco con el tiempo, a medida que vaya adquiriendo más experiencia» (Holland, 1997). Los cambios en la estructura del sistema estarían en función del tiempo. Holland agrega que, si observamos a los distintos sistemas podremos ver que las tareas o ejecuciones que haga algún agente necesitará de un determinado tiempo para que la estructura, organización, o el estado de dicho sistema cambie. Por ejemplo, «una empresa suele tardar meses o años para cambiar su organización». Las políticas públicas sobre un territorio pueden tener efectos hasta haber pasado varios años.

El enfoque de SCA asume que los sistemas sociales y sistemas ecológicos son interdependientes y no lineales, con procesos de retroalimentaciones y autoorganización que se adaptan continuamente. (Castillo-Villanueva & Velázquez-Torres, 2015; Eidelson, 1997). Olsson, Folke y Berkes (2004) consideran que un ecosistema es un sistema complejo adaptativo. Su vínculo con las sociedades, mediante instituciones, interacciones, e intercambio de flujos de información o materiales le dotan a esta relación el nombre de Sistemas Socio-Ecológicos. Esto es así, en el sentido de que, tanto lo social como lo ecológico son SCA. Para un sistema que integra lo social y lo ecológico es asumir que estos se retroalimentan y evolucionan o cambian (Olsson et al., 2004). Es decir, se adaptan a las condiciones cambiantes del entorno. La idea de un sistema socio-ecológico es justo vincular los componentes de ambos subsistemas para conocer el estado del sistema total o global. El estado del sistema puede ser: resiliente o sustentable.

La noción de Sistemas Socio-Ecológicos es que el sistema integra lo social y lo ecológico. En particular, lo social, o el humano se le considera una parte más de la naturaleza. Además, no se trata de la intersección de lo social y lo ecológico. Los investigadores en la materia usan el termino SSE para referir a esta relación. Como se verá más adelante, el SSE y el Marco SSE son distintos, aunque en esencia buscan entender lo mismo. El SSE como un paradigma para entender la relación sociedad-naturaleza, y el Marco SSE como aproximación analítica para comprender dicha relación.

1.4 Sistemas Socio-Ecológicos y conceptos vinculados

¿De qué hablamos cuando hablamos de Sistemas Socio-Ecológicos? Herrero-Jáuregui, et al (2018) discuten el uso del término sistema socio-ecológico (SSE) que se ha expandido en la literatura científica en los últimos diez años. Los autores exploran si el uso del término es una palabra de moda o representa un concepto clave en la integración de la investigación social y ecológica. De acuerdo con sus resultados, sugieren que SSE es un concepto ampliamente invocado en el estudio de la relación sistemas sociales y ecológicos. Señalan que la mayoría de los trabajos muestran algunos elementos comunes, como el análisis de la resiliencia, los servicios de los ecosistemas, la sustentabilidad, la gobernanza y la gestión adaptativa (Herrero-Jáuregui et al., 2018). Sin embargo, según los autores, la mayoría de los

artículos científicos no estudian el SSE como un todo, integrando variables tanto sociales como ecológicas y sus circuitos de retroalimentación. La revisión hecha por los autores contempla más de mil 200 documentos durante el periodo 1976 hasta el año 2018. En una revisión propia, cuyo periodo es 1996-2019, y usando la base de datos de Scopus y Web Of Science, encontramos cerca de 4 mil documentos vinculados a los SSE. En un primer momento, coincidimos en los terminos comunes al tener un mayor número de frecuencia el termino sustentabilidad, resiliencia, servicios ecosistémicos, gestión adaptativa y gobernanza. Además, aunque el título de dicho documento es sugerente en torno a la discusión del concepto de SSE, éste se limita a indicar si el termino SSE es definido o no en los documentos revisados sin discutir las diferencias de porqué mayoritariamente es preferible el termino *social-ecological system* que *socio-ecological system* y sus implicaciones semánticas. Además, los autores señalan que los términos comunes que los investigadores adoptan en sus documentos pueden ayudar a encontrar una definición común sobre los SSE, cuando en realidad, esos términos comunes refieren al estado del sistema. Es decir, un sistema socio-ecológico puede tener el adjetivo sustentable si las interacciones de sus componentes tienen como propósito o función alcanzar la sustentabilidad. Como ya se ha descrito anteriormente, lo que define a un sistema son sus interacciones y flujos, autoorganización. Asimismo, el documento está relativamente limitado al no discutir los aportes de las diversas disciplinas al estudio de los SSE. Si bien el término es interdisciplinario, hacer esta distinción posibilitaría conocer el estado actual de los desarrollos metodológicos en torno al estudio de los SSE, así como distinguir en qué medida los estudios de los SSE son realmente interdisciplinarios. Además, es útil hacer las distinciones en torno al SSE (como paradigma) y el Marco SSE (como aproximación analítica de los Sistemas Socio-Ecológicos) y cómo está siendo integrado en la agenda de los investigadores. Esto respondería a preguntas como ¿Qué sistemas de recursos se están analizando? ¿en qué entornos se están realizando los estudios del SSE (urbanos, rurales megaciudades, zonas metropolitanas, etc.)? entre otras preguntas. En un primer acercamiento, este estudio se centró en discutir cómo la comunidad científica ha operacionalizado el marco SSE. Con base en los resultados se observa una amplia pluralidad metodológica, pero sin avances significativos en investigaciones que adopten métodos que capturen la complejidad de los SSE. Por su parte, la comunidad científica está agrupada, pero

con una mayor participación de los países del Norte Global. A pesar de que la mayoría de los estudios tienen lugar en países del Sur Global, los investigadores del Sur Global están escasamente involucrados o incluidos en ellos estudios sobre SES ([Gomez-Santiz et al., 2021](#)).

1.4.1. El sistema socio-ecológico como paradigma

Los debates de las ciencias sociales a menudo adoptaban una visión estática y equilibrada de los sistemas ecológicos, basada en suposiciones sobre el equilibrio de la naturaleza. Esto ha conducido a un marco de problemas que ha tendido a ignorar las cuestiones de dinámica y variabilidad en el tiempo y el espacio, a menudo excluyendo del análisis los temas clave de incertidumbre, dinámica e historia ([I Scoones, 1999](#)).

Como ya se ha definido anteriormente, los sistemas complejos adaptativos se componen de un conjunto de componentes que interactúan que conduce a patrones emergentes en el nivel del sistema. Los SCA se caracterizan por la autoorganización y adaptación que pueden dar lugar a comportamientos no lineales ([Levin, 1998](#); [Norberg & Cumming, 2008](#)), tales como un cambio en la estructura, función y retroalimentación conocidos como cambios de régimen o de estado ([Levin et al., 2013](#)). La perspectiva de los Sistemas Socio-Ecológicos enfatiza que los humanos y la naturaleza están estrechamente vinculados, las interacciones ocurren en ambas direcciones y que evolucionan o cambian como una sola entidad ([Kallis y Norgaard 2010, citado en Linkvist 2016](#)). Según [Berkes et al \(2003\)](#), los Sistemas Socio-Ecológicos se consideran casos claros de sistemas adaptativos complejos. ([Berkes, 2003](#); [Lindkvist, 2016](#)). Los estudios vinculados en la relación sociedad-medioambiente como sistemas complejos han usado indistintamente conceptos tales como sistemas eco-sociales, Sistemas Socio-Ecológicos (socio-ecological system), sistemas ecológicos-sociales (social-ecological systems) y sistemas humano-ambientales para describir las relaciones de interacción entre el sistema ecológico y social; sin embargo, [Folke \(2006\)](#) argumenta que el uso de la dimensión social y ecológico como prefijos apunta a una idea de menor peso en los análisis dado que no se trata de la intersección de dos sistemas, sino de sistemas independientes con sus propios mecanismos de auto organización, pero acoplados estructuralmente ([Carl Folke, 2006](#)). Por lo que sugieren el uso del término sistemas ecológicos-sociales para enfatizar el concepto integrado de los humanos en la naturaleza y delinear que la delimitación entre los sistemas

sociales y ecológicos es artificial y arbitrario. Además, señala que los sistemas sociales ecológicos tienen una intensa retroalimentación recíproca que actúan como sistemas complejos adaptativos (C Folke et al., 2005). Esta noción de sistemas se asocia a la propuesta analítica de Luhmann (2006) al establecer como sistema social las dimensiones sociales y lo ecológico como el entorno donde tienen lugar las relaciones sociales. El entorno puede interpretarse como el medio ambiente o como lo ecológico; y lo social como ente integrado al entorno donde se producen procesos de retroalimentación.

Este enfoque abarca el nuevo paradigma, que reconoce a los seres humanos como parte de los ecosistemas y proporciona un marco para comprender las respuestas de los ecosistemas al uso humano en múltiples niveles (Gallaher, 2010). Bajo un enfoque de resiliencia implica reconocer que un sistema puede ser resiliente y sustentable, pero puede no ser deseable (Uden et al., 2018). En la perspectiva positiva de la resiliencia es deseable que los sistemas sociales y ecológicos tengan la capacidad de recuperarse y adaptarse ante cambios; sin embargo, la discusión en torno a la otra cara de la resiliencia (Bracke, 2016; Evans & Reid, 2016; Mahdiani & Ungar, 2021; Ogunbode et al., 2019) afirma que hay estados ecológicos, sociales y psicológicos que podrían no ser deseables para el sistema. Por ejemplo, la permanencia organizada y adaptativa de grupos sociales que degradan sistemáticamente los recursos naturales o, en el caso de la seguridad pública, la capacidad de organización, autoorganización, y adaptación de los grupos delictivos constituyen una situación no deseable para el sistema social y, por lo tanto, para la sostenibilidad.

En la literatura científica se ha expuesto un sin número de veces que el contexto desafiante es una condición sine qua non de la resiliencia. Sin embargo, la resiliencia, entendida como la capacidad de adaptación ante cambios abruptos, podría ofrecer resultados adversos en el largo plazo. De acuerdo con Ogunbode et al. (2019), describe una paradoja en la resiliencia con relación al cambio climático donde señala que la capacidad de adaptación y recuperación a las respuestas negativas al desastre podría no incentivar las verdaderas acciones subyacentes que se requieren para hacer frente o evitar los riesgos climáticos futuros.

Bajo lo anterior, hay la posibilidad de que los Sistemas Socio-Ecológicos se caractericen por la presencia de estados y contextos como los descritos en los párrafos previos o, en su caso,

de la carencia de estos estados que se traduciría en Sistemas Socio-Ecológicos no resilientes y no sustentables.

1.4.1.1 Estado del conocimiento de los Sistemas Socio-Ecológicos

A pesar de los esfuerzos para unificar un lenguaje común en torno a los análisis de sistemas complejos y adaptativos, aún no existe un acuerdo común para usar el término socio-ecológico o social-ecológico; por ejemplo, la base de datos de Scopus arroja más de 1,200 documentos vinculados con el termino Sistemas Socio-Ecológicos o sistemas humanos-ambientales; mientras que el termino sistemas sociales-ecológicos arroja más de 3,000 documentos vinculados. Además, el uso del término SSE no necesariamente se vincula al marco analítico de Ostrom. Por ejemplo, en una muestra de 100 documentos, se encontró que, 71 de los 100 documentos citan al menos una vez a Ostrom. De estos, 66% se vinculan con el termino sistema social-ecológico y 24% con sistema socio-ecológico. Esto es un indicativo del uso indistinto del término, pero que ambos se caracterizan por establecer relaciones complejas en sus componentes.

1.4.2. Los límites de los SSE y conceptos vinculados

En la última década, se registra una creciente literatura que se enfoca explícitamente en cómo los sistemas sociales y ecológicos están, o pueden estar, vinculados para promover la sustentabilidad. (Carlsson & Berkes, 2005). En ese sentido, se reconoce cada vez más que la naturaleza debe verse y estudiarse como un sistema socio-ecológico que vincule a la sociedad con su entorno (S. L. Collins et al., 2011). Lo anterior implica que los Sistemas Socio-Ecológicos, vistos como niveles jerárquicos, tienen una estructura y dinámica que varían según la ubicación geográfica. Aceptar esto es reconocer que el contexto espacial afecta la constitución del sistema dado que su configuración está influenciada por las decisiones tomadas de la población y varía según los entornos. (Potschin & Haines-Young, 2011).

¿Cómo definir espacialmente un sistema socio-ecológico? En general, los Sistemas Socio-Ecológicos pueden ser definidos a muchas escalas, desde un hogar hasta todo el planeta. Por lo que la delimitación de un sistema está vinculado directamente a los componentes e interrelaciones que el investigador pretende elaborar. De esta forma, el límite, el tamaño y la forma del sistema socio-ecológico depende completamente del problema abordado y de los

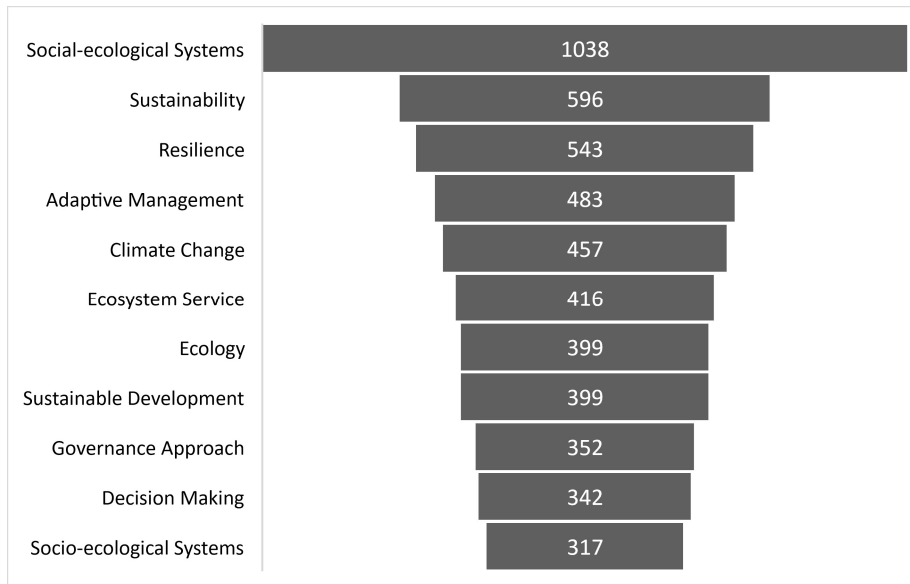
objetivos de estudio (Chapin et al., 2009). Los recortes conceptuales de los Sistemas Socio-Ecológicos trae implícita la idea de Luhmann al establecer que la observación de un determinado entorno implica dejar fuera la observación de otra parte del entorno. Diferenciar un sistema implica, para el observador, dejar de observar lo que no es parte del problema observado.

1.4.1.2 Conceptos vinculados

Por las características y propiedades de un SSE, ésta se vincula con una serie de conceptos para caracterizar su estado, su condición y su trayectoria (Figura 4). De ahí que se hable de sistemas socio—ecológicos sustentables, resilientes, adaptativos; o también gobernanza en los SSE. Al mismo tiempo, estos conceptos se vinculan entre sí para explicar procesos y relaciones entre los subsistemas ecológicos y sociales del sistema socio-ecológico. Por ejemplo, un sistema no puede ser sustentable si no tiene capacidad adaptativa, o no es resiliente si el sistema de gobernanza es deficiente (E Ostrom & Cox, 2010). Sin embargo, la noción de resiliencia es la que domina actualmente en los estudios de los Sistemas Socio-Ecológicos. Y esto tiene que ver con el impulso de *Resilience Alliance (RA)*, fundada en 1999, y su revista *Ecology and Society* (C. Holling fue el editor fundador). El *Journal Citation Reports* ubica la revista en el lugar 23 de 104 revistas en el campo de las ciencias ambientales y en lugar 45 de 160 en el campo de la ecología.

En la página web de RA señalan que «Resilience Alliance es una organización de investigación que se centra en la resiliencia de los Sistemas Socio-Ecológicos como una base para la sustentabilidad». La base de datos de Scopus arroja cerca de 4 mil documentos vinculados a SSEs y los conceptos de resiliencia y sustentabilidad (además del concepto de Sistemas Socio-Ecológicos) son las que más *figuran* en las palabras clave (Figura 3).

Figura 3. palabras clave con mayor número de frecuencias vinculados a SSE.



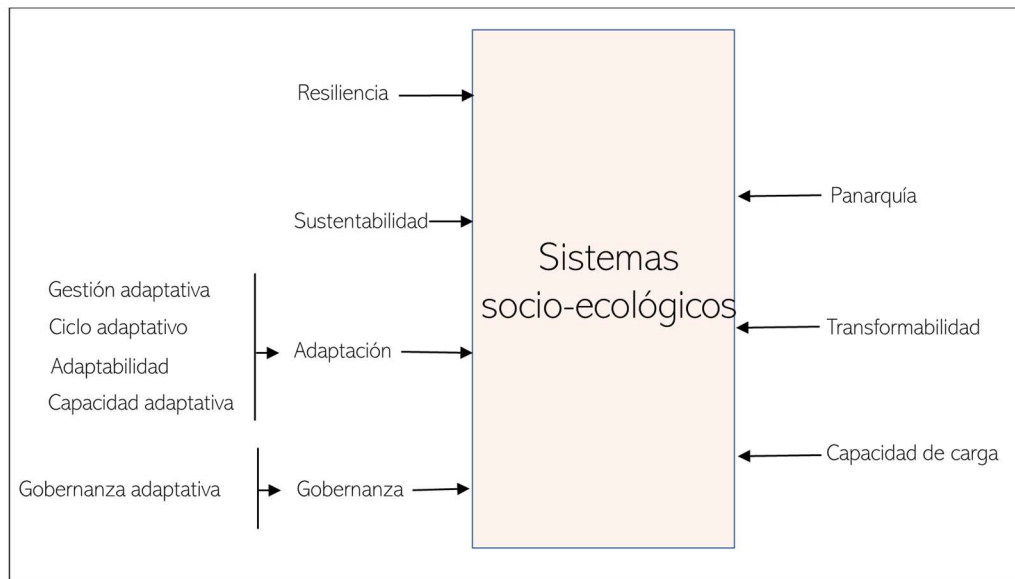
FUENTE: Elaboración propia (Fuente de datos: Scopus, marzo, 2019)

El término resiliencia emergió en los sesenta y principios de los setenta. Holling definió el término de resiliencia en su artículo «*Resilience and stability of ecological systems*». Pero el concepto empieza a tener mayor relevancia a inicios de los noventa. Como lo documenta, Carl Folke (2006):

La perspectiva de resiliencia se reavivó a principios de la década de 1990 a través de los programas de investigación del Instituto Beijer, donde resultó esencial en los estudios interdisciplinarios sobre la biodiversidad (Perrings et al., 1995; Folke et al., 1996), sistemas complejos (Costanza et al., 1993), regímenes de derechos de propiedad (Hanna et al., 1996; Berkes y Folke, 1998) interacciones cruzadas y el problema de ajuste entre ecosistemas e instituciones (Folke et al., 1998; Costanza et al., 2001) y en relación con el crecimiento económico y los sistemas socioeconómicos (Arrow et al., 1995; Levin et al., 1998). Como consecuencia, el Instituto Beijer y la Universidad de Florida, donde laboraba Holling, iniciaron Resilience Network, un programa de investigación que luego se convirtió en Resilience Alliance.

Además, es importante señalar que en esa década emergía el estudio de los comunes, particularmente de los aportes de la economía neo-institucional con la publicación del libro «*Governing the Commons: The Evolution of Institutions for Collective Action*» publicada en 1990 por Ostrom, misma que propondría casi dos décadas después el Marco Sistema Socio-Ecológico (Ostrom, 2009) muy vinculado a los estudios que Resilience Alliance venía desarrollando.

Figura 4. Conceptos vinculados.



Elaboración propia

1.4.1.2.1 Resiliencia y Sistemas Socio-Ecológicos

De esta forma, el concepto de resiliencia pasó a ser un enfoque importante en los estudios de los Sistemas Socio-Ecológicos. Un enfoque de resiliencia implica que los sistemas sociales y ecológicos no pueden considerarse en ausencia uno del otro, sino que deben entenderse como sistemas relacionados: acoplados (Nelson et al., 2007). Holling introdujo el término resiliencia como la capacidad de persistir dentro de un dominio ante el cambio. Propuso que la «resiliencia determina la persistencia de las relaciones dentro de un sistema y es una medida de la capacidad de estos sistemas para absorber los cambios de las variables de estado, las variables impulsoras, y los parámetros» (Holling, 2013; Folke, 2006).

La resiliencia es la capacidad de un sistema para experimentar choques mientras que retiene esencialmente la misma función, estructura, retroalimentación y, por lo tanto, identidad (Holling, 1973), es decir, es la capacidad de resistencia de un sistema para sobrellevar una perturbación sin que este cambie a un estado alternativo. De acuerdo con Walker, et al (2006), si un sistema socio-ecológico alcanza cierto umbral y lo rebaza, dará como resultado una configuración diferente del sistema en torno a sus procesos de retroalimentación que conducirá a cambios en la función y la estructura del sistema. Según Scheffer et al (2001) y Carpenter (2003), se dice que este sistema ha sufrido un cambio de régimen que puede ser

reversible, irreversible (es decir, no reversible en escalas de tiempo que sea de interés para la humanidad).

Cuanto más resiliente es un sistema, mayor es la perturbación que puede absorber sin cambiar a un régimen o estado alternativo. En general, el estado de un sistema en cualquier momento puede definirse por los valores de las variables que constituyen el sistema. [Walker et al \(2006\)](#) ejemplifica lo anterior señalando que, «si un sistema de pastizales se define por la cantidad de pasto, arbustos y ganado que contiene, entonces el espacio del estado es el espacio tridimensional de todas las combinaciones posibles de las cantidades de estas tres variables». Estas combinaciones reflejan la dinámica del sistema y su tendencia o trayectoria a través del tiempo. Algunos regímenes de sistemas pueden ser considerados deseables por un segmento de la sociedad e indeseables por otro. Además, algunos regímenes que se consideran indeseables también pueden ser muy resistentes, por ejemplo, dictaduras duras y regiones desertificadas del Sahel. ([Walker et al., 2006](#)) El objetivo de aplicar la noción de resiliencia en los SSE es mejorar la capacidad de un sistema para permanecer en, o ser dirigido hacia un estado deseado a lo largo de una trayectoria deseada ([Walker et al; 2002, citado en Moon et al 2014](#)).

El concepto de resiliencia también se ha utilizado con relación al cambio social donde, por ejemplo, [Adger \(2006\)](#) definió «la resiliencia social como la capacidad de las comunidades humanas para resistir choques externos a su infraestructura social, como la variabilidad ambiental o la agitación social, económica y política». [Adger \(2006\)](#) El concepto de resiliencia en relación con los sistemas socioecológicos incorpora la idea de adaptación, aprendizaje y autoorganización, además de la capacidad general para persistir las perturbaciones. En este sentido, la capacidad o la robustez captura solo un aspecto de la resiliencia).

Siguiendo a [Carpenter et al. \(2001\)](#) la resiliencia socio-ecológica se interpreta como (1) la cantidad de perturbación que un sistema resiste sin modificar considerablemente su estructura (2) la medida en que el sistema tiene la capacidad de autoorganizarse, y (3) la medida en que un sistema puede mejorar su capacidad adaptativa la presencia de factores de cambio ([Folke, 2006](#)).

El concepto de resiliencia es impulsado por Resilience Alliance como un marco general para la ciencia interdisciplinaria. Una de sus primeras contribuciones al mundo académico fue la publicación del libro «*Panarchy: understanding transformations in human and natural systems*» donde exploran las interacciones entre los sistemas humanos y naturales. La importancia de explorar estas relaciones es porque en las investigaciones sobre la dimensión social de la gestión ambiental y recursos naturales se han centrado en indagar solamente el dominio social, tratando el ecosistema en gran parte como una caja negra y suponiendo que, si el sistema social es funcional o está bien organizado institucionalmente, también administrará la base de recursos ambientales de manera sustentable. Folke (2006) señala que una sociedad humana puede mostrar una gran capacidad para hacer frente al cambio y adaptarse si se analiza solo a través de la lente de la dimensión social. Pero tal adaptación puede ser a expensas de cambios en la capacidad de los ecosistemas para sostener la adaptación (Smit y Wandel, 2006, citado en Folke, 2006), y puede generar trampas y puntos de ruptura en la capacidad de recuperación de un sistema socio-ecológico (Gunderson y Holling, 2002, citado en Folke 2006). Del mismo modo, centrarse en el lado ecológico solo como base para la toma de decisiones para la sustentabilidad lleva a conclusiones demasiado limitadas e incorrectas. De ahí que se prefiera optar por un paradigma que involucre ambos sistemas.

El pensamiento de resiliencia aborda la dinámica y el desarrollo de Sistemas Socio-Ecológicos complejos. Tres aspectos son centrales: resiliencia, adaptabilidad y transformabilidad. Estos aspectos se interrelacionan en múltiples escalas. La resiliencia en este contexto es la capacidad de un SSE para cambiar y adaptarse continuamente, pero permanecer dentro de los umbrales críticos. La adaptabilidad es parte de la resiliencia. Representa la capacidad de ajustar las respuestas a los controladores externos y procesos internos cambiantes y, por lo tanto, permitir el desarrollo a lo largo de la trayectoria actual (dominio de estabilidad). La transformabilidad es la capacidad de cruzar umbrales en nuevas trayectorias de desarrollo. El cambio transformacional a escalas más pequeñas permite la resiliencia a escalas más grandes. La capacidad de transformarse a escalas más pequeñas se basa en la resiliencia de escalas múltiples, haciendo uso de las crisis como ventanas de oportunidad para la novedad y la innovación, y combinando fuentes de experiencia y conocimiento para navegar en las transiciones socio-ecológicas. La sociedad debe considerar

seriamente las formas de fomentar la resiliencia de los SSE más pequeños y manejables que contribuyen a la resiliencia del Sistema Terrestre y explorar opciones para la transformación deliberada de los SSE que amenazan la resiliencia del Sistema Terrestre (Folke et al., 2010).

1.5 Sistemas Socio-Ecológicos en la literatura científica

1.5.1. SSEs a nivel global

En la base de datos de Scopus, los aportes teóricos y empíricos en torno a Sistemas Socio-Ecológicos arrojan un total de 3,996³ documentos. Sin embargo, estos documentos son elaborados mayoritariamente por grupos de trabajo. En promedio, cada documento contiene 2.7 autores. Esto indica que, en total, hay aproximadamente 11 mil autores participando en los cerca de 4 mil documentos encontrados.

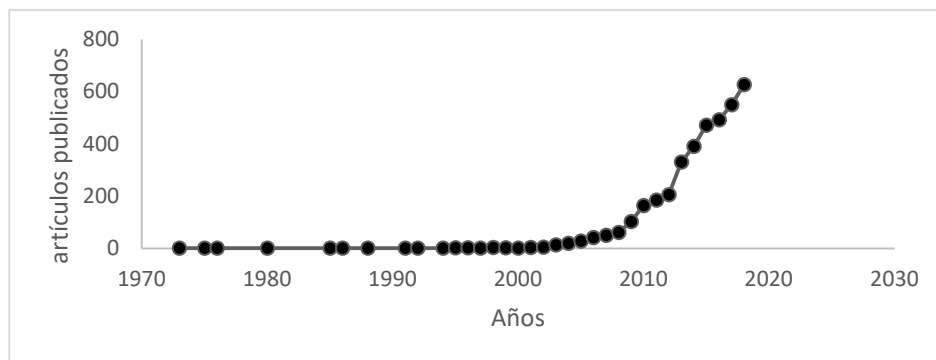
El primer referente en torno a los SSE está vinculado al concepto de socio-ecosistemas empleado por Norton (1973) donde señala que los «componentes de los ecosistemas y los sistemas socioeconómicos se relacionan a través de procesos dinámicos naturales y sociales» donde, las decisiones políticas conducen a efectos sobre el bienestar más allá de los inicialmente previstos enfatizando esta relación en un marco de planificación estratégica.

Sin embargo, es hasta 2009 cuando el número de contribuciones aumenta considerablemente. De 60 contribuciones en 2008, pasa a 102 en 2009. Para el año 2018 el número de contribuciones llegó a 626 artículos (Figura 5). Los conceptos ligados a SSEs de las contribuciones registradas en 2009 fueron, principalmente: i) Resiliencia, ii) Sustentabilidad, y iii) Desarrollo Sustentable; mientras que los documentos publicados en 2018 enfatizaron: i) Sustentabilidad, ii) Servicios Ecosistémicos, y iii) Resiliencia. En 2009 destaca el documento publicado por Ostrom *A general framework for analyzing sustainability of social-ecological systems* (el segundo documento con el mayor número de citas, según Scopus, 2335 hasta abril 2019) donde ella introduce formalmente el Marco Sistema Socio-Ecológico. En 2018 destacan dos documentos: uno el publicado por Raymond et al (2018) que discute el término de coproducción de los servicios ecosistémicos en la relación sociedad-naturaleza;

³ Consultado en abril de 2019.

el otro publicado por Singh et al (2018) que analiza los Objetivos del Desarrollo Sustentable vinculado a un sistema de recurso (océano).

Figura 5. Producción científica.



Fuente: Elaboración propia con datos de Scopus (consultado en abril 2019)

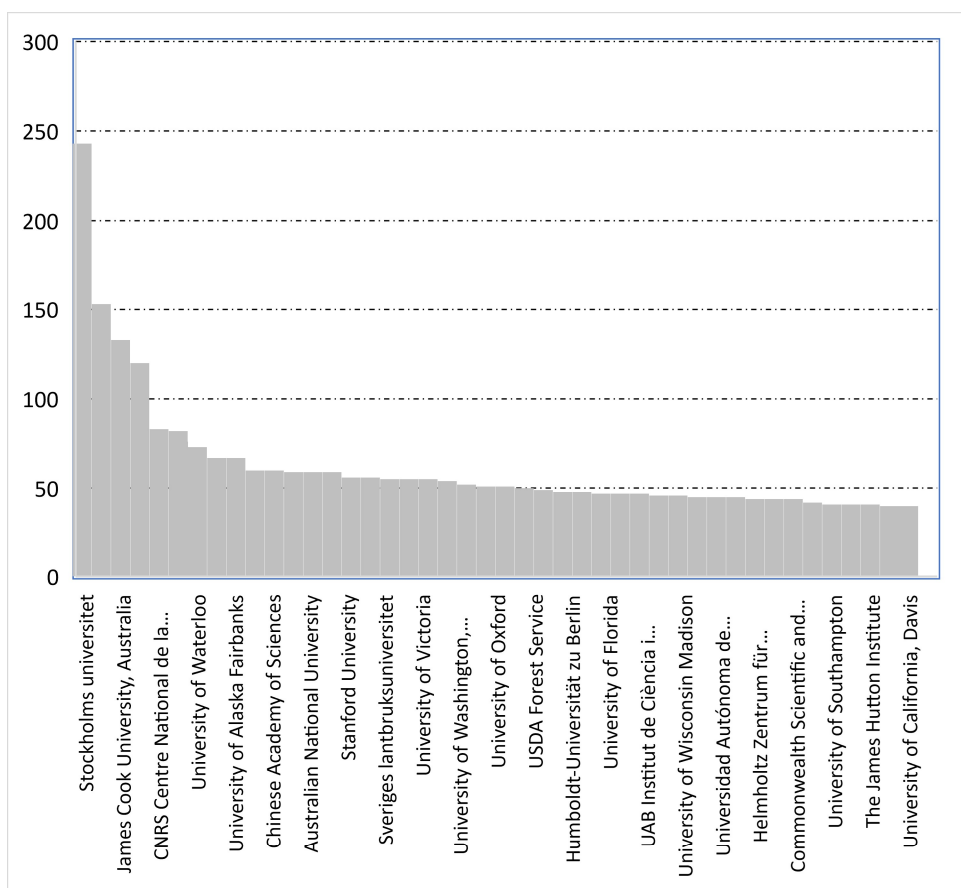
Destaca, por número de contribuciones, Carl Folke (Stockholms universitet) con 48 artículos publicados como autor y coautor. Su artículo *Resilience: The emergence of a perspective for social-ecological systems analyses* es el de mayor número de citas con 2,627. En sus artículos discute principalmente el tema de la resiliencia vinculado a los Sistemas Socio-Ecológicos en coautoría, principalmente, con Per Olsson (Stockholms universitet) con 13 documentos en coautoría) Stephen Carpenter (de University of Wisconsin Madison, Madison, United States, con 8 documentos en coautoría) Brian H Walker (Australian National University, Canberra, Australia, con 8 documentos). En general, en los 48 artículos asociados a Folke están involucrados alrededor de 160 autores y coautores cuya afiliación provienen de 128 instituciones pertenecientes a 29 países principalmente Estados Unidos, Australia y Canadá.

Las 5 instituciones con mayor número de contribuciones son: Stockholms universitet; Arizona State University; James Cook University, Australia; Wageningen University and Research Centre y el Centre National de la Recherche Scientifique (Figura 6). La Universidad Nacional Autónoma de México destaca con 51 contribuciones. Esto no significa que las contribuciones sean investigaciones cuyos objetos de estudio sean en México. Lo mismo sucede con el resto de las instituciones. Pueden abordar, por ejemplo, estudios de caso, pero cuya área de estudio sea diferente al de la afiliación o país de origen de los investigadores. Por ejemplo, la Universidad de Estocolmo que ha contribuido con 243 artículos, aglutina 160

afiliaciones institucionales de 59 países; mientras que la Universidad de Arizona, con 153 contribuciones, aglutina 159 instituciones de 49 países, pero comparte, por ejemplo, con la Universidad de Estocolmo 27 artículos, 14 con la Universidad de Indiana y 8 con la Universidad Nacional Autónoma de México.

Las contribuciones por países a los estudios de SSEs involucra aproximadamente 146 países. Estados Unidos contribuye al estado del arte con 1,418 artículos publicados, seguido de Reino Unido, Australia, Canadá, Alemania Suecia, Francia, Holanda, España Sudáfrica, China, Italia y México con 563,545, 514, 421, 372, 267, 267, 260, 221, 173, 151y 96 artículos, respectivamente (**Figura 6**).

Figura 6. Artículos publicados por afiliación.



Fuente: elaboración propia con datos de Scopus, abril 2019

Como se ha indicado, la autoría de los artículos publicados corresponde, en su gran mayoría, a publicaciones grupales conformada por investigadores de distintas afiliaciones y países. Como es evidente, Estados Unidos presenta la mayor participación en los documentos

publicados. Scopus registra la afiliación de cada investigador que contribuye en las publicaciones lo que posibilita situarlo en un determinado país sin que esto implique que sea su nacionalidad. Se detectó alrededor de 11 mil afiliaciones lo que da un indicio del número de investigadores involucrados (si hay 11 mil afiliaciones registradas, implica que puede haber 11 mil investigadores involucrados. Sin embargo, también se ha detectado, con muy poca frecuencia, investigadores con más de una afiliación). Con los datos mencionados se puede construir una red de relaciones basada en las colaboraciones entre investigadores. En este caso, se ha optado por construir la red por países. Esta red reflejaría la estructura de la comunidad científica en torno a los estudios de Sistemas Socio-Ecológicos (ver [Figura 7](#)).

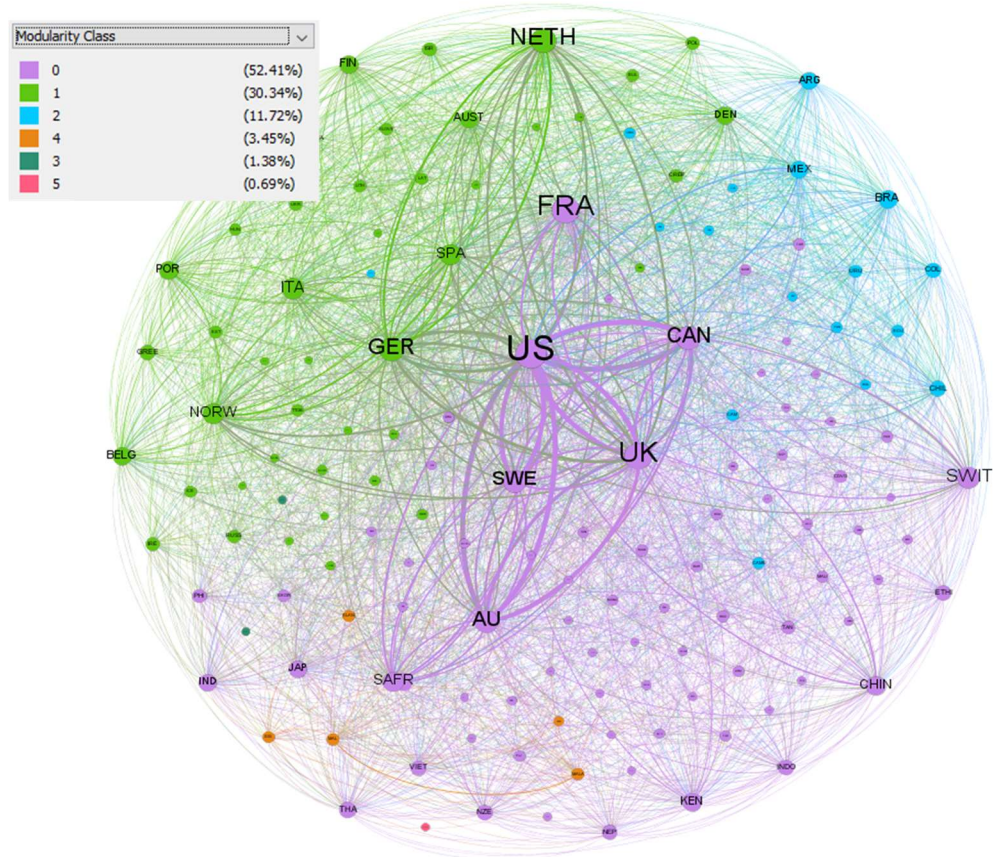
En la [Figura 7](#) muestra la estructura de la comunidad académica en torno a los estudios de los SSEs en el cual se observan 6 clústeres definidos por colores⁴. El clúster 0, definido en color rosa, es el de mayor agrupación con 52.41%, seguido del clúster 1 definido con el color verde con 30.34% de agrupación. En el clúster 0 (color rosa), la centralidad la tiene Estados Unidos cuya red es mayormente con Reino Unido, Canadá, Suecia y Australia; mientras que la centralidad del clúster 1 (color verde) la tiene Holanda que colabora en mayor medida con países como Alemania y Austria, por mencionar algunas. El clúster 2 (color azul) es el tercero con mayor agrupación cuya centralidad la tiene Brasil.

Aunque Estados Unidos tenga el mayor número de publicaciones, la red indica que no tiene una dominancia total en torno al tema dado que gran parte de sus contribuciones las construyen con la participación de diversas afiliaciones de diferentes países. En realidad, los estudios sobre SSE se basan en redes de colaboración, y no es extraño que así sea dada la complejidad de los temas abordados que exigen la conformación de grupos multi e interdisciplinarios. Asimismo, la colaboración entre los distintos investigadores puede visualizarse en red a partir de las colaboraciones de autoría y coautoría de los documentos publicados. De acuerdo con la [Figura 8](#), la red de colaboraciones estaría compuesto por al menos 11 comunidades. La modularidad de esta red es de 0.671 lo que indicaría mayor

⁴ Una alta puntuación de modularidad indica una estructura interna sofisticada. Esta estructura, a menudo llamada estructura de comunidad, describe cómo la red se divide en sub-redes. Se ha demostrado que estas subredes (o comunidades) tienen un significado significativo en el mundo real (Vincent D. Blondel , Jean-Loup Guillaume , Renaud Lambiotte , Etienne Lefebvre: *Fast unfolding of communities in large networks*)

complejidad, es decir, a medida que el valor de la modularidad se aproxima a 1 la red tiende a ser más compleja.

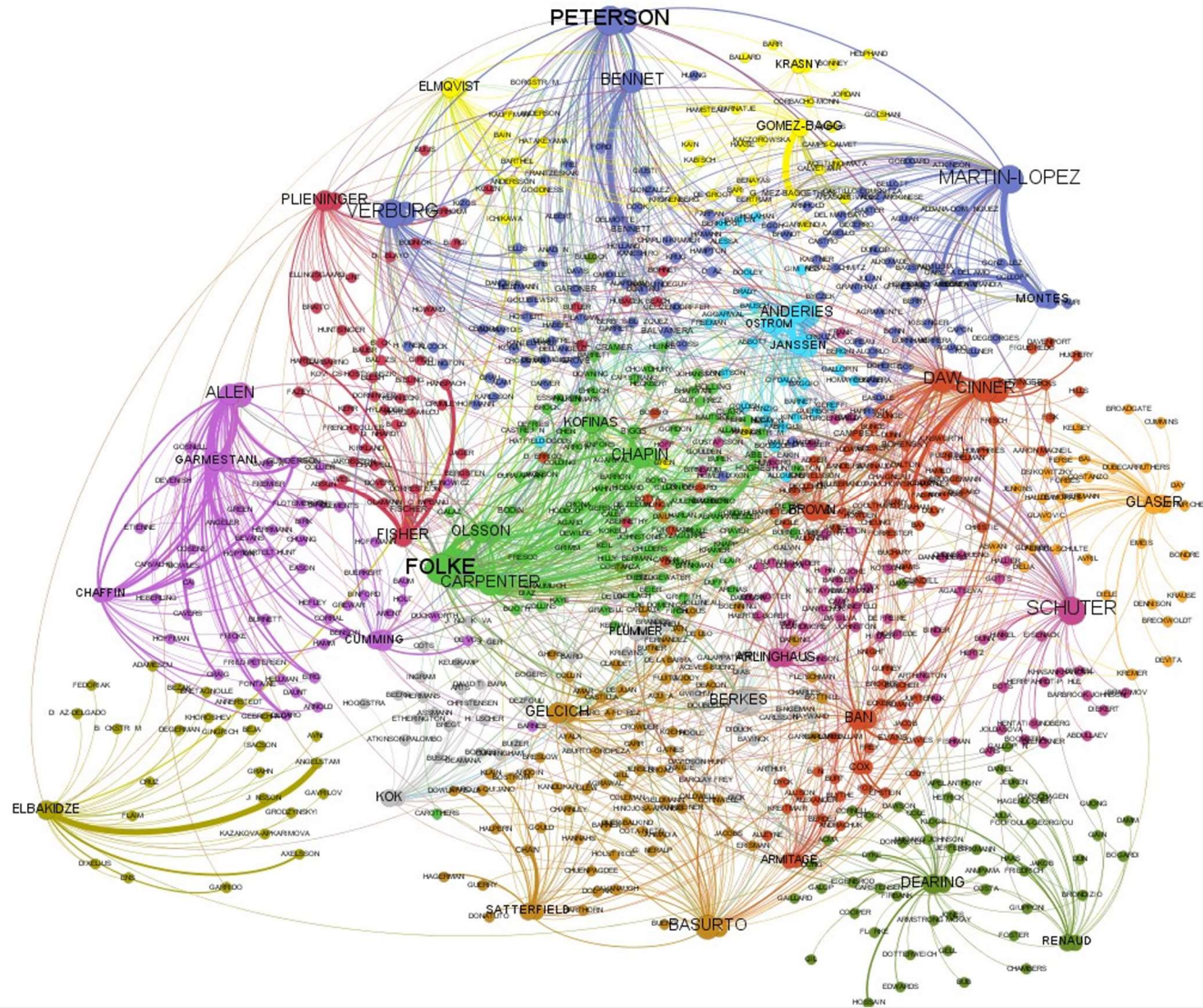
Figura 7. Colaboración entre países



Fuente: Elaboración propia. *Cada círculo representa un país (nodo). El tamaño del nodo indica el grado de contribución del país a los estudios sobre SSEs. El grosor de la línea o aristas representan los grados de contribución entre países (a mayor grosor, mayor contribución, y viceversa). En las siguientes figuras que describen redes presentan las mismas relaciones entre nodos y aristas.

Cada clúster o comunidad muestra las relaciones o grupos que se conforman en torno a los estudios de los SSEs. Un acercamiento a estos grupos, por ejemplo, el clúster conformado por el color verde (**Figura 8**), se observa el grupo de comunidad científica que Carl Folke aglutina. Evidentemente, Folke es uno de los referentes en torno a los estudios de los Sistemas Socio-Ecológicos de ahí que su contribución no sólo se limita al grupo de investigación que él concentra sino lo amplía alcanzando grupos como el clúster azul conformado principalmente por Anderies, Janssen y Ostrom. No obstante, aunque la colaboración científica es amplia, esta tiende a ser mayor entre países del Norte Global.

Figura 8. Grupos de colaboración SSE ;Trabajando juntos?



Fuente: elaboración propia

1.5.2. SSEs en Latinoamérica

América Latina y El Caribe contribuyen con alrededor de 402 publicaciones de los cerca de 4000 artículos publicados referentes a los Sistemas Socio-Ecológicos. Como ya se ha mencionado repetidamente, estas contribuciones se conforman de autorías principales y por coautorías. Esto quiere decir que, por ejemplo, los investigadores brasileños trabajan juntamente con investigadores de otras afiliaciones y otros países. En algunos casos, los investigadores brasileños son autores principales, mientras que en otros casos son coautores.

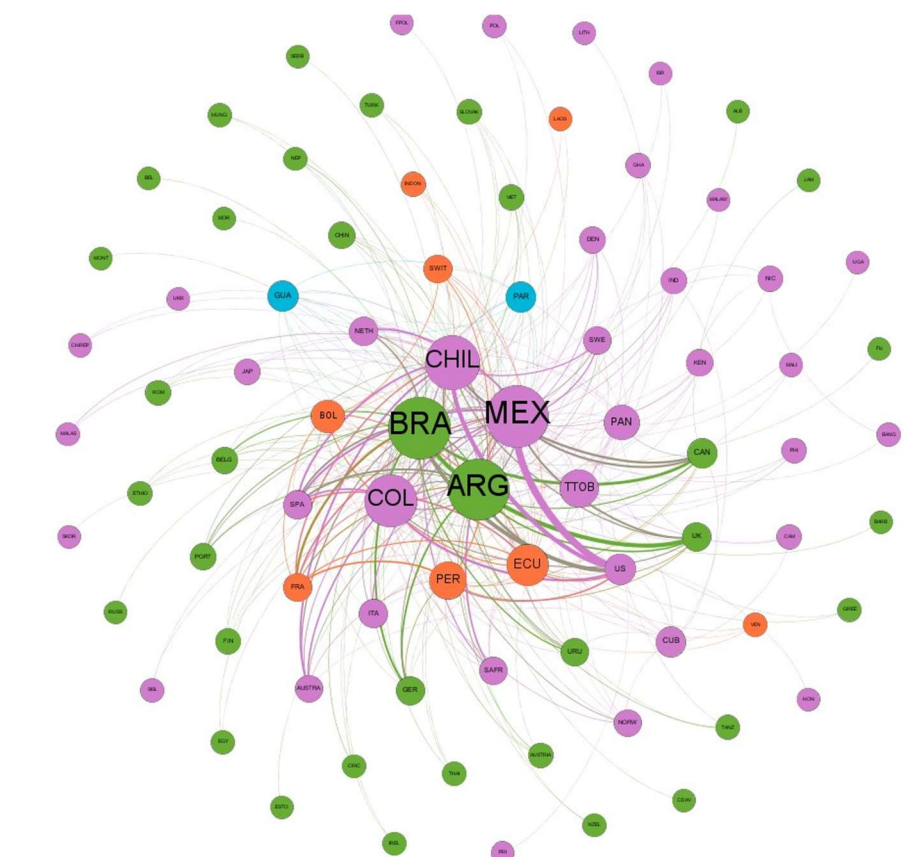
El análisis de redes de la investigación en torno a SSE en Latinoamérica muestra la centralidad de Brasil, México, Argentina, Chile y Colombia. Asimismo, este análisis muestra el grado de colaboración que tienen los países no latinoamericanos con los latinoamericanos. Por ejemplo, las contribuciones de México por número de artículos están influenciada fuertemente por sus redes de colaboración con Estados Unidos. Esto se observa en la línea rosa gruesa que conecta Estados Unidos y México. De hecho, Estados Unidos, Reino Unido y Canadá se presentan como los grandes colaboradores de Latinoamérica. Una mirada más cercana a las redes nos mostraría el número de contribuciones que tienen los países no latinoamericanos hacia los latinoamericanos. Por ejemplo, Brasil colabora con Reino Unido en 22 artículos, y 21 con Estados Unidos; mientras que México colabora con Estados Unidos en 39 artículos, 12 con España y 12 con Canadá. Ecuador colabora más veces con España con 9 artículos (**Figura 9**).

De los documentos con participación de investigadores latinoamericanos publicados con mayor relevancia son el de *Science for managing ecosystem services: Beyond the Millennium Ecosystem Assessment* y *Linkages between vulnerability, resilience, and adaptive capacity*. El primero tiene 1,059 citas (al 25 de abril 2019) y el segundo 1,110 citas (al 25 de abril 2019). El primer artículo tiene como autor principal a Stephen Carpenter de la University of Wisconsin Madison de Estados Unidos cuya contribución a los estudios de los SSEs se refleja en 21 documentos publicados. En este artículo contribuyen 15 investigadores y 3 de ellos son de Latinoamérica y El Caribe: John Agard de Trinidad y Tobago, Sandra Díaz de Argentina y José Sarukhán de México. El segundo artículo fue publicado bajo única autoría por Gilberto

Gallopín en 2006 cuando aún era miembro de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe sede en Chile⁵.

En la red de colaboración Latinoamérica y El Caribe participan más de 1,970 investigadores de diversas filiaciones. Destaca la Universidad Nacional Autónoma de México cuyo número de investigadores asociados a los estudios de SSEs es de 51. En dicha filiación, Alicia Castillo, quien labora en el Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad (IIES-UNAM), ha contribuido con 9 publicaciones y su artículo más relevante (como coautora de entre 19 investigadores) es «Succession and management of tropical dry forests in the Americas: Review and new perspectives» publicado en 2009 con más de 150 citas. En realidad, en este documento colaboran 9 investigadores mexicanos y Mauricio Quesada, afiliado al IIES-UNAM, es el autor de correspondencia.

Figura 9. Redes de colaboración en Latinoamérica y El Caribe.



Fuente: elaboración propia

⁵ Actualmente afiliado al Tellus Institute, Boston, United States, según la base de datos de Scopus.

¿Qué sistemas de recursos naturales discuten en Latinoamérica?

De los 402 artículos publicados que vinculan a investigadores de Latinoamérica y de El Caribe, 142 abordan estudios de caso y el resto son discusiones teóricas. No implica que los estudios de caso sean abordados en contextos territoriales de Latinoamérica o El Caribe.

El análisis de estos documentos, usando el software Atlas.Ti, arroja la matriz de coocurrencias (**Cuadro 1**) de los 402 artículos con 7 variables: una es sobre estudios de caso y 6 son flujos o sistemas de recursos.

De acuerdo con el **Cuadro 1**, hay 90 artículos que discuten el tema de los servicios ecosistémicos. Por ejemplo, desde una perspectiva teórica, el documento de [Carpenter et al \(2009\)](#) cuya coautoría está compuesta de 3 investigadores latinoamericanos discuten la relación entre la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio y servicios ecosistémicos. Ellos señalan la importancia de gestionar los flujos de servicios de los ecosistemas y sus efectos en el bienestar humano. De ahí que enfatizan el análisis de la relación entre sociedad y naturaleza como Sistemas Socio-Ecológicos. Asimismo, en el artículo titulado *Understanding the relationships between ecosystem services and poverty alleviation: A conceptual framework* donde proponen un marco de estudio para el análisis de los servicios ecosistémicos como medios de vida complementarios para aliviar la pobreza ([Fisher et al., 2014](#)). En total, los estudios de caso vinculados a servicios ecosistémicos es de 33 artículos. De manera transversal, los servicios ecosistémicos se discuten vinculando el sistema de recursos hídricos (24 artículos) y forestal (20 artículos)

Cuadro 1. Matriz de co-ocurrencias de Sistemas de Recursos.

	Article	Case studies	ES	Fishery	Forest	Pasture	Water	wetland
Article		142 - 0.35	90 - 0.22	36 - 0.09	75 - 0.19	7 - 0.02	89 - 0.22	12 - 0.03
Case studies	142 - 0.35		33 - 0.17	20 - 0.13	33 - 0.18	4 - 0.03	41 - 0.22	4 - 0.03
ES	90 - 0.22	33 - 0.17		2 - 0.02	20 - 0.14	1 - 0.01	25 - 0.16	5 - 0.05
Fishery	36 - 0.09	20 - 0.13	2 - 0.02		1 - 0.01	1 - 0.02	5 - 0.04	1 - 0.02
Forest	75 - 0.19	33 - 0.18	20 - 0.14	1 - 0.01		5 - 0.06	16 - 0.11	4 - 0.05
Pasture	7 - 0.02	4 - 0.03	1 - 0.01	1 - 0.02	5 - 0.06		n/a	n/a
Water	89 - 0.22	41 - 0.22	25 - 0.16	5 - 0.04	16 - 0.11	n/a		6 - 0.06
wetland	12 - 0.03	4 - 0.03	5 - 0.05	1 - 0.02	4 - 0.05	n/a	6 - 0.06	

Fuente: elaboración propia. Estudios de caso y discusiones teóricas. los números enteros en las celdas indican el total de artículos; mientras que los números racionales indican la proporción respecto a los 402 artículos.

Como se observa en el **Cuadro 2**, los sistemas de recurso con mayor discusión son: el sistema de recurso hídrico con 89 artículos y el sistema forestal con 75 artículos. En estudios de caso, se tiene registro de 41 artículos centrados en analizar el sistema de recursos hídricos y 33 artículos para el sistema forestal. Referente a este último, destaca el artículo publicado por [Castillo et al \(2005\)](#) donde estudian la interacción entre la población rural y su ecosistema forestal en la región Chamela-Cuixmala situada en la costa del Pacífico de México.

Hay caso donde los artículos discuten dos o más sistemas de recursos, sean estos estudios de caso o teóricos. Por ejemplo, el artículo *Community-based management induces rapid recovery of a high-value tropical freshwater fishery*. [Campos-Silva et al, \(2016\)](#) discute tres sistemas de recursos: los humedales, el recurso hídrico y las pesquerías en la amazonia brasileña occidental.

Por otro lado, de estos 402 artículos publicados, 54 especifican como área de estudio los entornos rurales (23 son estudios de caso), y 56 en entornos urbanos (24 son estudios de caso). Sin embargo, 16 artículos discuten ambos entornos que vincula, en algunos casos, los servicios ecosistémicos y los sistemas de recurso forestal. Está relación la discute Osorno et al (2018) en su artículo *The watershed of the creek San Cristobal. A socio-ecological system in crisis*.

1.5.3. SSEs en México

De acuerdo con la base de datos de Scopus, el número de artículos publicados con participación de investigadores mexicanos es de 96. Es en 2005 cuando se publica el primer artículo vinculado a los Sistemas Socio-Ecológicos en el que [Castillo et al \(2005\)](#) discute las interacciones entre poblaciones rurales y los bosques tropicales en una región de la costa del Pacífico mexicano en cuatro grupos sociales: tres de los cuatro están bajo el régimen de tenencia de la tierra ejidal, y el otro grupo, son considerados *avecindados*. El estudio se presenta con un enfoque metodológico interpretativo que comprende la realidad como dinámica y diversa. Es un enfoque totalmente cualitativo que busca comprender la conducta de las personas y cómo éstas conciben su entorno, incluyendo los objetos. Como los autores señalan, documentan la visión y el significado que las poblaciones rurales dan a sus mundos naturales y sociales. Con este enfoque, buscan contribuir al análisis integrado de los sistemas

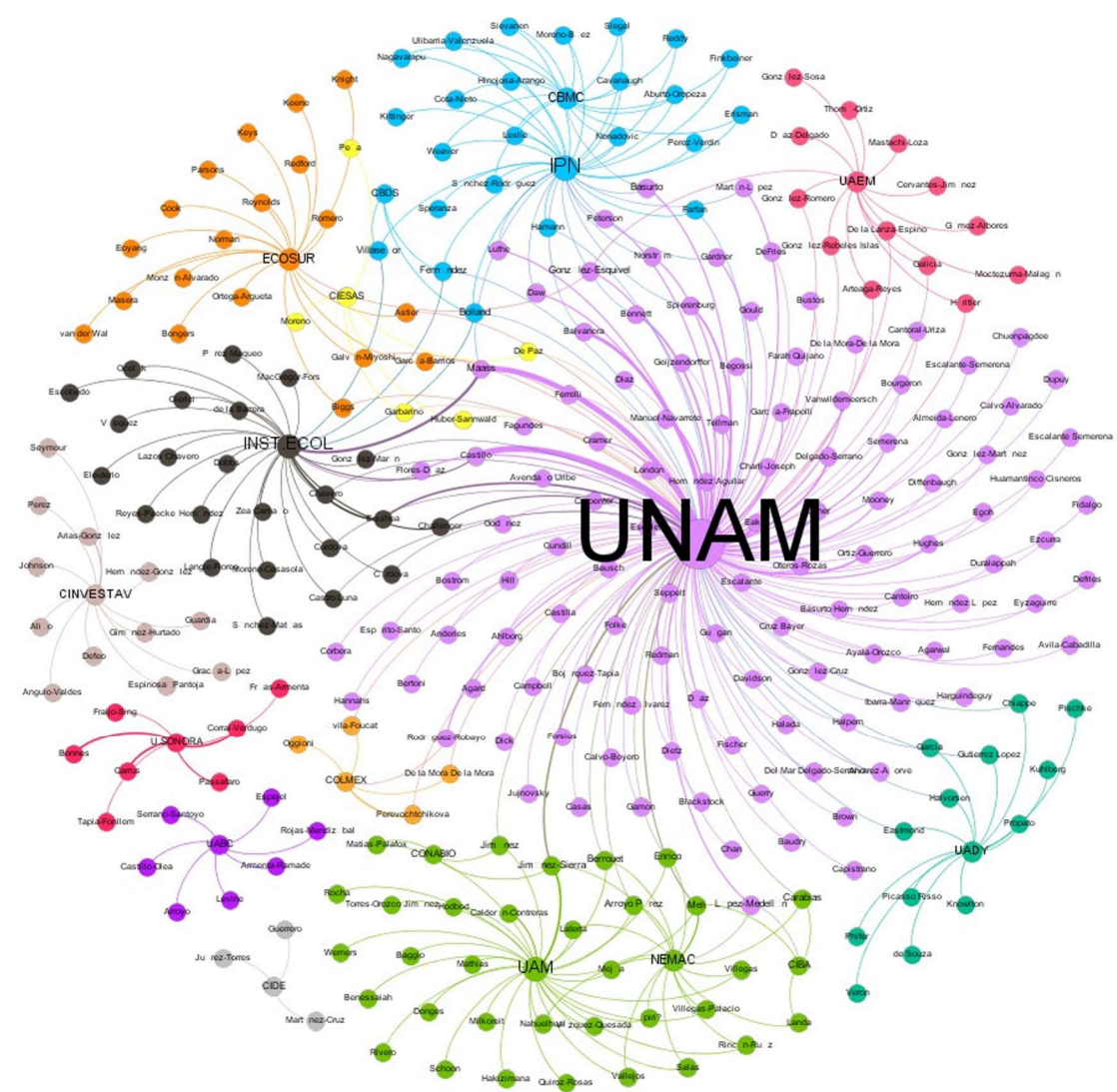
sociales y ecológicos para el desarrollo de estrategias de manejo sostenibles en bosques tropicales de México.

Las contribuciones a los estudios sobre Sistemas Socio-Ecológicos en México comienzan a crecer a partir de 2015 en el que se registra 17 publicaciones. De las 96 contribuciones realizadas por los investigadores afiliados en instituciones mexicanas, 12 fueron publicadas en la revista *Ecology and Society*. De esos investigadores, un gran número está afiliado a la Universidad Nacional Autónoma de México, y los que más han contribuido están afiliados al Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad-UNAM (antes Cieco). Por ejemplo, Alicia Castillo y Manuel Mass aparecen con 9 contribuciones cada uno (sea como autor principal o coautor).

La *figura 10* muestra al menos 13 comunidades de investigación representadas en colores. Cada color representa un clúster y las líneas o aristas vinculan al investigador con su afiliación institucional. Hay casos, por ejemplo, donde un investigador conecta dos o más clústeres porque su contribución se basa en la colaboración de dos o más instituciones. Por otro lado, la forma de las líneas (delgadas o gruesas) representa la contribución de cada investigador a su afiliación institucional. De esta forma, una línea más gruesa indicaría que el investigador contribuye con más publicaciones a su institución.

Como lo muestra la **Figura 10**, la Universidad Nacional Autónoma de México es el nodo central en torno a los estudios de los SSEs. Alrededor de este nodo se aglutinan investigadores como Manuel Mass, Alicia Castillo y Patricia Balvanera como los mayores colaboradores a la institución.

Figura 10. Redes de colaboración en torno a SSE en México.



Fuente: elaboración propia

¿Qué sistemas de recursos estudian en México?

La revisión de los 96 artículos indica que los temas más tratados son referidos a servicios ecosistémicos con 21 artículos; 17 artículos examinan el sistema de recurso forestal. La relación entre servicios ecosistémicos y sistema de recursos forestales es discutida en 6 documentos. Asimismo, se detectaron 32 artículos referidos a estudios de caso lo que representa el 33 por ciento de los 96 artículos. De esos, 8 especifican alguna metodología para modelación de los Sistemas Socio-Ecológicos de los cuales un artículo especifica que se trata de un modelo cualitativo, mientras que cuatro especifican un modelo cuantitativo.

Sobre este último, uno operacionaliza el Marco SSE de Ostrom a partir de la construcción de una serie de indicadores cuantitativos para el análisis de la sustentabilidad de una pesquería en Baja California Sur (Leslie et al., 2015); dos artículos de la misma autora principal discuten los cambios estructurales del Oasis de Comondú en Baja California Sur (como un sistema socio-ecológico) e identifican los principales drivers que cambiaron la estructura del sistema, así como los cambios estructurales y los efectos de estos cambios en la dinámica, la resiliencia y la vulnerabilidad de dicho SSE usando la metodología de Dinámica de Sistemas (Tenza et al., 2017, 2018). El último artículo desarrolla y verifica un modelo conceptual en torno a la desigualdad en servicios ecosistémicos para evaluar la vulnerabilidad de los sistemas socio-ecológicos en diez estudios de caso de cinco países.

Otro aspecto importante de los estudios sobre SSEs en México es el contexto donde tiene lugar la investigación. Como se sabe, mayoritariamente los estudios de SSEs se centran en entornos rurales donde analizan sistemas de recurso a pequeña escala. Sin embargo, los SSEs en entornos urbanos o metropolitanos pueden presentar mayor complejidad debido al alto grado de interacción entre los subsistemas sociales y ecológicos que en su trayectoria van degradando, por diversas causas, el sistema socio ecológico. En el caso de México, de acuerdo con la matriz de co-ocurrencias nos indica que existen al menos cinco estudios de caso en contextos urbanos. De esos estudios, uno discute la regionalización socio-ecológica de las cuencas urbanas a partir de los criterios de interacción de los componentes del sistema (Cervantes-Jiménez et al., 2017). Otro artículo es abordado desde el contexto de la Ciudad de México como una megaciudad. Analizan el problema del riesgo hidrológico donde las vulnerabilidades a las inundaciones y la escasez de agua están interconectadas temporal y espacialmente; argumenta que las instituciones formales e informales y «los actores involucrados en la producción y el manejo de la vulnerabilidad se dividen en dos dominios de problemas: la planificación del uso de la tierra y la gestión de los recursos hídricos». Evidentemente, esto conecta los usos de la tierra en suelo de conservación (Lerner et al., 2018).

Cuadro 2. Matriz de co-ocurrencias.

	Article	Case	ES	Fishery	Forest	Modelling	Pasture	qualitative	quantitative	Rural	Urban	Water	Wetland
Article		32 - 0.33	21 - 0.22	9 - 0.09	17 - 0.18	20 - 0.21	2 - 0.02	8 - 0.08	9 - 0.09	18 - 0.19	17 - 0.18	14 - 0.15	3 - 0.03
Case	32 - 0.33		10 - 0.23	4 - 0.11	10 - 0.26	8 - 0.18	1 - 0.03	5 - 0.14	5 - 0.14	9 - 0.22	5 - 0.11	7 - 0.18	1 - 0.03
ES	21 - 0.22	10 - 0.23		n/a	6 - 0.19	4 - 0.11	n/a	2 - 0.07	2 - 0.07	3 - 0.08	5 - 0.15	3 - 0.09	n/a
Fishery	9 - 0.09	4 - 0.11	n/a		n/a	2 - 0.07	n/a	1 - 0.06	2 - 0.13	1 - 0.04	n/a	n/a	n/a
Forest	17 - 0.18	10 - 0.26	6 - 0.19	n/a		4 - 0.12	2 - 0.12	1 - 0.04	1 - 0.04	6 - 0.21	2 - 0.06	2 - 0.07	n/a
Modelling	20 - 0.21	8 - 0.18	4 - 0.11	2 - 0.07	4 - 0.12		2 - 0.10	1 - 0.04	4 - 0.16	5 - 0.15	4 - 0.12	2 - 0.06	1 - 0.05
Pasture	2 - 0.02	1 - 0.03	n/a	n/a	2 - 0.12	2 - 0.10		n/a	n/a	2 - 0.11	n/a	n/a	n/a
qualitative	8 - 0.08	5 - 0.14	2 - 0.07	1 - 0.06	1 - 0.04	1 - 0.04	n/a		3 - 0.21	3 - 0.13	n/a	1 - 0.05	n/a
quantitative	9 - 0.09	5 - 0.14	2 - 0.07	2 - 0.13	1 - 0.04	4 - 0.16	n/a	3 - 0.21		2 - 0.08	n/a	n/a	n/a
Rural	18 - 0.19	9 - 0.22	3 - 0.08	1 - 0.04	6 - 0.21	5 - 0.15	2 - 0.11	3 - 0.13	2 - 0.08		4 - 0.13	4 - 0.14	1 - 0.05
Urban	17 - 0.18	5 - 0.11	5 - 0.15	n/a	2 - 0.06	4 - 0.12	n/a	n/a	n/a	4 - 0.13		7 - 0.29	1 - 0.05
Water	14 - 0.15	7 - 0.18	3 - 0.09	n/a	2 - 0.07	2 - 0.06	n/a	1 - 0.05	n/a	4 - 0.14	7 - 0.29		2 - 0.13
Wetland	3 - 0.03	1 - 0.03	n/a	n/a	n/a	1 - 0.05	n/a	n/a	n/a	1 - 0.05	1 - 0.05	2 - 0.13	

Fuente: elaboración propia. Artículos sobre SSEs en México por tipo de sistema de recursos y tipo de estudios.

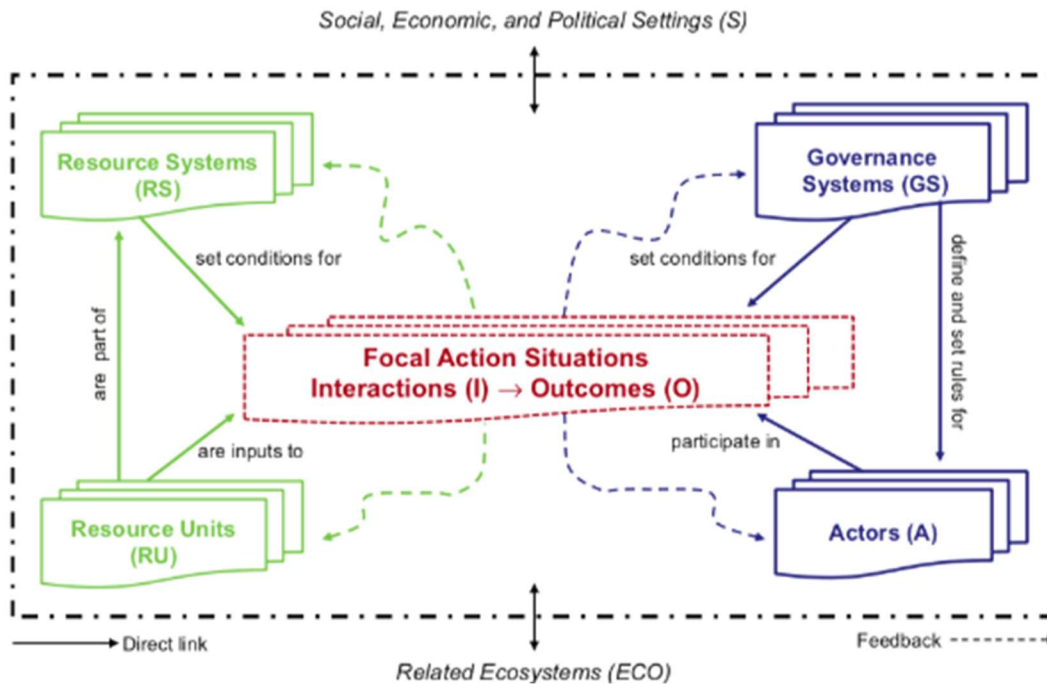
1.6 El Marco Sistema Socio-Ecológico de Ostrom

Los territorios periurbanos por sus características y elementos heterogéneos (ambientales, sociales, económicos, políticos, culturales, etc.) que están en constante interacción entre sí y con el entorno, pueden ser considerados como Sistemas Socio-Ecológicos.

Ver a los subsistemas social y ecológico en la interfaz rural-urbana a partir de la noción del Marco del Sistema Socio-Ecológico (SSE) implicaría el análisis de las relaciones entre sus diversos componentes vinculados a la sustentabilidad socio-ecológica. Es decir, cómo se constituye el SSE para garantizar o no la sustentabilidad, por ejemplo, desde la coproducción de servicios ecosistémicos. Sin embargo, este enfoque ha sido usado generalmente en espacios rurales para entender cómo se constituye el sistema de gobernanza para garantizar la sustentabilidad de los recursos naturales que son usados en las actividades económicas de los pobladores locales.

Este marco presupone que el sistema socio-ecológico está conformado por i) un sistema de gobernanza o instituciones que define y establece reglas para los ii) actores que participan en un espacio social o situación de acción y que con sus acciones influyen en el iii) sistema de recursos que son modificados por las acciones, y iv) unidades de recurso que son motivo de extracción o conservación (Challenger et al., 2015). (Basurto, 2013)(Basurto et al., 2013) (Figura 11).

Figura 11. Estructura del marco SSE.



Fuente: Tomado de Basurto, Gelcich y Ostrom, 2013.

De acuerdo con Ostrom, la propuesta de un marco general integrado como lo es marco sistema socio-ecológico (SSE) es que el conocimiento en torno a las variaciones o cambios en la estructura de los recursos naturales es limitado. Además, las disciplinas científicas utilizan diferentes marcos conceptuales para describir y explicar la complejidad de los SSE. Estas limitaciones, según Ostrom, dificultan la organización de los hallazgos, además de que, con marcos conceptuales diferenciados el conocimiento aislado no se acumularía y dificultaría los análisis comparativos para conocer la tendencia del conocimiento y las formas de gestión en torno a los diversos sistemas de recursos alrededor del mundo (Ostrom, 2009)

El desarrollo del marco analítico SSE surgió a partir de sus interacciones con John M. Anderies, Marco Janssen y otros miembros de Resilience Alliance quienes fueron especialmente importantes para permitirle formular este marco innovador (Anderies et al., 2004, Janssen et al., 2007, Ostrom et al., 2007). No se considera un marco terminado, sino uno que sigue siendo en pleno desarrollo que ha sido adaptado a los distintos estudios de caso alrededor del planeta.

Con este marco, Ostrom intentó comenzar el proceso de construcción de un vocabulario común y una estructura lingüística lógica que facilitaría la comunicación entre académicos interesados en la sustentabilidad de SSE, todos los cuales enfrentan el desalentador problema de desarrollar un modo coherente de análisis para aplicar a sistemas complejos y anidados, operando en distintas escalas. Este marco no hay que confundirlo con su propuesta Análisis y Desarrollo Institucional (el marco IAD, por sus siglas en inglés) cuyo lenguaje se operacionaliza a escalas locales en entornos donde se comparten recursos comunes. No obstante, del marco IAD, Ostrom recupera la idea de la *situación de acción* que sería el espacio donde convergen las interacciones. Es el lugar donde tienen lugar las interacciones entre sistemas sociales y ecológico. De este modo, el marco SSE es útil para comprender cómo las múltiples formas de gobernanza influyen en los usuarios de recursos de diversas escalas y antecedentes y cómo afectan a los sistemas de recursos.

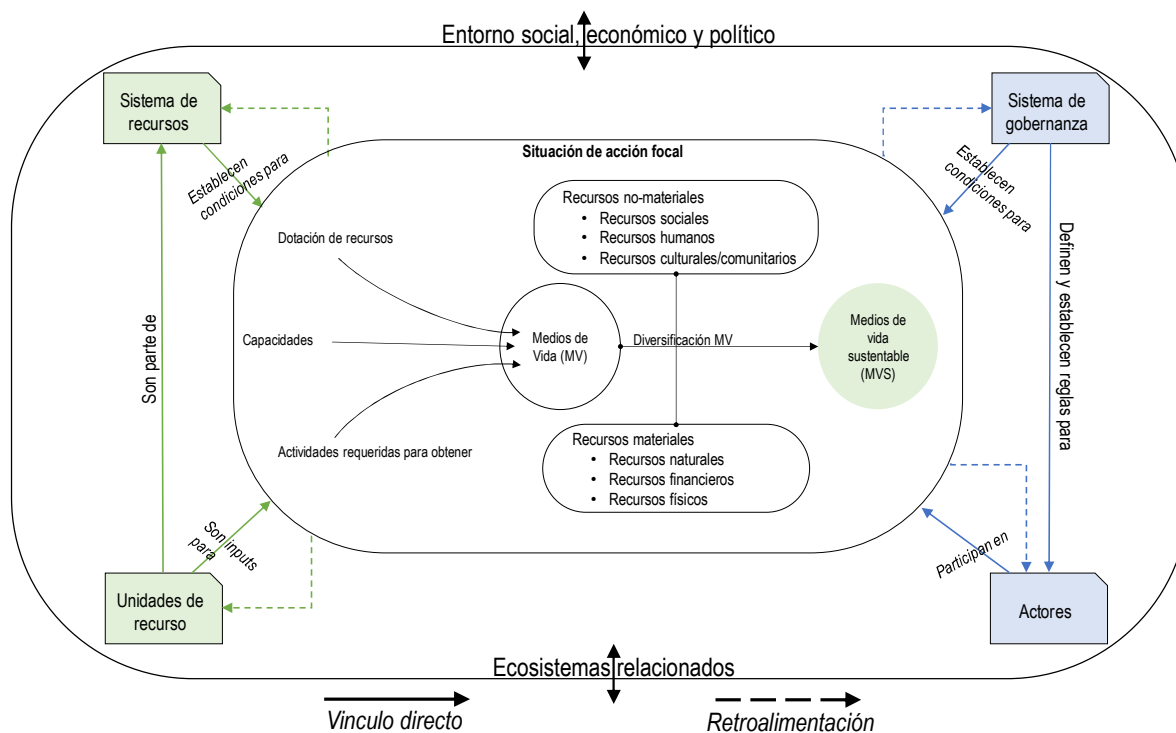
1.7 Medios de Vida Sustentables en el Sistema Socio-Ecológico

El análisis del Sistema Socio-Ecológico de las cuatro microcuencas del Suelo de Conservación se centra en incorporar Medios de Vida Sustentables como la situación de acción focal donde interactúan las categorías ecológicas y sociales del sistema. Su diseño contempla la inclusión de los recursos físicos y sociales con los que la sociedad dispone en el territorio. Los Medios de Vida Sustentables se integra en el SSE como ciclos de balance del SSE y funcionan como Puntos de Apalancamiento para la sustentabilidad.

Hay un conjunto de medios de vida que son generados en la situación de acción que dependen de una dotación inicial de recursos (por ejemplo, recursos naturales). La existencia de estos recursos posibilita la generación de medios de vida. Sin embargo, la generación de medios de vida también depende de un conjunto de capacidades, y la posibilidad de usar estas capacidades mediante acciones concretas para obtener los medios de vida. Si los medios de vida se sustentan exclusivamente en la explotación de recursos naturales sin acciones de regeneración, eventualmente, no habrá disponibilidad de recursos para seguir generando medios vida, sin mencionar los efectos de la degradación en la calidad del suelo, calidad y cantidad de servicios ecosistémicos, etc. No obstante, cuando los medios de vida son diversos, y si las condiciones sociales permiten desarrollar acuerdos institucionales para usufructuar de manera sostenida los recursos naturales, entonces, los medios de vida

transitarían hacia Medios de Vida Sustentables. Esta situación es deseable ya que, además de que los recursos naturales se mantienen relativamente intactos, su conservación se posicionaría como elemento central para generar ingresos adicionales para los hogares. Dado que se trata de relaciones dinámicas, se ha asumido, como se ha señalado reiteradamente, que las dinámicas de ciclos causales generan necesariamente cambios en los sistemas y unidades de recurso, y cambios en el sistema de gobernanza y modificaciones de los intereses de los actores que participan en la situación de acción en función de sus objetivos. Esquemáticamente, la integración de medios de vida y Medios de Vida Sustentable en el marco Sistema Socio-ecológico se representa en la **Figura 12** y es operacionalizada para el análisis de sus relaciones endógenas mediante la construcción de un modelo de Dinámica de Sistemas que será discutido en el capítulo 5.

Figura 12. Medios de vida y Medios de Vida Sustentable como situación de acción en el Sistema Socio-ecológico de las 4 microcuencas.



Fuente: elaboración propia con base en Ostrom (2009) y McGinnis y Ostrom (2014)

1.7.1. Definiciones esenciales para el análisis de los Medios de Vida Sustentables en el Sistema Socio-Ecológico

Los medios de vida se definen como las capacidades, recursos materiales (y no-materiales) y acciones necesarias que una persona u hogar tiene que realizar para subsistir (Ellis, 1999; Segerstedt & Abrahamsson, 2019; van Dillen, 2003). Las capacidades y los activos se sintetizan en seis tipos de recursos que fueron esquematizados en la **Figura 12**. Los recursos materiales, también llamados capitales (Ellis, 1999), se definen como el conjunto de elementos tangibles, tales como los recursos naturales, infraestructura básica y productiva que son usados directamente para generar medios de vida. Por su parte, los recursos no-materiales se refieren al conjunto de elementos intangibles como la cohesión social, las redes sociales, las tradiciones, normas y reglamentos, etc., que son importantes para asegurar y garantizar medios vida. Lo que hace que los medios de vida sean sustentables es que las acciones de las personas o de los hogares no socaven la base de los recursos naturales (Fierros & Ávila Foucat, 2017; Gottret, 2011; Stewart, 2006). De acuerdo con la teoría de los Medios de Vida Sustentables, los seis tipos de recursos descritos en la **Figura 12** son interdependientes (Ellis, 1999; Gottret, 2011). En el caso de la presenta investigación, los Medios de Vida Sustentables, definidos como Puntos de Apalancamiento, se refieren básicamente a dos aspectos: los medios de vida por políticas públicas ambientales (recursos financieros) y los medios de vida por turismo de naturaleza (recursos financieros y recursos naturales). No obstante, la existencia de estos depende de las condiciones existentes de los otros recursos, por ejemplo, los recursos humanos y culturales están ampliamente documentado como elementos importantes (Kelly & Ilbery, 1995; Ian Scoones, 1998; Segerstedt & Abrahamsson, 2019). Asimismo, los medios de vida tienden a diversificarse en la medida en que las fuentes de ingresos no dependen exclusivamente de una sola actividad. Incluso, los medios de vida pueden diversificarse centrándose en un solo recurso o tipo de actividad. En el caso de las comunidades rurales, se ha documentado ampliamente el rol de los actividades agropecuarias como fuente de la diversificación, aunque no necesariamente sustentable, sin embargo, cada vez más la diversificación de los medios de vida se ha centrado en el sector terciario (M. Perevochtchikova et al., 2019).

Los medios de vida como punto de apalancamiento para la sustentabilidad se sustentan en la definición dada por Abson (2019) y Meadows (2010) donde señalan que los Puntos de

Apalancamiento son lugares de un sistema donde un cambio (intencional o no intencional) genera cambios fundamentales en todo el sistema. Los Puntos de Apalancamiento son cruciales, pues, como argumenta [Abson \(2019\)](#), una vez identificados cuáles son, se pueden realizar intervenciones para modificar las trayectorias socio-ecológicas del sistema. Este concepto se integra fácilmente, como lo indica Abson, en la tipología de Sistemas Socio-Ecológicos de [Ostrom \(2009\)](#), y se complementan con métodos de análisis como el de Dinámica de Sistemas (DS) que puede representar la complejidad del SSE mediante interrelaciones entre variables.

1.7.1.1 Trayectorias Socio-Ecológicas

En cuanto al término *trayectorias* hace referencia a la dinámica de un determinado territorio para analizar cambios temporales con base en un estado inicial ([Sturbois et al., 2021](#)). La definición básica de trayectoria se basa en la posición evolutiva de algo que se mueve de un espacio a otro en un intervalo de tiempo ([Spaccapietra et al., 2008](#)). Esto hace que el término sea un concepto espacio-temporal. De aquí se desprenden algunos aspectos esenciales. La propiedad de movilidad de un espacio a otro implica que el objeto parte de un estado con características particulares y está destinado a cambiar hacia otro tipo de estado (el propósito del movimiento). Para lograr el movimiento se requiere de una cantidad de tiempo finito, por lo tanto, las trayectorias están definidas inherentemente por un intervalo de tiempo. De este modo, una trayectoria es un segmento del camino espacio-temporal cubierto por un objeto en movimiento. Así, un objeto en movimiento puede recorrer diferentes trayectorias en el espacio-tiempo.

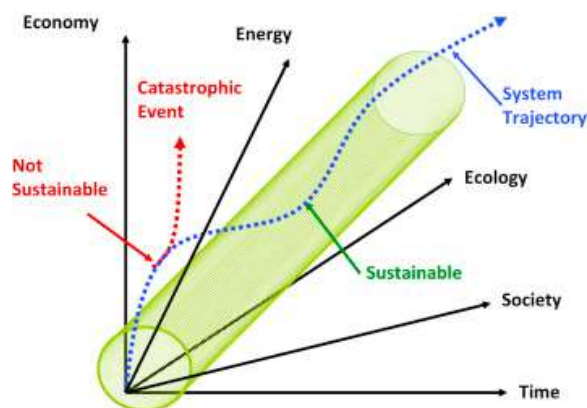
Toda trayectoria de un objeto en movimiento implica la consecución de un fin. Por ejemplo, para pasar del punto A al punto E, posiblemente sea necesario atravesar los puntos B, C y D. Esto hace que los puntos intermedios sean paradas que se entienden como puntos específicos de cambio o transición en una trayectoria ([\(Khatri et al., 2004; Spaccapietra et al., 2008\)](#))

En tal sentido, la trayectoria de un sistema socio-ecológica pueden seguir una ruta hacia el colapso o hacia la sustentabilidad que es, en esencia, el propósito del movimiento. Aquí, la trayectoria del SSE puede entenderse no necesariamente como un movimiento espacial de un

objeto de un punto a otro, sino que son trayectorias abstractas en el sentido de que los valores o atributos del objeto van cambiando en el tiempo.

La *trayectoria de los Sistemas Socio-Ecológicos* ha sido descrito a través del enfoque de ciclos adaptativos donde se identifican cuatro fases: explotación, conservación, liberación y reorganización (Vázquez-González et al., 2021). Con base en esta descripción, cada fase sería una parada o punto de transición, y esa particularidad del SSE en ese punto—caracterizado por cada una de las fases— serían trayectorias de cambio. El punto deseado o el propósito de la trayectoria del sistema socio-ecológico sería un estado en el que la sustentabilidad puede mantenerse continuamente, donde los sistemas sociales deben ser tales que refuercen o promuevan la persistencia de los sistemas ecológicos (Diwekar, 2016). La idea de la sustentabilidad es asegurarse de que la trayectoria del sistema esté siguiendo un camino sustentable durante un periodo de tiempo largo (Figura 13).

Figura 13. Trayectoria de un sistema socio-ecológico



Fuente: Diwekar, 2016

En el marco propuesto por Ostrom (2009), la trayectoria de los Sistemas Socio-Ecológicos se entiende como un conjunto específico de resultados de las dimensiones sociales y ecológicas. La interacción entre estas dimensiones y sus cambios espacio-temporales definen las trayectorias de los SSE (Bruley et al., 2021; Rana & Miller, 2019). Como se verá más adelante, en el contexto de los núcleos agrarios del área de estudio, las trayectorias estarían influenciadas por la combinación de decisiones de políticas públicas locales o federales. De este modo, las trayectorias del SSE pueden seguir patrones de expansión urbana, expansión agrícola o de conservación.

Por otro lado, en la teoría de la resiliencia, la transformación de los Sistemas Socio-Ecológicos viene dada por la capacidad adaptativa y la transformabilidad donde ambos permitirían ajustar la trayectoria del SSE ([Walker et al., 2004](#)). La transformabilidad emerge del concepto de resiliencia y es, en esencia, las capacidades socio-ecológicas que permiten cambios de un régimen a nuevos caminos e incluso a la creación de nuevos sistemas cuando las estructuras del SSE en cuestión no sean sustentables. Las transformaciones son ejemplificadas por cambios intencionales para fomentar cambios de un estado SSE indeseable a uno que se percibe como más deseable ([Fedele et al., 2020](#)). De este modo, las trayectorias pueden modificarse a partir de los cambios intencionales en los sistemas sociales o ecológicas.

2. Marco metodológico: Dinámica de Sistemas para el análisis de Sistemas Socio-Ecológicos

En este capítulo se presenta el marco metodológico de la investigación y se ha subdividido en cuatro subapartados. La línea argumental del capítulo parte del análisis exploratorio del método de Dinámica de Sistemas (DS) que es el sustento metodológico para la verificación de la hipótesis de la investigación. En este primer subapartado se describe el estado del arte de dicho método como uno de los enfoques existentes para la operacionalización del marco Sistemas-Socio-Ecológicos (SSE). En el segundo apartado se presentan los fundamentos del porqué el método DS es adecuado para el análisis de los SSE; asimismo, se discuten los aspectos o componentes del método DS, sus conceptos y características.

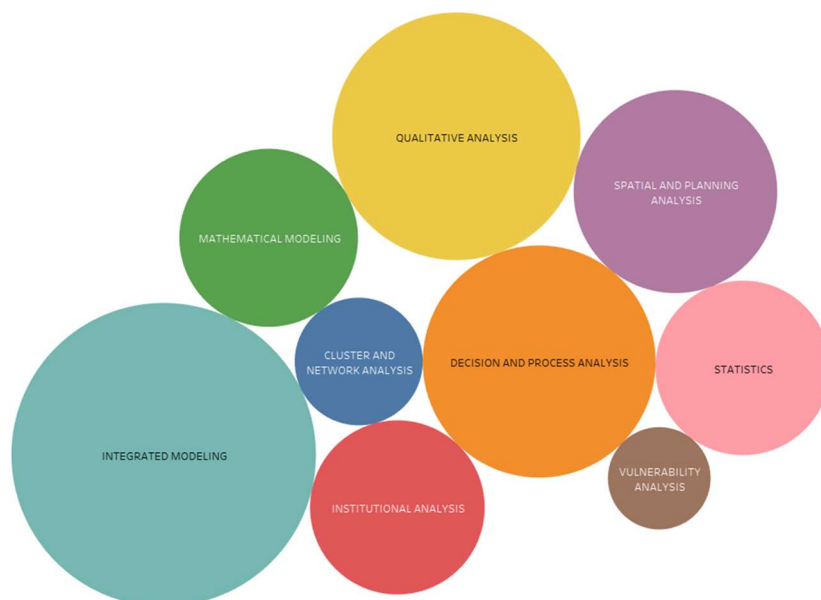
La operacionalización de los Sistemas Socio-Ecológicos se entiende aquí como el método o conjunto de métodos que se emplean para hacer explícita las relaciones lógicas de los componentes del SSE. En ese sentido, el método DS ofrece esta posibilidad, no obstante, dada la naturaleza de la presente investigación donde se optó por una operacionalización cualitativa del SSE, resultó conveniente recurrir a métodos más robustos que permitieran operacionalizar el sistema a partir de datos cualitativos. De este modo, el apartado tres del capítulo describe el método de análisis estructural que son adecuados para esquematizar gráficamente las relaciones de ciclos causales y permiten identificar Puntos de Apalancamiento.

En el último subapartado se presenta la metodología general de la investigación donde se describe paso a paso los procedimientos metodológicos de la revisión de literatura, del marco teórico, de las herramientas usadas en campo y de las técnicas de análisis usadas en cada uno de los capítulos donde correspondan.

2.1. El método de Dinámica de Sistemas en la literatura científica

En la literatura científica se ha encontrado una diversidad de métodos cualitativos y cuantitativos que los investigadores han usado para operacionalizar el marco Sistema Socio-ecológico. En la revisión sistemática que se realizó, se identificó cerca de 400 métodos. La gran mayoría de las investigaciones usan métodos mixtos, lo que revela que el estudio de los SSE son interdisciplinarios (Gomez-Santiz et al., 2021). La clasificación de dichos métodos realizadas por Gómez-Santiz et al (2021) es destacan la modelación integrada y los métodos cualitativos (Figura 14).

Figura 14. Métodos en la operacionalización de SSE. Los números de los círculos indican el total de documentos en los que aparecen los métodos.



Fuente: elaboración propia con datos de Gómez-Santiz et al (2021)

En el Cuadro 3 se muestra la frecuencia de ocurrencia de los métodos sobre operacionalización de SSE revisados y los niveles de co-ocurrencias entre cada categoría. En Gómez-Santiz et al., (2021), se presenta un esquema que sintetiza la interdisciplinariedad en los estudios a partir de un análisis de red entre los métodos que coocurren en un determinado estudio. Las relaciones más dominantes o mayor co-ocurrencia son entre los modelos integrados y los métodos cualitativos. Asimismo, destaca la fuerte relación que hay entre modelos integrados, el análisis espacial y el de análisis de clúster y redes. A pesar de esta pluralidad metodológica, pudimos constatar los escasos abordajes metodológicos de

enfoques que capturan la complejidad de los Sistemas Socio-Ecológicos (ver anexo en: <https://public.flourish.studio/visualisation/6505967/>).

Cuadro 3. Métodos categorizados y matriz de co-ocurrencias

a) Métodos clasificados en 9 categorías

SHORT NAME	METHODS CATEGORIES	FREQUENCY
INTMOD	INTEGRATED MODELING	1505
QA	QUALITATIVE ANALYSIS	1001
DPA	DECISION AND PROCESS ANALYSIS	880
SPA-PLAN	SPATIAL AND PLANNING ANALYSIS	673
MATH-M	MATHEMATICAL MODELING	518
STAT	STATISTICS	497
INS-A	INSTITUTIONAL ANALYSIS	495
CLUSNET	CLUSTER AND NETWORK ANALYSIS	266
VS-AS	VULNERABILITY ANALYSIS	171

b) Matriz de co-ocurrencia de los métodos clasificados

	CLUSNET	DPA	INSA	INTMOD	MATHM	QA	SPAPLAN	STAT	VSAS
CLUSNET	0	88	46	132	80	102	74	64	19
DPA	88	0	197	530	202	372	262	175	86
INSA	46	197	0	264	63	240	120	75	27
INTMOD	132	530	264	0	330	508	418	281	111
MATHM	80	202	63	330	0	168	167	143	47
QA	102	372	240	508	168	0	233	157	55
SPAPLAN	74	262	120	418	167	233	0	146	55
STAT	64	175	75	281	143	157	146	0	49
VSAS	19	86	27	111	47	55	55	49	0

Fuente: elaboración propia

El método de Dinámica de Sistemas, que fue la que se optó para operacionalizar el SSE de las 4 microcuencas del SC-CDMX, está dentro de la categoría de Modelos Integrados (INTMOD)⁶. En esta categoría se identificaron 66 métodos y, entre los de mayor frecuencia, sobresalen los Modelos Conceptuales (512 apariciones en los cerca de 3 mil documentos revisados) y tienen una clara co-ocurrencia con los métodos cualitativos ya que los modelos conceptuales no parametrizan los SSE y son, en esencia, construcción de modelos conceptuales a partir de enfoques cualitativos. El segundo con mayor frecuencia es el Modelo de Decisión basado en Agentes (Agent-Based Models) con 280 apariciones y este método tiene un desarrollo netamente cuantitativo. En lo que respecta al método de Dinámica de Sistemas, su frecuencia de aparición es de 100, pero su desarrollo en los estudios de caso se distinguen dos tipos de enfoques: Dinámica de Sistemas Cuantitativos y Dinámica de

Sistemas Cualitativos. Aunque metodológicamente son exactamente lo mismo, el procedimiento metodológico para capturar la complejidad del SSE son distintos. En el primer caso, se basa en datos duros recolectados en campo o de cifras cuantitativas de corte categórica, binaria, continua o discreta para analizar y modelar el comportamiento temporal de un sistema identificando dinámicas de ciclos causales de balance o refuerzo (Bueno & Basurto, 2009; Levin et al., 2013; Sterman, 2002). Por su parte, la modelación de Dinámica de Sistemas Cualitativos (QSD) se basa principalmente en fuentes de información primaria que pueden provenir de entrevistas, talleres participativos o grupos de enfoque, y de información complementaria a partir de revisión de literatura (Coyle, 2000; Luna-Reyes & Andersen, 2003; Rodriguez et al., 2021; Tegegne et al., 2018). En este estudio se ha optado por el desarrollo de un modelo conceptual basado en Dinámica de Sistemas Cualitativos (Schoenenberger et al., 2015, 2021) y se recurrió a herramientas complementarias para el diseño del modelo conceptual, en particular, se construyó matrices de adyacencia para esquematizar el modelo conceptual de Dinámica de Sistemas en un grafo dirigido (o dígrafo). Con esto se busca identificar las dinámicas de ciclos causales y Puntos de Apalancamiento del sistema.

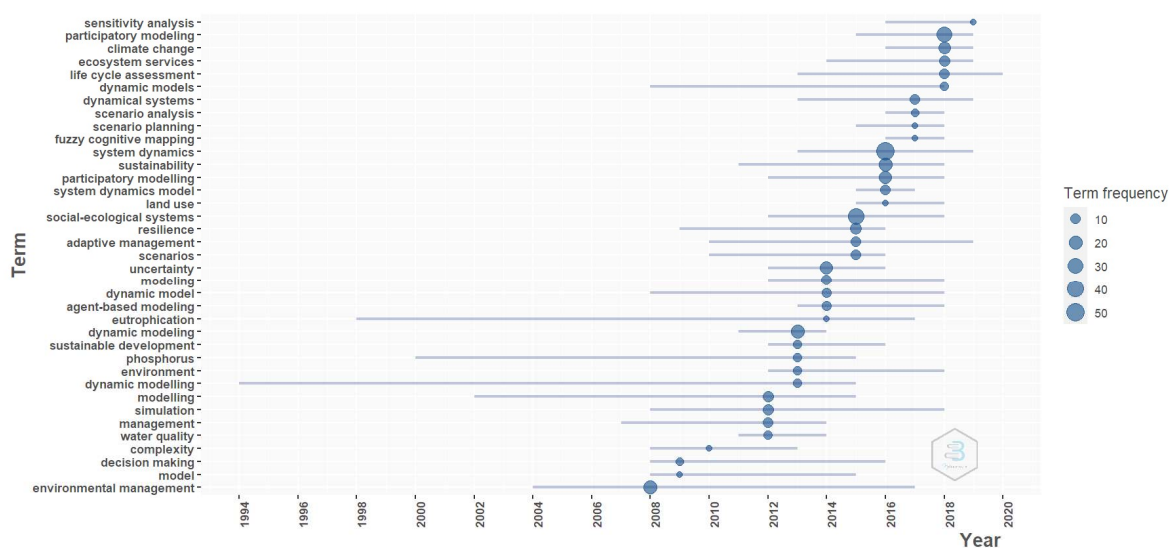
Como se indicó, hay alrededor de 66 métodos que intentan «capturar» la complejidad de los Sistemas Socio-Ecológicos. La justificación de usar QSD radica en su potencial parametrización posterior al análisis cualitativo. Pero, lo fundamental es que permite modelar y simular la complejidad de un sistema socio-ecológico de una manera simple mediante diagramas de ciclos causales. Además, existe una multitud de programas computacionales relativamente accesibles que facilitan la construcción iterativa de los modelos. Entre ellos, destacan Stella, Powersim, Vensim, y recientemente paqueterías de programación usados en R (Team R Core, 2018) usados en investigaciones como (Zamora-Maldonado et al., 2021).

2.1.1. El marco Sistema Socio-Ecológico desde el método de Dinámica de Sistemas

Recientemente se publicó un libro sobre los métodos de investigación usados en los estudios vinculados a los Sistemas Socio-Ecológicos donde se destaca el método de Dinámica de Sistema, el cual señala que es útil para responder a preguntas estructurales del SSE tales como la estructura de relaciones causales en un sistema, los drivers que determinan el estado de un sistema, o las reacciones del sistema ante cambios en las decisiones para la gestión del

sistema socio-ecológico, entre otros (Biggs et al., 2021). En una búsqueda realizada en la base de datos bibliográficos de Scopus usando la sintaxis del Anexo 1 se encontró 564 documentos que emplean este método para entender las dinámicas en un determinado SSE. Las tendencias temáticas por año de este conjunto de documentos se muestran en la **Figura 15** donde se observa una lista de conceptos o temas asociados a los SSE y Dinámica de Sistemas. Por ejemplo, destacan los estudios que incluyen conceptos tales como modelación participativa, cambio climático, sustentabilidad y servicios ecosistémicos que son los de mayor frecuencia.

Figura 15. Tendencia de temas por años 1994-2020



Fuente: Elaboración propia

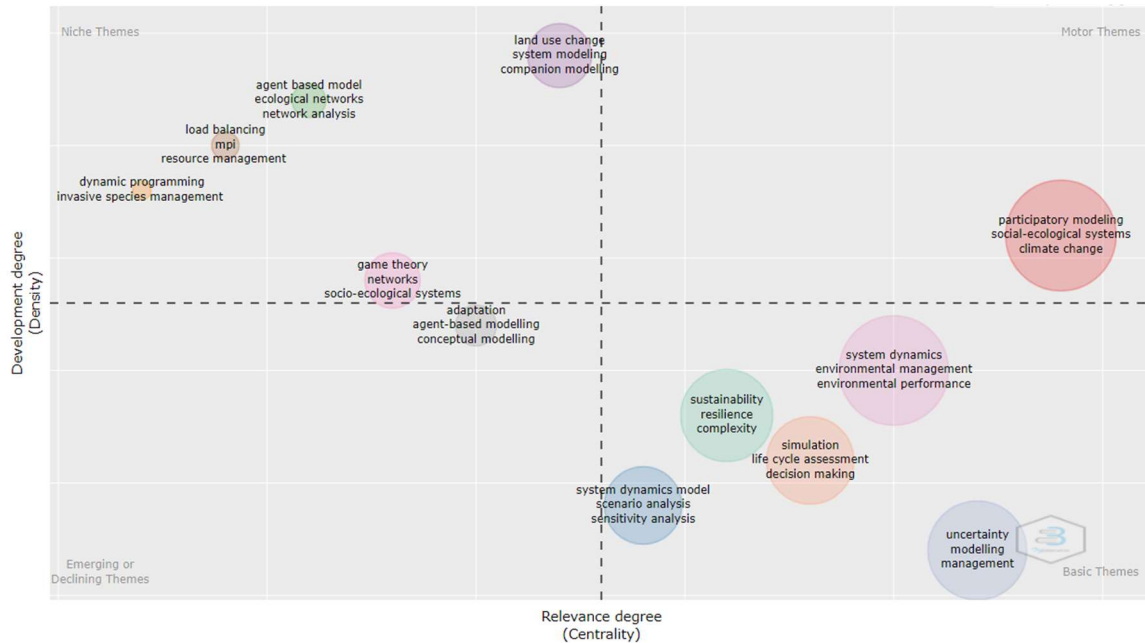
Del conjunto de documentos, destaca el artículo publicado por Costanza y Ruth (1998) donde hacen una revisión del método de Dinámica de Sistemas para analizar los problemas ambientales mediante el programa STELLA, uno de los programas referidos para modelar sistemas dinámicos. De hecho, el libro publicado por Biggs et al (2021) lo sugieren como lectura clave introductoria ya que contiene elementos teóricos que son importantes para comprender a los SSE como sistemas dinámicos.

Por otro lado, existe una variedad de documentos sobre estudios de caso usando dicho método. Por ejemplo, el artículo de *Integrated wetland management: An analysis with group model building based on system dynamics model* examina el manejo de un humedal en función de los actores sociales que intervienen en el uso de los recursos y cómo las acciones

de los actores modifican el entorno dinámico de los humedales (Chen et al., 2014). De la misma manera, el artículo de Stave (2010) procede al modelado incorporando la modelación participativa donde cada actor tiene la posibilidad de incorporar y representar las relaciones causales entre las variables del sistema dinámico. En este artículo se enfatiza la importancia del capital social como un elemento importante para el desarrollo de un modelo que refleje la realidad socioambiental, ya que este promovería una mayor participación durante el proceso de modelado.

A fin de sintetizar el contenido del conjunto de documentos se ha diseñado un mapa temático que sintetiza la relevancia de los temas tratados. En la Figura 16 se muestra un plano cartesiano; en el eje de las y se mide la densidad o el grado de desarrollo del tema en cuestión, y en el eje de las x se mide la centralidad o grado de relevancia del tema. Estos indicadores se basan en Cobo, et al (2011) y el esquema se genera automáticamente en una aplicación basada en R (Aria & Cuccurullo, 2017). Los temas mostrados en el cuadrante superior izquierdo se consideran desarrollados, pero son temas aislados de la discusión general. Por ejemplo, el análisis de redes está ligeramente presente y, en este cuadrante, el modelado de sistemas se complementa cuando los estudios de caso involucran análisis de cambio de uso de suelo. Esta última combinación es la que presenta el mayor grado de densidad y se sitúa en un grado medio de relevancia. Los temas del cuadrante inferior izquierda se consideran temas emergentes o temas que están perdiendo importancia. En este caso, podemos asumir que los tres conceptos descritos (adaptación, modelado basado en agentes, modelos conceptuales) son temas emergentes que por lo regular se complementan con el método de Dinámica de Sistemas. En lo que respecta al cuadrante inferior derecho se consideran temas básicos o temas transversales dentro de la discusión general, tales como la sustentabilidad o resiliencia. Finalmente, en el cuadrante superior derecho se describe la temática central que, en esencia, gira en torno al tema del cambio climático y su impacto en los sistemas socioecológicos. En este cuadrante se enfatiza la importancia de la modelación participativa como un aspecto esencial en la modelación de Sistemas Socio-Ecológicos.

Figura 16. Mapa temático. Situación actual del método de Dinámica de Sistemas en el estudio de Sistemas Socio-Ecológicos.



Fuente: Elaboración propia

La discusión teórica de los estudios de los SSE toma como fuente las aportaciones de [Ostrom \(1990, 2009\)](#), [Berkes y Folke \(1998\)](#), [Hardin \(1968\)](#) y [Holling \(1973\)](#), las cuales representan la base para el sustento de que los SSE son dinámicos y complejos. Por su parte, las fuentes clave que le dotan sustento al método de Dinámica de Sistemas se basan en las aportaciones de [Sterman \(2000\)](#), [Forrester \(1961\)](#) y [Costanza y R \(1998\)](#), entre los que más destacan.

2.2. Dinámica de Sistemas como metodología para la modelación del Sistema Socio-Ecológico

El método de Dinámica de Sistemas (DS) se inscribe como una herramienta metodológica dentro del campo del pensamiento sistémico. Su objetivo es comprender las causas estructurales que provocan el comportamiento del sistema ([Martin, 2003](#)). Es una herramienta de modelado cuantitativo ([Sterman, 2002](#); [Sterman et al., 2015](#)) con posibilidades de modelado cualitativo ([Lunze, 1998](#); [Tegegne et al., 2018](#)) para analizar el impacto de las retroalimentaciones entre flujos y stocks en sistemas complejo y dinámicos. La DS captura las características esenciales de un sistema que se autorregulan en el tiempo ([Elsawah et al., 2017](#)). Esto implica que la retroalimentación entre los componentes de un

sistema va ajustado el estado del sistema. La autorregulación del sistema es endémica en los sistemas ecológicos y sociales, así como en sistemas que acumulan cantidades o existencias de algo que son fundamentales para el funcionamiento del sistema (R. D. Collins et al., 2013). El bosque del Suelo de Conservación de la Ciudad de México es un buen ejemplo. Una política de veda o conservación forestal, tala ilegal puede cambiar el estado del bosque. Consecuentemente, el cambio en el estado ocasiona variaciones en los niveles de infiltración hídrica y captura de carbono, etc.

En ese sentido, la operacionalización del marco SSE de Ostrom a partir del método de Dinámica de Sistemas es viable debido a que se puede esquematizar en un diagrama de ciclos causales las relaciones entre las variables socio-ecológicas de dicho marco. Para esto, se ha seleccionado del Marco SSE variables de segundo nivel que se describen en el **Cuadro 4**. Posteriormente, mediante las 12 entrevistas realizadas en el área de estudio y la revisión bibliográfica de estudios de caso en el área, se procedió a elaborar de manera iterativa el modelo conceptual del sistema socio-ecológico que describe la estructura de las 4 microcuencas como un SSE. En síntesis, los componentes de la estructura del SSE se definió a partir de las tipologías de variables propuestas por Ostrom (2009) de las cuales se seleccionaron las descritas en el **Cuadro 4** y del cual se desprendieron variables de tercer nivel descritas en el **Cuadro 5** mismas que fueron incluidas en el modelo conceptual. Finalmente, las variables del cuadro 4 son analizadas y discutidas en los capítulos 3 y 4; mientras que las variables del cuadro 5 —desprendidas del análisis hecho en los capítulos 3 y 4— son analizadas y discutidas en el capítulo 5.

Cuadro 4. Variables utilizadas del marco SSE.

Componentes y variables del Sistema Socio-Ecológico	Definición	Descripción de variables del marco SES incluidos en el diagrama causal
Sistemas de recursos (RS)		
RS1 - Bosque	Sistema de recurso en el área, principalmente bosques de oyamel, pino y encino.	Principal variable de estado. Sus ciclos causales involucran otras variables de estado como superficie agrícola y superficie de asentamientos humanos.
RS2 - Claridad de los límites del sistema	Están delimitados por el área de las 4 microcuencas al suroeste de la Ciudad de México.	
RS3 - Tamaño del sistema de recursos	Pequeña escala. Es la superficie total de bosques en el área de las 4 microcuencas.	Es la superficie de RS1 y otras variables de estado involucradas en ciclo causal.
RS5.1. Servicios ecosistémicos	Son los servicios ecosistémicos forestales: SE hídricos, SE carbono en biomasa y. SE culturales	Se consideran variables de estado que derivan de RS1.
RS5.2. Bienes ambientales.	Recursos extraídos tales como madera, leña.	La cantidad de recursos extraídos de los bosques.
Unidades de recursos (RU)		
RU1 - Movilidad de unidades de recursos	El sistema de recurso forestal es fijo. Por lo que se ha establecido derechos de propiedad.	
RU4 - Valor económico	Son los valores de subsistencia (directos o indirectos) otorgados al RS. Por ejemplo, el turismo de naturaleza o tala ilegal. En general, son todos los medios de vida	Valor unitario (en unidades de medida para cada caso) de las unidades de recurso. Por ejemplo, el precio por metro cúbico de madera ilegal extraída.
Sistemas de gobernanza (GS)		
GS3 - Estructura de red	Configuración de red (social) a nivel local y sus interacciones (estructura vertical, horizontal). En esencia, la gobernanza.	Determina la formación de Medios de Vida Sustentables
GS4 - Sistemas de derechos de propiedad.	Sistema de propiedad colectiva. Los recursos son comunes.	
GS8 - Reglas de seguimiento y sanción.	Las reglas formales e informales que en la práctica dan forma al comportamiento humano y gobiernan las interacciones sociales.	
Actores (A)		
A1 - Número de actores relevantes	Número de actores (o grupos de actores) que afectan los procesos de toma de decisiones relacionados con el uso del bosque	
A2 - Atributos socioeconómicos	Características socioeconómicas de los actores. Ingresos	Tiene que ver con la formación de medios de vida por diversificación de actividades productivas.
A3 - Historia o experiencias pasadas	Interacciones pasadas que afectan el comportamiento de los actores actuales y la dinámica forestal	
A4 - Ubicación	Lugar físico donde se encuentran los actores en relación al recurso en sí (casos urbanos)	
A5 - Liderazgo / emprendimiento	Actores con habilidades para organizar la acción colectiva.	
A6 - Normas (confianza-reciprocidad) / capital social	Grado en el que una o varias personas pueden recurrir o depender de otras para obtener apoyo o asistencia en momentos de necesidad.	Vinculada a GS3
A7 - Conocimiento de SSE / modelos mentales.	Grado en que los actores comprenden y dan sentido a las características y / o dinámicas del SSE. Por ejemplo, mediante actividades de conservación.	
A8 - Importancia del recurso (dependencia)	El recurso constituye una fuente de ingresos monetarios y desempeña un papel importante en la capacidad de los comuneros/ejidatarios para mantener sus medios de vida. El recurso constituye una fuente de valores, prácticas y servicios culturales, y desempeña un papel fundamental en la capacidad de los comuneros/ejidatarios para mantener sus medios de vida.	

Fuente: elaboración propia con base en Ostrom (2009)

Cuadro 5. Lista de variables incluidas con base en las tipologías del Marco SSE-Ostrom

Nombre de la variable	Tipo	Nombre corto	Nombre de la variable	Tipo	Nombre corto
Actividades de conservación	Auxiliar	AC	Políticas públicas ambientales	Flujo	PPA
Superficie Agrícola	Estado	AGR	Rendimiento agrícola	Auxiliar	RA
Superficie de Asentamientos humanos	Stock	AH	Reforestación y regeneración forestal	Flujo	RRN
Superficie forestal	Stock	B	Recuperación de suelo forestal	Stock	RSF
Disponibilidad de agua	Stock	D	Servicios ecosistémicos hídricos (provisión y regulación)	Stock	SE-1
Disponibilidad del consumo per cápita de agua	Auxiliar	DCP	Servicios ecosistémicos carbono en biomasa	Stock	SE-2
Deforestación	Flujo	DE	Servicios ecosistémicos culturales	Stock	SE-3
Demanda de madera	Flujo	DM	Suelo no Agroforestal	Stock	SNF
Gobernanza local	Auxiliar	GL	Tala ilegal	Auxiliar	TI
Medios de vida sustentable	Auxiliar	MVS	Aprovechamiento forestal comunitario	Auxiliar	AFC
Oferta de madera	Flujo	OM	Regulación forestal	Auxiliar	RF
Tamaño de la población en CDMX	Stock	P	Políticas agrícolas	Flujo	PA

Fuente: Elaboración propia

2.2.1. Conceptos básicos en Dinámica de Sistemas

Estados (stocks), flujos (flows) y retroalimentación (feedback loop) son los tres conceptos clave en la teoría de los Sistemas Dinámicos. Como ya se ha indicado, la variable de estado son acumulaciones. Ésta determina el contexto del sistema y generan información en la que se basan las decisiones y las acciones en un periodo de tiempo específico. Las variables de estado crean retrasos al acumular diferencias entre la entrada a un proceso y su salida (Sterman, 2002). Es decir, toda entrada que alimenta a un estado no implica su salida inmediata, derivado en parte, por la existencia de otros flujos que generan un fenómeno de retardo. Las variaciones en las tasas de flujo modifican las condiciones del estado. Las variables de estado son entonces la fuente de la dinámica de desequilibrio en los sistemas. Si éstas se alteran modifican la estructura y comportamiento del sistema (D. H. Meadows, 2008).

Si los estados son acumulaciones, entonces los flujos son las transferencias que nutren o vacían un estado. Ejemplos de acumulaciones son: la población y aguas depositadas en acuíferos, bosque en un determinado territorio (Bala et al., 2017). Asimismo, el inventario y el número de personas empleadas en una empresa es su estado, (Smith & Thelen, 1993; Sterman, 2002). Todo aquello que modifique las condiciones del estado son los flujos. En los ejemplos dados, los nacimientos y las muertes son flujos que modifican el estado de la población. La extracción anual de agua para consumo doméstico es un flujo que altera las condiciones de los acuíferos. Las actividades de reforestación son medidas que modifican el estado de un bosque. La producción de mercancías modifica el estado del inventario en almacén y la contratación de personal modifica el estado de la fuerza laboral de la empresa. Los estados pueden ser variables intangibles, incluidos los estados psicológicos, las percepciones y las expectativas, como la moral de los empleados, la tasa de inflación esperada o el inventario percibido, o, en su caso, los niveles de gobernanza de un determinado territorio (Forrester, 1994; Sterman, 2002).

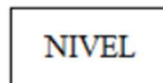
En síntesis, las existencias o acumulaciones caracterizan la condición del sistema y proporcionan la base para las acciones (Sterman et al., 2015). Asimismo, las variables de estado en un sistema informan a los tomadores de decisiones sobre la condición actual del sistema y les proporciona la información necesaria para actuar en torno a la búsqueda de

ciertos objetivos. Las variables de estado proporcionan sistemas con inercia y memoria, es decir, las condiciones del sistema son reflejo de interacciones en el pasado dado que acumulan eventos pasados, por ejemplo, la cantidad de minerales en el subsuelo es consecuencia de eventos pasados. La acumulación de gases de efecto invernadero también es reflejo de interacciones pasadas. Respecto al contenido de los estados, éstos sólo cambian a través de una entrada o salida. Un incremento en la tasa de emisión por actividades industriales con alto contenido de carbono alimentaría positivamente el estado actual de CO₂ (Close et al., 2002; Feng et al., 2013; Smith & Thelen, 1993). Por su parte, la introducción de energías limpias para la producción industrial traería como consecuencia reducciones en el stock de CO₂. Sin cambios en los flujos de entrada y salida, la acumulación pasada en el estado persiste. Los estados disocian las tasas de flujo y crean dinámicas de desequilibrio. Estos absorben las diferencias entre las entradas y salidas. Por ejemplo, el flujo de agua es almacenado en la ciudad, se toman acciones en torno a su distribución que posteriormente serán consumidas por el sector doméstico o industrial. La cantidad de agua que ingresa no se refleja inmediatamente en salidas. Un estado está en equilibrio cuando la entrada total es igual a su salida total, por lo que el nivel del estado es inmutable. Sin embargo, las entradas y salidas suelen diferir porque a menudo se rigen por diferentes procesos de decisión (Guzmán, 2013; Sterman, 2002).

A manera de síntesis, los principales componentes del método de Dinámica de Sistemas son: los flujos, variables de estado o nivel, variables auxiliares, relaciones causales y bucle de retroalimentación o dinámica de ciclo causal (DCC). En los cinco subsiguientes subapartados se esquematizan estos componentes usando el software Vensim. (basados en Sterman, 2002, García, 2003) y (Vensim, n.d.).

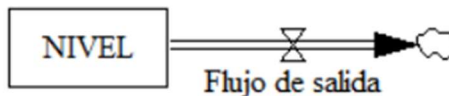
2.2.1.1. Variable de nivel

Las variables de nivel son elementos que revelan el estado del modelo y son acumulaciones que varían en función de los flujos. Estos pueden ser de entrada o salida. Los niveles se representan por un rectángulo. En general, es una variable que se mide en un tiempo particular; algunos ejemplos pueden ser la población de un determinado país, su riqueza acumulada, la cantidad de agua en un acuífero, etc. (Guzmán, 2013; Sterman, 2002; Vensim, n.d.).



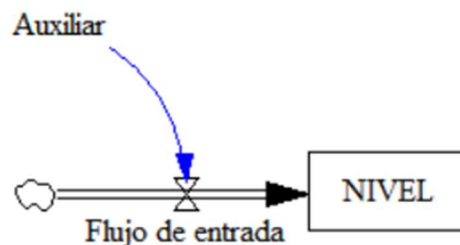
2.2.1.2. Variable de flujo

La variable flujo son elementos que pueden definirse como funciones temporales ya que recogen las acciones resultantes de las decisiones tomadas en un determinado sistema, estableciendo así las variaciones de en la variable nivel o de estado. Los flujos pueden ser de entrada y salida. Los de entrada aumentan la variable de nivel, mientras que los flujos de salida reducen la variable de nivel. Además, es una variable que se mide por unidad o periodo de tiempo; algunos ejemplos son el ingreso, la inversión, el producto interno bruto, la inflación, entre otros. Las nubes dentro del modelo son niveles de contenido inagotable que pueden ser sumideros (Sterman, 2002; Wong C., 2017).



2.2.1.3. Variables auxiliares

«Las variables auxiliares y las constantes son parámetros que permiten una visualización mejor de los aspectos que condicionan el comportamiento de los flujos» (Wong C., 2017).



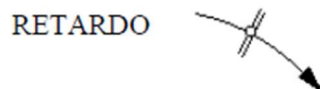
2.2.1.4. Relaciones causales

Las relaciones entre variables en un modelo de Dinámica de Sistemas se esquematizan por medio de flechas indicando qué variables intervienen en otras. Mediante las relaciones se pueden ir estableciendo la estructura del sistema a partir de sus dinámicas de ciclos ya que explicarían cómo las variables se afectan una y otra. Además, estas relaciones o flechas se caracterizan por dos elementos que ayudan a describir el tipo de relación entre las variables, a saber, la polaridad y temporalidad. La polaridad define si la relación es positiva o negativa. Es decir, si el aumento en x conduce a un aumento en y ; mientras que la temporalidad es el periodo de tiempo en que x afecta a y (Stermán, 2002; Wong C., 2017).

Por otro lado, el tamaño o cantidad de material entre flujos y niveles se transmiten a través de los canales materiales que son flujos de entrada y salida. «Por otra parte, existen los llamados canales de información, que transmiten, como su nombre indica, informaciones que por su naturaleza no se conservan» y estas pueden tener un signo positivo y negativo que indica la polaridad de la información transmitida (Wong C., 2017).



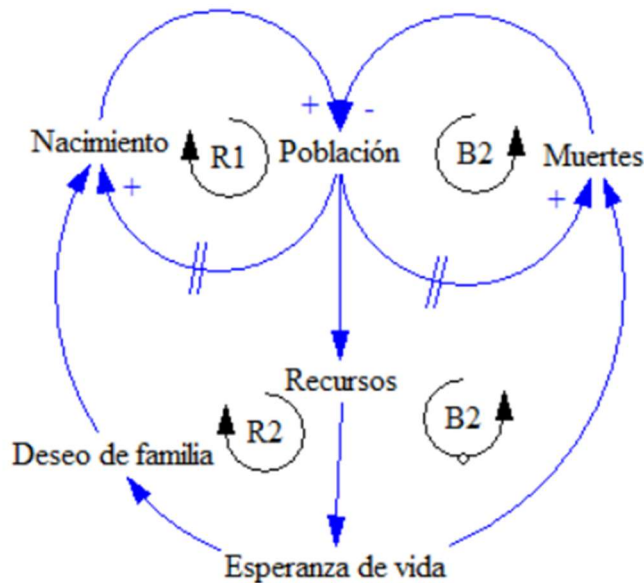
De acuerdo con la guía de usuario del software Vensim (Vensim, s.f.), para los retardos de material, es decir, elementos físicos, «existen las funciones DELAY1 y SMOOTH. Para los de información, elementos abstractos, se utilizan DELAY3 y SMOOTH3. Los de primer orden frente a una entrada escalón, responderán con una curva exponencialmente asintótica, mientras que un retardo de tercer orden conduce a una curva sigmoideal». De acuerdo con la guía, los retardos de información actúan como filtros alisadores de la variable de entrada. El signo positivo hace aumentar, mientras que el signo negativo hace reducir.



2.2.1.5. Dinámicas de ciclos causales

En las dinámicas de ciclos causales existen dos tipos de bucles: bucles de retroalimentación negativa y bucles de retroalimentación positiva. También denominados bucles de balance o

bucles de refuerzo. Un bucle de balance decrece o se mantiene constante. Un bucle de refuerzo es un bucle que crece continuamente. En el diagrama de abajo se observan dinámicas de ciclos causales de refuerzo (R) y de balance (B). Un ejemplo de ciclos de refuerzo es R1 donde si aumenta la *población*, los *nacimientos* aumentarán y, por lo tanto, la población se incrementará continuamente. Un bucle de balance es B2 donde si aumenta población, aumentará las muertes, y si estas aumentan la población se reduce.



2.3. Análisis de actores

En el capítulo 4 se presenta un análisis de actores mediante redes. Su representación gráfica fue realizada mediante el software Mactor cuyo objetivo es valorar las relaciones entre los actores y ponderar las convergencias o divergencias existentes entre ellos respecto a los objetivos que persiguen.

Para determinar las relaciones entre actores se parte de una matriz simétrica del tipo:

$$\begin{bmatrix} a_{11} & \cdots & a_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{m1} & \cdots & a_{mn} \end{bmatrix}$$

Esto implica que los números de elementos encima y debajo de la diagonal principal siempre serán las mismas. Aquí, esta matriz se le denomina Matriz de Influencias Directas (MID) donde se valoran cinco categorías (basada en las entrevistas realizadas en el área de estudio) teniendo en cuenta el grado de dependencia o independencia que tiene un actor respecto a otro.

0 = Sin influencia. Cuando el actor A_i no tiene ningún peso sobre un actor A_j . El actor A_j es independiente respecto al actor A_i .

1 = Procesos. Cuando el actor A_i puede influir en los procesos operativos del actor A_j .

2 = Proyectos = Cuando el actor A_i puede cuestionar los proyectos del actor A_j .

3 = Misión = Cuando el actor A_i puede cuestionar las misiones del actor A_j .

4 = Existencia = Cuando el actor A_i puede cuestionar la existencia del actor A_j . Esto implicaría que el actor A_i tiene una alta dependencia respecto al actor A_j .

Asimismo, para determinar las relaciones entre objetivos y actores se parte de una matriz simétrica o asimétrica ya que el total de elementos en n (columnas) puede ser mayor o menor que el total de elementos en m (filas). Esta matriz se le denomina Matriz de Posiciones Valoradas Actores/Objetivos (2MAO) y describe la importancia que cada actor asigna a un conjunto de objetivos (objetivos mapeados a partir de las entrevistas). Para determinar los valores que cada actor asigna a un objetivo, de acuerdo con la metodología Mactor, se distinguen cinco niveles (para 1, 2, 3 y 4 pueden tomar valores negativos):

0 = el objetivo es poco consecuente

-1 = el objetivo pone en peligro los procesos operativos (gestión, etc) del actor. / 1 = es indispensable para sus procesos operativos.

-2 = el objetivo pone en peligro el éxito de los proyectos del actor. / 2 = es indispensable para sus proyectos.

-3 = el objetivo pone en peligro el cumplimiento de las misiones del actor / 3 = es indispensable para su misión.

-4 = El objetivo pone en peligro la propia existencia del actor / 4 = es indispensable para su existencia.

Con base en estas dos matrices, una vez que se introducen en el programa Mactor, se calculan los grados de convergencia entre los actores y las distancias netas entre objetivos. Como ya se indicó la convergencia es cuando los actores persiguen en algún grado los mismos objetivos. Mientras que la distancia neta entre objetivos se refiere a la posición que un actor

tiene sobre un objetivo. Su posición puede ser: estar de acuerdo, ser neutral, o no estar de acuerdo.

Gráficamente, tanto la convergencia entre actores como la distancia neta entre objetivos son representadas por nodos y líneas. Los nodos son los actores o el nombre asignado para cada tipo de objetivo. Las líneas se distinguen por su grosor. De modo que, cuando dos nodos están unidos por una línea gruesa significa convergencias más importantes o distancias netas más importantes.

Tanto los niveles de convergencia como las distancias se clasifican, de acuerdo con los valores para tipo de relación, en cinco categorías ([Figura 17](#)).

[Figura 17](#). Categorías para definir las relaciones en las convergencias por objetivos entre actores.

<ul style="list-style-type: none"> Convergencias más débiles — Convergencias débiles — Convergencias medias — Convergencias relativamente importantes — Convergencias más importantes 	<ul style="list-style-type: none"> Distancias netas más débiles — Distancias netas débiles — Distancias netas medias — Distancias netas relativamente importantes — Distancias netas más importantes
--	---

Fuente: elaboración propia

2.4. El método de Análisis Estructural: un enfoque para identificar Puntos de Apalancamiento en un modelo de Dinámica de Sistemas cualitativo

De acuerdo con [Schoenenberger, et al \(2015, 2021\)](#), el Método de Análisis Estructural (SAM por sus siglas en inglés) es un método que permite modelar estructuras de sistemas dinámicos mediante redes ponderadas dirigidas con el propósito de identificar parámetros influyentes o palancas. Este método es complementario a las nociones de los Puntos de Apalancamiento y de las Intervenciones de Sostenibilidad propuestas por [Meadows \(2010\)](#) y [Abson, et al \(2017\)](#), respectivamente, ya que permite operativizar la idea de la identificación de los Puntos de Apalancamiento débil o fuertes para generar cambios sustanciales en el sistema más allá de soluciones a corto plazo.

El Método de Análisis Estructural dispone complementariamente de tres herramientas que respaldan metodológicamente la identificación de los Puntos de Apalancamiento.

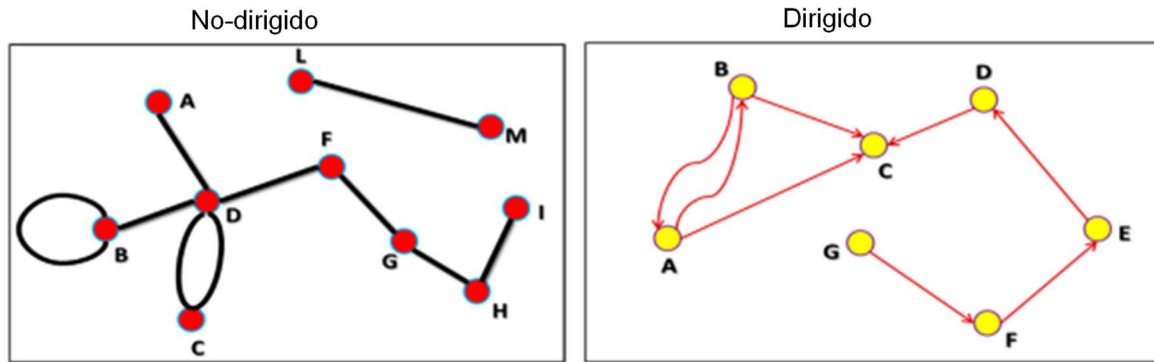
1. El primero tiene que ver con el diseño de un modelo de Dinámica de Sistemas (DS) para detectar parámetros o palancas y, posteriormente, su transformación en matrices de adyacencia para identificar la capacidad de control de la red en términos de centralidad de intermediación.
2. Detección de consecuencias intencionales y no intencionales por la activación de parámetros o palancas en modelos de DS utilizando el método de análisis de ruta (Path Analysis Method).
3. Detección de potenciales cambios estructurales en modelos de DS mediante el Método de Detección algorítmica de Estructuras Arquetípicas (ADAS por sus siglas en inglés).

En esta investigación se ha optado por desarrollar el primer paso ya que la prueba de hipótesis consiste en demostrar cómo los MVS se puede posicionar como Puntos de Apalancamiento fuertes para la sustentabilidad en el SSE.

En ese primer paso se desarrolla un modelo conceptual de Dinámica de Sistemas para identificar parámetros candidatos utilizando matrices de adyacencia. A partir de las matrices de adyacencia se construye una red de grafos dirigidos. Un grafo dirigido es aquel en el que las líneas o aristas tienen un sólo sentido o dirección (Majeed & Rauf, 2020). Por lo tanto, estos se entienden como relaciones causales (Figura 18).

La red grafos dirigidos se construye mediante el software Gephi y se determina el nodo de intermediación mediante el módulo *Betweenness Centrality* que es un indicador de la centralidad de un nodo en una red. La identificación de centralidad de un nodo o parámetro es importante, pues, en la teoría de grafos y ciencia de redes se ha demostrado que los nodos con alta centralidad pueden ejercer cambios sustanciales en el comportamiento del sistema. A pesar de que aquí se ha optado por el indicador *Betweenness Centrality* por el de *Control Centrality*, se considera válida en la medida en que el punto de interés está en identificar el nodo con mayor grado de relaciones, o el nodo que tiene mayor número de apariciones en número determinado bucles causales. Lo anterior no se aleja de la definición de *Control Centarlity* (Centralidad de Control) que consiste en la capacidad de guiar el comportamiento del sistema hacia un estado deseado a través de la manipulación o intervención adecuada de unos pocos parámetros o Puntos de Apalancamiento (Liu et al., 2011, 2012).

Figura 18. Grafo no-dirigido y grafo dirigido



Fuente: Majeed & Rauf (2020)

2.4.1. Definición conceptual y matemática del Método de Análisis Estructural

El Método de Análisis Estructural (SAM por su sigla en inglés), se basa en el supuesto de que la estructura de un modelo de Dinámica de Sistemas (DM) se puede caracterizar con precisión como un grafo ponderado dirigido que consta de un conjunto de vértices (nodos) V y un conjunto de aristas (enlaces) E . Cada borde $e_{i,j}$ uniendo dos vértices $v_i, v_j \in V$, es decir, $v_i \rightarrow v_j = e_{i,j}$ denota una relación causal directa. V y E puede ser capturado en una matriz de adyacencia A , una matriz cuadrada $|V| \times |V|$ con $A = (e_{i,j})$. Cada vértice en la fila y en la columna de A . Los valores en fila representan el conjunto sucesor del vértice v_i , mientras que los valores en la columna A_i representan el predecesor establecido para v_i . En síntesis, A captura información con respecto al número de variables y sus interrelaciones de un modelo de Dinámica de Sistemas (DS). La matriz de adyacencia luego traduce estas flechas (causas) en dígitos binarios: leyendo por filas: 1 denota una flecha de salida, 0 sin flecha de salida. Las celdas de la matriz representan aristas que especifican las causalidades (Schoenenberger et al., 2015, 2021).

De acuerdo con Schoenenberger (2021), la información capturada en la matriz de adyacencia A esquematizada en la **Figura 69.a del apartado 5.2** es suficiente para la detección algorítmica de Puntos de Apalancamiento en modelos de Dinámica de Sistemas. Sin embargo, para detectar algorítmicamente las consecuencias intencionales y no intencionales de los Puntos de Apalancamiento, es necesario información adicional más allá de la conectividad de las variables proporcionadas en la matriz A . Específicamente, se requiere información sobre la

polaridad de las relaciones, así como la existencia y magnitud de los retrasos. Para tener en cuenta la polaridad de las relaciones, los siguientes pesos de las aristas se utilizan:

$$P_{i,j} = \begin{cases} -1 & \text{si } v_i \xrightarrow{-} v_j \\ 1 & \text{si } v_i \xrightarrow{+} v_j \end{cases}$$

$\xrightarrow{-} v_j$ implica que, manteniendo lo demás constante, un incremento en la variable de causa v_i provoca una disminución en la variable de efecto v_j , es decir, es un cambio en la dirección opuesta y corresponde a una polaridad negativa. A diferencia de $\xrightarrow{+} v_j$, un incremento en la variable de causa v_i induce un aumento en la variable de efecto v_j lo que corresponde un cambio en la misma dirección y es una relación con polaridad positiva.

Retomando las relaciones de retroalimentación entre variables que componen una dinámica de ciclo causal, el factor tiempo resulta imprescindible en el análisis de la dinámica del sistema y en la identificación de Puntos de Apalancamiento poco profundos y profundos (Abson et al., 2017; Aldana-Domínguez et al., 2018; Riggs et al., 2018). Las relaciones en los modelos de DS, como ya se ha indicado, también se caracterizan por la presencia de los retrasos. Para incluir esta información temporal en una matriz de adyacencia se utiliza:

$$T_{i,j} \begin{cases} 1 & \text{si un cambio en } v_i \text{ inmediatamente afecta } v_j \\ 2 & \text{si } v_i \text{ es una variable de estado} \\ 4 & \text{si un cambio en } v_i \text{ afecta a } v_j \text{ solo después de un tiempo significativo} \end{cases}$$

donde $T_{i,j}$ indica el tiempo de retraso entre un cambio en la variable causal v_i y su impacto en la variable efecto v_j .

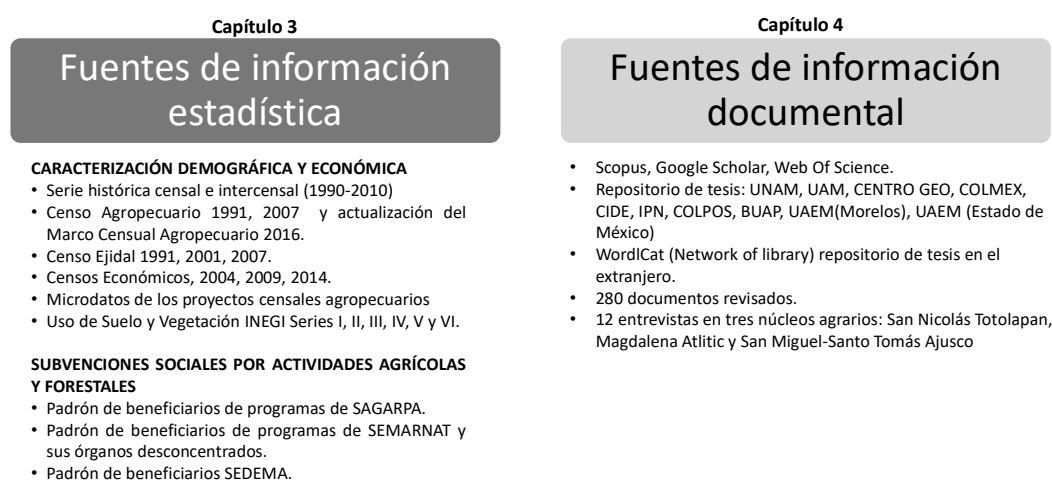
2.5. Metodología general de la investigación

La investigación partió de un riguroso análisis del estado del arte de los estudios basados en el marco Sistema Socio-Ecológicos. Para dicho análisis, se empleó el manual Cochrane para Revisiones Sistemáticas (Higgins et al., 2020) que es un marco de análisis para realizar revisiones sistemáticas respecto a un tema. En este caso, se formuló una pregunta de investigación cuyo propósito fue indagar en torno a las redes científicas de colaboración en torno al marco SSE buscando responder a preguntas tales como: ¿Quiénes investigan? ¿qué investigan? ¿qué han dicho? ¿Qué métodos usan? ¿a qué resultados han llegado? Entre otras.

Lo anterior condujo a la redacción del capítulo uno y a la publicación de un artículo ⁷. Asimismo, la revisión de literatura proporcionó los elementos para seleccionar el método adecuado que permitiera responder a las preguntas de investigación planteadas.

Por su parte, en el capítulo 3 se discuten las diversas actividades productivas que se han desarrollado en el área de estudio mediante estadísticas descriptivas y análisis de cambios de uso de suelo. El análisis estadístico descriptivo es una aproximación a las actividades productivas que desarrollan los pobladores de los 6 núcleos agrarios insertos en el área de las microcuencas ya que los datos estadísticos oficiales analizados en este capítulo no corresponden exactamente con los límites geográficos de las cuatro microcuencas, en particular, los datos vinculados con las actividades agrícolas, pero sí representan una buena aproximación. Para esto, se consultó los microdatos del INEGI de los Censos 2000 y 2010, y algunos datos actualizados del Censo 2020, más otras bases de datos como el Censo Ejidal descritas en la **Figura 19**.

Figura 19. Fuentes de información de los capítulos 3 y 4

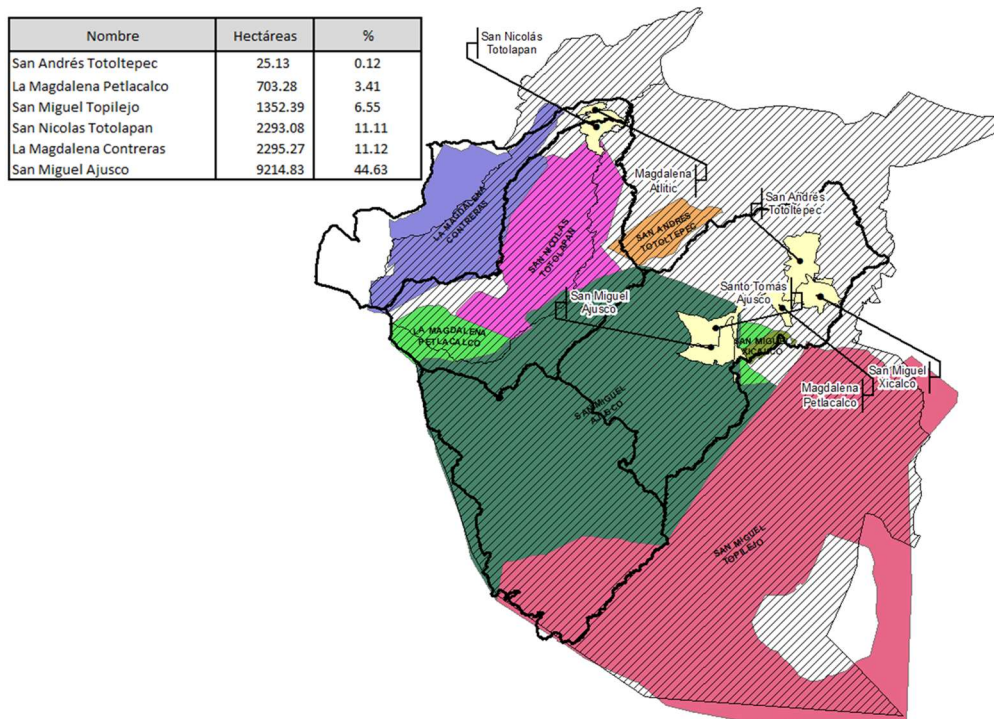


En cuanto a la revisión bibliográfica del área de estudio (**Figura 20**) se recurrió a los repositorios institucionales de las universidades y centros de investigación. Asimismo, se consultó la base de datos de Woldcat.com para localizar tesis de universidades a nivel internacional que hayan realizado investigaciones en el área del Suelo de Conservación de la

⁷ Véase en <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.147473>

Ciudad de México complementando dicha búsqueda con la base de datos ProQuest Dissertations & Theses. De la misma forma, se consultó Google Scholar, Scopus y otras bases de datos para la búsqueda bibliográfica. En total, se localizaron 280 documentos. En cuanto a las entrevistas, es importante mencionar que éstas se aplicaron en tres núcleos agrarios (12 entrevistas) por ser los más representativos en términos de superficie y por la disponibilidad de los ejidatarios y comuneros para la aplicación de las entrevistas. El análisis y resultado de las entrevistas, más el análisis de contenido de la revisión bibliográfica, fueron parte del capítulo 4. Los datos de las entrevistas fueron transcritos de manera parcial ya que los datos fueron analizados en el software Atlas.Ti donde admite diversos formatos (audios, videos, mapas) para su codificación. De modo que los audios fueron codificados directamente en el software mediante la selección de segmentos.

Figura 20. Núcleos agrarios en las 4 microcuencas. La superficie de las microcuencas (20,645 has) está enclavada mayoritariamente en la demarcación de las alcaldías de La Magdalena Contreras y Tlalpan (37,592 has).

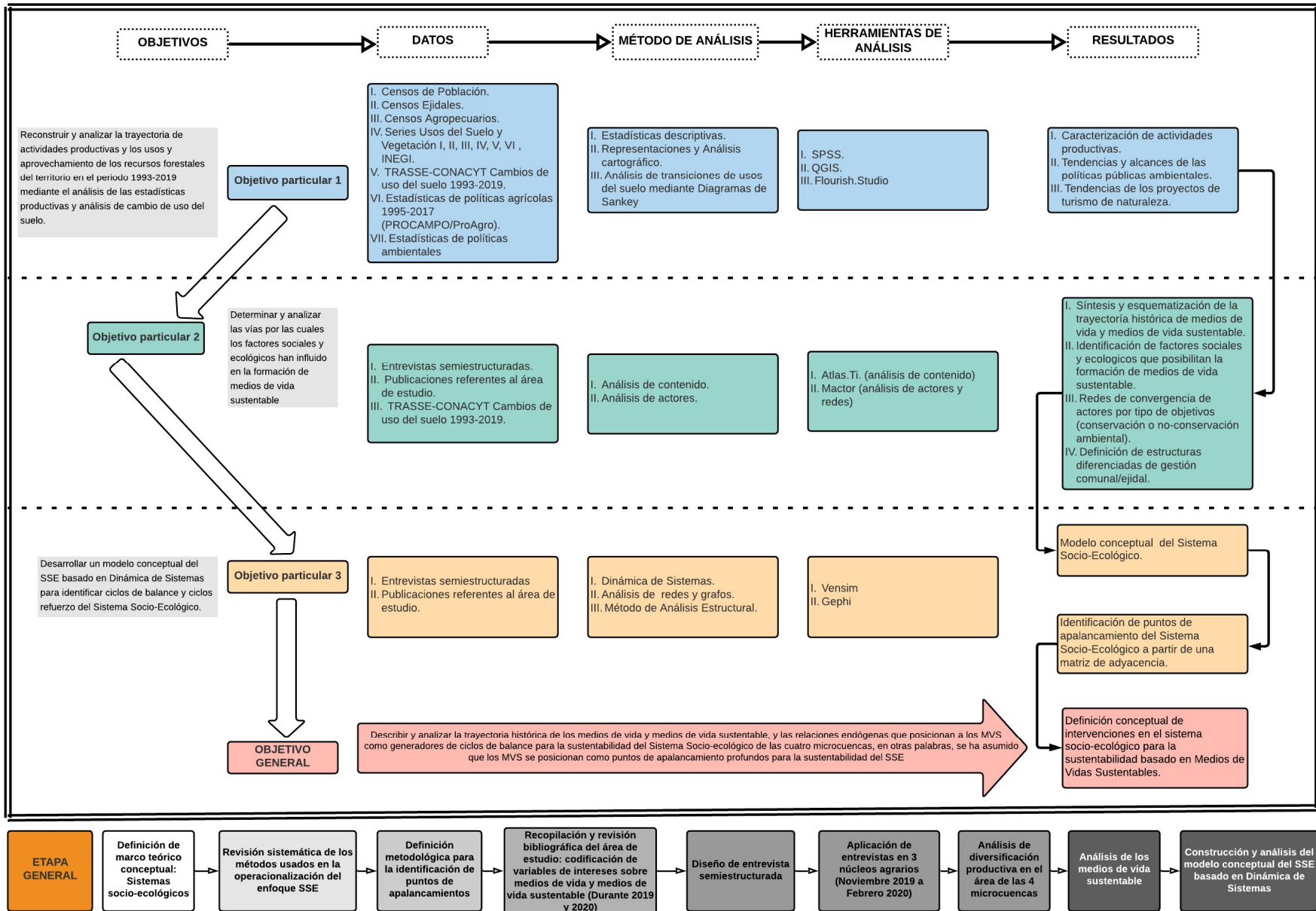


Fuente: elaboración propia

Las palabras claves de búsqueda en la revisión bibliográfica del área estudio y de las entrevistas realizadas lo constituyeron todos los términos alternativos a medios de vida y Medios de Vida Sustentable, a saber: nivel de vida., modo de vida., medio de sustento., condiciones de vida., sustento., forma de vida., estilo de vida., subsistencia. Además, se realizaron búsquedas de los términos del cuadro 5 (y sus términos alternativos). De este modo, el método de análisis para estas revisiones fue de tipo documental o análisis de contenido.

En síntesis, las etapas generales de la investigación se esquematizan en la **Figura 21** donde se indican los métodos y las herramientas usadas.

Figura 21. Etapas y resultados por objetivos generales de la investigación



Fuente: elaboración propia

3. Sistema Socio-Ecológico periurbano: diversificación productiva en 4 microcuencas del suroeste de la Ciudad de México

Por la importancia de los servicios ecosistémicos hídricos, dado que hasta un 70% del agua potable que se consume en la Ciudad de México proviene de captaciones subterráneas y superficiales del Suelo de Conservación (PAOT, 2012), la escala más apropiada para su análisis considera la unidad de cuenca hidrográfica, donde, además, estudios recientes demuestran que las condiciones físicas del área lo posicionan como una zona importante de recarga de agua subterránea (Montaño, 2021). Asimismo, el área se caracteriza por una importante cobertura forestal con cerca de 40 mil hectáreas de bosques (alrededor del 45% de la superficie del SC) (Maria Perevochtchikova & Sandoval-Romero, 2020) que brinda otros servicios ecosistémicos importantes como el de carbono en biomasa y los servicios ecosistémicos culturales. Por estas características se han implementado en el área políticas públicas ambientales que se han traducido en programas con acciones directas en el territorio y con la participación de ejidos y comunidades.

En este capítulo se analiza la diversidad productiva en el área de las cuatro microcuencas bajo la noción de que la diversidad productiva hace referencia al conjunto de actividades económicas que realizan las personas y/o hogares para obtener ingresos. Por otro lado, ya que se ha asumido que las formas de procurar los medios de vida pueden moldear las características socio-ecológicas del área, se hace un análisis de cómo los usos del suelo y vegetación del área han cambiado desde 1993 hasta 2019 poniendo en contexto las diversas actividades que se desarrollan en las microcuencas.

De esta forma, el capítulo se estructura en tres partes. El primero hace un análisis general del contexto socio-ecológico nacional y regional en cuanto a las transiciones de los usos del suelo y vegetación en zonas metropolitanas donde se muestra los patrones de ocupación de suelo para uso urbano. Este apartado finaliza con un análisis de la Zona Metropolitana del Valle de México y del área correspondiente a la Ciudad de México donde las pautas de cambio de los

usos del suelo tienden a realizarse principalmente por procesos de *deforestación* → *uso agrícola* → *uso urbano* .

Este mismo análisis se realiza en el apartado 3.2 situándolo en el contexto de las cuatro microcuencas para observar cambios en la vegetación y los usos del suelo y su vínculo con las actividades económicas que se realizan. Además, se analiza la influencia de la ocupación ilegal de la tierra y otros aspectos que afectan la cobertura forestal y, por ende, los servicios ecosistémicos.

Finalmente, en el apartado 3.3 se analiza las características económicas de la población que habita en el área, sus principales medios de vida y cómo estos han variado a lo largo de las últimas décadas. Se enfatiza el rol de las políticas públicas ambientales que representa para los comuneros y ejidatarios una fuente de ingresos que podría incentivar proyectos de turismo de naturaleza.

En general, entre las actividades agropecuarias destaca el cultivo de maíz y papa, cría de ganados ovinos, entre otros. Por otro lado, está presente la tala ilegal, venta de terrenos comunales y ejidales, a la par con actividades turísticas, actividades de conservación y otras terciarias que en conjunto representan las principales fuentes de ingreso de los hogares locales.

De este modo, nos encontramos con una diversidad de actividades productivas que de manera directa o indirecta inciden en el estado de los sistemas de recursos naturales; en particular, vinculado con la cobertura forestal que no sólo provee bienes materiales para las poblaciones locales, sino también de servicios ecosistémicos.

3.1. Contexto nacional y regional: dinámica de los cambios en los usos del suelo en entornos metropolitanos, la ZMVM y la Ciudad de México

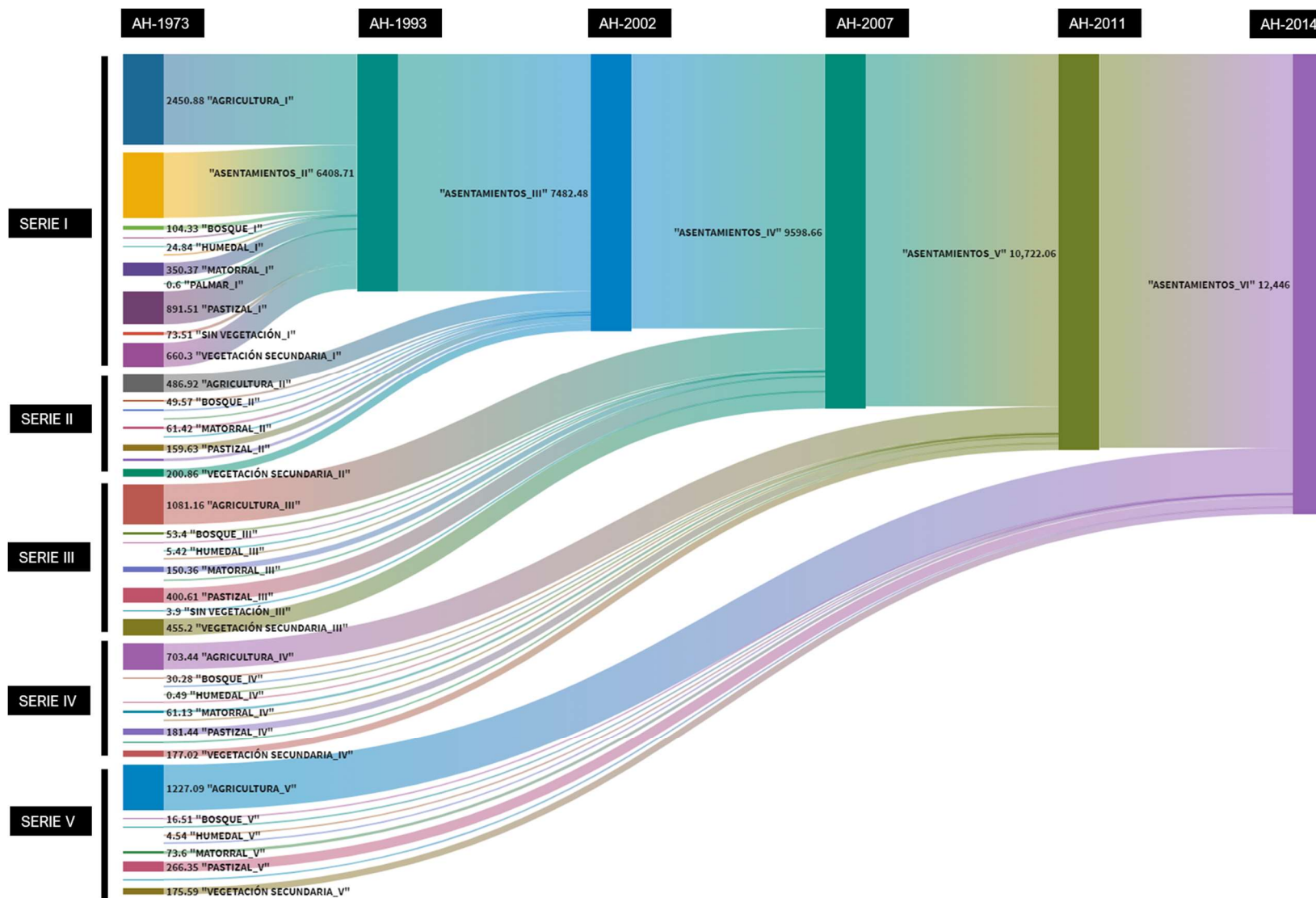
La metropolización en México, como fenómeno de expansión urbana, se ha extendido en los últimos años y ha generado cambios en la *configuración* de los territorios, y las relaciones espaciales entre los territorios. Las zonas metropolitanas (ZM) en México «resultan de la extensión de la ciudad central más allá del municipio donde tuvo origen. Por esta particular conformación y por su naturaleza funcional, los espacios metropolitanos muestran gran complejidad económica, social y política» (Trejo Nieto, 2013). Sin embargo, otro aspecto

importante son los recursos naturales que albergan las zonas metropolitanas que es fuente de sustento no solo de los territorios rurales y periurbanos insertos en las ZM, sino también fuente de servicios ecosistémicos fundamentales para el funcionamiento de las ciudades centrales de las ZM (Vilchis Mata, 2019).

A causa de la expansión de asentamientos humanos, de 1976 a 1993 se perdieron en el país más de 104 km² de bosque en las hoy Zonas Metropolitanas y de 1993 a 2002 se perdieron cerca de 50km². En los periodos posteriores, 2002-2007, 2007-2011 y 2011-2014 se perdieron más de 53 km², 30 km² y 16 km² de bosque respectivamente. Sin embargo, lo más preocupante en estos cinco periodos fue la pérdida descomunal de suelo agrícola siendo el principal contribuyente a la expansión de los asentamientos humanos. De acuerdo con la *Figura 22*, las clasificaciones de los usos del suelo y vegetación que mayormente perdieron suelo por su transición hacia asentamientos humanos fueron agricultura, matorral, pastizal y vegetación secundaria. Esta transición es la misma en los cinco periodos exhibidos en la *Figura 22*. De manera general, la suma de las contribuciones hizo que los asentamientos humanos pasaran de 1,767 km² en 1976 a 6,408 km² en 1993, hasta llegar a 12,446 km² en 2014 (Ver *Figura 22*). Para 2014, la suma total de las superficies de todas las ZM es aproximadamente la superficie total del Estado de Querétaro (para dimensionar, la Ciudad de México tiene una superficie de 1,485 km² y el estado de Querétaro tiene 11,699 km²). Las ZM con mayor expansión de asentamientos humanos se muestran en la *Figura 23* donde la Zona Metropolitana del Valle de México es la que más ha crecido alcanzando una superficie de 1,447 km² que es cerca del doble de los asentamientos humanos de la segunda ZM más grande, la Zona Metropolitana de Monterrey, que alcanzó en 2014 cerca de 870 km².

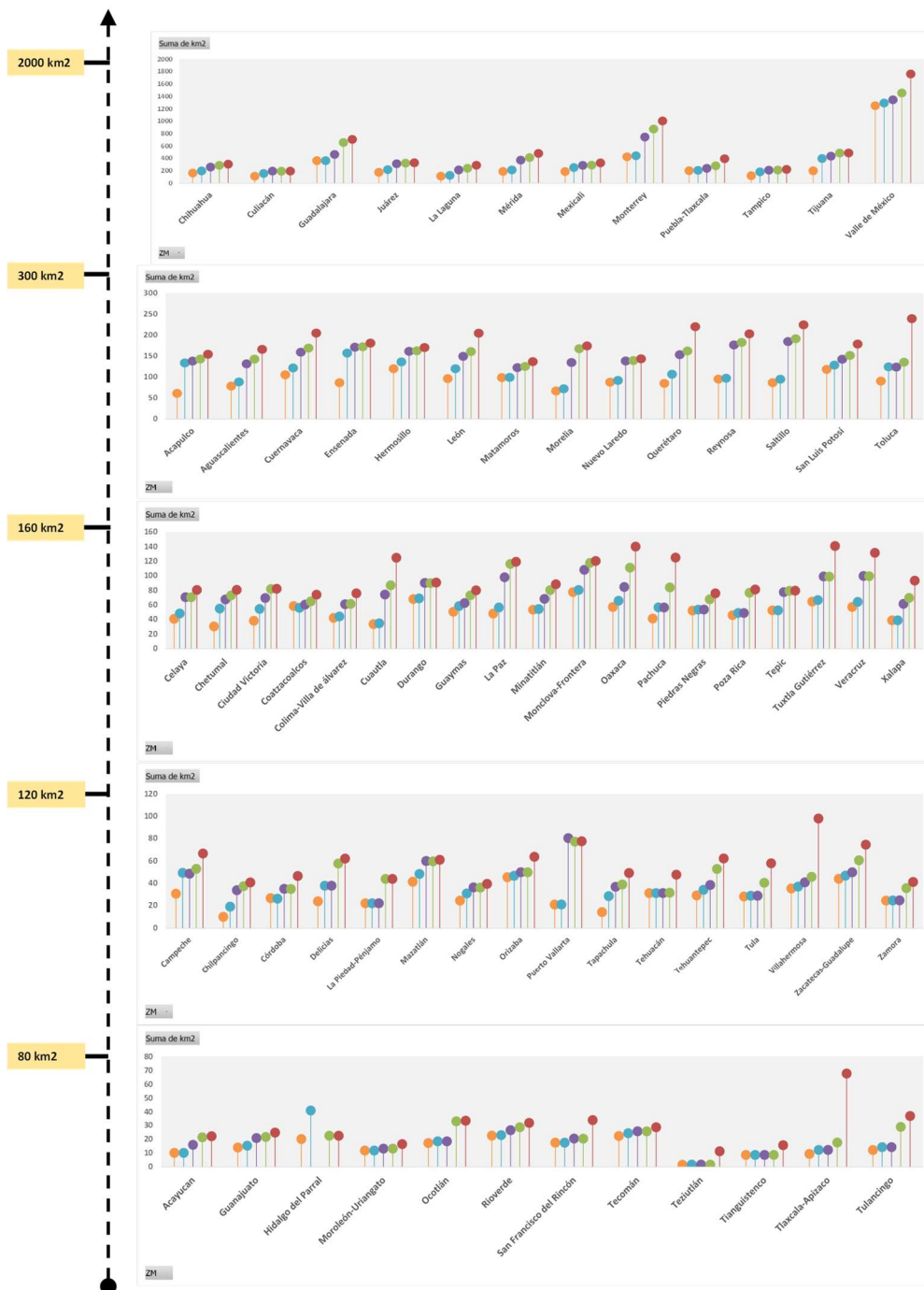
Aunque cada ZM ha tenido un ritmo de expansión diferenciada, lo que ha sido evidente son las transformaciones en los sistemas de recursos naturales que se ubican principalmente en las zonas periurbanas y rurales de las ZM. La expansión de estas áreas por asentamientos humanos ha implicado para cada caso cambios en los tipos de vegetación y usos del suelo dominantes de las ZM. Esta relación puede observarse gráficamente en la *Figura 24* donde se exponen cinco variables sobre usos y vegetaciones y su correlación con la variable Asentamientos Humanos.

Figura 22. Contribuciones por cambio de usos de suelo a la ampliación de asentamientos humanos en Zonas Metropolitanas



Fuente: elaboración propia con base en datos de INEGI. La figura muestra las transiciones de crecimiento de los asentamientos humanos en zonas metropolitanas a partir de cambios en el uso de suelo. Las variables en cada serie son contribuciones a la ampliación de asentamientos humanos. Por ejemplo, la superficie de asentamientos humanos en 1973 (AH-1973) a la superficie de asentamientos humanos de asentamientos en 1993 (AH-1993) hubo un crecimiento importante donde la variable agrícola es la que más contribuyó a la ampliación de asentamientos humanos; en otras palabras, se perdió más suelo agrícola por la ampliación de asentamientos. Ver figura en línea: <https://public.flourish.studio/visualisation/6443395/>.

Figura 23. Expansión de asentamientos humanos en zonas metropolitanas 1993-2014



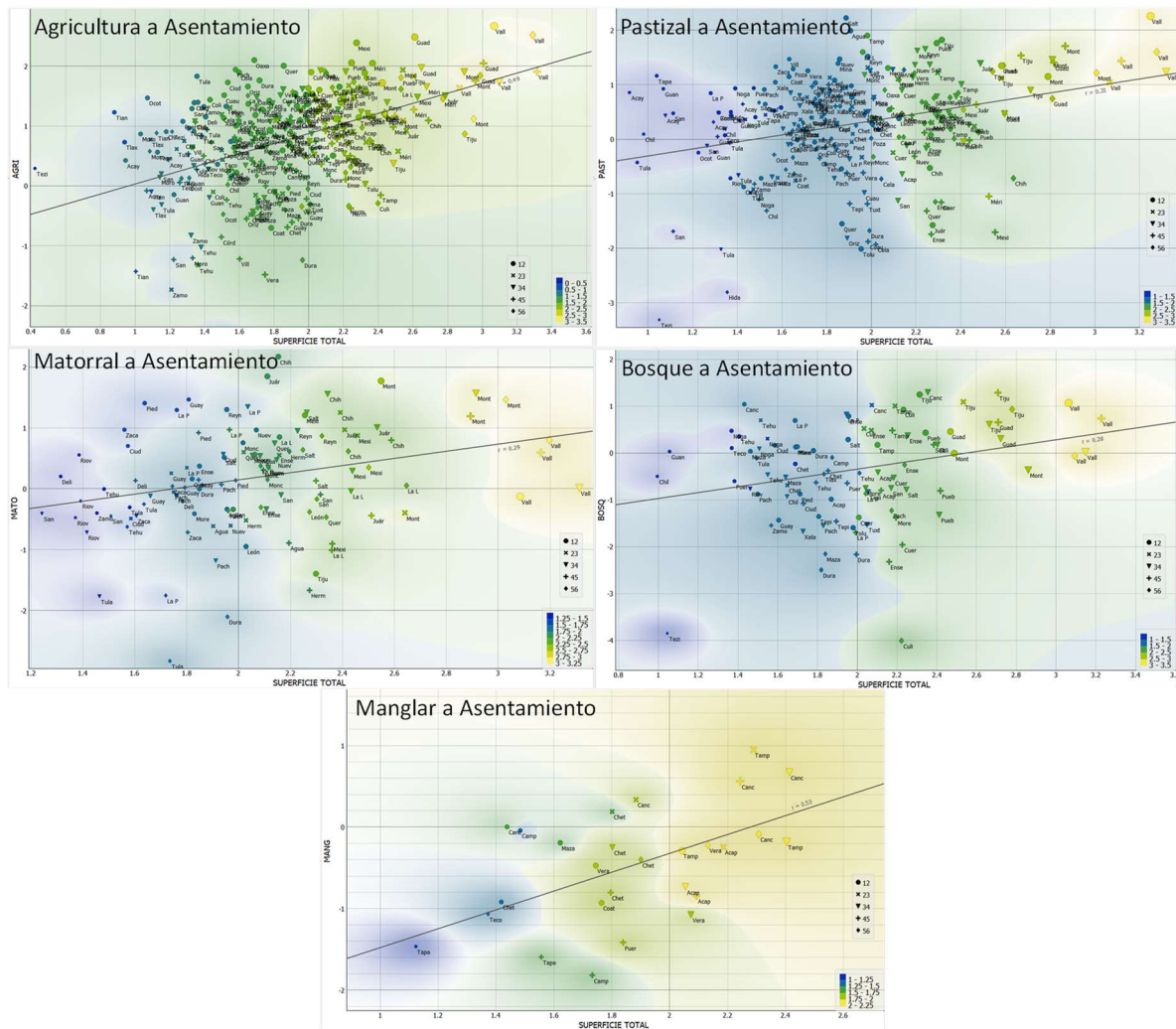
Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI. Se muestra la expansión para cada zona metropolitana tomando en cuenta las series II (1993), III (2002), IV (2007), V (2011) y VI (2014) de Cambio de Usos de Suelo y Vegetación del INEGI. Las ZM están agrupadas en cinco gráficas en función de su tamaño y están ordenadas en forma descendente. (Ver figura en línea en: https://public.tableau.com/views/ZonasmetroplitanasenMexico/Hoja1?:language=es-ES&:display_count=n&:origin=viz_share_link)

En la **Figura 24**, en el primer gráfico que relaciona Agricultura con Asentamientos Humanos podemos observar que esta relación es más fuerte en las ZM de Valle de México, Guadalajara, Monterrey; esto significa que las transiciones hacia asentamientos humanos en estas áreas están determinadas mayormente por la pérdida al suelo agrícola. Los clústeres de la **Figura 24** se identifican por los cambios en las tonalidades fuertes a suaves donde las fuertes son clústeres con relación débil. Además, en la gráfica están representados los cinco periodos que son identificables por los tipos de simbologías; esto da como resultado que los gráficos expresen la cantidad de ZM que se han expandido por cambios en algunas de las cinco variables consideradas. Por ejemplo, en el gráfico que relaciona agricultura y asentamientos humanos se puede observar un mayor número de ZM metropolitanas en comparación con el gráfico que relaciona manglar y asentamientos humanos; esto es así porque evidentemente no todas las ZM tienen este tipo de vegetación. Esto refuerza los planteamientos iniciales en torno a que el suelo agrícola ha sido el principal contribuyente para la expansión de las ZM; pero aclara también la realidad que se presenta hoy en día en los entornos periurbanos y rurales de las ZM que es la pérdida de la capacidad productiva para autoconsumo por actividades primarias y de cadenas cortas que contribuyan a la seguridad alimentaria local.

En lo que respecta a las ZM costeras, podemos observar una pérdida importante de sus recursos naturales costeros. En estas áreas, en el periodo 1976-1993, se perdieron cerca de 4km² de manglares por asentamientos humanos; mientras que entre 1993 y 2002 se perdieron más de 10km². En suma, desde 1976 se han perdido cerca de 30 km² de manglares que es aproximadamente un tercio de la ciudad de Acapulco o más de 4 veces el tamaño del terreno total de Ciudad Universitaria en Ciudad de México.

La susceptibilidad de cambio del suelo agrícola y pastizales a asentamientos humanos es muy alta; pero estos cambios, en muchos casos, le anteceden procesos de deforestación; por ejemplo, en el periodo 1976-1993 se perdieron cerca de 4,900 km² de bosque por su conversión a suelo agrícola y pastizal, y más de 245 km² fueron de bosque a asentamientos humanos.

Figura 24. Diagrama de dispersión entre Usos del suelo y Vegetación y Asentamientos Humanos por Zonas Metropolitanas.

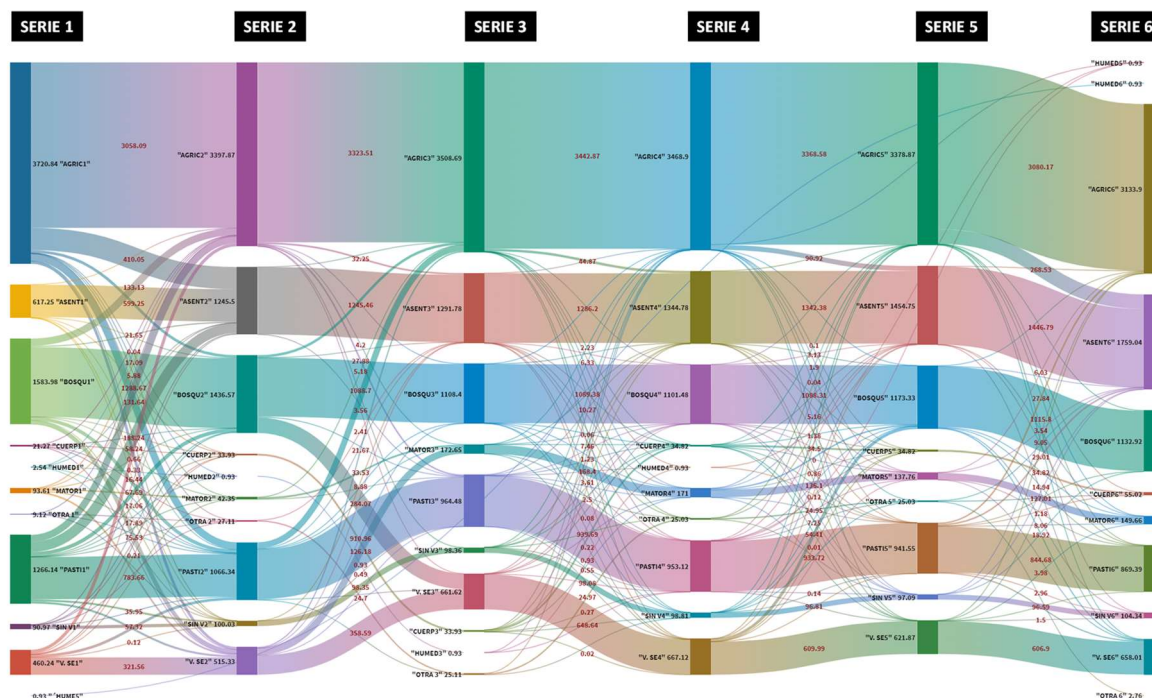


Fuente: elaboración propia con base en INEGI. En esta figura se muestra los cinco principales usos del suelo y vegetación (USyV) que transitaron a Asentamientos humanos. Los valores están representados en escala logarítmica y se clasifican en colores donde los amarillos son los de mayor correlación u ocurrencia de cambio explicada por la variable en el eje y (Correlación de Pearson). Asimismo, cada forma (círculo, cruz, triángulo..., etc.) representa un periodo de cambio entre las series del Uso del Suelo y Vegetación, de modo que, en la simbología, la forma círculo con 12 es el cambio registrado de la serie I a la serie II.

En la **Figura 25**, podemos observar las transiciones de los usos del suelo y vegetación de la Zona Metropolitana del Valle De México (ZMVM) donde una proporción de la superficie que pasa de bosque a agricultura en el periodo 1976-1993, se observa cómo del nodo agrícola del periodo 1993-2002, una proporción pasa a asentamientos humanos. Esta es una de las características de los procesos de urbanización que se han registrado en las zonas

metropolitanas. En el caso de la Ciudad de México, la historia de su crecimiento urbano al sur y hacia el Suelo de Conservación se relaciona con la historia de las invasiones ilegales y expropiaciones en tierras de propiedad social.

Figura 25. Transiciones del Uso del Suelo y Vegetación de la Zona Metropolitana del Valle de México (KM²).



Fuente: elaboración propia con datos de INEGI. En este diagrama de sankey se sintetiza 11 categorías de usos de suelo y vegetación de las series I, II, III, IV, V y VI del INEGI. Los nodos se representan en barras verticales (las barras en colores) y su tamaño es proporcional a la superficie total de cada categoría. Las líneas grises entre cada nodo son flujos que transitan de un nodo a otro y el tamaño o grosor de cada línea indica la intensidad del flujo (mayor grosor, mayor flujo). Ver figura en línea: <https://public.flourish.studio/visualisation/6443685/>.

3.1.1. Cambios en los usos del suelo y vegetación en la Ciudad de México

De acuerdo con el inventario forestal de la Ciudad de México (2014), los tipos de vegetación que predominan en este territorio son bosque de pino (BP), bosque de oyamel (BA), bosque de pino encino (BPQ), bosque de encino pino (BQP), bosque de encinos (BQ), matorral sarcocaulé (MSC), matorral crasicaulé (MC) y pastizal halóflor (PH).

La Ciudad de México tiene una superficie total de 148,646 hectáreas, de las cuales 47,422.2 corresponden a superficie forestal, que representa 31.9 % del total. En particular, los bosques de coníferas, que cubren 22.6 % de la superficie de la entidad, constituyen una reserva

importante de la biomasa forestal. Por otro lado, las áreas no forestales tienen una superficie de 101,223.9 hectáreas, que equivale a 68.1 % de la superficie total (zonas agrícolas y asentamientos humanos). La pérdida de superficie forestal a través del tiempo ha sido una problemática que se ha venido minimizando gracias a la implementación de programas para frenar el avance de la zona urbana y reducir la conversión de superficie forestal a uso de suelo urbano y agrícola (temporal y riego). Las delegaciones con mayor superficie forestal respecto a la superficie total que ocupan al interior de su territorio son: La Magdalena Contreras, Cuajimalpa de Morelos, Milpa Alta, Tlalpan y Álvaro Obregón. Por otro lado, comparando la superficie forestal que aporta cada una de ellas a la superficie total, destacan Milpa Alta y Tlalpan, que juntas acumulan 63.8 % de la superficie forestal de la entidad (**Cuadro 6**). Los bosques en la Ciudad de México ocupan una superficie mayor a 41 mil hectáreas que representa 28.0 % de la superficie total, y 87.8 % de la superficie forestal; se distribuyen en ocho de las 16 delegaciones y, como es evidente, la gran mayoría se localiza en el área de Suelo de Conservación. Este ecosistema está representado por la formación de coníferas en 80.8 % de su superficie, mientras que las formaciones de coníferas y latifoliadas y de latifoliadas ocupan 9.9 y 9.3 %, respectivamente (**Cuadro 6**). En la superficie cubierta por este ecosistema están representados diferentes estados sucesionales de la vegetación; sólo 44.2 % corresponde a vegetación primaria, lo que indica que la mayor parte de su superficie ha sido afectada por algún disturbio (**SEMARNAT, 2014**).

Cuadro 6. Inventario Forestal Ciudad de México, 2014 (miles de has)

Delegación	Superficie delegación	Bosques													Áreas no forestales	
		Superficie forestal		Coníferas		Coníferas y latifoliadas		Latifoliadas		Otras asociaciones	Zonas semáridas	Zonas áridas	Otras áreas forestales			
		Primaria	Secundaria	Primaria	Secundaria	Primaria	Secundaria	Primaria	Secundaria	Primaria	Primaria	Primaria	Primaria			
Álvaro Obregón	9.54	2.75	0.46	1.97	0.30	-	0.00	0.17	0.15	0.61	-	-	-	-	6.33	
Azcapotzalco	3.33	0.05	-	-	-	-	-	-	-	0.05	-	-	-	-	3.28	
Benito Juárez	2.65	0.02	-	-	-	-	-	-	-	0.02	-	-	-	-	2.63	
Coyoacán	5.36	0.73	0.01	-	-	-	0.01	0.02	-	0.35	0.36	-	-	-	4.62	
Cuajimalpa de Morelos	7.11	2.65	1.19	2.29	0.76	-	-	0.29	0.43	0.07	-	-	-	-	3.27	
Cuauhtémoc	3.23	0.04	-	-	-	-	-	-	-	0.04	-	-	-	-	3.19	
Gustavo A. Madero	8.74	1.18	0.10	-	-	-	-	0.12	0.10	0.46	-	0.59	0.00	-	7.46	
Iztacalco	2.30	0.08	-	-	-	-	-	-	-	0.08	-	-	-	-	2.22	
Iztapalapa	11.25	0.58	-	-	-	-	-	-	-	0.30	-	0.28	-	-	10.68	
La Magdalena Contreras	6.31	3.26	0.99	3.15	0.88	-	-	0.01	0.11	0.10	-	-	-	-	2.06	
Miguel Hidalgo	4.61	0.90	-	-	-	-	-	-	-	0.90	-	-	-	-	3.71	
Milpa Alta	29.67	4.59	11.08	4.29	8.68	0.27	1.94	0.03	0.47	-	-	-	-	-	14.01	
Tláhuac	8.54	0.52	-	-	-	-	-	-	-	0.00	-	0.32	0.20	-	8.02	
Tlalpan	31.29	5.69	8.88	5.21	6.05	0.19	1.40	0.29	1.44	-	-	-	-	-	16.71	
Venustiano Carranza	3.37	0.48	-	-	-	-	-	-	-	0.10	-	-	0.38	-	2.88	
Xochimilco	11.35	0.65	0.55	0.01	0.05	0.01	0.31	0.07	0.18	-	-	-	0.57	-	10.15	
Total	148.65	24.18	23.25	16.92	16.72	0.47	3.65	1.00	2.88	3.08	0.36	1.19	1.15	101.22		
				Total						41.64						

Fuente: elaboración propia con datos SEMARNAT, 2017

Las tendencias generales del uso del suelo y vegetación en la Ciudad de México muestran reducciones importantes en la superficie agrícola y un incremento importante en la superficie urbana. Por su parte, la superficie forestal, aunque si bien no ha variado de manera significativa, si mostró cambios importantes en su composición. Esto se refleja en el incremento de áreas cuya composición principal es vegetación secundaria (**Cuadro 7**).

Los cambios más importantes se registran en el periodo 1976-1993. Por ejemplo, la superficie agrícola reduce en casi 19%, mientras que el área urbana crece en 36%.

Cuadro 7. Histórico cambio de Uso de Suelo y Vegetación-Ciudad de México

Año	1976	1993	2002	2007	2011	2014
Serie	I	II	III	IV	V	VI
Agricultura	42.79	34.76	36.99	36.90	35.86	33.77
Area urbana	43.01	58.79	58.82	58.81	58.80	64.01
Pastizal	18.85	12.37	9.30	8.62	8.59	6.70
Sin Vegetación	0.15	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14
Bosque	41.48	38.60	41.24	41.27	39.09	41.38
Bosque (secundario)	3.40	3.45	24.18	24.16	24.18	25.90
Bosque (primario)	38.08	35.14	17.06	17.10	14.91	15.48
Porcentaje respecto a la superficie total de la Ciudad de México						
Agricultura	29.01	23.57	25.08	25.02	24.31	22.90
Area urbana	29.16	39.86	39.88	39.87	39.86	43.40
Pastizal	12.78	8.39	6.30	5.85	5.82	4.54
Sin Vegetación	0.10	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09
Bosque	28.12	26.17	27.96	27.98	26.50	28.06
Bosque (secundario)	2.30	2.34	16.39	16.38	16.39	17.56
Bosque (primario)	25.82	23.83	11.56	11.60	10.11	10.50
Cambio porcentual por periodos						
	1976-1993	1993-2002	2002-2007	2007-2011	2011-2014	1976-2014
Agricultura	-18.75	6.41	-0.24	-2.84	-5.82	-21.08
Area urbana	36.71	0.05	-0.01	-0.03	8.87	48.85
Pastizal	-34.36	-24.86	-7.24	-0.44	-22.03	-64.49
Sin Vegetación	-6.46	0.00	0.02	0.00	0.00	-6.44
Bosque	-6.94	6.84	0.08	-5.28	5.87	-0.22
Bosque (secundario)	1.66	599.86	-0.06	0.06	7.12	662.19
Bosque (primario)	-7.71	-51.47	0.28	-12.82	3.84	-59.34

Fuente: elaboración propia con datos de INEGI. Series INEGI (miles de hectáreas)

En los últimos 40 años, los cambios en los usos del suelo y vegetación en la zona sur de la ciudad son muestra de cómo los procesos de la relación sociedad-naturaleza modifican enormemente las condiciones del territorio. Por ejemplo, para el caso del Ajusco, su transformación a suelo urbano comienza en la década de los setenta y esos cambios no se

desligan de las transformaciones observadas en la propiedad social. A finales de esa década es cuando, según [Pezzoli \(2000\)](#), llegan las primeras 50 familias que se asentaron en el «cinturón verde del Ajusco». Bosques del Pedregal fue el primer asentamiento irregular que se estableció y su historia comienza en 1977. Fue en esa época cuando un grupo grande de familias comenzó a consolidar su posición en un área agrícola y forestal en el lado sur de las vías del ferrocarril. De esta manera, el origen de Bosques del Pedregal se caracteriza por ser una mezcla de ventas ilegales e "invasiones" a pequeña escala. En tres ocasiones, a principios de 1977, los núcleos agrarios iniciaron acciones policiales contra los invasores. Cientos de unidades de vivienda fueron demolidas y quemadas. De acuerdo con [Canabal \(1995\)](#) y [Cruz \(2000\)](#), después de cada desalojo algunas personas abandonaban el lugar para no volver jamás, mientras que otros volvían una y otra vez consolidándose como un grupo con intereses comunes. Un cuarto intento de erradicar el asentamiento el 6 de junio de 1977 fue resistido con éxito. Los colonos sabían que venía el desalojo, así que habían movilizó una defensa. Organizaron brigadas para solicitar el apoyo de los estudiantes de la UNAM (la Universidad Autónoma Nacional de México, el campus local de la Universidad Nacional) y de los sindicatos. Los estudiantes universitarios ayudaron a los colonos a hacer pancartas con mensajes pintados que declaraban la solidaridad de la UNAM- Bosques.

A principios de 1980, había más de veinte mil personas en un grupo de trece asentamientos irregulares (colonias populares), conocidos colectivamente como Los Belvederes. En los primeros años de esa década se dieron una serie de desalojos. También en 1983, se creó la Dirección General de reestructuración urbana y la protección ecológica (Dirección General de Reordenación Urbana y Protección Ecológica) ([Canabal, 1995](#); [Cruz, 2000](#)). Esta nueva oficina de alto nivel dentro del Departamento del Distrito Federal de la Ciudad de México (DDF) fue creada para tratar los problemas ambientales y de planificación urbana de la capital, principalmente para tratar los problemas de invasión en la zona del Ajusco. La línea de política oficial que salía del DDF en este momento era que los asentamientos irregulares del Ajusco estaban destruyendo el medio ambiente. De acuerdo con [Pezzoli \(2002\)](#), Hidalgo Cortes, jefe de la Dirección de Áreas y Recursos Territoriales (DART), argumentó que "la industria de la invasión" debía detenerse y que, en el caso extremo, habría que reubicar a las familias que ocupaban terrenos ilegales que en ese tiempo (octubre del 1983) era de más de diez mil familias. Ante estas amenazas, los grupos comunitarios en Los Belvederes se

movilizaron para resistir la reubicación forzada. Aquí es cuando, según Pezzoli, se encuentra la parte más instructiva de la historia: la resistencia organizada innovadora. Además de las estrategias de marchas y demostraciones, el movimiento de base generó una acción ambiental proactiva de abajo hacia arriba. Con la asistencia técnica de agentes externos (estudiantes y otros), activistas de base en Los Belvederes comenzaron a promover proyectos innovadores de ecología productiva como una estrategia compensatoria para asegurar presencia de las familias en la zona. Es decir, la estrategia consistió en una campaña para demostrar que las invasiones territoriales pueden convertirse en zonas ecológicas productivas (ideas previas al paradigma dominante de la sustentabilidad) para sustentar no sólo las condiciones de la naturaleza, sino también sustentar sus necesidades básicas de alimentación.

Los activistas comunitarios en Los Belvederes argumentaron que podrían señalar el camino hacia un nuevo desarrollo para la Ciudad de México: «lejos de ser una plaga para la naturaleza, como era la opinión general, cada asentamiento se transformaría en una colonia ecológica productiva, sugiriendo un futuro productivo, sostenible en el hinterland de lo que ya era una metrópolis»(Canabal, 1995; Cruz, 2000).

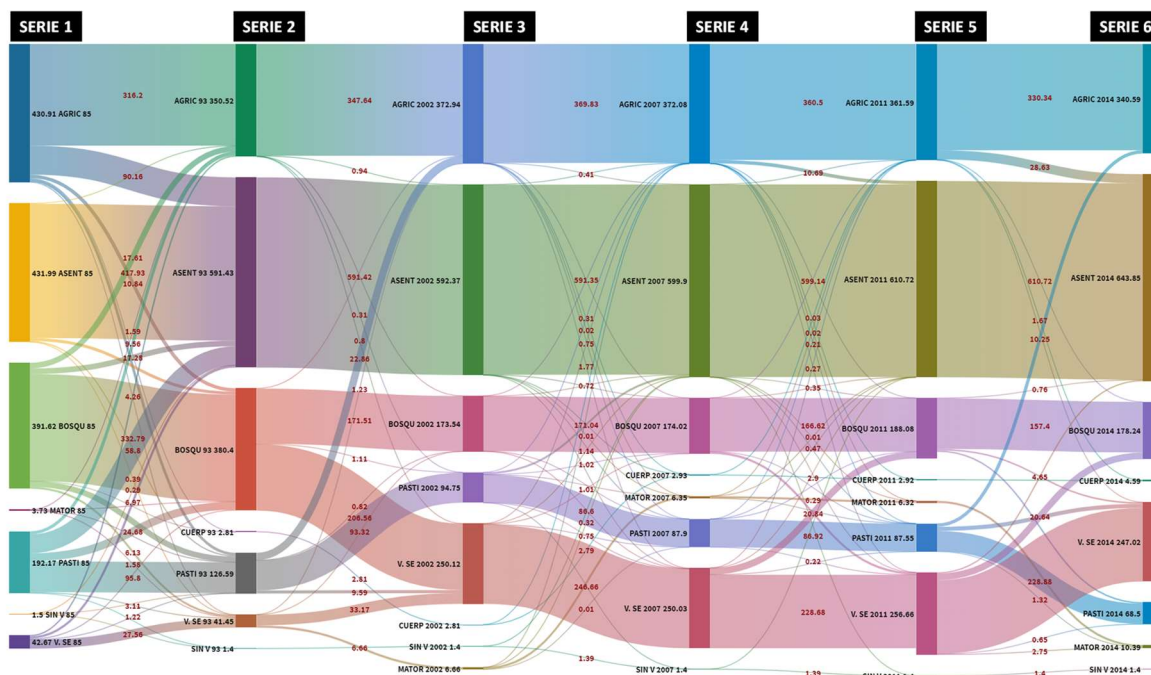
El primer conjunto de planes para limitar el crecimiento urbano hacia el sur se elaboró en 1976. El Ajusco fue designado como una zona de amortiguamiento destinada a ser una barrera natural contra la expansión urbana. No obstante, las acciones del gobierno han mostrado resultados no deseados. Según Pezzoli, entre 1980 y 1986, el gobierno movió la línea de límite urbano en tres ocasiones con el fin de acomodar las nuevas líneas limítrofes con el área que habían alcanzado los asentamientos humanos por invasión dentro del área del Ajusco. En periodos posteriores, de 1986 a 1996, la gradiente urbano-ecológico o rural-urbano se movió nuevamente varias veces para acomodar el crecimiento, y no es hasta el año 2000 que el Suelo de Conservación se constituye como *figura* de conservación ecológica misma que fue a partir del decreto derivado del Programa General de Ordenamiento Ecológico (PGOEDF) publicado en el año (Pezzoli, 2002).

Como se muestra en la *figura 5*, se observa cómo una proporción importante de lo que era suelo agrícola, pastizal y forestal en 1976, se convierte en 1993 a asentamientos humanos, y esta transición no se desliga de los procesos antes mencionados. Además, como lo documenta Tellman (2019), la regulación de estas invasiones ilegales está fuertemente vinculada con la

política electoral de la ciudad que promueve la expansión urbana ilegal y la titulación de tierras. Los resultados de Tellman indica que la distribución de títulos de propiedad aumenta justo antes de las elecciones, y se otorgan más títulos a los votantes leales del partido dominante en el poder.

El problema de la expansión hacia el sur es que la urbanización está invadiendo el Suelo de Conservación que representa un territorio sujeto a preservación dado su valor ecológico en términos de provisión de bienes y servicios ecosistémicos (Aguilar, 2008); aunque también, otro aspecto importante ha sido la secundarización de áreas forestales que se hace muy visible a partir de 1993 donde más de 206km² de bosque pasan a ser bosque secundario; pero a partir de 2007 comienza a observarse ligeros incrementos en la superficie forestal (Figura 26).

Figura 26. Transiciones del Uso del Suelo y Vegetación de la Ciudad de México.



Fuente: elaboración propia con datos de INEGI. En este diagrama de sankey se sintetiza 11 categorías de usos de suelo y vegetación de las series I, II, III, IV, V y VI del INEGI. Los nodos se representan en barras verticales (las barras en colores) y su tamaño es proporcional a la superficie total de cada categoría. Las líneas grises entre cada nodo son flujos que transitan de un nodo a otro y el tamaño o grosor de cada línea indica la intensidad del flujo (mayor grosor, mayor flujo). Ver en línea en <https://public.flourish.studio/visualisation/6443802/>.

Las políticas urbanas de la ciudad han intentado controlar el crecimiento informal preocupados por los impactos ambientales (Santos, 2013; Schteingart y Salazar, 2005). Entre

los programas formales diseñados para reducir la expansión urbana en la franja sur incluyen el plan de Crecimiento Cero que prohíbe la urbanización en tierras de conservación; el desalojo de colonos (Pezzoli, 2000), y el apoyo a los propietarios de terrenos forestales a través de pagos por servicios ambientales (Perevochtchikova y Vásquez Beltrán, 2010) que en conjunto no han logrado detener el crecimiento informal.

Estos procesos de cambio también se observan en el área de estudio correspondiente a las cuatro microcuencas localizadas en la zona suroeste de la Ciudad de México donde, además de la intervención directa de políticas públicas ambientales para la conservación de los bosques, existen iniciativas locales centradas en preservar estos recursos por su importancia como medio para generar ingresos por turismo de naturaleza (Aguado et al., 2018; Almeida-Leñero et al., 2007; Ávila-Foucat, 2012; Fernández et al., 2004; Jujnovsky et al., 2010). No obstante, por la competencia en el usufructo de los valores de uso directo a indirecto de estos recursos se han generado escenarios nada deseables que complejizan aún más las posibilidades de conservación de los bosques y de los servicios ecosistémicos que provee.

3.2. Componente ecológico del SSE de las microcuencas y factores de cambio

Como se ha descrito en los apartados previos, los procesos de cambio observados en el área de estudio no se alejan de esa realidad planteada donde la expansión urbana ha generado notables cambios en la estructura de los usos del suelo y vegetación.

3.2.1. Dinámica de los usos del suelo y vegetación en las 4 microcuencas

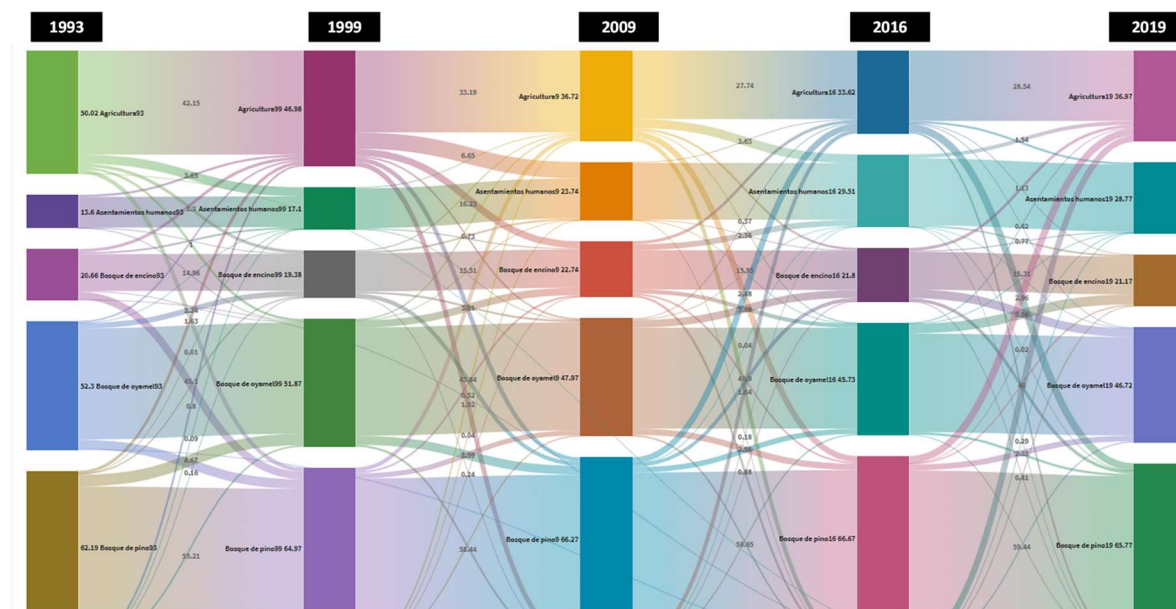
Las transiciones en el uso del suelo y vegetación al nivel de las microcuencas del caso de estudio (**Figura 27**) revelan incrementos importantes en la superficie de asentamientos humanos en detrimento de la superficie agrícola y pastizal.

En diversos periodos, se observa cómo los bosques transitan a suelo agrícola o pastizal, y una proporción de éstos pasar a ser asentamientos humanos en un periodo posterior. Por ejemplo, en el periodo 1993-1999 fueron deforestadas 13 y 210 hectáreas de bosques de oyamel para convertirse en suelo agrícola y pastizal respectivamente, y 14 hectáreas de bosque de pino y encino. De la superficie total agrícola y pastizal de 1999, se detectó que cerca de 200 y 600

hectáreas, respectivamente, se habían convertido en asentamientos humanos en 2009. Esta misma tendencia se observa en los periodos posteriores.

Otro de los aspectos que podemos observar de la **Figura 27**, es la alta transitabilidad de los usos del suelo y vegetación. Esto se observa por la forma ondulada de los flujos en color gris que conecta categorías. En general, esta *figura* describe cómo transitan los usos del suelo y vegetación. Esto evidencia lo señalado por los comuneros y ejidatarios en las entrevistas al manifestar que los cambios en el uso del suelo se dan de la siguiente manera: primero deforestan para obtener ingresos por la venta maderera en rollo; después, si hay posibilidad, usan esa parte deforestada como terreno agrícola. Una vez que se han apropiado de esa parte, lo siguiente es habitarlo o venderlo para convertirlo en suelo urbanizable. Evidentemente, estas situaciones se presentan de manera diferenciada en cada núcleo agrario, ya que las estructuras sociales frenan o promueven estos cambios lo que arroja resultados diferentes en el stock del sistema del recurso forestal y, por lo tanto, influyen en el flujo de los servicios ecosistémicos.

Figura 27. Transiciones del uso del suelo y vegetación en 4 microcuencas de la Ciudad de México (km²).



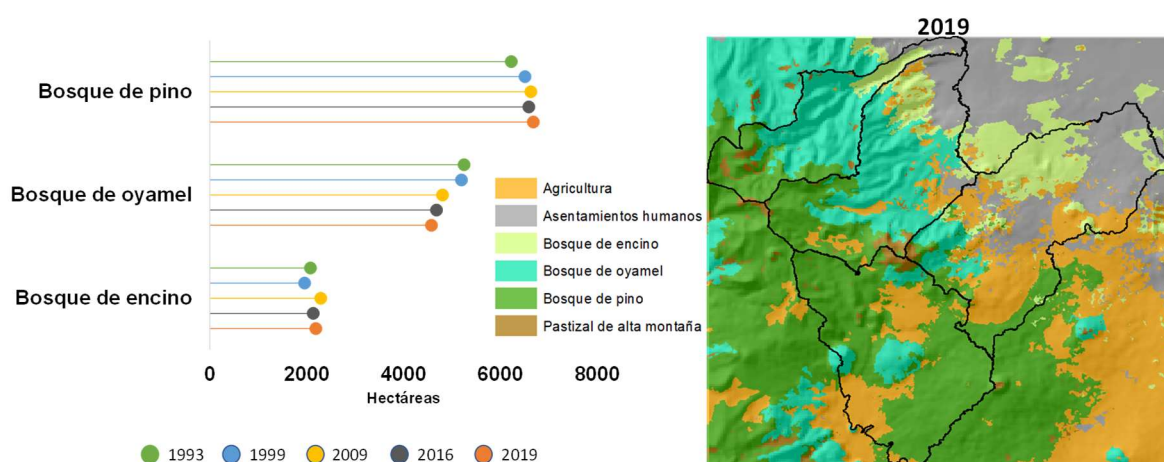
Fuente: Elaboración propia con datos de (Morales, 2021). Ver online en: <https://public.flourish.studio/visualisation/5309782/>

3.2.2. Servicios ecosistémicos asociados a la cobertura forestal

La importancia de la cobertura forestal en el área de las microcuencas es que están fuertemente asociadas a un conjunto de servicios ecosistémicos que benefician directa o indirectamente a la población.

De acuerdo con los datos de 2019, la cobertura forestal total en las microcuencas es de 13,443 hectáreas; de las cuales cerca del 5% corresponde a bosques de pino y 34% a bosques de oyamel. Como se muestra en la **Figura 28**, la mayor variabilidad la he tenido los bosques de oyamel, esta última con una pérdida de cobertura de 317 hectáreas. Por su parte, los bosques de encino y pino tuvieron una ganancia de 11 y 181 hectáreas respectivamente. No obstante, al igual que las tendencias observadas a nivel nacional y regional, una importante proporción de los bosques en el área de las microcuencas son bosques secundarios debido, en gran parte, a las alteraciones antropogénicas.

Figura 28. Superficie forestal 1993-2019 en el área de las microcuencas

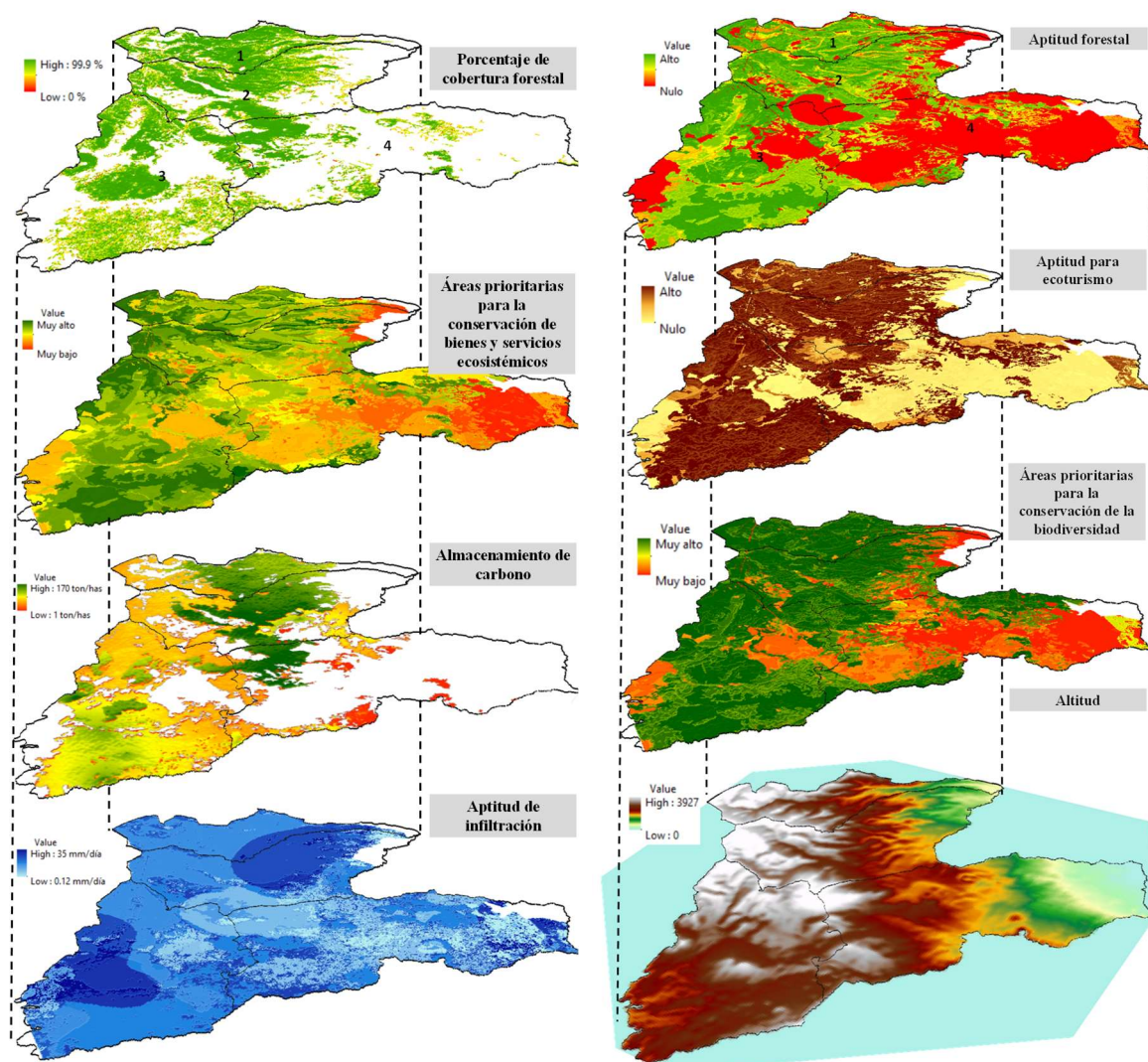


Fuente: Elaboración propia con datos de (Morales, 2021)

Los bosques ofrecen una serie de servicios ecosistémicos que se pueden clasificar en tres grandes categorías: i) servicios de suministro, ii) servicios de regulación y iii) servicios de culturales. En la **Figura 28** se muestran las relaciones espaciales entre bosques y estos servicios ecosistémicos. El trabajo realizado por la PAOT (2012), clasifica como muy importante las áreas prioritarias para la conservación de bienes y servicios ecosistémicos en las zonas predominantemente forestales; asimismo, son de alto valor para el almacenamiento de carbono y la infiltración hídrica dado que en esta zona la extensión de bosques densos y

continuos es de 14,272 hectáreas con una capacidad de fijación de carbono de cerca de medio millón de toneladas. Estas aptitudes forestales han permitido que algunos núcleos agrarios se hayan insertado en programas de políticas públicas ambientales para recibir compensaciones ambientales a cambio de conservar el sistema de recurso forestal.

Figura 29. Bosque y servicios ecosistémicos.

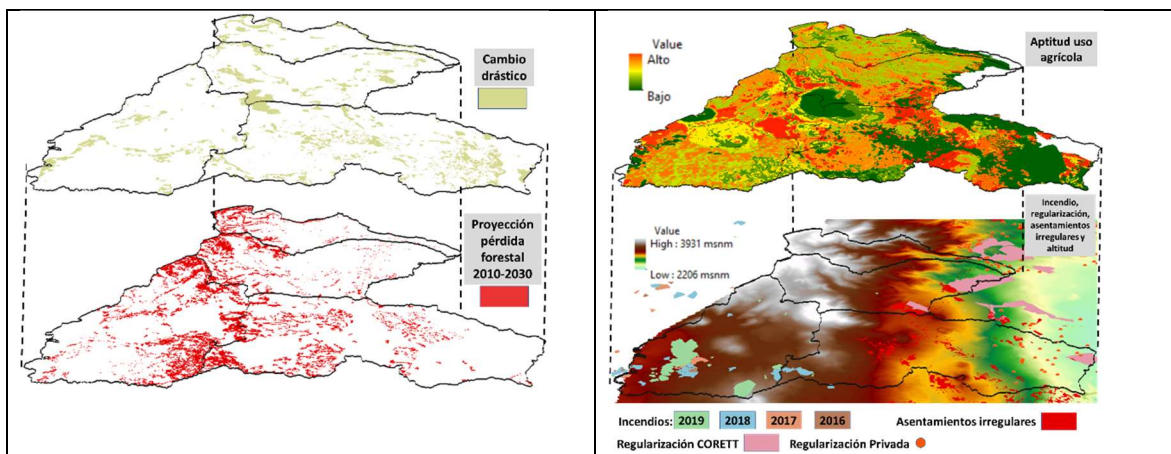


Fuente: elaboración propia con base en PAOT, 2012. El esquema muestra la relación entre bosque y provisión de servicios ecosistémicos. Como es evidente, las áreas con cobertura forestal coinciden espacialmente con las áreas de provisión de SE.

Algunas zonas del sistema de recurso forestal son más susceptibles de conservarse por sí solas dada la baja o nula accesibilidad hacia ellas. No obstante, las áreas expuestas son las que presentan mayor pérdida forestal por su potencial tala para venta en madera en rollo, su conversión a suelos agrícolas o urbanos. Según los resultados de la PAOT (2012), las áreas

con mayor cambio drástico se relacionan directamente con las áreas donde ha habido un mayor número de asentamientos irregulares y por la aptitud de los suelos para uso agrícola (Figura 30).

Figura 30. Cambio drástico, proyección de pérdida forestal, aptitud agrícola y asentamientos irregulares.

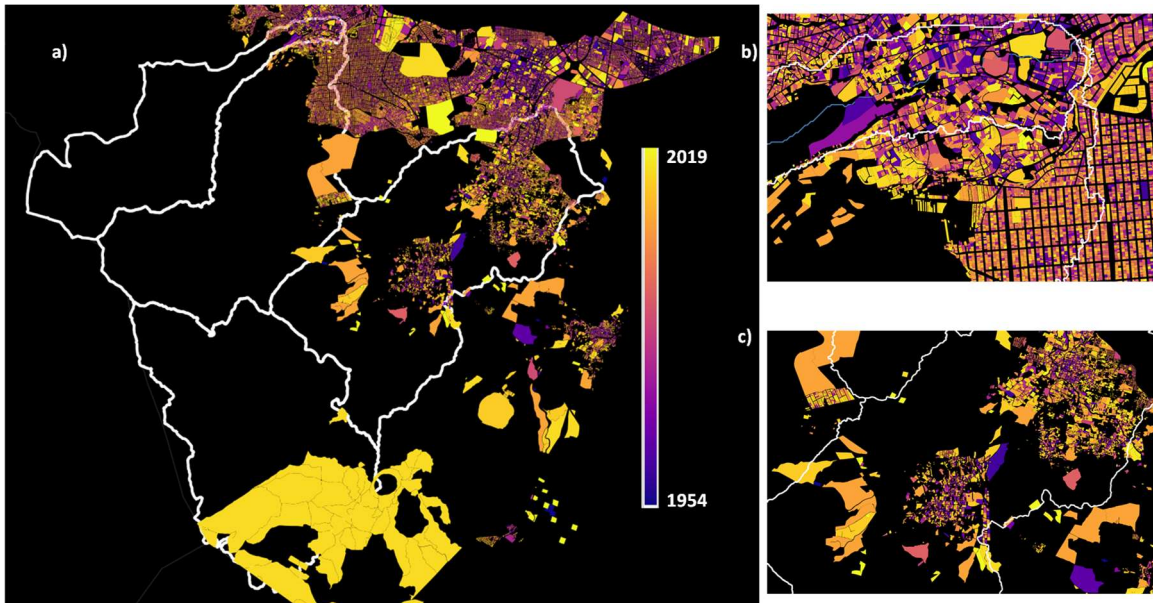


Fuente: Elaboración propia con base en PAOT, 2012

Además, las zonas con mayor frecuencia de incendios donde se entremezclan distintas áreas con diferentes densidades en cobertura forestal son más propensas a la pérdida forestal, sin embargo, los incendios parecen no afectar de manera importante la cobertura forestal. Aunque los incendios de la última década han afectado mayormente las superficies con pastizales.

En cuanto a la urbanización, se observan procesos importantes de ocupación en la zona de interfaz entre suelo urbano y suelo de conservación a partir de la década de los setenta. La Figura 31 muestra la expansión de la ocupación según los datos catastrales de los terrenos de la Ciudad de México (Agencia Digital de Innovación Pública, n.d.). Lo que se destaca, es que en las últimas dos décadas se han emitido claves catastrales más hacia el sur de la ciudad en zonas que son consideradas propiedad social. Aunque no hay claridad si se trata de terrenos rústicos o urbanos, el hecho de poseer las claves de catastro abre la posibilidad de tránsito hacia asentamientos humanos como ha sucedido en las décadas anteriores.

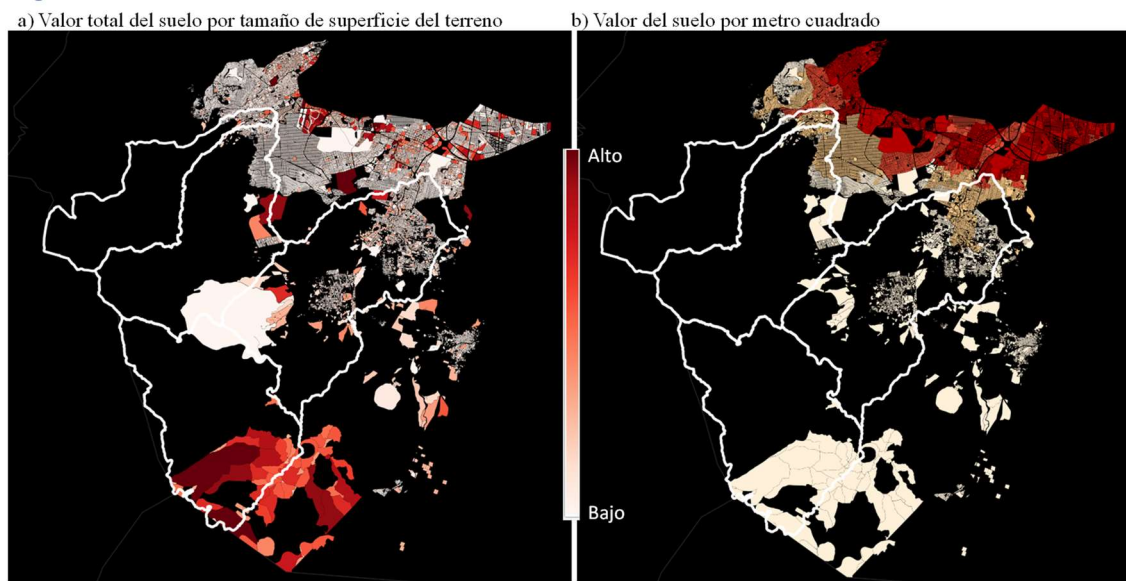
Figura 31. Urbanización en las microcuencas 1954-2019.



Fuente: elaboración propia con base en ADIP-CDMX . Los polígonos representan los datos catastrales de ambas alcaldías. La intensidad de los colores de cada polígono indica el año en que se levantó una construcción.

Por su parte, en la **Figura 32**, se muestra los valores del suelo por tamaño de la superficie de terreno y los precios unitarios del terreno por metro cuadrado. Como se observa, en el mapa *a* los terrenos con alto valor por su superficie destacan los que se ubican hacia el área sur de las microcuencas que, además de haber obtenido recientemente claves catastrales, tienen en conjunto un alto valor.

Figura 32. Valor del suelo en el área de influencia de las microcuencas



Fuente: elaboración propia con base en ADIP-CDMX

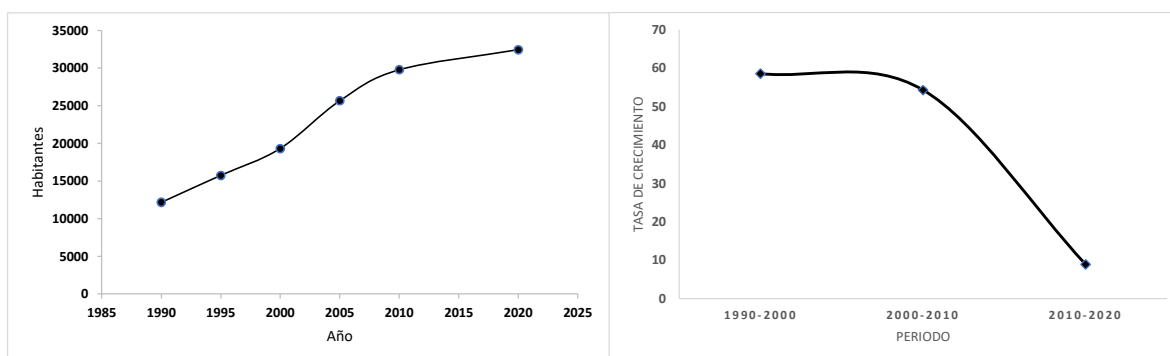
Por su parte, en el mapa *b* de la **Figura 32** los valores por metro cuadrado de los terrenos más próximos a la zona central de la ciudad poseen un valor mucho más alto que lo que se ubican más hacia el sur. Esto es importante recalcar ya que la demanda de suelo para uso habitacional hacia la zona más austral de la ciudad se relaciona con los aumentos de la migración interna (brevemente discutido en el apartado 3.3) hacia esa zona debido a los bajos precios de los terrenos.

3.3. Diversificación productiva

3.3.1. Población y características socioeconómicas

La población total en los casos urbanos de los núcleos agrarios es de 83,093 habitantes. En las dos alcaldías hay 220 localidades rurales de las cuales 65% se localizan en el área de la microcuenca. De acuerdo con los datos del Censo 2010, la población total de las localidades rurales en las microcuencas fue de 5,389 pero para el Censo de Población 2020 hubo un incremento del 114.53% lo que equivale a 11,561 habitantes. En 2010, la población urbana fue de 241,385 habitantes, mientras que para 2020 fue de 270,880 habitantes un incremento de 12.22%. La localidad urbana más grande del área de estudio y que aún no ha sido «absorbida por la ciudad» es San Miguel y Santo Tomás Ajusco (SMySTA) cuya población ha variado a lo largo de tres décadas; en el Censo 1990 en el periodo 1990-2000 creció 58.5%, de 2000 a 2010 creció 54.3% y en el periodo 2010-2020 creció 8.8% llegando a 32,429 habitantes (**Figura 33**).

Figura 33. Crecimiento poblacional en San Miguel y Santo Tomás Ajusco

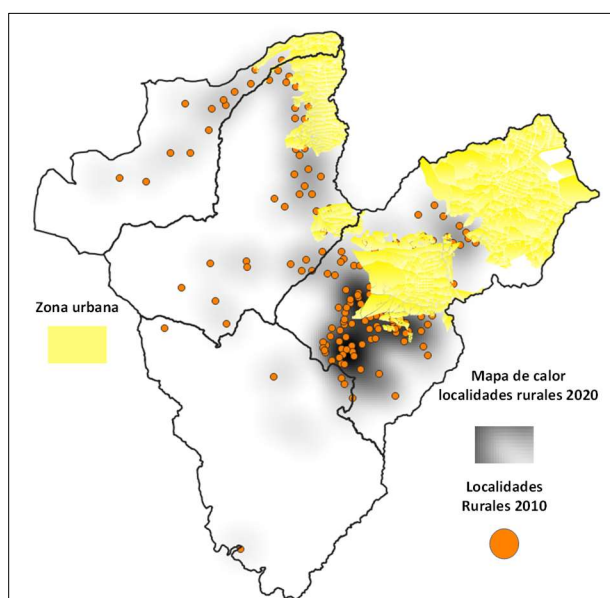


Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI (2010)

En suma, la población total en 2010 era de 246,774 habitantes y en 2020 fue de 282,441 habitantes; es decir hubo un incremento de 35,667 habitantes que es igual a 14.5%. En

términos de tasa de crecimiento, el mayor aumento de población se registró en las localidades rurales posiblemente por la asequibilidad en términos de costo de los predio o casas para habitar o rentar. De ahí que, de acuerdo con la **Figura 34**, se muestre mayor concentración de localidades muy próximas a SMystA en su zona suroriente.

Figura 34. Zonas urbanas y rurales en el área de estudio.



Fuente: elaboración propia con base en datos de INEGI (2010, 2020)

3.3.1.1. Características socioeconómicas de la población

Para caracterizar el sector de actividad económica de los habitantes, se usó la muestra censal del INEGI del cuestionario ampliado a nivel de hogares; particularmente, se puso énfasis en las localidades menores a 50 mil habitantes⁸ de las alcaldías de Tlalpan y Magdalena Contreras dado que cerca del cien por ciento del territorio del área de estudio corresponde a dichas alcaldías y la localidad más grande es San Miguel y Santo Tomas Ajusco con cerca de 36 mil habitantes según el Censo 2010, además, las únicas localidades menores a 50 mil habitantes se localizan al sur de la ciudad. En cuanto a las actividades primarias, la zona sur de estas alcaldías es donde hay registro de población ocupada en el sector primario, de modo que la muestra es una aproximación a las características socioeconómicas de las personas que habitan en el área de estudio.

⁸ INEGI clasifica las localidades en diferentes categorías según su tamaño de población de cada localidad; sin embargo, hay variaciones en las categorías según el censo.

El **Cuadro 8** sintetiza el porcentaje de población por sector de actividad económica según los resultados de los censos 1990 y 2000 a nivel de alcaldías censo 2010 a nivel estatal. De acuerdo con los datos, la población ocupada en el sector primario en La Magdalena Contreras representó en 1990 el 0.73% de su población ocupada y para el año 2000 registró un descenso cuyo porcentaje fue de 0.53%; por su parte, en la alcaldía de Tlalpan, su población ocupada en el sector primario representó 1.95% y para el año 2000 este porcentaje fue 0.49%

Cuadro 8. Población ocupada por sector de actividad económica

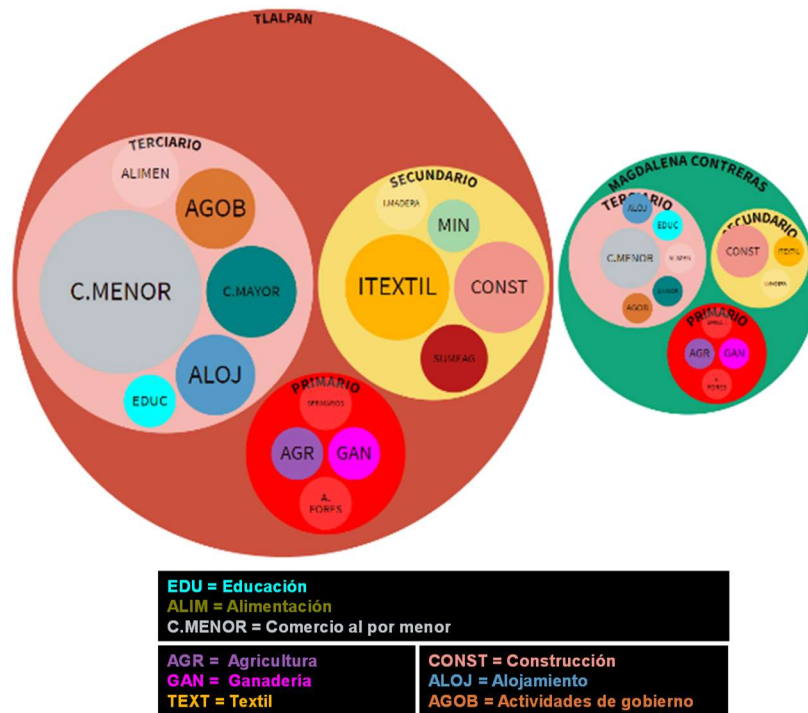
Censo	Alcaldía/Estado	% respecto a población ocupada		% respecto a población ocupada		% respecto a población ocupada	
		Primaria		Secundaria		Terciaria	
1990	La Magdalena Contreras	487	0.73	16,753	25.08	46,788	70.05
1990	Tlalpan	3,236	1.95	41,144	24.83	114,038	68.83
2000	La Magdalena Contreras	485	0.53	19,157	20.85	69,401	75.52
2000	Tlalpan	1,115	0.49	43,872	19.27	176,454	77.50
2000	CDMX	20,600	0.57	757,856	21.15	2,688,297	75.04
2010		26,496	0.68	645,157	16.48	3,159,952	80.72

Fuente: elaboración propia con base en datos de INEGI (microdatos 2000 y 2010).

Como lo muestra la **Cuadro 8**, el sector de actividad predominante es el sector terciario dado que el porcentaje de población ocupada es superior al 68% en los tres censos. Por lo que gran parte de la población obtiene sus medios de vida principalmente en actividades vinculadas al sector terciario. La **Figura 35** (Censo 2000) y **Figura 36** (Censo 2010) muestra las principales ramas de actividad a las que se dedican la población ocupada (PO).

De acuerdo con los datos del Censo 2000, en La Magdalena Contreras, donde solo hay una localidad, predominaba las actividades de la construcción con 36.48% de la PO total y las actividades dedicadas al comercio por menor con 9.43%. La PO en el sector primario representó 7.55% siendo la más importante las actividades agrícolas con 4.40%. En Tlalpan, en la localidad con mayor o igual a 20 mil habitantes y menor a 50 mil habitantes las principales actividades son el comercio al por menor con 6.60% de la PO y las actividades de la construcción con 5.29% respecto a la PO total en Tlalpan.

Figura 35. Actividades económicas Censo 2000.



Fuente: elaboración propia. Población económicamente activa ocupada en localidades menores a 50 mil habitantes en las alcaldías de Tlalpan y La Magdalena Contreras, por sector y rama de actividad económica (valores porcentuales por tamaño de localidad). Sólo se representan las actividades con mayor Población Ocupada. El resto de las actividades se clasificó como OTROS que ocupa un porcentaje muy alto por lo que, al suprimir dicha clasificación en esta figura, las proporciones han variado dándole mayor relevancia a localidades de menor población. Otro aspecto, es que la PO en localidades grandes se dispersan en una amplia diversidad de actividades. Ver figura online en: <https://public.flourish.studio/visualisation/5282884/>.

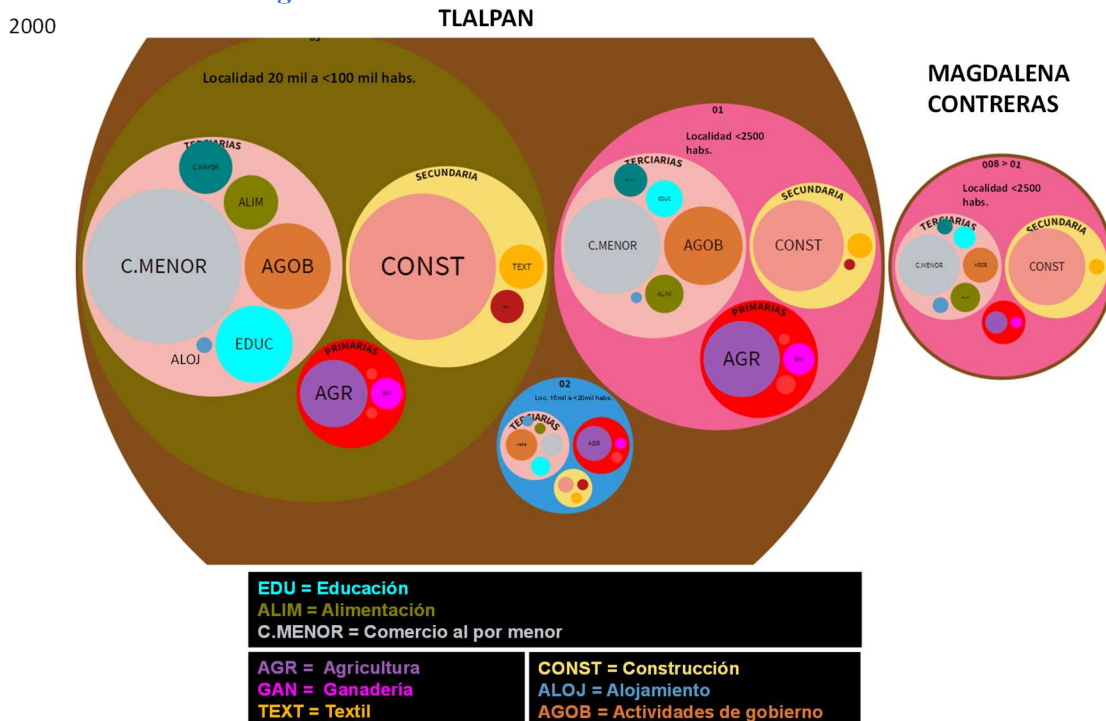
En ese ámbito, la PO en actividades agrícolas es de 3.58%. Por su parte, en las localidades de entre 15 mil y menor a 20 mil habitantes predominan las actividades de la construcción con 2.34% respecto a la PO total; y el comercio al por menos con 1.71% de la PO. Finalmente, en las localidades menores a 2500 habitantes prevalecen también las actividades dedicadas a la industria de la construcción con 6.76% de la población. Para el Censo 2020, en el caso de La Magdalena Contreras la actividad con mayor PO es en el sector de la construcción con 24.62%; le sigue el comercio al por menor con 16.41%. En cuanto a las actividades primarias, solo 2.56% de la población de dedica a las labores agrícolas (2.05%) o ganaderas (0.51%).

En Tlalpan, encontramos tres tipos de tamaños de localidades definidos por INEGI según total de población. En la(s) localidades⁹ con población de entre 20 mil y <100 mil habitantes

⁹ La una única con estas características es San Miguel y Santo Tomás Ajusco.

su principal actividad se ubica en el sector comercial en actividades de comercio al por menos como los son las tiendas de abarrotes o minisúper que representa 11.75% de la PO total. Le sigue el sector de la construcción con 9.38% de la PO. En cuanto a las actividades primarias sobresale el sector agrícola con apenas el 2% de la PO. Por su parte, en las localidades de >2500 y <15000 habitantes destacan las actividades de gobierno con 0.43% y las actividades agrícolas con 0.54%. En las localidades menores a 2,500 habitantes sobresalen las actividades dedicadas al sector comercio al por menor con 4.53% y el sector de la construcción con 3.61% de la PO; mientras que las actividades agrícolas concentran 2.53% de la PO.

Figura 36. Características económicas Censo 2010.



Fuente: Elaboración propia con base en INEGI (2000). **Población económicamente activa ocupada en localidades menores a 50 mil habitantes en las alcaldías de Tlalpan y La Magdalena Contreras, por sector y rama de actividad económica (valores porcentuales por tamaño de localidad).** Sólo se representan las actividades con mayor Población Ocupada. El resto de las actividades se clasificó como OTROS que ocupa un porcentaje muy alto por lo que, al suprimir dicha clasificación en esta figura, las proporciones han variado dándole mayor relevancia a localidades de menor población. Otro aspecto, es que la PO en localidades grandes se dispersan en una amplia diversidad de actividades. Ver figura online en: <https://public.flourish.studio/visualisation/5275348/>.

En términos generales, gran parte de la población se dedica a las actividades terciarias con énfasis al comercio al por menor y la construcción, y se observa una rol menor de las actividades primarias como medios de vida para la población; en ese sentido, las características económicas del área de estudio de acuerdo con los datos expuestos de los

censos 2000 y 2010 hacen pensar que la trayectorias de estas actividades, al menos en este periodo, no han cambiado y se mantienen relativamente estable a excepción de las actividades agrícolas cuya PO ha disminuido notablemente. Además, otro aspecto importante es la diversidad de actividades productivas que las personas pueden realizar, incluso, al mismo tiempo. Las entrevistas realizadas en campo quedaron de manifiesto esta posibilidad ya que la combinación de actividades en diversos sectores permite a la persona y su hogar tener mayores ingresos y, en cierta medida, es una de las posibilidades que las personas aprovechan por el efecto de la gran ciudad.

En términos de ingresos por las actividades que realizan, el **Cuadro 9** muestra los ingresos mensuales totales por hogar por alcaldía y tamaño de localidad. El ingreso total de los hogares hace referencia a la suma de los ingresos percibidos por los miembros del hogar considerando las remuneraciones por actividades económicas y transferencias por políticas públicas que reciben. Como ya se indicó más arriba, los valores son una aproximación a las características de los hogares en el área de estudio. De acuerdo con el cuadro, el ingreso medio en La Magdalena Contreras en las localidades menor a 2,500 habitantes en el año 2000 fue de \$3,136 mensuales y la mediana, en este caso la mejor medida de tendencia central dada la amplia variabilidad de ingresos (desviación estándar) en el área, fue de \$2509.50 mensuales; para el año 2010, la media fue de \$7,000 mensuales y la mediana de \$6,000 donde se observa un incremento del 136% respecto a la mediana. En Tlalpan, en localidades menores a 2500 habitantes la media fue de \$3,608.98 en el 2000 y la mediana fue de \$2,486. En las localidades de entre 15 mil 20 mil habitantes, en el 2000, el ingreso medio fue de \$6,050.22 y la mediana fue de \$3,200; para el año 2010, la media fue de \$8,647.03 y la mediana de \$6,000.

A lo largo de 10 años, los ingresos totales del hogar parecen haber aumentado, aunque en términos reales, por los efectos inflacionarios, el poder adquisitivo pudo haberse reducido de manera importante.

Cuadro 9. Ingresos mensuales totales por hogar.

Censo	Alcaldías	Tamaño de la localidad	Media	Mediana	Moda	Desviación estándar
2000	La Magdalena Contreras	Menos de 2500 habs	\$ 3,136.33	\$ 2,309.50	\$ 2,143.00	\$ 2,391.57
	Tlalpan	<2500 habs	\$ 3,608.98	\$ 2,895.00	\$ 2,143.00	\$ 2,838.80
		15000 a 19999 habs	\$ 6,050.22	\$ 3,200.00	\$ 3,000.00	\$ 8,998.74
		20000-49999 habs	\$ 3,595.18	\$ 2,357.00	\$ 2,143.00	\$ 4,417.03
2010	La Magdalena Contreras	Menos de 2500 habs	\$ 7,006.06	\$ 6,000.00	\$ 6,429.00	\$ 4,892.45
	Tlalpan	Menos de 2500 habs	\$ 8,647.03	\$ 6,000.00	\$ 4,786.00	\$ 12,345.24
		2500 a 14999 habs	\$ 7,828.21	\$ 5,029.00	\$ 4,286.00	\$ 8,330.66
		15000 a 99999 habs	\$ 8,778.15	\$ 6,429.00	\$ 4,786.00	\$ 7,616.50

Fuente: elaboración propia con base en datos de INEGI (microdatos 2000 y 2010). El cuadro muestra las medidas de tendencia central de los ingresos de los hogares en localidades menores a 50 mil habitantes en las alcaldías de La Magdalena Contreras y Tlalpan. La gran mayoría de las localidades menores a 50 mil habitantes de la Ciudad de México son áreas situadas al sur y gran parte de ellas están dentro del área del suelo de conservación. Los ingresos totales por hogar que se exhiben en el cuadro son una aproximación a los ingresos de los hogares del área de estudio. Como se mostró en la **Figura 34**, 65% de las localidades están dentro de los márgenes de las microcuencas por lo que los ingresos exhibidos son una buena aproximación.

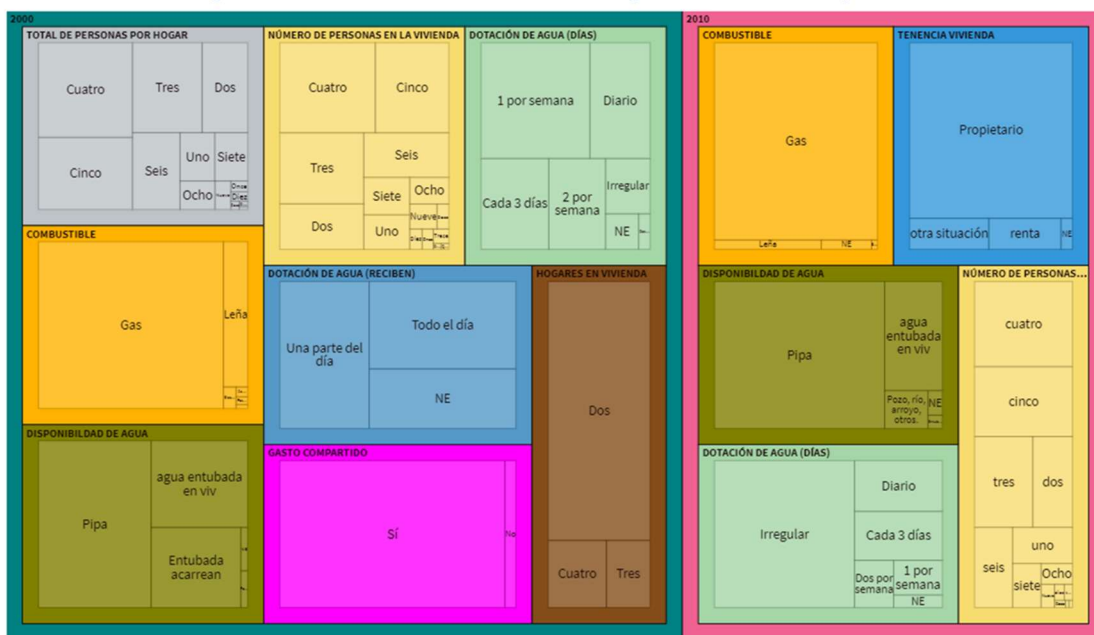
A fin de tener un perfil socioeconómico de los hogares del área de estudio, la **Figura 37** y la **Figura 38** muestran las principales características de las localidades menores a 50 mil habitantes según el Censo 2000, y las localidades menores a 100 mil habitantes según el Censo 2010.

La **Figura 37** presenta 10 variables socioeconómicas del Censo 2000 y 5 variables socioeconómicas del Censo 2010 a nivel de hogares. De los datos más relevantes son el número de hogares por vivienda donde, según el Censo 2000 en el 79.41% de las viviendas hay dos hogares, 11.76% tres hogares y 8.82% cuatro hogares; en cuanto al total de personas por hogar 65.47% tienen 4 miembros o más y, en términos de los gastos comunes del hogar, tenemos que 95.32% manifestaron que sí comparten los gastos. En los datos del Censo 2010, las proporciones de las variables socioeconómicas no muestran importantes cambios.

Otro aspecto importante es en cuanto al abastecimiento de agua; en el Censo 2000, 53.84% en los hogares manifestaron que su principal fuente de abastecimiento es mediante pipas; este porcentaje, en el Censo 2010, pasó a 74.61% lo que confirma, de acuerdo con las entrevistas realizadas en el área de estudio, que este es el principal medio por el cual acceden al consumo del agua. Por su parte, en cuanto al porcentaje de hogares que consumen directamente el agua en la vivienda fue de 23.99% y en el Censo 2010 este valor fue de 18.84%; por su parte, los hogares que extraían agua directamente de manantiales, pozos, arroyos y otras fuentes

similares pasaron de 0.72% en el 2000 a 4.91% en el 2010. Este aumento porcentual refleja sin duda las estrategias de abastecimiento que realizan los hogares ante los escasos de agua de la red pública. Considerando el tipo de abastecimiento por hogar, la frecuencia en cuanto a la dotación de agua es en su mayoría irregular que pueden variar entre una por semana, cada tres días, diario, o irregular.

Figura 37. Características de los hogares censo 2000 y 2010.

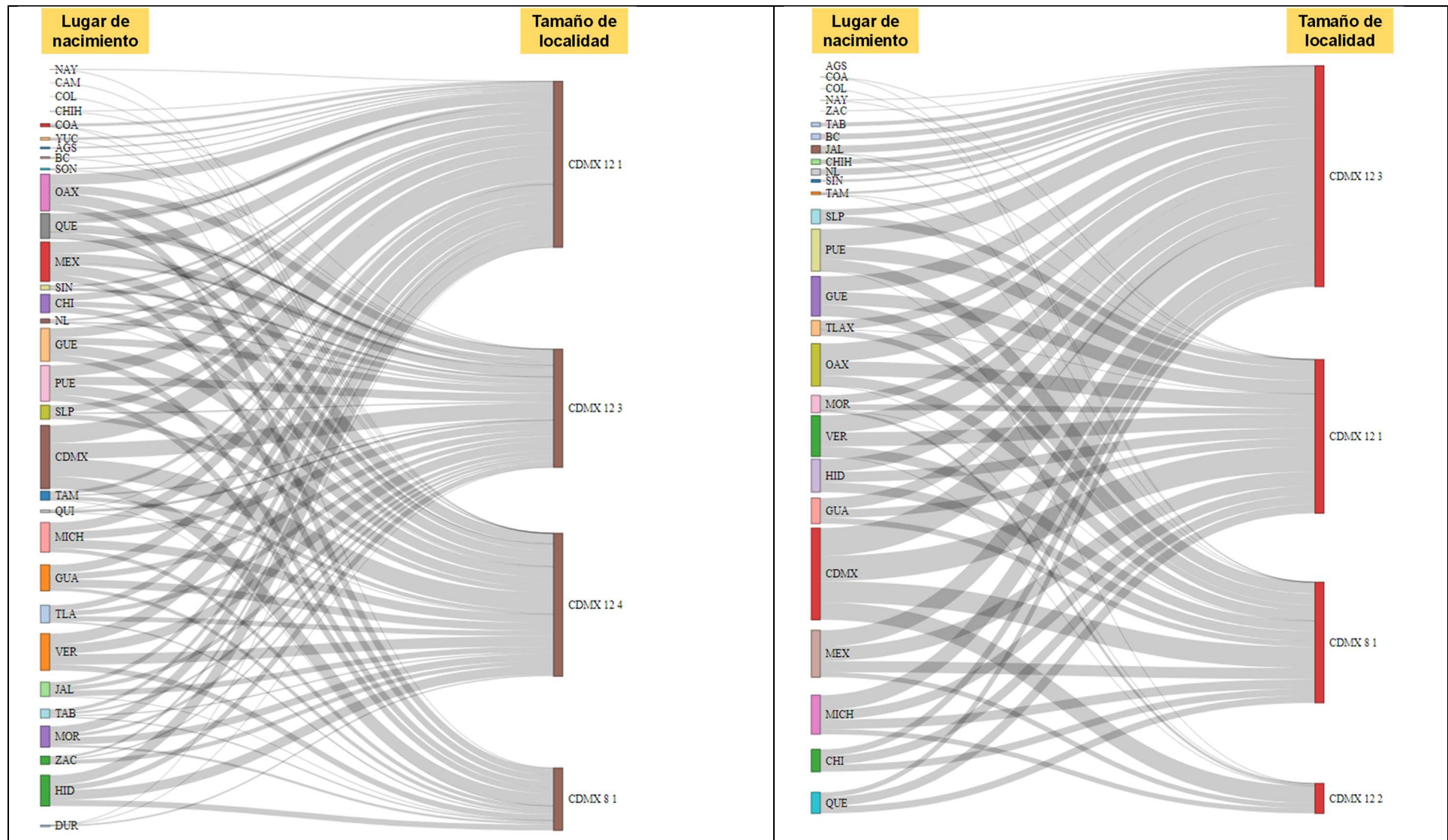


Fuente: elaboración con datos de INEGI, 2000, 2010. La gráfica muestra una aproximación de algunas de las principales características socioeconómicas de los hogares en el área de estudio. Ver figura online: <https://public.flourish.studio/visualisation/5284961/>

Otra característica importante de las localidades del sur de la ciudad es sobre el lugar de nacimiento de los habitantes; estos datos reflejarían en cierta medida los flujos migratorios hacia esta área. La **Figura 38** muestra la entidad de nacimiento de las personas por tamaño de localidad. Como se puede observar, la composición de la población es diversa por su origen siendo mayoría, como es evidente, los nacidos en la Ciudad de México que representaron 76.82% del total de la población según el Censo 2000 y 75.87% en el Censo 2010. De acuerdo con el Censo 2000, la entidad de nacimiento de las personas proviene de los 31 estados de la república, pero con mayor proporción de aquellos que provienen del Estado de México, Veracruz, Oaxaca, Puebla, Guerrero, Hidalgo, Michoacán y Guanajuato que en conjunto suman 19.63%. En el Censo 2010, el porcentaje de los nacidos en la Ciudad de México decrece ligeramente a 75.80%, y los mismos estados suman 21.32%. La entidad de

nacimiento con mayor valor porcentual en el 2000 fue el Estado de México con 3.48% y en el año 2010 fue Oaxaca con 4.24%. Otro aspecto que destacar es que 38.97% de los nacidos fuera de la Ciudad de México habitan en localidades menores a 2500 habitantes, mientras que 60% habita en localidades mayores a 20 mil habitantes.

Figura 38. Flujo de migración interna en localidades menores a 50 mil habitantes en el área de estudio, 2000 y 2010 (escala logarítmica).



Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI. Ver Anexo 2 (o ver anexo 2 en línea en: <https://public.flourish.studio/visualisation/6556454/>)

3.3.2. Caracterización de las actividades primarias

Entre las actividades que realizan los habitantes del área de estudio interesan las dedicadas a las actividades agrícolas ya que las intervenciones en ese sector tienen lugar en el territorio que a nivel nacional se caracteriza por ser un «generador primario» de medios de vida de la población. En el caso de las poblaciones rurales del Sureste de la Ciudad de México del área de estudio, una porción importante son suelos agrícolas, sin embargo, desde 1985 se han perdido alrededor de 1,300 hectáreas siendo el principal factor de cambio los usos hacia suelo urbano. Hoy en día, la superficie agrícola en el área de estudio ocupa cerca de 3,700 hectáreas (Morales, 2021). Los datos que se muestran en el **Cuadro 10** provienen de los Censos Agropecuarios 1991, 2007 y 2016 y de los Censos Ejidales 1991 y 2007. En este cuadro, los valores de la superficie dedicada a las actividades primarias se representan con los datos de las alcaldías La Magdalena Contreras y Tlalpan donde un poco más del 81.50% de la superficie del área de estudio corresponde a la demarcación territorial de estas dos alcaldías, por lo que es una buena aproximación sobre el número de unidades de producción primaria. De acuerdo con el cuadro, de 1991 a 2007 el número de unidades de producción¹⁰ pasó de 3,524 a 2,056 lo que representó una disminución del 41.91% pero que en términos de superficie aumentó 28.78%. Entre 2007 y 2016 parece haber un repunte en el número de unidades de producción primaria al incrementarse en 45%; sin embargo, este aumento podría explicarse por el cambio de captura de la información de unidades de producción a terrenos. No obstante, este cambio no implicó cambios significativos en el número de terrenos; la mayor variación fue en la superficie de los terrenos que aumentó 171% respecto a 2007 llegando a más de 26 mil hectáreas. En cuanto al número de terrenos censados en 2016 que efectivamente realizan algún tipo de actividad primaria se ha reducido en 22% respecto a 1991 y la superficie de estos aumentaron 20%; por otra parte, el total de terrenos sin actividad agropecuaria aumentó 25% entre 1991 y 2016, pero en cuanto a su superficie entre 1991 y 2007 aumentó 639% y entre 2007 y 2016 aumentó descomunalmente en 3,554% en el que hay 568 terrenos con una superficie total 18,026 hectáreas, mientras que el número total de terrenos con actividades primarias fue de 2,401 con una superficie total de 8,516 hectáreas

¹⁰ Una unidad de producción puede estar compuesto por un terreno o más en la cual una sola persona física tiene los derechos directos, indirectos, o en posesión de esta y cuyo responsable la maneja sólo o con su familia, por lo general, la mayoría de las familias poseen un terreno.

(Figura 39). El área rural y suelo de conservación de La Magdalena Contreras está contenido totalmente en el área de las microcuencas (alrededor de 5 mil hectáreas), mientras que 63% del área rural y suelo de conservación de Tlalpan (alrededor de 15 mil hectáreas aproximadamente) está contenida en el área de las microcuencas

Cuadro 10. Cambios de usos en unidades de producción agropecuaria

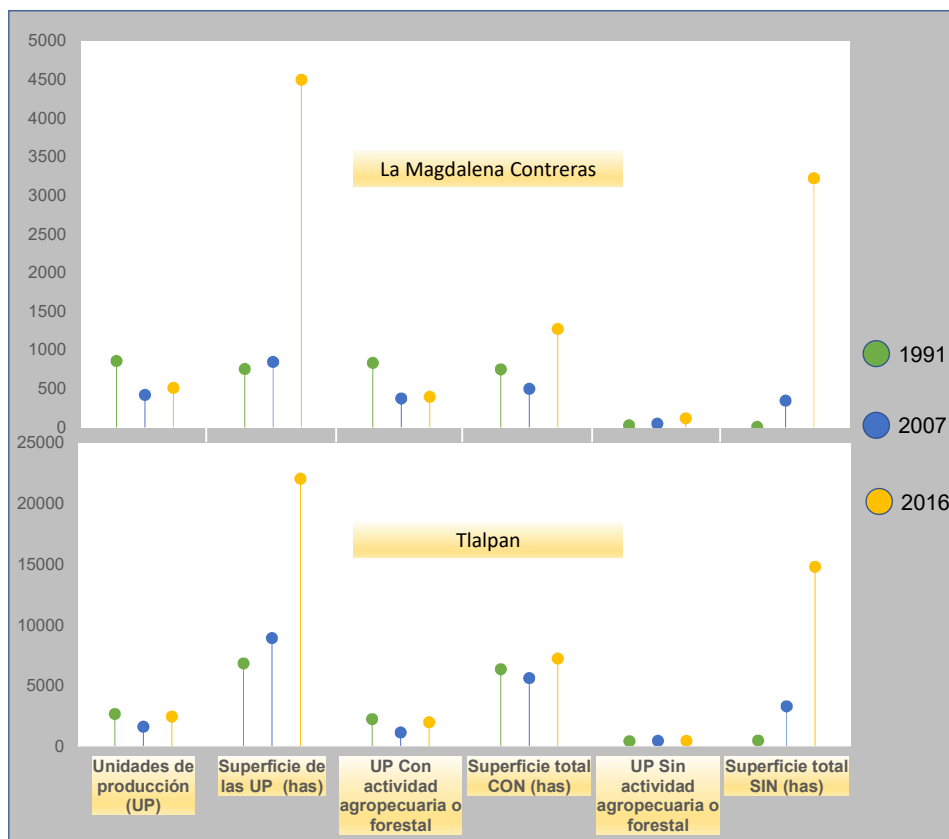
Censo Agropecuario 1991 Censo Ejidal 1991		Unidades de producción	Superficie total (has)	Con actividad agropecuaria o forestal	Superficie total (has)	Sin actividad agropecuaria o forestal	Superficie total (has)	Total de núcleos agrarios	Superficie de los núcleos agrarios
Censo Agropecuario 1991 Censo Ejidal 1991	TOTAL	20078.00	24100.40	17351.00	21558.24	2727.00	2542.16	43.00	59057.00
	COYOACAN	3.00	1.37	3.00	1.37	0.00	0.00	0.00	0.00
	CUAJIMALPA DE MORELOS	1484.00	468.01	1097.00	395.82	387.00	72.19	3.00	2011.00
	GUSTAVO A. MADERO	117.00	91.17	90.00	78.86	27.00	12.31	1.00	66.00
	IZTAPALAPA	15.00	6.80	15.00	6.80	0.00	0.00	0.00	0.00
	MAGDALENA CONTRERAS, LA	860.00	756.24	833.00	750.98	27.00	5.26	4.00	5491.00
	MILPA ALTA	5251.00	7847.81	4581.00	6643.27	670.00	1204.54	9.00	22474.00
	ALVARO OBREGON	842.00	324.60	771.00	303.00	71.00	21.60	5.00	1328.00
	TLAHUAC	5280.00	5023.15	4914.00	4722.76	366.00	300.38	7.00	3560.00
	TLALPAN	2664.00	6839.84	2240.00	6351.83	424.00	488.01	10.00	23142.00
XOCHIMILCO	3562.00	2741.42	2807.00	2303.54	755.00	437.88	4.00	985.00	
Censo Agropecuario 2007 Censo Ejidal 2007	TOTAL	17067.00	26571.24	11881.00	19691.84	5186.00	6879.40	37.00	56768.60
	COYOACAN	*	4.00	*	0.00	*	4.00	*	*
	CUAJIMALPA DE MORELOS	232.00	215.11	182.00	94.26	50.00	120.85	*	2285.00
	GUSTAVO A. MADERO	4.00	0.16	0.00	0.00	4.00	0.16	-	-
	IZTAPALAPA	14.00	1.89	13.00	1.39	1.00	0.50	-	-
	MAGDALENA CONTRERAS, LA	420.00	845.91	373.00	499.53	47.00	346.38	3.00	5498.00
	MILPA ALTA	6596.00	8812.43	5420.00	7485.32	1176.00	1327.11	8.00	21102.00
	ALVARO OBREGON	186.00	158.96	165.00	140.78	21.00	18.19	*	773.00
	TLAHUAC	3550.00	4497.47	2601.00	3566.57	949.00	930.89	7.00	2602.00
	TLALPAN	1627.00	8936.50	1145.00	5635.02	482.00	3301.48	10.00	23270.25
XOCHIMILCO	4418.00	3085.90	1966.00	2258.76	2452.00	827.14	4.00	1238.35	
	14.00	2.26	13.00	1.56	1.00	0.70			
Censo agropecuario 2016	TOTAL	21146.00	69641.57	14026.00	33569.03	7120.00	36072.53	9295.00	52715.23
	COYOACAN	-	-	-	-	-	-	-	-
	CUAJIMALPA DE MORELOS	164.00	3874.72	104.00	1209.67	60.00	2665.05	29.00	2604.22
	GUSTAVO A. MADERO	-	-	-	-	-	-	-	-
	IZTAPALAPA	-	-	-	-	-	-	-	-
	MAGDALENA CONTRERAS, LA	511.00	4497.56	395.00	1274.22	116.00	3223.34	460.00	3192.44
	MILPA ALTA	8248.00	26976.29	5776.00	18977.89	2472.00	7998.40	2522.00	20263.64
	ALVARO OBREGON	203.00	2597.69	150.00	107.78	53.00	2489.91	193.00	1956.57
	TLAHUAC	4269.00	4641.63	2956.00	2545.04	1313.00	2096.59	1619.00	1764.69
	TLALPAN	2458.00	22045.21	2006.00	7241.86	452.00	14803.35	2214.00	21329.15
XOCHIMILCO	5293.00	5008.46	2639.00	2212.58	2654.00	2795.88	2258.00	1604.52	

Fuente: elaboración propia con datos de INEGI

En general, la reducción del número de terrenos y la ampliación de éstas en términos de superficie posiblemente se vincula con el proceso de abandono de los terrenos agrícolas en el cual sus propietarios van cediendo o vendiendo sus derechos de usufructo o, de acuerdo con las entrevistas en el área de estudio, la fragmentación del territorio es cada vez mayor

por lo que espacios que antes no eran considerados terrenos, ahora lo son y dan paso a su posible compra-venta para usos agropecuarios o urbanos.

Figura 39. Cambios de usos en unidades de producción agropecuaria



Fuente: elaboración propia con datos de INEGI

Respecto a las actividades que se realizan en las unidades de producción primaria encontramos una diversidad de cultivos, pero cuya superficie cultivada varía ampliamente y está distribuida en 40 áreas geoestadísticas básicas rurales (AGEB-Rural) con un total de 2,401 unidades de producción (INEGI, 2016).

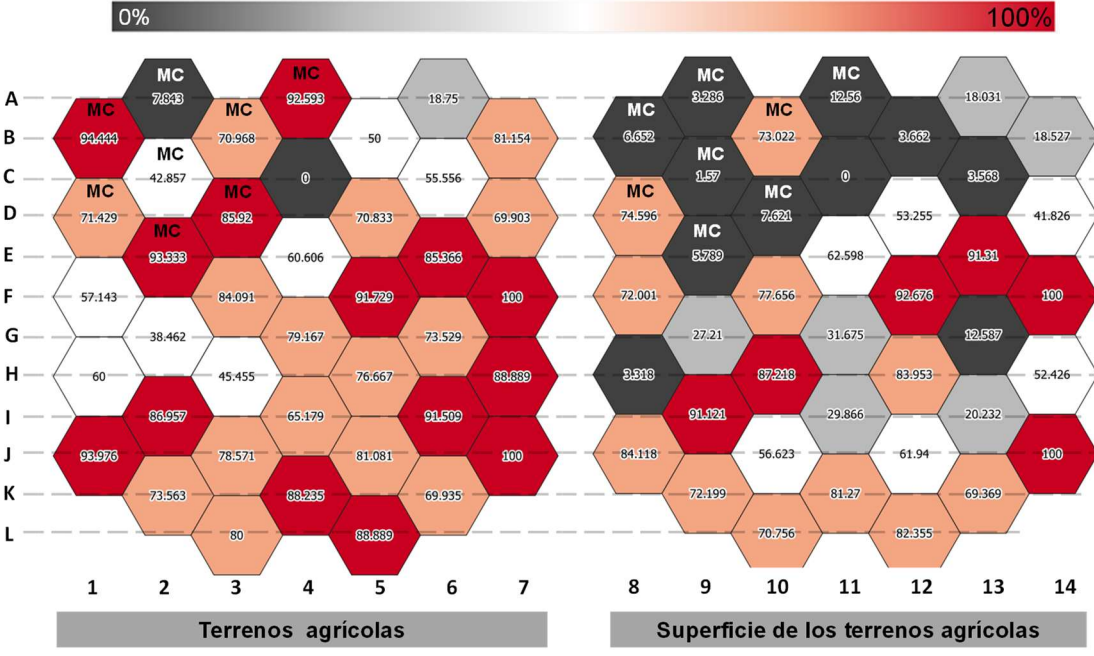
Como se observa en la **Figura 40**, un gran número de las AGEB-Rural tienen predominancia en las actividades agrícolas ya que el porcentaje de terrenos y superficie dedicado a tales actividades en muchos casos rebasa el 50%; por ejemplo, 100% de los terrenos de la AGEB-Rural J-7 son terrenos dedicados a la agricultura y 100% de su superficie (J-14) son agrícolas.

Mientras que la AGEB-Rural I-6, 91.5% de sus terrenos son agrícolas, pero esos terrenos solo representan 20.2% de la superficie total de los terrenos (I-13), lo que implica que 8.5%

de los terrenos representa el 79.8% de la superficie total de los terrenos en esa AGEB-Rural no dedicada a la agricultura. Es decir, podemos encontrar AGEB-Rurales con muchos terrenos agrícolas, pero en términos de superficie pueden representar tan solo una pequeña fracción de la superficie total de los terrenos en el área que, como se ha indicado anteriormente pueden ser, en su mayoría, terrenos sin ninguna actividad primaria.

La mayoría de las AGEB-Rurales que se encuentran en la interfaz entre lo rural y urbano tienen un porcentaje alto de terrenos agrícolas, pero que en términos de superficie apenas ocupan una pequeña fracción de la superficie total de terrenos. Esto se traduce en terrenos con alto potencial de convertirse en zona urbanizable. Pero al mismo tiempo nos indica un número importante de terrenos que son usados como generadores de medios de vida, aunque estos sean pequeños.

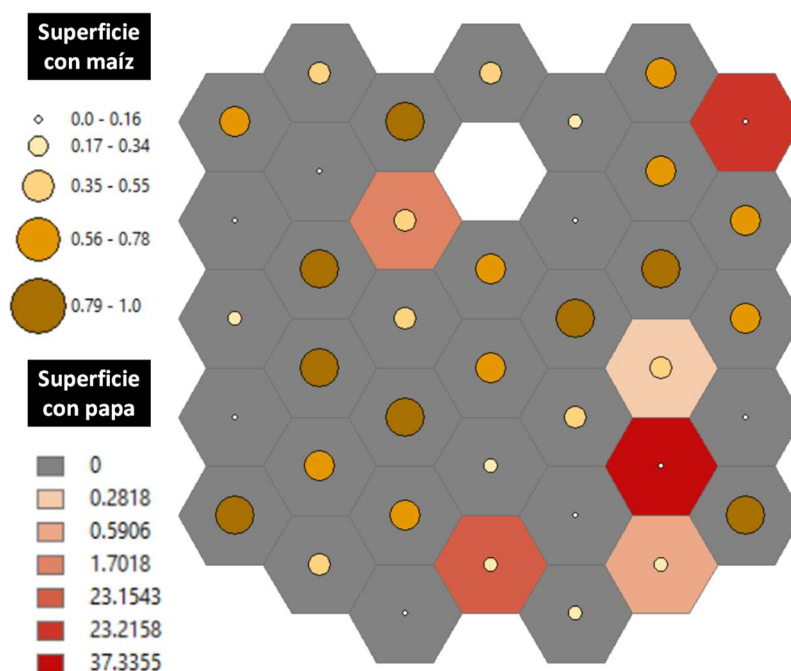
Figura 40. Cartograma. Porcentaje de terrenos con actividades agrícolas y su superficie por AGEB-Rural, 2016.



Fuente: Elaboración propia del INEGI, AMCA-2016. Cada hexágono es una representación espacial de cada AGEB-Rural y aquellos con las etiquetas MC representan las AGEB rurales de la Magdalena Contreras; el resto corresponde a Tlalpan. En el cartograma «Terrenos Agrícolas» se muestra el porcentaje que ocupan los terrenos agrícolas respecto al total de terrenos dedicadas a la actividad primaria en cada AGEB-Rural, mientras que el cartograma «Superficie de los terrenos agrícolas» muestra el porcentaje que ocupan los terrenos agrícolas respecto a la superficie total de los terrenos dedicadas a la actividad primaria. Por ejemplo, el hexágono izquierdo en color negro con valor 0% indica cero terrenos en actividades agrícolas y ese mismo hexágono del lado derecho indica la superficie que en esta también es cero.

En los terrenos agrícolas se cultivan alrededor de 50 tipos de cultivos, pero entre los más relevantes en términos de superficie sembrada y valor de la producción son la avena, maíz y papa. Las últimas dos se representan en la **Figura 41** donde podemos observar que en la mayoría de las AGEB-Rurales se cultivan maíz, pero con una mayor proporción en las zonas centrales del área de estudio, particularmente, en la microcuenca El Zorrillo y San Buenaventura que coincide mayormente con el territorio de la comunidad San Miguel y Santo Tomás Ajusco donde encontramos AGEB-Rurales con importantes superficies cultivadas de maíz, y los polígonos con los colores degradados de marrón a gris representan la superficie cultivada de papa donde solo se identifican seis AGEB-Rurales con este tipo de cultivo, y las áreas con mayor superficie cultivada se localizan en la zona sureste de las microcuencas próximos a la comunidad de San Miguel y Santo Tomás Ajusco.

Figura 41. Cartograma. Superficie con maíz y papa, 2016.

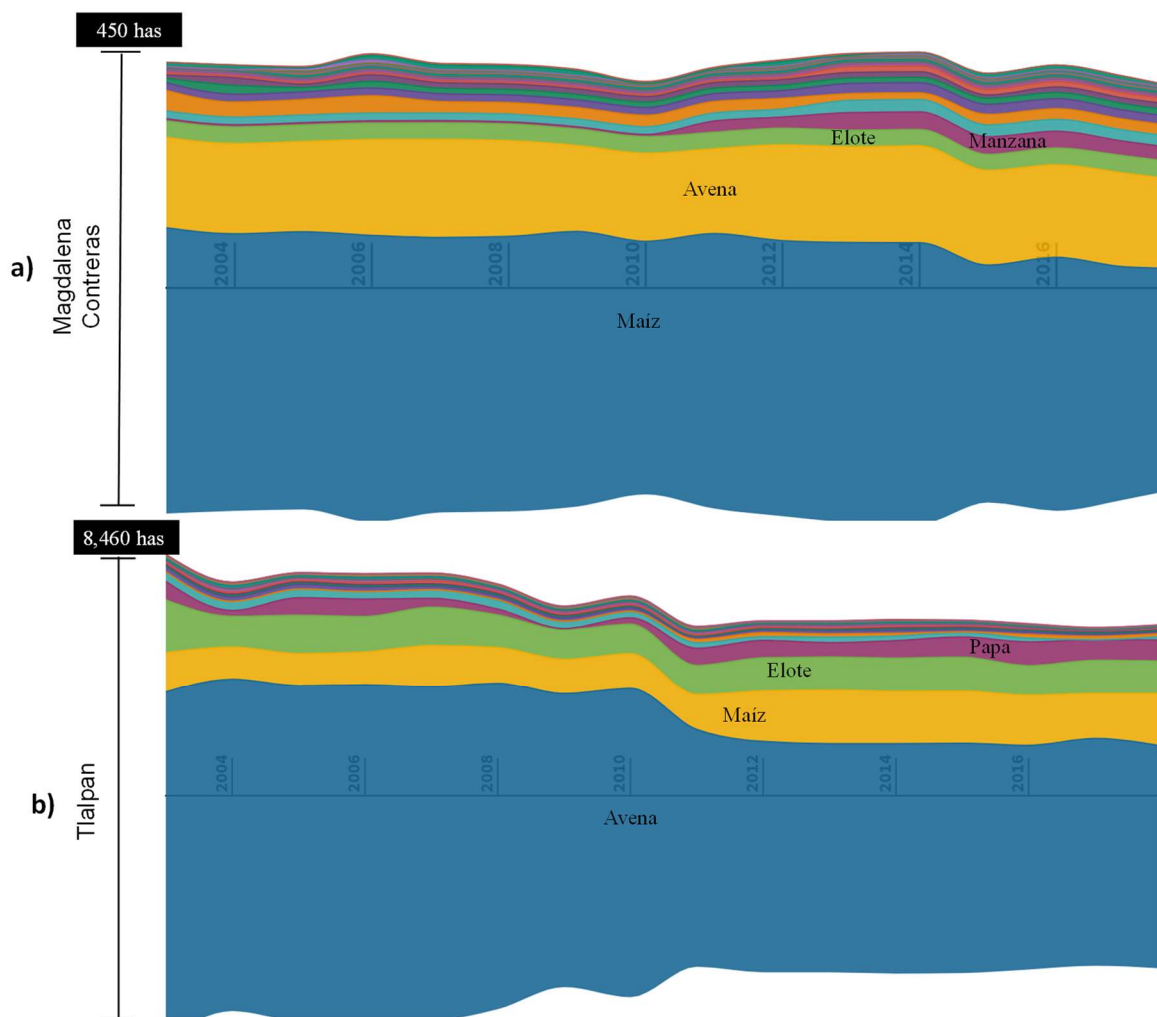


Fuente: Elaboración propia del INEGI, AMCA-2016. La superficie con maíz está representada en términos proporcionales respecto a la superficie agrícola de cada AGEB-Rural; mientras que la superficie con papa son las hectáreas totales dedicadas a ese cultivo.

La proporción de terrenos agrícolas en áreas de cultivo de papa es superior al 70% pero en términos de superficie es muy variable encontrando AGEB-Rurales con superficie agrícola alrededor del 70% y otros menores al 20%, pero en las AGEB-Rurales vecinas hay terrenos agrícolas con una importante superficie que, en algunos casos, es superior al 90% que podría traducirse en terrenos agrícolas con potencial de convertirse en áreas de cultivo de papa bajo la premisa geográfica del contagio espacial (Vinuesa, 2000), debido a que el cultivo de papa podría considerarse como un principal generador de medios de vida.

En la **Figura 42** podemos ver la tendencia temporal de los principales cultivos y en ella se observa la reducción ligeramente gradual de la superficie cultivada de maíz en el área de La Magdalena Contreras cuya producción en 2018 fue un poco menos de 200 hectáreas, pero que en suma con las superficies del resto de los cultivos, la superficie agrícola total del área permanece; caso contrario a lo observado en el área de Tlalpan donde se observa la reducción gradual de la superficie agrícola, pero con un ligero aumento de la superficie cultivada de papa a partir del año 2012 alcanzando en 2018 una superficie total de 365 hectáreas cosechadas con un valor de producción de cerca de 103 millones de pesos con un rendimiento de 38 toneladas por hectárea y un precio medio por tonelada de \$7,256 (SIAP, 2019); por su parte, el valor de la producción de las más de 1,100 hectáreas cosechadas de maíz es de 7.5 millones de pesos.

Figura 42. Principales cultivos con mayor superficie 2003-2018.



Fuente: elaboración propia con datos de SIAP-SAGARPA, 2019.
 Figura 41.a online en: <https://public.flourish.studio/visualisation/6494560/> y
 figura 41.b en <https://public.flourish.studio/visualisation/6494630/>

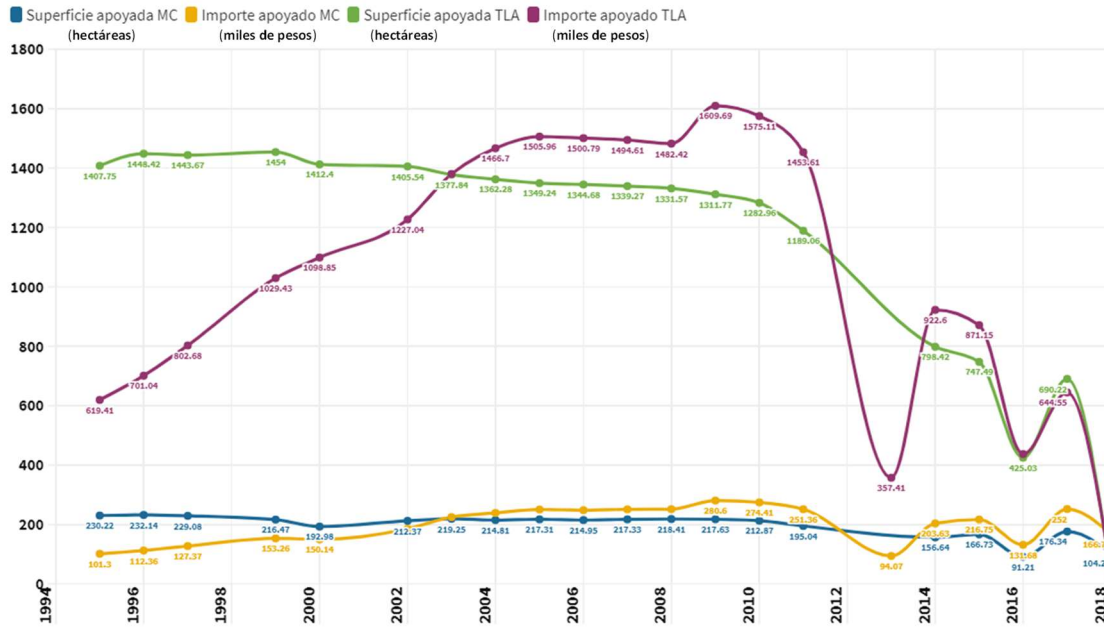
3.3.3. Ingresos por políticas públicas agrícolas y ambientales

Además de las actividades primarias, secundarias y terciarias que realizan los hogares para obtener sus medios de vida, existen otros medios que derivan de las transferencias por las políticas públicas. Entre éstas están los ingresos por políticas agrícolas y ambientales, siendo esta última uno de los principales factores por los cuales las personas, hogares con derecho de usufructo de los recursos naturales generan medios de vida a partir de la conservación de estos recursos mediante una serie de actividades tales como limpieza de barrancas, brechas corte fuego, tinas ciegas, etc.

En la **Figura 43** podemos ver las inversiones que se han realizado desde las políticas agrícolas federales del programa PROCAMPO/ProAgro en el periodo 1995-2018. Las inversiones anuales son la suma de las inversiones por cada beneficiario. Las líneas azul y amarilla de la *figura* corresponden a las inversiones en La Magdalena Contreras y la superficie donde se ejerció la inversión, mientras que las líneas verde y marrón corresponde a Tlalpan. Lo que se observa es la reducción paulatina de la superficie apoyada con una mayor pendiente en Tlalpan y, en La Magdalena Contreras, la superficie apoyada para mantenerse a lo largo del periodo. Las reglas de operación de PROCAMPO/ProAgro otorgan los apoyos a todas las solicitudes que demuestren la propiedad de los terrenos y que en ella se desarrollen actividades agrícolas. Por lo tanto, si las superficies apoyadas se han reducido en este periodo tiene mucho que ver con el aumento exponencial de los terrenos sin ninguna actividad primaria. Por lo tanto, la disminución de los terrenos con actividades agrícolas repercute directamente en el monto total de los recursos destinados a la política agrícola.

En 2018, en La Magdalena Contreras se invirtieron cerca de 200 mil pesos en 104 hectáreas y en Tlalpan cerca de 50 mil pesos en 28 hectáreas. La suma total de los apoyos durante el periodo considerado fue de \$4,166,031.41 en La Magdalena Contreras y \$22,225,277.69 en Tlalpan; aunque las inversiones totales de la política agrícola son raquíticas en comparación con las inversiones que se realizan en otros sectores de la actividad económica, éstas no dejar de ser medios de vida que importantes para muchos hogares cuyas actividades se desarrollan en este sector.

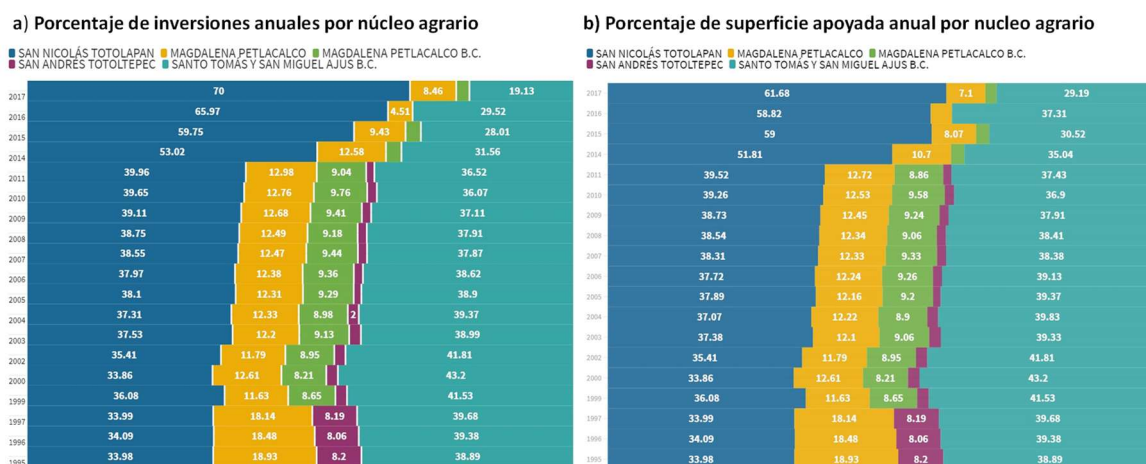
Figura 43. Inversiones agrícolas del programa PROCAMPO/ProAgro 1995-2018 en las 4 microcuencas (miles de pesos/miles de hectáreas).



Fuente: elaboración propia con base en Sagarpa, 2019.
 Ver figura online: <https://public.flourish.studio/visualisation/5011015/>

Una mirada más de cerca sobre las inversiones agrícolas a nivel de los núcleos agrarios del área de estudio se muestra en la *figura 21* donde los valores corresponden de 1995 a 2017 y son los datos de cinco de los seis núcleos agrarios (NA) del área de estudio. Las inversiones totales en estos NA en el periodo considerado son de cerca de 10 millones de pesos donde San Nicolás Totolapan (SNT) y San Miguel y Santo Ajusco (SMySTA) concentraron el 78.31% de las inversiones totales. Como se muestra en la *figura 21*, desde 1995 las inversiones se han dirigido en su gran mayoría hacia estos dos núcleos agrarios, pero conforme los años avanzaron el porcentaje de las inversiones anuales en SMySTA fueron a la baja, mientras que en San Nicolás Totolapan crecieron. El ejido Magdalena Petlalcalco es el tercero con mayor inversión, pero se observa cómo gradualmente disminuye hasta llegar a un ligero repunte en 2017 con 8.86% de las inversiones que representa el 7.1% de la superficie total apoyada. En ese mismo año, la superficie total apoyada en SNT y SMySTA fue del 70% y 19.13 respectivamente, y la superficie apoyada representó 61.68% y 29.19% del total respectivamente.

Figura 44. Inversiones agrícolas del programa PROCAMPO/PRO-Agro por núcleos agrarios.



Fuente: elaboración propia con datos PROCAMPO/PRO-Agro. a núcleos agrarios del área de estudio y superficie apoyadas (% de inversión por núcleo agrario respecto al total de las inversiones en los cinco NA).

Fig.43.a: <https://public.flourish.studio/visualisation/5011255/>,

Fig 43.b: <https://public.flourish.studio/visualisation/5019678/>

Además de las políticas agrícolas cuyas intervenciones en el territorio son directas, las inversiones por políticas públicas ambientales también han tenido fuerte presencia desde el año 2000 con la implementación de diversos programas que se operacionalizan con una serie de actividades en el territorio para la conservación de los bosques. La **Figura 45** muestra esta diversidad de programas por tipo de proveedor y por núcleo agrario. Las inversiones del gobierno federal provienen de la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) donde el programa de Pago por Servicios Ambientales hidrológicos es el de mayor importancia en términos del monto de inversión; en 4 de los núcleos agrarios indicados en esta *figura* recibieron el financiamiento donde se observa que es el principal ingreso para la realización de actividades de conservación. En cuanto a las inversiones del gobierno local de la Ciudad de México se detectaron al menos tres programas de inversión en el sector ambiental cuya presencia en el territorio es de igual importancia o relevancia en términos de los montos invertidos, los fondos provienen de la Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México, y lo que destaca de esto es la preponderancia de las inversiones que realiza el gobierno local mediante las cuales los núcleos agrarios realizan actividades de protección, restauración y conservación tanto de los bienes ambientales así como de los servicios ecosistémicos.

Estas medidas constituyen no solo esfuerzos para conservar los recursos naturales, sino que también representan modalidades por las cuales las personas diversifican sus medios de vida. Por lo tanto, en la medida en que las políticas públicas ambientales representan ingresos para los poseedores de los derechos de propiedad, éstos tendrán los incentivos para realizar los esfuerzos en mantener o mejorar la calidad de los recursos naturales.

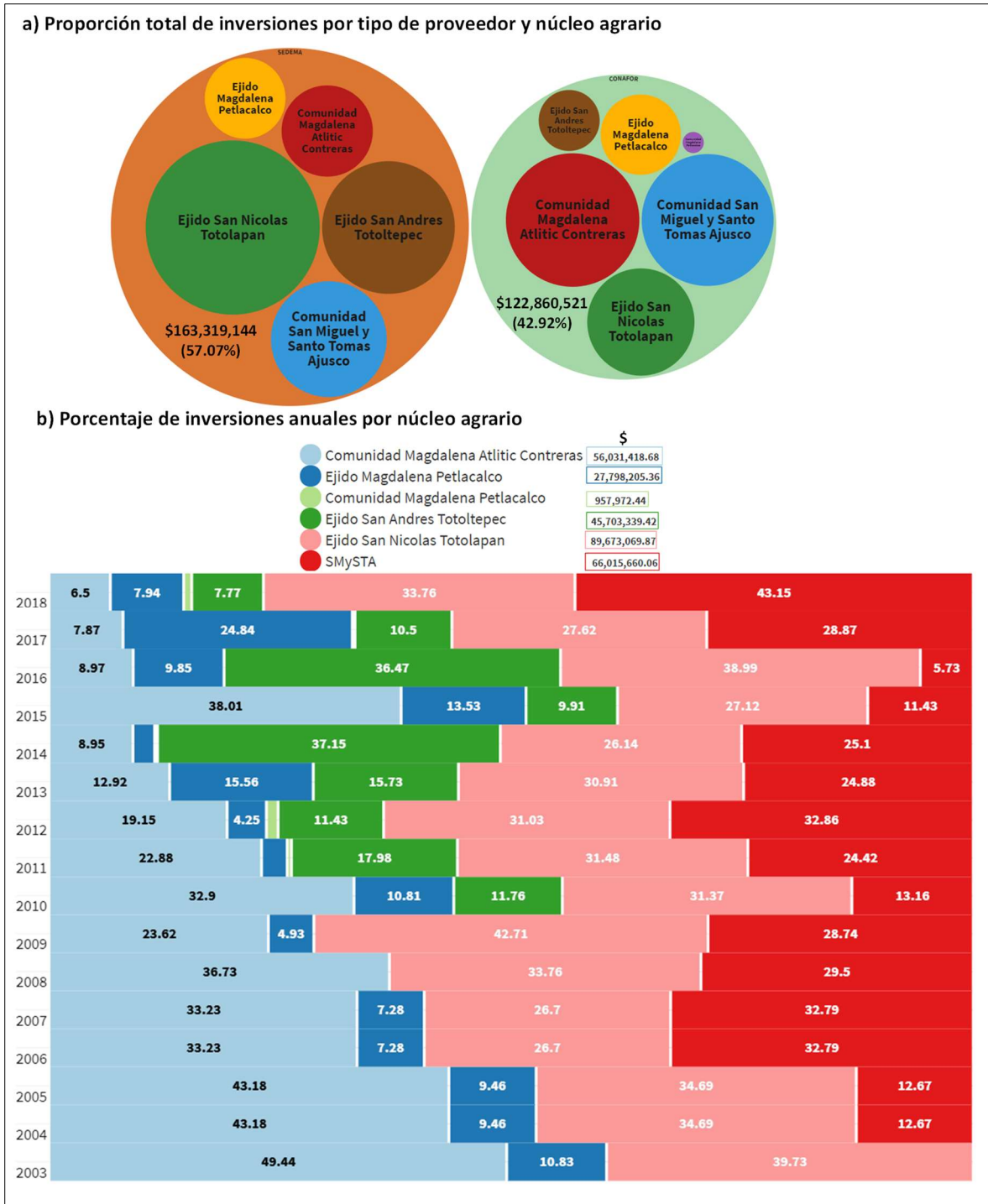
Figura 45. Inversiones por políticas públicas ambientales según tipo de proveedor, por núcleo agrario y tipo de programa.



Fuente: elaboración propia con datos de Moreno, S/A. Periodo 2003-2018 en núcleos agrarios del área de estudio. Cada segmento es proporcional a las inversiones totales de cada categoría. Para mayores detalles ver figura en línea en <https://public.flourish.studio/visualisation/6556642/>

La **Figura 46** sintetiza las inversiones ambientales totales realizadas entre 2003 y 2018 en el área de las microcuencas por cada núcleo agrario. En los cinco núcleos agrarios se han invertido más de 286 millones de pesos de los cuales 57.07% son inversiones locales y 42.93% son inversiones federales (**Figura 46.a**). Algo importante recalcar es que los periodos de inversión de las fuentes federales son de 2003 a 2018, mientras que las fuentes locales son de 2010 a 2018 lo que hace que las inversiones anuales sean superiores en las fuentes locales. De los cinco núcleos agrarios, San Nicolás Totolapan, San Miguel y Santo Tomas Ajusto y Magdalena Atlitic concentran el 74% del total de las inversiones. Estos tres núcleos agrarios son lo que reciben la mayor parte de las inversiones tanto las de CONAFOR como las de SEDEMA.

Figura 46. Inversiones por políticas públicas ambientales en núcleos agrarios del área de estudio 2003-2018.



Fuente: elaboración propia con datos de Moreno, S/A. Este diagrama de círculos jerárquicos muestra las inversiones de la CONAFOR y SEDEMA. Los círculos son proporcionales a las inversiones totales de cada categoría. Ver figura online: Fig.45.a: <https://public.flourish.studio/visualisation/5346129/> Fig.45.b: <https://public.flourish.studio/visualisation/5351264/>

A nivel de núcleos agrarios, la distribución de las inversiones ha variado en el tiempo; por ejemplo, el caso de Magdalena Atlitic, en 2004 concentraba el 49.44% de las inversiones totales realizadas en ese año, pero de ahí en adelante, el porcentaje correspondiente a cada año tendió a disminuir teniendo un aumento fuerte en 2015, pero en 2018 fue tan solo 6.5% del total de las inversiones ambientales. En lo que respecta a San Miguel y Santo Tomas Ajusco (SMySTA), los valores porcentuales anuales son irregulares; en 2004 y 2005 recibieron el 12.67%, en los siguientes dos años (2006 y 2007) aumentaron a 32.79%, pero en 2010 bajaron a 13.16%, pero en los próximos años aumentarían el porcentaje hasta bajar considerablemente en 2016 registrando tan solo 5.73% de las inversiones totales en ese año. Por su parte, San Nicolas Totolapan ha mantenido los niveles de inversión sin mayores cambios.

Las implicaciones de las variaciones en las inversiones en cada núcleo agrario tienen fuertes alcances en las formas en que las personas procuran sus medios de vida; por ejemplo, la garantía de un ingreso anual por conservar los bosques incentivaría la conservación a largo plazo, mientras que los núcleos agrarios sin tal garantía o declive de las inversiones ambientales podría incentivar cambios en las formas de usufructo de los recursos naturales mediante extracciones directas.

Como se intuye, estas variaciones en sistemas de recursos naturales, así como de las características socioeconómicas y los impactos de las políticas públicas agrícolas y ambientales tiene mucho que ver con la capacidad de gestión y organización de los núcleos agrarios, concretamente en el sistema de gobernanza existente en los núcleos agrarios, donde la calidad y cantidad de los sistemas de recursos naturales estarán en función de esas diferencias. En esencia, los núcleos agrarios que han logrado diversificar sus medios de vida hacia actividades sustentables tendrán mayores posibilidades de conservar sus recursos que aquellos que no. Bajo esta premisa, el siguiente capítulo aborda como estudio de caso tres núcleos agrarios: SMySTA, Magdalena Atlitic y San Nicolas Totolapan donde se explorará y expondrán elementos en torno a la idea de los Medios de Vida Sustentables como punto de apalancamiento para la sustentabilidad de los recursos forestales y servicios ecosistémicos.

4. Medios de Vida Sustentable y Trayectoria Socio-Ecológica del área de estudio

En 1981, Alfonso Reyes H. realizó un estudio descriptivo de la comunidad de San Miguel y Santo Tomás Ajusco, uno de los núcleos agrarios de la presente investigación. En su documento titulado «Ajusco: Mirador de México» exploró las condiciones socioeconómicas y ambientales de la comunidad, y una de las particularidades a destacar sobre su escrito fue respecto el tamaño de la población que el observó en ese año. De 1960 a 1978, Reyes H. (1982) asumió que la población se había duplicado en ese periodo debido, en parte, por la reducción de la tasa de mortalidad, pero otro porcentaje lo adjudicó por la llegada de nuevos habitantes por la expansión urbana de la hoy Ciudad de México. Sin embargo, Reyes H. no proyectó que factores externos incrementarían de manera exponencial la tasa de crecimiento poblacional como el ocasionado por el sismo de 1985. De modo que, para 1990 la población en el Ajusco había alcanzado los 12,173 habitantes, es decir, 159 % más que la población existente en 1970 (bastante encima de lo estimado por Reyes, H.), y un crecimiento de más del 530% si se toma en cuenta el total de habitantes en el año 2010.

Estos cambios poblacionales no solamente son propios de los núcleos agrarios de la Ciudad de México, pero sí el ritmo de crecimiento poblacional que es mayor que en cualquier otra región dado que se trata de una región megalopolitana que demanda, entre otros factores, usos de suelo para vivienda y, sobre todo, servicios ecosistémicos donde la zona sur de la ciudad es la principal fuente de recarga hídrica lo que la ha convertido en receptora de una serie de medidas de políticas ambientales encaminadas a la conservación de los recursos naturales.

A pesar de la importancia de los bienes y servicios ambientales de esta zona, los asentamientos humanos siguen expandiéndose a costa de usos de suelo agrícola y forestal, principalmente. En consecuencia, desde inicios de la década de los setenta, la mayoría de los cascos urbanos de los núcleos agrarios, que estaban claramente delimitados, pasaron a ser parte de la zona conurbada de la Ciudad de México, a excepción de los cascos urbanos «más alejados» tal como el pueblo de Ajusco que aún sigue manteniendo distancia respecto a la gran ciudad. Estos procesos poblacionales y de expansión urbana, entre otros factores, han

traído como consecuencias cambios en los medios de vida de la población de los núcleos agrarios.

Por motivo de la decadencia de ciertos sectores productivos, los comuneros y ejidatarios han transitado de un sector a otro para la obtención de sus medios de vida. Si en algún momento la agricultura y las actividades forestales fueron la principal actividad para la obtención de medios de vida, los procesos de cambio antes mencionados han fomentado la diversificación de los medios de vida donde los habitantes han transitado de una actividad a otra sin dedicarse exclusivamente a una sola.

Aunque los hogares adoptan diversas estrategias para la generación de sus medios de vida, no implica que, en los términos de la conservación ambiental, sus actividades estén alineadas a estos propósitos. Sin embargo, sin importar qué estrategias adoptan los hogares, a mayor diversificación mayor resiliencia ante la presencia de impulsores de cambio que puedan afectar la obtención de sus medios de vida.

De entre las diversas actividades que los comuneros y ejidatarios realizan— todo aquello vinculado a las formas de asegurar su subsistencia— el de Medios de Vida Sustentable es el más relevante debido a que complementan o garantizan no sólo el sustento de los hogares, sino que también amortiguan los procesos de degradación de la naturaleza, pues, bajo ciertos casos, esta relación de dependencia entre medios de vida y permanencia del stock del recurso natural posibilita en el corto, mediano y largo plazo la conservación de éste.

Evidentemente, estas situaciones de dependencia no se manifiestan de manera extendida en el territorio. Los Medios de Vida Sustentable han surgido bajo ciertos contextos socioeconómicos, políticos e institucionales que han permitido a los poseedores de los derechos de propiedad usufructuar con sus recursos naturales a partir de la puesta en marcha de una serie de proyectos cuyo objetivo es la generación de ingresos y la conservación de la naturaleza. Como es lógico, han puesto en práctica diversas actividades para garantizar la preservación, dado que, entre los valores que se le asignan al stock de un determinado recurso natural, el de valores de uso indirecto (por turismo) representan para ellos el de mayor beneficio colectivo. Esto es así cuando los usos se realizan bajo las normatividades vigentes en el territorio ya que, cómo se ha mencionado, existen valores de uso directo que pueden proporcionar mayores beneficios particulares.

Aunado a lo anterior, por la escasez de agua en la zona metropolitana de la Ciudad de México, las políticas federales y locales de conservación ambiental han focalizado sus esfuerzos para conservar los recursos forestales del área de estudio porque estos proveen servicios ecosistémicos hídricos importantes para la ciudad. Esto ha implicado la transferencia de importantes recursos hacia los propietarios de las tierras ejidales y comunales y que se ha traducido en ingresos adicionales para los hogares.

En suma, las actividades turísticas vinculadas a la conservación forestal y las transferencias gubernamentales por políticas públicas de conservación son los principales factores que promueven los Medios de Vida Sustentable. Sin embargo, sus resultados son variables dado que las estructuras de los núcleos agrarios presentan situaciones diferenciadas.

En los siguientes apartados se discutirán las formas en que tres núcleos agrarios han incluido Medios de Vida Sustentable como estrategia para la diversificación de ingresos y los resultados que han alcanzado en torno a la conservación forestal (apartado 4.1). Posteriormente, se discutirá de manera integrada cómo las diferencias en la estructura organizacional de los ejidos y comunidades arrojan resultados que divergen en torno a los objetivos de la conservación donde unos están más próximos a éstos y otros muy alejados (apartado 4.2.). Por su parte, en el apartado 4.3 se discutirá cómo los Medios de Vida Sustentable y estructuras de gobernanza ejidal y comunitario pueden funcionar como Puntos de Apalancamiento para la sustentabilidad del sistema socio-ecológico.

La selección de los tres núcleos agrarios se justifica principalmente porque estos son los más representativos en términos de superficie que, en suma, poseen el 67.4% del territorio de las microcuencas. Además, son núcleos agrarios con estructuras sociales diferenciadas, donde convergen o divergen intereses de actores sociales en cuanto al uso de los recursos forestales de uso común.

4.1. Actividades productivas mediante Medios de Vida Sustentables en tres núcleos agrarios del Suelo de Conservación

Una de las características que distingue a los territorios rurales periurbanos, en particular para el caso de los territorios rurales en el contexto metropolitano de la Ciudad de México, es la

relativa facilidad en que los pobladores rurales han logrado diversificar sus ingresos focalizando sus actividades en el sector secundario y terciario. Esta posibilidad ha permitido, en parte, el desarrollo de actividades sustentables como medio para complementar los ingresos de los hogares. Si bien existen casos donde la principal actividad son los Medios de Vida Sustentables, un número importante de comuneros y ejidatarios dependen de la diversificación de sus fuentes de ingresos. Estas situaciones se presentan en los tres núcleos agrarios, aunque se manifiestan en menor o mayor medida en uno y otro.

La situación ideal para el sistema socio-ecológico es que haya diversificación productiva y que las actividades de conservación y otras actividades sustentables que realizan los comuneros y ejidatarios fueran elementos esenciales para frenar los procesos de deforestación. Sin embargo, las estrategias de diversificación de medios de vida son heterogéneas y no siguen las mismas pautas para la sustentabilidad.

De entre los Medios de Vida Sustentable, las transferencias gubernamentales por actividades de conservación no siempre son las más adecuadas para promover la conservación de los bosques en el largo plazo. De acuerdo con el trabajo de campo realizado, la conservación de los bosques a largo plazo tiende a ser funcional cuando existe diversificación de fuentes de Medios de Vida Sustentable, es decir, cuando los factores que determinan los medios vida sustentable dependen no sólo de transferencias gubernamentales, sino también de iniciativas locales de aprovechamiento indirecto de los recursos forestales y del que los comuneros y ejidatarios puedan obtener ingresos, entonces, esa situación de acción favorece al sistema socio-ecológico.

En los tres subapartados siguientes se trazan las trayectorias históricas de cada uno de los tres núcleos agrarios en torno al uso de sus recursos forestales, y cómo contextos locales, regionales, nacionales e internacionales modificaron las formas y el ritmo de usufructo de estos recursos. En cada caso de análisis se concluye con un análisis de las situaciones y condiciones que permitieron el desarrollo o formación de Medios de Vida Sustentables. Finalmente, el subapartado concluye con una síntesis general de la Trayectoria Socio-Ecológica basado en los medios de vida con énfasis en los Medios de Vida Sustentables.

4.1.1. Medios de vida basados en los recursos naturales: el caso de San Miguel y Santo Tomás Ajusco

Hoy en día, la comunidad de San Miguel y Santo Tomás Ajusco (SMySTA) tiene una superficie de 7,619 hectáreas, de las cuales 45% son bosques (de pino, encino y oyamel) (Saavedra Diaz & Perevochtchikova, 2017). Históricamente, la comunidad ha basado sus medios de vida a partir de sus recursos naturales con mayor primacía de los recursos derivados del bosque. La particularidad de SMySTA es que es un núcleo agrario cuyo casco urbano — a diferencia de otros núcleos agrarios tales como San Nicolas Totolapan o Magdalena Atlitic cuyos cascos urbanos están dentro de la ciudad ubicados en la zona de transición entre suelo urbano y suelo de conservación— está situado a 7.5 km aproximadamente de la mancha urbana de la Ciudad de México. Además, desde 1941, la comunidad está unida por la carretera Picacho-Ajusco lo que en su momento hizo posible el traslado de mercancías de una manera más rápida, pero al mismo tiempo abrió las posibilidades para la urbanización no solo del casco urbano, sino también de áreas que antes estaban dedicadas a la agricultura o eran algún tipo de vegetación primaria.

El siguiente apartado ilustra la trayectoria histórica de factores que incidieron en la comunidad en torno a los usos de los recursos naturales y cómo en la era de las políticas ambientales pudieron o no adaptarse a los nuevos requerimientos del uso de los bosques y las oportunidades o proyectos generados para transitar hacia usos sostenidos. Aquí llamamos «era de las políticas ambientales» el proceso de institucionalización de las políticas ambientales durante la década de los noventa y su posterior ejecución, en su gran mayoría, en programas ambientales en los años dos mil. Como es evidente, y como se mostrará en el apartado 4.2, la presencia de múltiples actores en SMySTA con intereses diferenciados es lo que en su momento dificultaría transitar hacia Medios de Vida Sustentables basados en el turismo de naturaleza, ya que, por ahora, las transferencias gubernamentales por políticas públicas ambientales benefician a grupos de comuneros con escasa colaboración sin que dichas transferencias representen beneficios económicos para toda la comunidad. Asimismo, es importancia añadir que el proceso de urbanización de la comunidad, y con la diversidad de orígenes de los «nuevos» pobladores ha conducida de una u otra forma a la pérdida de identidad difuminándose o reduciéndose solo a la idea de «pobladores originarios», lo que a su vez ha generado conflictos internos por la venta ilegal de terrenos comunales, la formación

de grupos que talan ilegalmente los bosques, autoridades comunales coludidas y otros aspectos, que, en suma han complejizado las relaciones sociales de San Miguel y Santo Tomas Ajusco.

4.1.1.1. ¿Transitando hacia Medios de Vida Sustentables?

El sur del Valle de México es el contexto geográfico donde se inscribe la comunidad de San Miguel y Santo Tomás Ajusco donde dominan tres grandes volcanes. Uno de ellos, inactivo, es el volcán Xitle que se eleva a más de 3,900 metros sobre el nivel de mar. El volcán se localiza al oeste del casco urbano de la comunidad de San Miguel y Santo Tomas Ajusco (SMAYSTA) y hoy en día tiene la categoría de Parque Nacional decretada en septiembre de 1936 durante el gobierno de Lázaro Cárdenas. (DOF, 1936).

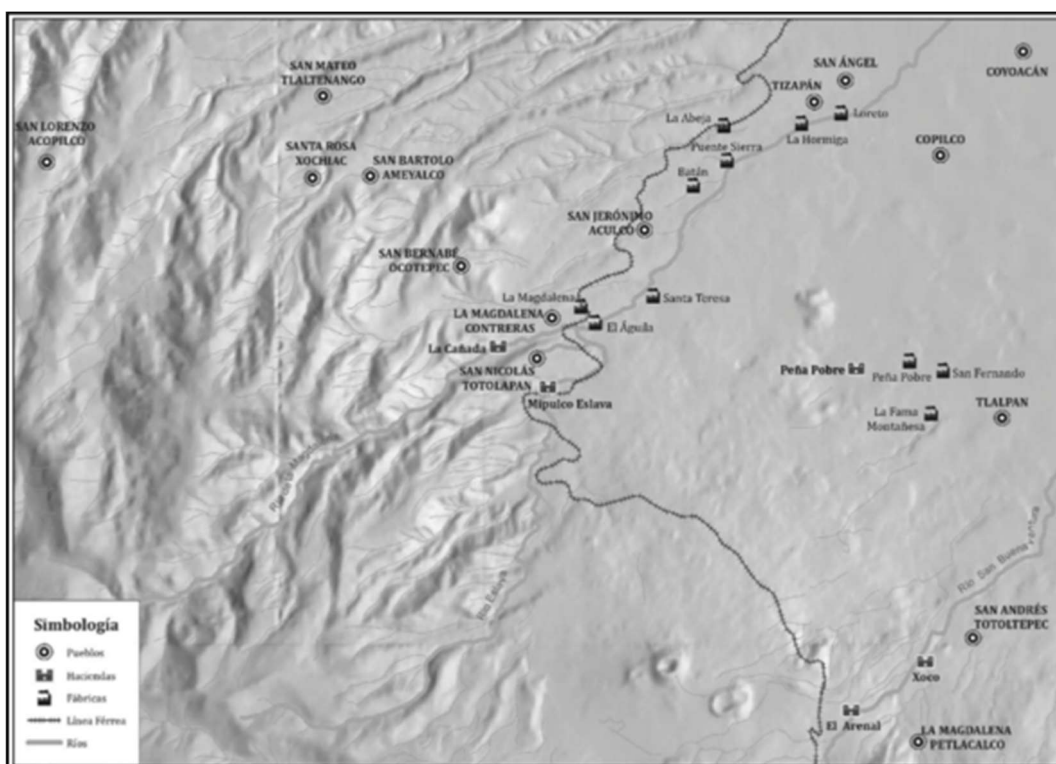
Previo a la conformación de la figura de propiedad social de la comunidad (y el resto de los núcleos agrarios), las tierras de SMAYSTA estaban en posesión de al menos seis haciendas, a saber, la hacienda La Cañada, hacienda Mípulco Eslava, hacienda Peña Pobre, hacienda El Arenal, hacienda Xoco y hacienda El Fraile (Falcón, 2020). Asimismo, en estas zonas se asentaban los pueblos originarios que en aquellos tiempos no poseían derechos de usufructo de la tierra y de los recursos naturales salvo ciertas superficies que les fueron concedidos por la corona española.

A principios del siglo XX, los medios de vida de los pobladores no eran exclusivos en actividades agrícolas, sino que habían pobladores que complementaban sus actividades en diversas labores en las haciendas (Vitz, 2010). Por ejemplo, los pobladores de Ocotepéc, según Vitz (2010), solo 53 de 170 pobladores se consideraban campesinos, y 71 mencionaron que hacían labores en la Hacienda la Cañada y 19 trabajan en una de las fábricas de textil instaladas en los márgenes del Río Magdalena. Entre las actividades que mayormente destacaban en la región, de acuerdo con las inferencias de Vitz (2010), era en torno a la explotación forestal dada la centralidad que implican estos recursos en las disputas por el territorio.

De acuerdo con Vitz (2018), la llegada del ferrocarril en la década 1870's y la instalación de sus líneas en la zona sur de la hoy Ciudad de México promovió la apertura de nuevos mercados, pero implicó un incremento importante en la demanda de madera que era el

combustible de los ferrocarriles y que inminentemente afectaría los bosques. Esto provocó que las haciendas como Eslava, Coapa y Xico y las fábricas textiles y de papel tuvieran mayor interés en controlar los recursos forestales del sur de la ciudad para su extracción. De modo que los habitantes de los pueblos originarios encontraban oportunidades para obtener medios de vida ya sea trabajando en las haciendas y fábricas u obteniendo recursos derivados del bosque como la leña o el carbón vegetal para su uso doméstico y su venta al mercado urbano (Vitz, 2012). Según Vitz (2018) uno de los miedos de Quevedo era que los pobladores, una vez que se inició con el reparto agrario entre 1910 y 1920, era que se ampliaran las áreas agrícolas a costa de los bosques; no obstante, esto no sucedió dado que los medios de vida que generaban los hogares se centraban, además de lo antes indicado, en la extracción de zacatones y trementina, este último como un derivado de los bosques de pino.

Figura 47. Haciendas y frabricas en el area del Ajusco.



Fuente: Falcón, 2020

Entre 1910 y 1920 como parte de la reforma agraria se expropiaron en el centro de México un número importante de tierras que eran propiedad de las haciendas, y que se intensificaron en el gobierno de Lázaro Cárdenas. En el caso de la Ciudad de México, una vez iniciado el

proceso de expropiación, los pobladores empezaron con una serie de peticiones ante el gobierno para la restitución de sus tierras ¹¹. Tanto [Vitz \(2018\)](#) como [Pecheron \(2010\)](#) han argumentado que San Miguel y Santo Tomás Ajusco fueron de los mayores perdedores durante el reparto agrario dado que, además de que la gestión para el reconocimiento de sus tierras fue tardía y posterior al sexenio cardenista¹², las tierras que reclamaban como suyas que era propiedad de la Hacienda El Fraile fue convertida en Parque Nacional Cumbres del Ajusco. Antes de esto, los propietarios de la hacienda, la familia Entrambasaguas, argumentaban que Ajusco demandaba la restitución de esas tierras por objetivos contrarios a la idea de la conservación de aquella época, de modo que estos hacendados apelaban a la ciencia conservacionista como mecanismo para evitar la expropiación ([Vitz, 2018](#)). Como fue evidente, este territorio fue declarado parque nacional por lo que ni la comunidad ni la hacienda pudieron obtener o mantener los derechos de usufructo. Durante la época colonial, San Miguel y Santo Tomás Ajusco, así como el resto de los pueblos originarios, conservaron ciertos derechos agrarios por el usufructo de las tierras, pero la superficie era ínfima en comparación previo al despojo y que posteriormente las haciendas aprovecharían ([Chavez C, 2011](#)). Había un fuerte interés y control de los recursos forestales, por ejemplo, en 1910, el Departamento Forestal de la hoy Ciudad de México, los permisos que expedía para la explotación forestal tenían que cumplir estrictamente los principios conservacionistas por lo que el departamento organizaba equipos de guardia en cada zona forestal ([Vitz, 2012](#)).

Los medios de vida de los hogares se generaban principalmente por la explotación de los recursos naturales que provenían de los pequeños montes que podían usufructuar. Muchos de los productos tales como la madera o el carbón eran transportados en caballos o mulas hacia la ciudad de modo que estos eran los llamados arrieros, tal y como hoy en día evocan los comuneros de SMYSTA —pero bajo una concepción distinta a la de aquellas épocas. Con todo esto, a pesar del reducido territorio donde el pueblo de Ajusco obtenía sus medios de vida, se enfrentaban a los problemas de la extracción ilegal por parte de las haciendas y de las fábricas de papel y de textil ([Vitz, 2012](#)). Incluso, tal y como explica [Vitz \(2012\)](#), la raíz

¹¹ Es el procedimiento que se sigue para efectuar la devolución de tierras a los núcleos de población que hayan sido objeto de despojo en violación a los preceptos del Artículo 27 constitucional, siempre y cuando comprueben la fecha y forma de despojo y el origen de su propiedad.

¹² El resto de los pueblos originarios de la Ciudad de México habían logrado negociar exitosamente el reconocimiento de sus tierras o ampliaciones de éstas durante el periodo de Cárdenas.

de los zacatones que extraían los pobladores de Milpa Alta y el Ajusco estaban monopolizados por Casto de la Fuente y Parres hasta 1913, por lo que se deduce que los pobladores pagaban derechos por el usufructo.

Lo que se infiere de las primeras cinco décadas del siglo XX en SMySTA es que, por un lado, las principales actividades se centraban en el sector primario con un mayor empuje de las actividades forestales como sucedía en el resto de los pueblos del sur. De hecho, durante el periodo revolucionario, los zapatistas tomaron como base dicha zona y usaban importantes cantidades de recursos derivados del bosque, asimismo, la naciente industria en la región comenzaba a demandar mano de obra por lo que algunos pobladores encontraron nuevas formas de generar medios de vida. Por otro lado, desde el sector gubernamental se gestaba la idea de mantener intacto los recursos forestales dado que estos eran importantes para la infiltración hídrica, lo que a su vez limitó, al menos legalmente, la explotación de los recursos forestales expropiándose a favor del gobierno como áreas naturales protegidas. Este proceso de protección ambiental culminaría con un decreto publicado en marzo de 1946 donde se declara veda total indefinida para todos los bosques del Estado de México y del Distrito Federal. La política conservacionista apelaba al uso racional de los bosques y rechazaba la economía rural. Algunas acciones encaminadas a proteger los bosques eran, por ejemplo, lo que relata [Vitz \(2012\)](#): «...el Departamento de Bosques que en vísperas de la Revolución iba a distribuir árboles frutales a comunidades en el Ajusco para que dejaran de vivir de los bosques.» La política conservacionista de Quevedo que, si bien se podrían considerar legítimas, eran por un lado desigual, ya que a pesar de que existía fuertes restricciones por la explotación forestal, los pueblo eran castigados y multados incluso por la extracción del zacatón de las montañas; pero, por otro lado, se concesionaban permisos para explotar los bosques de las tierras públicas. Por ejemplo, en 1904 el gobierno favoreció a los hermanos Henry y Harry Hampson para explotar los bosques ya que, según, usaban técnicas científicas eligiendo arboles por cuya edad y madurez debían ser cortados. Además, con el impulso de la industria papelera, al reformarse los decretos de 1936 sobre la protección de la Fauna y Flora de la sierra de la montaña, en 1947 las fábricas de Loreto y Peña Pobre se les otorgó permisos para explotar los bosques (Ver **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** en torno al contexto internacional y sus efectos en los bosques de México). El rol de los pobladores de Ajusco y el de todos los pueblos localizados en la zona boscosa del sur

funcionaron como mano de obra para el corte y traslado de madera hacia las fábricas y era la forma en que la mayoría de los pobladores obtenía sus medios de vida (Almaraz Vázquez, 2014). Este esquema tardaría por lo menos hasta la década de los ochenta, periodo en que las papeleras dejarían de funcionar.

El artículo de Boyer (2019) *La Segunda Guerra Mundial y la «crisis de producción» en los bosques mexicanos* discute las consecuencias de la Segunda Guerra Mundial en los bosques de México donde hubo una aceleración en la explotación de los bosques acompañada de una serie de concesiones forestales para la obtención de celulosa.

Al respecto, Boyer señala lo siguiente:

la Segunda Guerra Mundial representó un parteaguas para los bosques mexicanos. La guerra creó una inmensa demanda de productos forestales por parte de los Aliados y México respondió mediante la implementación de un sistema que denominó «el aprovechamiento de la crisis». El nuevo régimen productivo puso a un lado la política forestal existente, que favorecía el manejo cuidadoso de los recursos naturales, y la sustituyó por la tala comercial casi desmedida. La guerra también produjo escaseces sin precedentes de materias primas estratégicas, tales como el papel. En un corto plazo, «el aprovechamiento de la crisis» produjo daños en el ecosistema forestal, pero su verdadero costo no se sintió sino después de la guerra, pues su lógica perduró hasta la década de 1980 en forma de códigos forestales que favorecieron la silvicultura comercial, así como las concesiones a largo plazo, otorgadas inicialmente a fábricas de papel y luego incluso a empresas madereras. (2019, p.7)

Asimismo, afirma que:

La guerra también puso en marcha un régimen extractivo que perduró, en algunos casos, hasta la década de los años 1980. Este fenómeno se veía sobre todo en el establecimiento de un régimen de neo-concesiones dedicadas, en un primer momento, a la producción papeleras. Antes de 1940 México importó la gran mayoría de sus necesidades papeleras desde Estados Unidos. Las fábricas que existían en el país —es decir, las compañías venerables de Loreto y Peña Pobre, Atenquique y San Rafael—

produjeron casi exclusivamente papel de escribir para los negocios y las clases acomodadas. Gracias a la guerra, Estados Unidos reorientó sus capacidades industriales de tal forma que hubo menos producción papelera; por ende, las existencias disponibles se utilizaron casi todas para satisfacer las necesidades burocrático-militares. Los efectos no tardaron en sentirse y a los pocos meses México enfrentó una escasez de papel para usos oficiales y para la prensa. Los productores de papel en México vieron en esta coyuntura la posibilidad de ampliar su negocio, reorganizar sus fábricas y aumentar la producción nacional con el fin de rescatar al país de su dependencia papelera. No tardó en presentarse un problema: los productores papeleros exigieron acceso a una fuente constante de materia prima, es decir, de celulósico. Las empresas de papel y varios naturalistas destacados propusieron una solución elegante y sustanciosa: la creación de un régimen de neo-concesiones forestales, semejantes en muchos sentidos a las que se establecieron durante la administración porfirista y que perecieron lentamente gracias a la reforma agraria y al espíritu anti-imperialista pos-revolucionario. Llamadas «Unidades Industriales de Explotación Forestales» o simplemente UIEFs, las neo-concesiones se otorgaron en un principio sólo a las empresas de papel, pero con el paso del tiempo también las recibieron las empresas madereras y al menos una compañía minera. Irónicamente, ninguna de esas UIEF se estableció durante la guerra; se otorgó la primera a Loreto y Peña Pobre a fines de 1945, cuando la guerra efectivamente había concluido. Nacidas de las exigencias militares, estas neo-concesiones y las leyes que las autorizaron sobrevivieron por mucho el contexto de su establecimiento. (Boyer, 2012, pp.10)

De acuerdo con Boyer (2012), una de las razones del porqué la agricultura en el pueblo de Ajusco — y en muchos de los pueblos del sur—, no fue avasalladora en términos del deterioro forestal era por la escasa disponibilidad de suelos aptos para esa actividad ya que un gran porcentaje del suelo es pedregoso por lo que la aptitud de los suelos tiende mayormente a la cobertura forestal (Schteingart, 1987). En parte, esto ocasionó que los comuneros de SMySMA, una vez que les reconocieron sus derechos ancestrales de su territorio en 1948 optaran por fraccionar terrenos y venderlos (Schteingart, 1987). Esto tendría mayor impulso

en las siguientes décadas con el crecimiento de la ciudad e impulsado por la construcción de la carretera Picacho-Ajusco en 1941 (Pecheron, 2010).

En torno a la demanda de restitución de las tierras comunales, una de las razones de por qué SMYSTA envió de manera tardía la solicitud de restitución de sus tierras fue porque, según Pecheron (2010), «habían sufrido algún tipo de intimidación por parte de las haciendas». El pueblo de Ajusco reclamaba 5,000 hectáreas que habían sido apropiadas por las haciendas La Venta, el Arenal, el rancho El Fraile, y los pueblos vecinos de Magdalena Atlitic, Xicalco, San Andrés, San Miguel Topilejo y Xalatlaco, que habían obtenido ampliaciones de tierras que previamente las haciendas habían despojado a SMYSTA.

En 1937 el Ajusco presentó por vez primera un expediente de restitución de tierras. Pero, el dueño de la hacienda de la Venta del Ajusco, Ángel Entrambasaguas, sobornó al representante del pueblo, Marcial Romero, con una fuerte suma de dinero para que éste escondiera los documentos en poder del pueblo y eliminar así todo tipo de pruebas en su contra. (Pecheron, 2010, pp.16)

Después del sexenio de Cárdenas, los problemas agrarios en el pueblo de Ajusco permanecieron hasta 1970. Posteriormente, un miembro de la comunidad, el coronel Aurelio Rocha, envió al Departamento Agrario una nueva solicitud de restitución de tierras. No fue hasta 1974, en la resolución presidencial del 18 de diciembre de 1974, firmada por Luis Echevarría, que se le dotaba a la comunidad 7,649 hectáreas de tierras y que en enero de 1975 sería publicada en el Diario Oficial de la Federación (Pecheron, 2010). En síntesis, el pueblo de Ajusco logró recuperar tan solo dos quintas partes de lo que se le había despojado durante la época colonial. De hecho, la superficie total restituida pudo haber sido menor de no ser por las acciones que los pobladores de Ajusco tomaron. Por ejemplo, en 1936, compraron 558 hectáreas que correspondía a la superficie del rancho Tierra Blanca, y en 1940 adquirieron 775 hectáreas de la hacienda El Arenal en la zona del Xitle. Obviamente, estos terrenos eran parte de la propiedad del pueblo de Ajusco que se les había otorgado gracias a la merced de 1609 (Pecheron, 2010).

Cuando México comenzó a forjarse a sí mismo, y hasta entrado el siglo XX, la explotación forestal siguió siendo vital para las comunidades del Ajusco, de la sierra

de Las Cruces y de la cañada de Contreras. De ahí sus habitantes obtenían un amplio rango de productos: de comida, medicinales, energéticos, de producción económica, y otros. Estos pueblos, al igual que otras zonas de montaña, como las del Nevado de Toluca, explotaban diversos tipos de madera para construcción y combustible, producían carbón, la principal fuente de energía en el campo y la ciudad, para su autoconsumo o para vender en mercados locales y en la ciudad de México- , y contaban con territorios para pastar, cazar, sembrar, recoger frutos, verduras, tés y hongos, raíz de zacatón que se vendía como materia prima industrial para la fabricación de cepillo, ocochal o paja de monte para la crianza de aves domésticas y utilizada en la fabricación de adobes de barro; tierra de monte para abono; piedras, tezontle, carrizo y hierbas medicinales, «piñas» de ocote para combustible y adornos, así como para «sangrar los arbole, es decir, extraer su resina. (Falcón, 2020, pp.21)

En 1971 es reformada la Ley Forestal del 61, y se plantean las primeras disposiciones en contra de las concesiones, y marca el comienzo de las políticas de la Subsecretaría Forestal y de la Fauna que es la de conservar los bosques. De la misma manera, marcaría el principio del fin de la Unidad Industrial de Explotación de Loreto y Peña Pobre que explotaba los recursos forestales de manera regular en tres áreas en propiedad ejidal y doce en propiedades comunales de las cuales SMySTA eran parte, y concluiría a finales de los ochenta y principios de los noventa. La explotación forestal inició desde 1908 —aunque de manera ilegal—, y es hasta 1944 que se autoriza la extracción legal. Tanto en los ejidos como en las comunidades, la extracción de la madera estaba a cargo de los pobladores por lo que dicha actividad tuvo una duración de al menos 82 años (1908-1990), o alrededor de 145 años (1845-1990) si toma en cuenta la fecha de fundación de la fábrica Peña Pobre antes de que esta se fusionara con la fábrica Loreto en 1929 que ya demanda madera para su operación (Quintero, 1981). No obstante, aunque el bosque estaba concesionado para Loreto y Peña Pobre, los comuneros no necesariamente estaban interesados en proveerle de insumos a la empresa ya que, de acuerdo con Quintero (1981), aprovechaban la madera para venderla al mercado urbano y obtenían mejores beneficios. Un estudio realizado en 2002 mostró que los bosques de San Miguel y Santo Tomas Ajusco habían alrededor de 739,220 m³ de madera (CONAFOR, 2002). De acuerdo con los reportes de este estudio, existían para ese año 12 aserraderos autorizados localizados en las comunidades de SMySTA y San Miguel Topilejo con capacidad conjunta

de casi 3,000 m³ señalando que es muy superior a la madera que se extrae esporádicamente de la limpia y saneamiento al bosque. Como es evidente, esta capacidad se vincula con la tala ilegal.

El fin de Loreto y Peña Pobre, y de las actividades de extracción forestal, entre 1989 y 1991, le correspondió con el inicio de la era de las políticas ambientales conservacionistas sin posibilidad de concesiones para aprovechamiento directo. De modo que para 1990, las actividades económicas de la comunidad se habían diversificado apuntalado en gran parte por la expansión urbana de las dos últimas décadas al mismo tiempo que su población se había triplicado.

Desde 1990 a la fecha los aprovechamientos permitidos en la comunidad son la extracción de madera muerta, pero el volumen no es importante por lo que no han llegado a representar ingresos importantes para los comuneros. No obstante, a principios de la década de los 2000 la implementación del programa de pagos por servicios ambientales ha llegado a representar una oportunidad no solo para la conservación de los bosques de la comunidad —y los servicios ecosistémicos que estos proveen— sino también un ingreso adicional para los comuneros que participan directamente en actividades de conservación (CONAFOR, 2002). Sin embargo, además de las transferencias gubernamentales por políticas ambientales, la comunidad no ha logrado cuajar proyectos de largo alcance que les permita no solo conservar sus recursos, sino también generar medios de vida a partir, por ejemplo, del turismo de naturaleza, algo que la comunidad de Magdalena Atlitic y el Ejido San Nicolas Totolapan, pese a las dificultades, han podido avanzar.

4.1.1.2. Medios de Vida Sustentables por políticas ambientales

Los Medios de Vida Sustentables definidos en nuestro estudio se clasifican en dos: el primero son los que se generan por actividades de conservación incentivados por las políticas públicas ambientales; el segundo tiene que ver con procesos o iniciativas locales de Medios de Vida Sustentables basados en el turismo de naturaleza. De este modo, entre el periodo que coincide con el fin de los proyectos extractivos y el inicio de las políticas públicas ambientales, en la zona se evidenció la limitada organización de la comunidad de SMysta para desarrollar proyectos comunes. En cambio, la fractura de la comunidad en términos de

su organización y gobernanza sería una constante en las siguientes décadas con la formación de actores locales con intereses diferenciados. A pesar de esta heterogeneidad, han emergido actores sociales centrados en la conservación de los recursos forestales, pero con escasa influencia en las decisiones comunales, y su formación y compromiso se explica mayormente por los incentivos que se han otorgado desde las políticas públicas ambientales locales y federales los cuales han sido la fuente de financiamiento para las acciones ambientales (Rojo Negrete et al., 2018; Saavedra Diaz & Perevochtchikova, 2017).

En términos institucionales, el inicio de las políticas públicas ambientales se remonta en 1987 cuando se reforman los artículos 27 y 73 constitucionales en los que se establecen directrices que obligarían al Estado a favorecer la protección ambiental por lo que en la década de los noventa se crean instituciones que den cumplimiento a los objetivos ambientales. La influencia política que tuvo la Conferencia de Río en 1992 fue también importante en el país ya que se tradujo en la creación de la SEMARNAP (más tarde SEMARNAT en el año 2000) que retomaría la política de desarrollo forestal comunitario a través del Programa de Conservación y Manejo Forestal (PROCYMAF) (Merino, 2019). Asimismo, la SEMARNAP «identifica su misión a partir de tres estrategias: contener las tendencias del deterioro al medio ambiente, fomentar la producción limpia y sustentable y contribuir al desarrollo social», y estas acciones estarían contenidas en el Programa de Medio Ambiente 1995-2000 mediante programas que aún subsisten tales como Programas de Desarrollo Regional Sustentable (PRODES) y Programa de Conservación para el Desarrollo Sostenible (PROCOCODES) creados en 1996 (Micheli, 2016; Reyes Orta et al., 2013). En cuanto al programa Procymaf, éste se valió de «cuatro instrumentos de planeación territorial y manejo forestal: las evaluaciones rurales participativas, los ordenamientos territoriales comunitarios, los programas de manejo forestal y el apoyo para establecer o fortalecer los reglamentos o estatutos internos para el aprovechamiento» (Merino, 2019). Pero estos no tuvieron tanto peso en torno a la conservación de los bosques. Fue hasta el año 2001, con la creación de la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), con un presupuesto del doble de la SEMARNAT, que se intensificaron los proyectos de conservación y desarrollo forestal dando énfasis a los valores funcionales de los bosques como proveedores de servicios ecosistémicos. De este modo, las comunidades y ejidos con cobertura forestal podrían ser beneficiarios de dicho programa con compensaciones directas por los esfuerzos de conservación que ellos realizan.

En síntesis, durante la década de los noventa se prepararon los terrenos institucionales para echar a andar la maquinaria de políticas ambientales que tendría inicios en la década de los 2000; específicamente, con la puesta en marcha del Programa de Pago por Servicios Ambientales en el año 2003 (Saavedra Diaz & Perevochtchikova, 2017) el cual sería uno de los principales instrumentos para generar incentivos económicos para los propietarios forestales y de este modo promover la conservación. La comunidad de SMAySTA se benefició de dicho programa en el año 2004 (Saavedra Diaz & Perevochtchikova, 2017) y en los periodos subsecuentes. Además, el gobierno local de la Ciudad de México diseñaría sus propias políticas que se ajustan a los requerimientos de la ciudad de modo que se han transferido a la comunidad de Ajusco una suma total de 66 millones de pesos durante el periodo 2003-2018 que provienen de las inversiones ambientales de la CONAFOR y SEDEMA.

4.1.2. Medios de vida basados en los recursos naturales: el caso de La Magdalena Atlitic

4.1.2.1. ¿Transitando hacia Medios de Vida Sustentables?

La comunidad de La Magdalena Atlitic posee una superficie de más de 2,429 hectáreas. El territorio está enclavado en la cuenca Magdalena Contreras cuyo cauce principal es el río Magdalena. El nombre de Atlitic hace referencia a dicho cauce: Atlitic=piedra que bebe agua o piedra en el agua. Gran parte del territorio, sobre todo, la zona forestal, tiene una geomorfología accidentada con una importante cantidad de barrancas. El total de personas con derechos de usufructo del territorio, según la resolución presidencial de 1975, se reconoció para ese entonces a 1,775 comuneros. Hoy en día, la comunidad reconoce a 984, de los cuales alrededor de 700 están activos.

En la Magdalena Atlitic, el bosque y el río han sido históricamente elementos articuladores para generar medios de vida en la región. La instalación de la fábrica de Loreto y Peña Pobre se le concesionó la posibilidad de extraer árboles en una superficie próxima a las mil hectáreas y de las cuales los comuneros obtenían pagos para realizar los cortes y traslado de los árboles. Esta actividad no se limitaba sólo al área de la comunidad, sino que se expandía a toda la región forestal de la zona sur de la Ciudad de México (García, 1979). Aunque esta situación resulta paradójica ya que desde 1947 el decreto emitido por Lázaro Cárdenas

restringió la explotación de bienes maderables del bosque. Por lo que, por ese decreto y su institucionalización, la comunidad de la Magdalena Atlitic se dedicó a otras actividades productivas, pero principalmente con las relacionadas a los servicios turísticos y la realización de algunas actividades primarias en zonas muy específicas dado que la geomorfología del terreno ha restringido su desarrollo (Zamora S., 2013). Sin embargo, de acuerdo con Fernández Eguiarte et al (2002), persisten los problemas institucionales que define el área de la reserva. Según esto, la Cañada de los Dinamos está estipulado por medio de un acuerdo y un decreto; uno es respecto a la declaratoria del área como Zona Protectora Forestal inscrita el 27 de junio de 1932 donde se instituye una zona de 3,100 hectáreas. El otro, es una disposición presidencial que favoreció la creación de la fábrica de papel Loreto y Peña Pobre y, al mismo tiempo, se declara Zona de Protección Forestal del río Magdalena fechada el 19 de mayo de 1947. «El alcance de esta declaratoria abarca una franja de 12 kilómetros de longitud desde el nacimiento del río hasta río abajo con una anchura de 500 metros a cada lado del cauce» (Fernández Eguiarte et al., 2002). De modo que, en el área declarada, los usos directos del recurso forestal quedaron estrictamente prohibidos».

El desarrollo industrial y agrícola en la comunidad de la Magdalena Atlitic fue por el principal afluente de la microcuenca, el río Magdalena. Las diversas actividades productivas, tales como los obrajes, elaboración de ladrillos, producción de carbón vegetal y huertas frutales, estaban relacionados con el río por su cercanía con las zonas de producción, al mismo tiempo que dicho afluente era utilizado para la generación de energía hidroeléctrica mediante cuatro dinamos o generadores distribuidos a lo largo del cauce, de donde deriva el nombre del parque: «Parque de los Dinamos» (Acosta, 2001; Almeida-Leñero & García, 2009; Ruiz, 2014). Estos abastecían de energía a las fábricas textiles de la región y de las cuales los pobladores eran empleados. Según Ramos (2008), las fábricas de hilados, tejidos y estampados requirieron del líquido para el blanqueo y sección de estampe; las de lanas para abatanar y teñirlas y las de papel para la preparación de la celulosa de madera. La utilización de grandes volúmenes de agua por parte de las fábricas significó el aumento de quejas, reclamaciones que, en muchas ocasiones, devinieron en conflictos (Ver Figura 48 de las fábricas situadas en los márgenes del río). Aunque la naciente industrialización generaba empleos para la población, incluyendo la población de los núcleos agrarios, el declive de estas industrias condujo a cambios importantes en los medios de vida. Los ejidatarios y

comuneros de los tres núcleos agrarios relatan cómo el declive de Loreto y Peña Pobre a principios de los años ochenta mermó los ingresos de los hogares.

Figura 48. Fabricas situadas en el cauce del Río Magdalena



Fuente: (Trujillo B., 2000)

Dado que la veda forestal en el área del suelo de conservación entró en vigor en marzo de 1947, resulta incongruente la explotación forestal concesionada a Loreto y Peña Pobre casi dos meses después. Sin embargo, los relatos de los comuneros y ejidatarios nos conducen a deducir que dicha actividad representó una de las primeras, experiencias, si no la única, de manejo forestal sustentable. Los ingenieros de la fábrica seleccionaban los árboles y a los pobladores les tocaba talar los árboles y posteriormente llevarlos a la fábrica. Pero la actividad también incluía reforestación. Por lo que una vez que talaban, la siguiente actividad consistía en reforestar el área talada. Esta actividad estuvo regulada durante la existencia de Loreto y Peña Pobre: se elegían los árboles en función de su tamaño, edad y otras condiciones físicas (Sarmiento C., 2014).

García (1979) hace énfasis sobre la importancia de los recursos forestales en suelo de conservación. Los valoriza por sus usos directos e indirectos. Los usos directos vinculados al valor comercial de las maderas, su valor medicinal dado que los bosques permiten una abundancia productiva de hierbas medicinales, tubérculos, batatas, helechos, setas, flores, cortezas, entre otros. Pero está también su valor atmosférico en el sentido de que mantienen la pureza del aire. Y finalmente su valor social por las actividades recreativas que en ellas se pueden realizar. Estos últimos reconocidos hoy en día como externalidades positivas de los bosques.

Sobre la explotación forestal en el área de la comunidad y que se extendía en un territorio más amplio, García (1979) describe lo siguiente:

La superficie poblada de árboles en edad de explotación comercial, en la Delegación de la Magdalena Contreras, es de 902 hectáreas. Las especies comerciales existentes en ese lugar. Son dos, el Oyamel (*Abies Religiosa*) y el Pino (*Pinus Sp.*). Se conoce otra diferente familia de Oyamel, pero ella no existe en ese lugar. Hay unas 13 hectáreas de Encino (*cuercus S.P.*) pero esta especie, aunque su madera es usada para la elaboración de implementos agrícolas, no se conceptúa comercial.

Las 902 hectáreas de árboles comercialmente útiles se dividen como sigue: 602 hectáreas de Oyamel y 300 hectáreas de Pino. El número promedio de árboles aptos para la explotación es de: Oyamel:2,451 por hectárea que dan un total de 1,475,402 árboles. Pino: 132 por hectárea que dan un total de 39,600 árboles. Especies no comerciales: el renuevo de Oyamel, Pino, Encino, Aile, Madroño, Huejote, Tepozancillo, Palo Bobo, Saúco y Ocote. (p.92)

Estas anotaciones de García eran un indicativo de la importancia de la explotación forestal en términos económicos ya que implicaba importantes ingresos para la mayoría de los hogares. Sin embargo, su declinación paulatina provocó cambios en las formas en que los comuneros procuraban sus ingresos.

A principios de la década de los 90, el problema ambiental global pasa a ser parte de la agenda de los gobiernos. En el caso de México, se crean instancias gubernamentales como la

SEMARNAT (SEMARNAP en su año de creación-1994). Gradualmente, las políticas públicas ambientales se hacen operativas en diversos ámbitos territoriales (Barkin & Paillés, 2000). Pero, no es hasta 2003 cuando los proyectos sobre servicios ecosistémicos empiezan a tomar relevancia y se convierte en política nacional. Con el establecimiento del Plan Nacional de Desarrollo 2001- 2006 se determinó el enfoque de sustentabilidad como uno de los ejes articuladores de la estrategia del desarrollo nacional. Implicó la creación de la Comisión Nacional Forestal como un organismo público descentralizado de la SEMARNAT cuyos objetivos se centraron en desarrollar, fomentar e impulsar las actividades productivas, de conservación y de restauración en materia forestal (Perevochtchikova & Ochoa, 2010).

Aunando a lo anterior, los gobiernos locales empiezan a desarrollar sus propios esquemas de conservación ambiental. En ese ámbito, los esfuerzos se focalizan en conservar los recursos naturales lo que implica cambios y oportunidades en las formas en que los núcleos agrarios usufructuarán sus recursos. De este modo, la política nacional de Pago por Servicios Ambientales Hidrológicos, cuyo objetivo es promover la conservación de los bosques y de los servicios ambientales, pasa a ser un factor para diversificar los medios de vida de los propietarios de terrenos forestales (Perevochtchikova y Ochoa, 2010).

En suma, las políticas públicas de conservación dan paso a que los propietarios forestales en núcleos agrarios encuentren nuevas modalidades para aprovechar sus recursos. Por lo que el turismo de naturaleza se abre camino para consolidarse como un componente fundamental en la generación de ingresos para los hogares.

El caso de la comunidad Magdalena Atlitic, cuya reserva natural es de las más importantes en la Ciudad de México, además de que suministran bienes naturales directos como hongos comestibles, plantas medicinales, etc., también posibilitan el desarrollo de proyectos turísticos como el Parque de los Dinamos cuya existencia permite el desarrollo de actividades económicas de las cuales los propietarios de las tierras obtienen ingresos.

4.1.2.2. Bosques, servicios ecosistémicos y Medios de Vida Sustentable

El stock forestal de la zona de estudio es importante por su valor ontológico, su valor de existencia, y por las amenidades que provee a la sociedad por los servicios ecosistémicos que genera.

El caso de la comunidad de la Magdalena Atlitic, al tener los derechos de propiedad del bosque, ellos usufructúan de manera indirecta esos recursos por sus valores culturales al ser un área de recreación que genera turismo. Aunado a lo anterior, el interés público del área forestal de la comunidad por los servicios ecosistémicos hídricos de provisión y regulación que dota a la sociedad, la ha convertido en un área susceptible de políticas públicas ambientales locales y nacionales con el potencial de introducirse en esquemas de mercado por fijación de carbono en biomasa forestal.

En esencia, ambos componentes, que implican fuentes de entrada de ingresos, forman parte del capital financiero o económico del que disponen los hogares para diversificar sus medios de vida. En particular, estas características determinan los Medios de Vida Sustentables.

4.1.2.3. Medios de vida por turismo de naturaleza

Un comunero cuya edad rebasa los cincuenta años, tanto él como otros recuerdan que parte de su niñez era rondar en las orillas del Río Magdalena. Recuerdan que el sitio, el Parque de los Dinamos, era ya visitado por turistas locales y regionales. También evocan recuerdos en torno a la venta de alimentos que las familias de los comuneros ofrecían a los visitantes. Esta posibilidad les dotaba medios vida por lo que ellos encontraban interés para seguir conservando el área natural.

Como poseedores de los derechos de propiedad del bosque, los comuneros y sus familias pueden desarrollar las actividades económicas que ellos consideran pertinentes en la medida de sus posibilidades. Esto no significa que todos los comuneros o algún miembro de sus familias realicen algún tipo de actividad. Pero sí, indudablemente, estos son actores clave para la conservación de los recursos forestales debido a que dependen económicamente de la existencia de estos.

El Parque y Corredor Ecoturístico Los Dinamos colinda hacia el lado oriente con el Parque Ecoturístico de San Nicolás Totolapan, se vinculan a través de una red de 26 kilómetros de senderos ecoturísticos. Existe una cañada de paredes verticales para la escalada en roca, con más de 250 rutas abiertas y equipadas en todos los niveles de dificultad. Los senderos y las paredes son visitados cotidianamente por corredores y escaladores. Por el eje de la cañada corre el río Magdalena, así como cascadas y

manantiales de aguas cristalinas. En este lugar se llevan a cabo actividades de bicicleta de montaña, caminatas y campamentos; existen numerosas palapas de venta de comida, una escuela de educación ambiental, así como granjas de trucha. (Fernández et al, 2004, pp.60-70)

Además de que el agua del río es consumida por la ciudad, parte de ésta es usada por las diversas actividades vinculadas al sector ecoturístico y para su uso en algunos estanques de cría de truchas. Una vez que el agua llega a la ciudad, parte del afluente de río es tratado en la planta potabilizadora del primer dinamo.

Desde la resolución presidencial por Reconocimiento y Titulación de Bienes Comunales de la comunidad La Magdalena Atlitic en 1975, los comuneros que lucharon para el logro del reconocimiento demandaban en un pliego petitorio la formación de un fideicomiso para detonar proyectos turísticos en la región. Este apoyo consistía en un auspicio monetario para la realización de alguna práctica productiva y sustentable de sus territorios naturales (López Chávez, 2016).

Evidentemente, las inversiones en infraestructura que han realizado los gobiernos locales en el área han provocado que el flujo de visitantes aumente. De acuerdo con las entrevistas realizadas, los comuneros estiman que alrededor de 100 mil visitantes asisten al parque anualmente. Por su parte, Almeida et al (2007) estima que el área recibe alrededor de 16 mil visitantes al mes. Aunque el número es algo exiguo si tenemos en cuenta que el área se ubica en la periferia de una de las ciudades más grandes del mundo.

Si bien los medios de vida que generan los servicios ecosistémicos culturales representan entradas importantes para muchos hogares, es importante precisar que la manera en que procuran esos ingresos no está construida desde una colectividad. Muchos de los comuneros obtienen estos ingresos mediante acciones individuales. La forma de gestión del Parque, como área de recreación, se limita a acciones individuales de cualquier comunero o algún miembro de su familia. Incluso, los pagos de derechos para acceder al parque son administrados y distribuidos por al menos un grupo de 100 personas. Esta situación ocurre en los últimos 5 o 6 años, periodo donde la comunidad no ha tenido una autoridad comunal

legal. A pesar de los conflictos por el usufructo del parque, no deja en duda que estas actividades representan la mejor forma de conservar los recursos naturales.

4.1.2.3.1. Medios de vida por políticas públicas ambientales

El enfoque de sustentabilidad en las políticas públicas y el reconocimiento de que los recursos naturales, como los forestales, proveen servicios ecosistémicos, consolidó la idea de que la conservación de los bosques implicaría al mismo tiempo el mantenimiento de los flujos de provisión de servicios ecosistémicos.

En el caso de la comunidad de la Magdalena Atlitic, la conservación de los bosques por servicios ecosistémicos de provisión y regulación hídrica es la más importante dado que por las diversas actividades de conservación forestal que realizan los comuneros reciben a cambio compensaciones que provienen de las transferencias gubernamentales por políticas públicas ambientales tanto del nivel federal como del nivel local.

Estas transferencias se convierten en ingresos adicionales o complementarios para los propietarios forestales. A cambio, ellos realizan un conjunto de actividades orientadas a la conservación tales como tinajas ciegas, chaponeo, cajeteo, brechas corta fuego, limpieza de barrancas, entre otras actividades.

Se espera que los esfuerzos que realizan los comuneros para darle mantenimiento y limpieza a sus bosques permitan en el corto, mediano y largo plazo su conservación. Entonces, las prácticas de conservación se convierten en factor esencial para la consecución de los objetivos ambientales. Lo anterior, conceptualmente se concibe como coproducción de servicios ecosistémicos (SE) ya que, el hecho de que la naturaleza por sí misma genera servicios ecosistémicos, en un contexto espacial y temporal interactúan sistemas ecológicos y sociales que de forma conjunta y dinámica contribuyen a la formación SE. Los mismos comuneros se conciben como coproductores de servicios ecosistémicos dado que en el contexto metropolitano de la Ciudad de México que demanda recursos hídricos ellos se posicionan como actores clave para conservar los bosques y, por ende, de la generación de servicios ecosistémicos. Por ejemplo, para mejorar la capacidad de infiltración de agua y retener azolve, los comuneros construyen presas de filtración ([Figura 49](#)). A lo largo de su

territorio podemos encontrar decenas de estas presas cuya construcción es rudimentaria y requieren de mucha fuerza de trabajo.

Figura 49. Presa de filtración. La Magdalena Atlitic



Fuente: Propia autoría

Como ésta y otras actividades representan para ellos formas de generar medios de vida. Pero también con la satisfacción de que sus bosques permanecerán. Incluso, la trasmisión intergeneracional ha permitido que también los jóvenes participen en las actividades de conservación. La mayoría de los brigadistas de la Magdalena Atlitic son comuneros, cuya edad rebasa los 50 años y más. Los jóvenes hijos y nietos de comuneros se han imbuido en estas actividades. Algunos evocan dichas actividades con sus abuelos y aseguran que la conservación de sus bosques es lo que mantendrá la unidad de la comunidad. Aunque argumentan que, si bien existen pagos o compensaciones por estas actividades, aseguran que sigue siendo una cantidad muy raquítica con relación al valor de los servicios ecosistémicos que coproducen.

4.1.3. Medios de vida basados en los recursos naturales: el caso de San Nicolás Totolapan

4.1.3.1. ¿Transitando hacia Medios de Vida Sustentables?

La superficie del ejido San Nicolás Totolapan (SNT) es de 2,212 hectáreas mismas que le fueron dotadas el 24 de abril de 1924. Desde principios del siglo XX, Miguel Ángel de Quevedo había considerado a SNT como un ejido ejemplar dada la conservación existente de sus bosques en aquel entonces. Quevedo los consideraba como «islas en un mar de deforestaciones voraces» (Vitz, 2018), de modo que para 1924 se les había dotado por medio del reparto agrario 1,300 hectáreas para 282 jefes de familia y, durante el sexenio cardenista

recibieron ampliaciones por más de 1400 hectáreas. Entre 1920 y 1940, SNT fue el ejido que mayormente se benefició del reparto agrario en la zona del Ajusco recibiendo en la primera dotación alrededor de 1,100 hectáreas de bosque de las 1,300 hectáreas recibidas. No obstante, pese a que la superficie otorgada era la más grande en comparación con el resto de ejidos y comunidades de la zona, no tuvieron la oportunidad de usufructuar las tierras para otros usos que no fueran las forestales por las características del suelo que en su gran mayoría era pedregoso y por las políticas ambientales implementadas en ese periodo, de modo que la reforma agraria no promovió en la región los usos agrícolas del territorio, sino que incentivó la participación de los pobladores de SNT en el mercado urbano para vender mercancías que derivaban de los bosques, en partículas de los árboles muertos, tales como la leña, carbón y otros bienes, pero regidos por el marco legal existente de esa época que favorecía la protección ambiental y regulaba sus usos. De modo que los pobladores de SNT tenían que realizar, bajo coacción, esfuerzos para conservar los bosques. Como lo relata [Vitz \(2018\)](#), desde principios del siglo XX, el ejido SNT se ha caracterizado por ser administradores del bosque jugando el juego de las políticas del gobierno que era y sigue siendo la de conservar los bosques. De esta manera, según [Vitz \(2018\)](#), los abundantes bosques de SNT lo convirtieron en un importante actor dentro del programa revolucionario forestal del gobierno y, con la creación en 1929 de la Federación de Cooperativas Forestales, SNT ganó paulatinamente mayor autonomía y autosuficiencia en la generación de sus medios de vida basados exclusivamente en bienes derivados del bosque.

No obstante, décadas atrás, hacia mediados del siglo XIX, el pueblo de SNT se le había despojado de sus tierras por parte de las haciendas La Esclava, El Arenal y La Cañada, así como las fábricas de hilado situados en los márgenes del río Magdalena, de modo que, entrando el nuevo siglo, y con las recién políticas agrarias más las políticas conservacionistas de las primeras décadas, los pobladores de SNT aprovecharon ese contexto para demandar la restitución de sus tierras argumentado que los hacendados, en particular, de Fernando de Teresa, dueño de la hacienda La Esclava y principal acaparador de la tala inmoderada de los bosques, hacía uso inadecuado de los bosques por lo que ponía en riesgo la cobertura forestal ([Schteingart, 1987](#)). Aunque no obtuvieron las tierras que demandaban bajo esos argumentos, fue hasta 1924 cuando por medio de dotación obtuvieron las 1,300 hectáreas.

Previo a la dotación, se levantó un censo para determinar el número total de familias a beneficiar por lo que resultó en 282 jefes de familia, de los cuales 125 indicaron que eran obreros que laboraban principalmente en las fábricas textiles, y el resto entre comerciantes, electricistas, y actividades domésticas

En general, las primeras cuatro décadas del siglo XX se consolidó la propiedad de la tierra del ejido, y sus usos se centraron en la conservación forestal y, paradójicamente, en la explotación forestal regulada que era destinada exclusivamente a la fábrica de papel de Loreto y Peña Pobre, y con usos menores para actividades agrícolas.

En las cinco décadas siguientes, con la expansión de la ciudad y el cierre de las fábricas de hilados y tejidos entre 1955 y 1965 conllevó a que los pobladores de SNT transitaran hacia otras actividades, principalmente terciarias, que aprovecharon el contexto de expansión de la ciudad que demandaba mano de obra en sus industrias o simplemente en actividades centradas en los servicios urbanos.

No obstante, entre 1950 y 1990 hubo una serie de factores que motivaron a los pobladores a vender ilegalmente sus tierras; por un lado, solamente el 8% de sus tierras (104 hectáreas) eran arables, el resto, al igual que otras comunidades y ejidos de sur, eran pedregosos y el resto eran áreas protegidas por la veda forestal; por otro lado, el cierre de las fábricas textiles y los pobres ingresos percibidos por la venta de madera a la fábrica Loreto y Peña Pobre motivaron a los ejidatarios a generar otros ingresos por la venta de tierras aprovechando que la expansión urbana alcanzaba su territorio (Barriga, 1995).

El siguiente proceso por el cual se urbanizaron los ejidos en las estribaciones del Ajusco, la subdivisión ilegal por ejidatarios comenzó a fines de la década de 1950 con la formación de «zonas ejidales urbanas». La venta de tierras ejidales fue una respuesta directa a la mayor presión por la tierra provocada por la expansión hacia el sur de la ciudad, que a su vez fue resultado de proyectos de desarrollo urbano. Aunque la subdivisión de ejidos era técnicamente ilegal, el proceso no ocurrió fuera o sin referencia a la ley agraria. Para legitimar la venta de sus tierras, los ejidatarios utilizaron un vacío legal en la ley agraria que permitía la formación de una zona urbana dentro de los límites del ejido (artículo 93, Ley Federal de Reforma Agraria).

La zona urbana era un área dentro del ejido que proporcionaba vivienda y servicios a ejidatarios y a forasteros cuyas habilidades eran útiles para el ejido: a esos forasteros se les conocía como *avecindados*. (Barriga, 1995, pp.375-376)

El proceso de urbanización de SNT se da bajo estos mecanismos y legitimó la subdivisión de la tierra ejidal al permitirles derecho a los *avecindados*. Esto implicaba dotarles solares para su uso como vivienda, pero este vacío legal incentivaba la venta ilegal de tierras a personas que supuestamente eran *avecindados*. No obstante, como lo indica Barriga (1995), este proceso de venta ilegal ocasionó conflictos internos en el ejido relacionados con el reparto de las parcelas y la venta de estos a numerosos propietarios que estrictamente no eran *avecindados*.

A partir de 1970, otras dinámicas de ocupación de suelo comienzan a tener relevancia, en concreto, los asentamientos irregulares que ocuparon una porción importante del territorio del ejido. No obstante, la ocupación fue de algún modo incentivado por los propios comuneros cuando comenzaron a vender tierras; por ejemplo, en 1975, los pobladores de la colonia Bosques compraron tierras a los ejidatarios de SNT, pero la mayoría estaba inconforme con estas acciones de algunos ejidatarios por lo que solicitaron al gobierno que desalojaran las áreas ocupadas. En 1976 hubo tres intentos de desalojo, pero sin ningún éxito (Chávez M., 1995; Vitz, 2010). Las ventas de tierras eran muy comunes en esta década; de acuerdo con Chávez (1995), la colonia Vistas del Pedregal y Pedregal de San Nicolás fueron conformándose paulatinamente por estas ventas ilegales; los tratos entre ejidatarios vendedores y compradores eran directos hasta poblarse densamente a principios de los ochenta. De hecho, en 1980 por medio de la Comisión para la Regularización de la Tenencia de la Tierra (CORETT) se expropiaron del ejido SNT 339.5 hectáreas (RAN, 2021). Dado que los objetivos primordiales de CORETT eran la de i) regularizar la tenencia de la tierra en donde existan asentamientos irregulares en predios comunales y ejidales y, ii) la adquisición y enajenación de suelo y reservas territoriales para el desarrollo urbano y la vivienda, se infiere que la superficie expropiada fue para darle legalidad a toda la superficie que hasta entonces había sido ocupada ilegalmente. En la década de los noventa hubo dos expropiaciones más por CORETT; una en 1990 con 142 hectáreas expropiadas, y otra en 1997 con 67 hectáreas más. En total, entre 1976 y 1997 le fueron expropiados al ejido el 20%

de su territorio. La urbanización era inminente, sobre todo en aquellas áreas en la interfaz urbana-rural. Hasta el 2003, «las colonias Zona Urbana El Pedregal, San Nicolas Totolapan I, San Nicolas Totolapan II, Lomas de Cuilotepec, Dos de Octubre y Ampliación Dos de Octubre habían sido regularizadas» (Schteingart & Salazar Cruz, 2003). Como lo describe Schteingart y Salazar Cruz (2003), dos factores propiciaron la urbanización en estas zonas: el primero fueron las condiciones del suelo que no eran aptas para la agricultura, por lo que los ejidatarios no tenían incentivos para trabajar la tierra por los rendimientos exiguos que obtenían; el otro factor es consecuencia del primero, los terrenos improductivos situados en el área de interfaz fueron vendidos, en su gran mayoría, de manera paulatina, por parte de los ejidatarios y estas situaciones no fueron sancionadas. Estos cambios pueden observarse en las dos fotografías aéreas de una parte del territorio del ejido en 1971 y 1997 donde se observa el crecimiento de la mancha urbana hacia zonas forestales y agrícolas (Figura 50).

Tenemos evidencia de que el poblamiento del ejido no respondió en la mayoría de los casos a una ocupación masiva sino a la compraventa individual. Gran parte de los ejidatarios que estaban en posesión de tierras en la periferia urbana se sintieron presionados porque las labores agrícolas no eran redituables: la siembra requería de constante vigilancia para que los «nuevos vecinos no tiraran basura en la milpa o se robaran la cosecha», y el precio de sus productos en el mercado era menor que el beneficio económico que recibirían por la lotificación y venta individual de los predios. (Schteingart y Salazar Cruz, 2003, p.453)

Figura 50. . Urbanización hacia el territorio del ejido.

Figura 50a. Ortofoto del área del Ejido SNT 1971

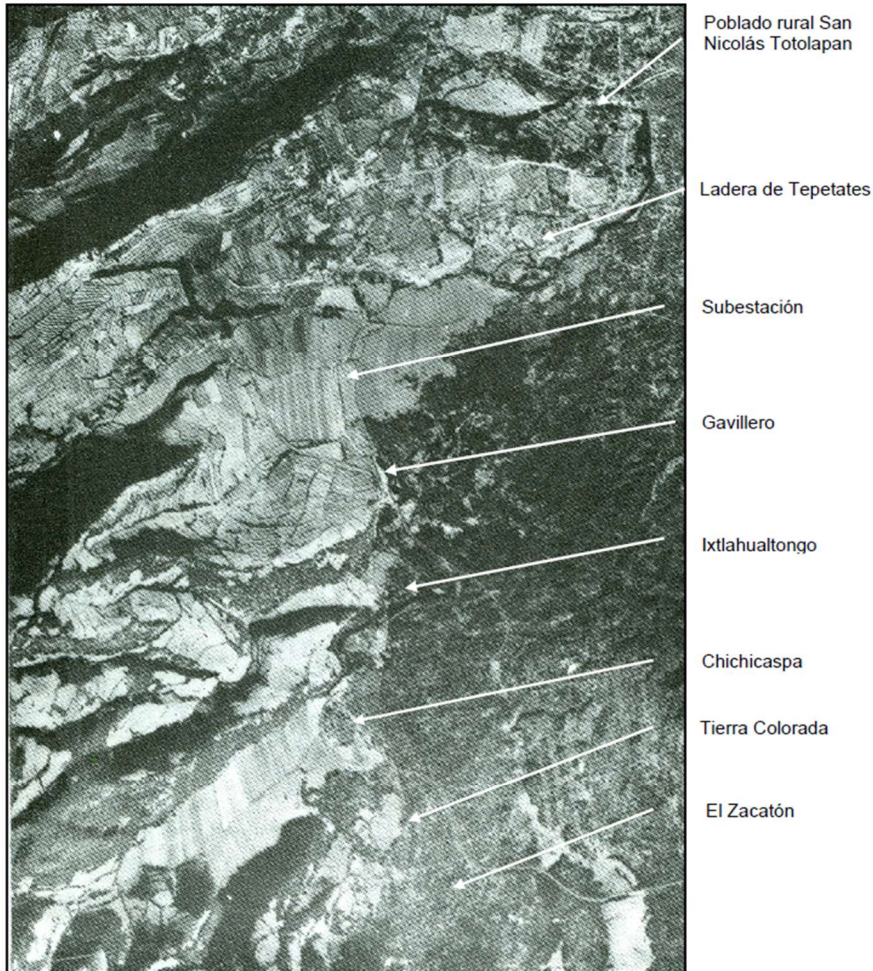
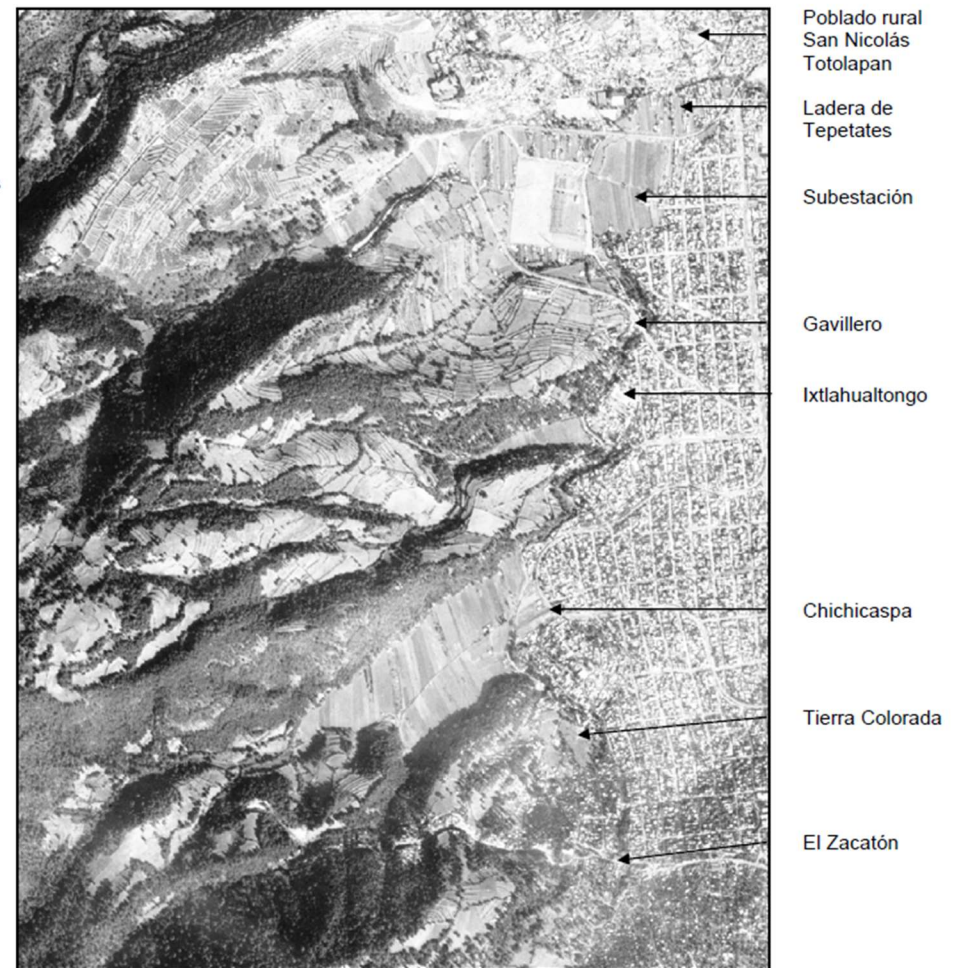


Figura 50b. Ortofoto del área del Ejido SNT 1997



Fuente: Romero (2008). Imágenes aéreas en un área del ejido San Nicolás Totolapan

No obstante, a pesar de que los ejidatarios habían sido los promoventes de las ventas de los terrenos que dieron origen a los asentamientos irregulares, las expropiaciones hechas por CORETT fueron frenadas temporalmente por los amparos interpuestos por los propios ejidatarios. Cuando en 1982 se llevaron a cabo las reformas al Programa de Desarrollo Urbano de la Delegación La Magdalena Contreras, los asentamientos irregulares quedaron expuestos a la nueva normatividad ambiental ya que esas áreas fueron declaradas área de preservación ecológica, hoy en día Suelo de Conservación, por lo que los ejidatarios aprovecharon la situación para reclamar como suyos esos territorios argumentando que eran áreas naturales que debían conservarse y no urbanizarse. Estos argumentos no tuvieron éxito, y pocos años después, los asentamientos fueron desincorporados del área de preservación por gestiones de la Seduvi (Schteingart & Salazar Cruz, 2003).

En general, la trayectoria histórica, hasta 1990, en torno a los medios de vida del ejido SNT puede sintetizarse en tres grandes periodos: antes de del siglo XX, cuando la explotación de los recursos forestales se basaban principalmente en la fabricación de carbón, leñas y otros derivados y eran vendidos en el centro urbano; el segundo periodo es hasta la cuarta década del siglo XX donde aún prevalecen estas actividades, pero entra a la escena las industrias textiles y de papel que vendrían a representar nuevas oportunidades de ingresos para los hogares de SNT, y en ese mismo periodo se institucionaliza la propiedad de la tierra del ejido por medio del reparto agrario; de 1940 a 1990 lo que caracterizó al ejido fue la continua venta ilegal de las tierras fomentadas por los propios ejidatarios para obtener ingresos ya que las actividades agrícolas no eran redituales por el tipo de suelo. No obstante, las modificaciones a la legislación ambiental local a principios de los ochenta y las nuevas agendas gubernamentales a nivel internacional, priorizando la dimensión ambiental, marcaría el inicio de nuevas oportunidades para diversificar los medios de vida de los ejidatarios de SNT mediante actividades de conservación ambiental.

4.1.3.2. Bosques, servicios ecosistémicos y Medios de Vida Sustentable

El Parque Ejidal San Nicolás Totolapan tiene su origen a mediados de 1990 por iniciativa y empuje de Victoriano L., ejidatario activo del ejido SNT. El parque tiene una superficie de 1900 hectáreas de bosque. El origen del parque se vincula con el establecimiento de una Unidad de Manejo Ambiental (UMA) que es parte del Programa de Conservación de la Vida

Silvestre y Diversificación Productiva en el sector rural 1997-2000 donde el objetivo fue conservar venados de cola blanca para su posterior liberación y repoblar el área de esta especie. No obstante, los intereses primordiales subyacían en generar un atractivo turístico de modo que esta actividad implicara ingresos para los ejidatarios (Ávila-Foucat, 2012).

Aunque en los inicios del parque había poca concertación entre los ejidatarios en desarrollar el proyecto, la capacidad de liderazgo de algunos de los ejidatarios y su experiencia en el ámbito de los proyectos públicos se logró en asamblea la aprobación del proyecto. Años más tarde, en 2006, los terrenos forestales del ejido se constituyeron en una Reserva Ecológica Comunitaria de la que recibieron compensaciones ambientales (Ávila-Foucat, 2012).

Como sucedió con la mayoría de los núcleos agrarios en el sur de la Ciudad, y de todo México, en el primer tercio de la década de los años 2000 se comenzaron a implementar una serie de medidas de políticas ambientales que incidieron en los territorios mediante prácticas de conservación ambiental llevadas a cabo directamente por los propietarios forestales

El conjunto de políticas ambientales implementadas desde la veda forestal de 1946 hasta las políticas de conservación forestal por servicios ecosistémicos, el ejido SNT vio una ventada de oportunidad para generar nuevos proyectos a fin de generar ingresos adicionales para los ejidatarios basados en las actividades sustentables. En esencia, los Medios de Vida Sustentables del ejido se resumen en ii) ingresos por turismo de naturaleza y ii) ingresos por políticas públicas ambientales.

4.1.3.2.1. Servicios ecosistémicos culturales como medios de vida

Los servicios ecosistémicos culturales son los más valiosos para el ejido ya que desde 1998 el parque ejidal, junto con los otros servicios de recreación que hoy en día brinda a los visitantes, les ha permitido dotar importantes ingresos a los ejidatarios que directamente trabajan en el área. Además, los 334 ejidatarios activos con derechos de usufructo obtienen un ingreso que es repartido anualmente. La cantidad es variable, pero en 2019 este monto fue de 10 mil pesos para cada ejidatario, lo que implica que se repartieron 3.34 millones de pesos en total y son recursos que se obtuvieron de las utilidades del parque.

La cercanía del parque con la Ciudad de México como una zona urbana con alta demanda de áreas de recreación, los motiva e incentiva a seguir colaborando conjuntamente aprobando en asamblea más y mejores proyectos en beneficio del ejido. No obstante, a pesar de que los acuerdos en asamblea son por lo general aprobados, no todos los ejidatarios participan activamente. Las asambleas se realizan mensualmente y asisten no más de 200 ejidatarios. Lo anterior, es explícita, en parte, por las condiciones institucionales del territorio donde todos los ejidatarios poseen derechos de propiedad independientemente de si estos contribuyen directamente o no en la realización de actividades en los bosques de uso común. La no exclusión y no rivalidad en el usufructo del bosque es lo que motiva a los ejidatarios a no participar en las tomas de decisiones o actividades directas en el territorio. No obstante, los ejidatarios que sí se esfuerzan en los proyectos del ejido manifestaron que debería existir algún mecanismo de exclusión o reducción de beneficios para aquellos ejidatarios que no participan. Por ejemplo, la fecha con mayor afluencia de ejidatarios suele ser en diciembre cuando se hace la repartición anual por beneficios directos del parque.

El desarrollo de parque ha sido posible con la intervención de distintos actores, pero con una total relevancia de los ejidatarios al ser quienes dirigen y desarrollan las acciones de conservación las cual se han traducido en una notable mejora en la calidad de los bosques desde 1998, aunque si se ha observado una relativa disminución de la superficie de los bosques de oyamel, pero que de manera global, junto a las otras superficies arbóreas de pino y encino, ha habido incrementos notables desde 1993 a 2019 ([Vazquez, 2011](#)). La inversión inicial para el proyecto es cargo del Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza A.C. con un monto total de 450 mil pesos usando el 80% para servicios de consultoría para el diseño de un plan estratégico. Al no haber más financiamiento, la apertura del parque fue bajo una infraestructura básica e insuficiente, pero debido al éxito alcanzado el proyecto fue avanzando ([Sanchez, 2007](#)).

De manera general, el parque se ha manejado con una visión de autogestión administrativa comunal cuyos dividendos son repartidos anualmente a los comuneros activos y con derechos de usufructo. Además, las actividades necesarias para el mantenimiento del parque son llevadas a cabo directamente por los ejidatarios. No obstante, según [Vázquez \(2011\)](#), aunque cada vez más miembros del ejido se habían sumado al proyecto, una parte se oponía a la

continuidad con el argumento de que los mayores beneficios son asignados a unos pocos. En esencia, la valorización de los recursos forestales del ejido es importantes por su valor instrumental, es decir, por los beneficios económicos directos que obtienen. Aunque, de acuerdo con las entrevistas, para algunos, el parque, además de ser un mecanismo para generar medios de vida, también representa una estrategia para conservar las condiciones del territorio y la historia, en general, del ejido o pueblo de San Nicolas Totolapan.

4.1.3.2.2. Servicios ecosistémicos por provisión y regulación

Otro de los factores que contribuyen al balance del sistema de recurso forestal son las transferencias por políticas públicas ambientales. Las transferencias recibidas son básicamente por los servicios ecosistémicos que son importantes no solo para las zonas rurales, sino también, en mayor medida, por los habitantes de la ciudad.

Desde 2003, el ejido se le ha transferido más de 89 millones de pesos que provienen de fuentes federales y locales. Estos recursos son principalmente para la realización de actividades de conservación. En la [Figura 46](#) del capítulo 3, se muestra el porcentaje de financiamiento de cinco núcleos agrarios donde destaca SNT por ser un núcleo agrario que ha mantenido regularmente la proporción de inversiones en el periodo 2003-2018. Es decir, la capacidad de gestión se mantiene en comparación con las transferencias de otros núcleos agrarios tales como Magdalena Atlitic o SMysta que son irregulares en cuanto a las transferencias recibidas que puede interpretarse como falta de capacidad de gestión y organización.

Las actividades de conservación son múltiples, pero se centran en actividades para la conservación forestal. Las acciones ambientales son desarrolladas directamente por los miembros del ejido formando brigadas y realizando actividades en áreas definidas según los programas de apoyo del cual recibieron financiamiento. El ejido SNT es el único caso de la Ciudad de México adherido a un programa global de emisión de bonos de carbono donde el ejido se ha comprometido durante un periodo de 30 años para conservar alrededor de 1462 hectáreas de bosques ([ANCE, 2018](#)). Los ingresos por este mecanismo de mercado de carbono son variables pues los valores de los bonos están en función de los precios del

mercado, aunque una aproximación indicaría que obtuvieron en 2019 cerca de 1 millón de pesos.

Bueno, pues en 14 años que llevamos, en cuestión económica, pues iniciamos con una cantidad muy jodida, no. Sobrevivíamos con 2,000 pesos mensuales durante casi 14 años. Y el propósito de este movimiento, de esta cosa, de la reserva ecológica, es para detener la mancha urbana, no. Es que también aquí hay varios ejidatarios y, por lo mismo, debemos de cuidar nuestros intereses y hay un programa de captura de ozono [captura carbono] en el cual pues sí ha dado algo de resultados al ejido. Pero eso apenas entró [inició en el año 2018]. Eran tres funciones ... en el plan de trabajo: prevenir, conservar y vigilar. Esa es la función, era de nosotros, y ahora pues estamos más activos por la cuestión de incendios forestales¹³.

Los compromisos adquiridos por el ejido en periodos largos de tiempo para conservar sus recursos forestales son muestra de los niveles importantes de organización y gestión existentes; además, la confianza y relación generada con actores del gobierno local que les ha permitido desarrollar una serie de proyectos basados elementalmente en el compromiso de los ejidatarios para que estas actividades sigan desarrollándose y obteniendo con ello Medios de Vida Sustentables no solo por la garantía de conservar los recursos forestales y los servicios ecosistémicos, sino también por el aseguramiento de un ingreso que contribuye de manera importante en los medios de vida de los hogares de los ejidatarios.

4.1.4. Síntesis general de los medios de vida y Medios de Vida Sustentable

La Trayectoria Socio-Ecológica observada en los tres núcleos agrarios no se desliga de la forma en que los pobladores han generado sus medios de vida. La diversificación de estos es importante, pues apuntan, como ya se ha indicado, a una mayor resiliencia ante contextos adversos. En la [Figura 51](#) se muestra una lista de las principales fuentes de medios de vida que se identificaron en los tres núcleos agrarios en el periodo 1860 y 2020 con base en la revisión documental y de las entrevistas realizadas. Mientras que la [Figura 52](#) es una línea de tiempo que expone cómo cambiaron los medios de vida por cambios en los contextos sociales, políticos y económicos o por decisiones de políticas públicas. Este esquema

¹³ Entrevista realizada a un ejidatario de San Nicolás Totolapan en diciembre 2019.

sinteriza lo que se discutirá a profundidad en el apartado 4.1 priorizando en cada núcleo agrario las actividades y acciones que se consideran más relevantes.

De manera general, se distinguen cuatro periodos de tiempo donde se pueden observar los contextos donde emergen, desaparecen o pierden relevancia algunos medios de vida. El primero corresponde a la época de las haciendas cuando los pobladores solo podían usufructuar algunas áreas designadas para ellos donde podían extraer unidades de recursos para su subsistencia, pero mayormente dedicaban su tiempo en las actividades agropecuarias en las haciendas. El otro periodo se caracteriza por el fin de las haciendas y el nacimiento de ejidos y comunidades como forma de propiedad social. Las actividades agrícolas toman relativamente relevancia, pero las condiciones deficientes del suelo para la agricultura hacen que estas no representen fuentes importantes para generar medios de vida, a excepción de SMySTA ya que poseían tierras cultivables en la zona este de la comunidad. Por otro lado, en ese periodo emergen las primeras industrias y algunas de ellas se localizan al sur de la ciudad donde los pobladores aportarían con insumos o mano de obra.

Figura 51. Lista de principales medios de vida por sector de actividad

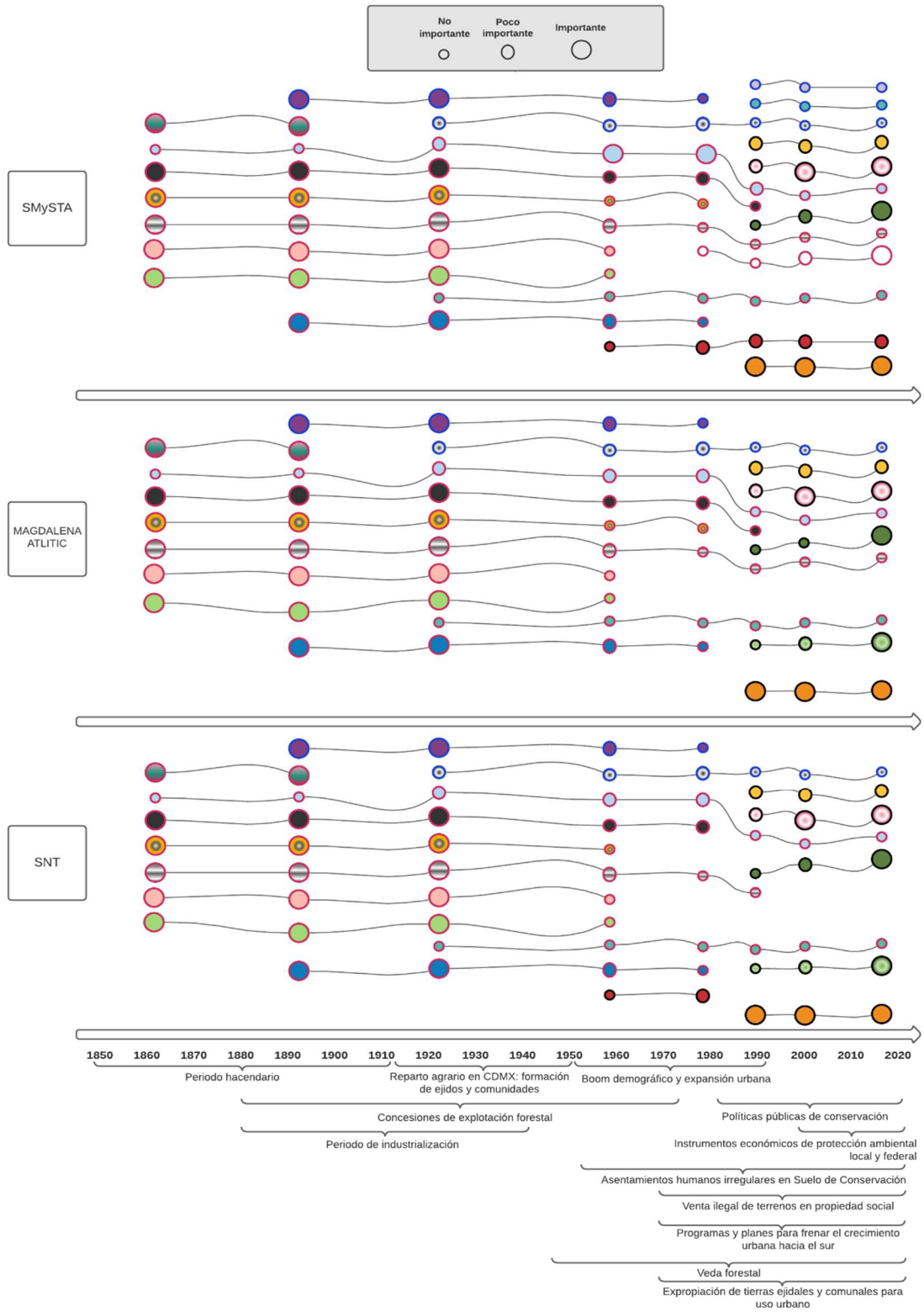


Fuente: elaboración propia

Un tercer periodo se caracteriza por la explosión demográfica y la expansión urbana de la Ciudad de México que traería enormes consecuencias en las estructuras sociales de los núcleos agrarios. Emergen los primeros asentamientos irregulares y la venta ilegal de la tierra sería un constante en las siguientes décadas. En el cuarto periodo emanar las primeras

medidas institucionales para contener el crecimiento de la ciudad. Se regularizan los asentamientos irregulares y se da fin a las concesiones forestales existentes que proveían materia prima a las fábricas de papel. Los medios de vida se centrarían en el sector terciario y emergería a principios de la década de los noventa proyectos de turismo de naturaleza. Aquí se concretaría la institucionalización de las medidas de conservación ambiental y daría paso a la instrumentación de programas ambientales que eventualmente conduciría a la creación de los programas de compensación ambiental, tal como el Programa Nacional de Pago por Servicios Ambientales que vendría a estimular la conservación de los bosques y proporcionaría ingresos adicionales para los pobladores.

Figura 52. Diversificación y transición de los medios de vida en tres núcleos agrarios



Fuente: Elaboración propia

4.2. Diferenciaciones en las condiciones sociales y ecológicas por convergencias y divergencias de intereses entre actores sociales

Hay que enfatizar que existen diferencias en las condiciones socio-ecológicas del territorio tanto a nivel de núcleos agrarios y por microcuencas. Esto, porque los núcleos agrarios tomaron sendas diferenciadas que los han conducido a su estado actual. A pesar de que las políticas ambientales han incidido en el territorio más o menos de manera homogénea, no todos los núcleos agrarios han experimentado importantes avances en torno a la conservación forestal. Si se observa las condiciones ecológicas del territorio a nivel de microcuencas, su estado actual estaría en función de las estrategias (o carencia de éstas) que se han adoptado en cada núcleo agrario y no por el esfuerzo común de los poseedores de los derechos de propiedad. De esta forma, existirían áreas puntuales donde el stock forestal se reduce o degrada, y otras donde aumenta.

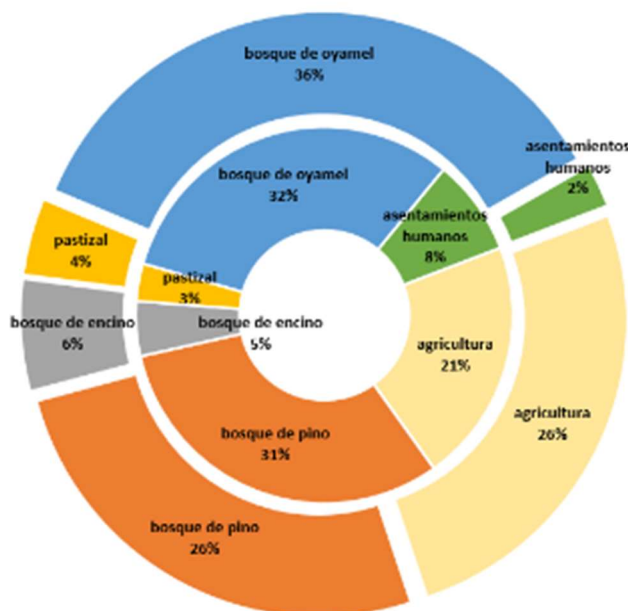
De este modo, en términos de la política pública ambiental en torno a los servicios ecosistémicos, la gestión por cuencas hidrológicas podría ser la unidad adecuada para la gestión del paisaje sí y solo sí las estructuras sociales de los núcleos agrarios posibiliten o transiten hacia Medios de Vida Sustentables.

De acuerdo con los datos del 2019, la composición de los usos de suelo y vegetación es predominantemente forestal con una cobertura del 66% respecto a la superficie de los tres núcleos agrarios en las microcuencas (**Figura 53**), con una dominancia de los bosques de oyamel con 32% y los bosques de pino con 31%; mientras que la superficie agrícola y asentamientos humanos es de 21% y 8% respectivamente. No obstante, la composición ha variado desde 1993; de manera general, observamos que para 1993 la superficie ocupada del bosque de oyamel era del 36% lo que habla de una reducción del 5%; mientras que la superficie ocupada del bosque de pino fue del 26% en 1993 traduciéndose en un incremento del 5%.

A la escala de núcleos agrarios, se observan diferentes trayectorias y composiciones de los usos del suelo y sus bosques. Sus condiciones han cambiado a lo largo de tres décadas impulsada por diversos factores tales como el crecimiento urbano y agrícola y otros procesos

asociados a la tala ilegal; en embargo, los aspectos que cobran mayor relevancia se vinculan con los procesos institucionales basadas en la organización y gestión desde lo local.

Figura 53. Porcentaje de ocupación por tipo de uso y vegetación del suelo 1993 y 2019. El anillo exterior corresponde al año 1993, y el anillo interior al año 2019.



Fuente: Elaboración propia

El siguiente apartado tiene como objetivo explorar las percepciones de cambios en los usos del suelo y vegetación, principalmente de los bosques, basado en un conjunto de entrevistas a personajes claves de cada núcleo agrario (NA) y contrastarlas con los datos de cambios en el uso del suelo y vegetación. La idea de la gestión existente en cada NA sobre la conservación de los bosques es importante porque existen factores económicos, biofísicos, demográficos y de políticas públicas que inciden en el territorio por los cuales los actores vinculados a la conservación los tienen plenamente identificados y la forma en que estos tienen efecto en la composición de los usos del suelo y de los bosques, de modo que las acciones directas o indirectas de los actores vinculados a los factores antes mencionados se generan percepciones en torno a los cambios que estos generan principalmente en los bosques.

4.2.1. Actores sociales, percepciones y evidencias en torno a los cambios en los usos del suelo y vegetación

De acuerdo con los datos recabados en campo, la percepción de deterioro de los recursos forestales en la comunidad de San Miguel y Santo Tomas Ajusco (SMySTA) es más evidente debido a que existen al interior actores sociales con intereses que divergen o convergen según los objetivos que persiguen. En el [Cuadro 11](#) se muestran los principales actores y objetivos ligados por núcleo agrario y en la [Figura 54](#) se muestran los esquemas de convergencias entre objetivos y actores para cada núcleo agrario. A grandes rasgos, los objetivos de los actores podrían sintetizarse en los i) esfuerzos que realizan para conservar los bosques, y ii) acciones que degradan los bosques.

En el caso de SMySTA se identificaron al menos 7 principales actores; en Magdalena Atlitlic 14 actores y en San Nicolás Totolapan 12 actores. A la vez, cada uno de los actores está vinculada con uno o más objetivos. Esto hace suponer que, cuando los actores tienen objetivos en común, estarán mayormente conectados entre sí. A su vez, si los objetivos generales son comunes, los intereses particulares para cada actor tenderán a converger. Esto es lo que se expresa gráficamente en las [Figura 54.A](#) y [Figura 54.D](#) donde se muestran las convergencias entre objetivos y convergencias entre actores por tipo de objetivos en SMySTA (ver metodología de cálculo en el capítulo 2). Las principales relaciones entre actores son entre instituciones gubernamentales con actores de la comunidad cuyos objetivos son la conservación forestal, es decir, las relaciones son entre CONAFOR, SEDEMA, Comisariado de Bienes Comunales (CBC), los comuneros en general (Comuneros), y la Ronda Comunal (RC); y relaciones internas que vinculan CBC, Comuneros y RC; por otro lado, podemos observar que la convergencia entre talamontes (TM) y aserradores (ASSE) es alta por el objetivo en común que es obtener ingresos por la tala ilegal por lo que ambos son codependientes. Esto no excluye la posibilidad de otros actores externos involucrados como son los fabricantes de mueble que demandan madera. Asimismo, en la gráfica de relaciones se esquematiza las relaciones subyacentes entre TM y ASSE con la autoridad comunal (CBC) ya que se ha señalado los posibles vínculos entre este y los talamontes.

Cuadro 11. Lista de objetivos por actores y por Núcleo Agrario

ACTORES	OBJETIVOS
SMySTA	
1. Talamontes (TM)	1. Obtener ingresos (ingreso)
2. Comisariado de Bienes Comunales (CBC)	2. Buscar legitimación (Leg)
3. Ronda Comunal (RC)	3. Diseñar acciones para garantizar la conservación (acciones_C)
4. SEDEMA (SEDEMA)	4. Administrar recursos comunes (aRUC)
5. Aserraderos (ASSE)	5. Inversiones ambientales (Inv_amb)
6. Comuneros (Comuneros)	6. Extraer unidades de recurso forestal (tala i)
7. CONAFOR (CONAFOR)	7. Realizar actividades de conservación (act_conser)
	8. Procesamiento de madera ilegal (proces)
	9. Venta de terrenos (V.terr)
	10. Renta de terrenos (R.terr)
Magdalena Atlitic	
1. Comité de Vigilancia (CV)	1. Ingresos indirectos (y_indirect)
2. Comisariado de Bienes Comunales (existente no legal) (CBC-E)	2. Diseñar acciones para garantizar la conservación (Acc.Amb)
3. Comisariado de Bienes Comunales (no existente) (CBC)	3. Administrar recursos comunes (ARuc)
4. Asociación de Comerciantes Unidos de los Dinamos A.C. (ACUD)	4. Invertir en planes y proyectos ambientales (Inv.Amb)
5. Comité de Cuenca del Río Magdalena (CCRM)	5. Extraer unidades de recurso forestal (tala i)
6. Patrulla del Bosque (PB)	6. Realizar actividades de conservación (act_conser)
7. Brigadas con multiples actividades (Brigadas)	7. Producir conocimiento en torno a los problemas ambientales (knowledge)
8. Atlitic Turismo de Naturaleza (ATN)	8. Ingresos directos (y_directos)
9. Atlitic Desarrollo Humano en Contacto con la Naturaleza (ADHCN)	9. Gestionar los recursos hídricos (Agua)
10. Comisión de Recursos Naturales (Corenadr)	
11. SEDEMA (SEDEMA)	
12. CONAFOR (CONAFOR)	
13. UNAM (UNAM)	
14. Monitores Locales (ML)	
SNT	
1. Comisariado de Bienes Comunales (CBC)	1. Diseñar acciones para garantizar la conservación ambiental (Acc.Amb)
2. SEDEMA (SEDEMA)	2. Administrar recursos comunes (ARuc)
3. Climate Action Reserve (CAR)	3. Invertir financieramente para proyectos ambientales (Inv.Amb)
4. Asociación de Normalización y Certificación, A.C. (ANCE)	4. Realizar actividades de conservación (act_conse)
5. Comisión de Recursos Naturales (Corenadr)	5. Generar ingresos para el ejido/comunidad
6. Integradora de Comunidades Indígenas y Campesinas de Oaxaca (ICICO)	6. Generar ingresos para el grupo (Ing_grupal)
7. Brigadas (Brigadas)	7. Producir conocimiento en los temas ambientales (Knowledge)
8. CONAFOR (CONAFOR)	8. Fomentar la conservación ambiental a través de proyectos de educación ambiental (Fomentar)
9. Parque Ejidal SNT (Parque)	
10. SEMARNAT (SEMARNAT)	
11. Comuneros (Comuneros)	
12. Instituciones de educación superior (Educación)	

Fuente: elaboración propia

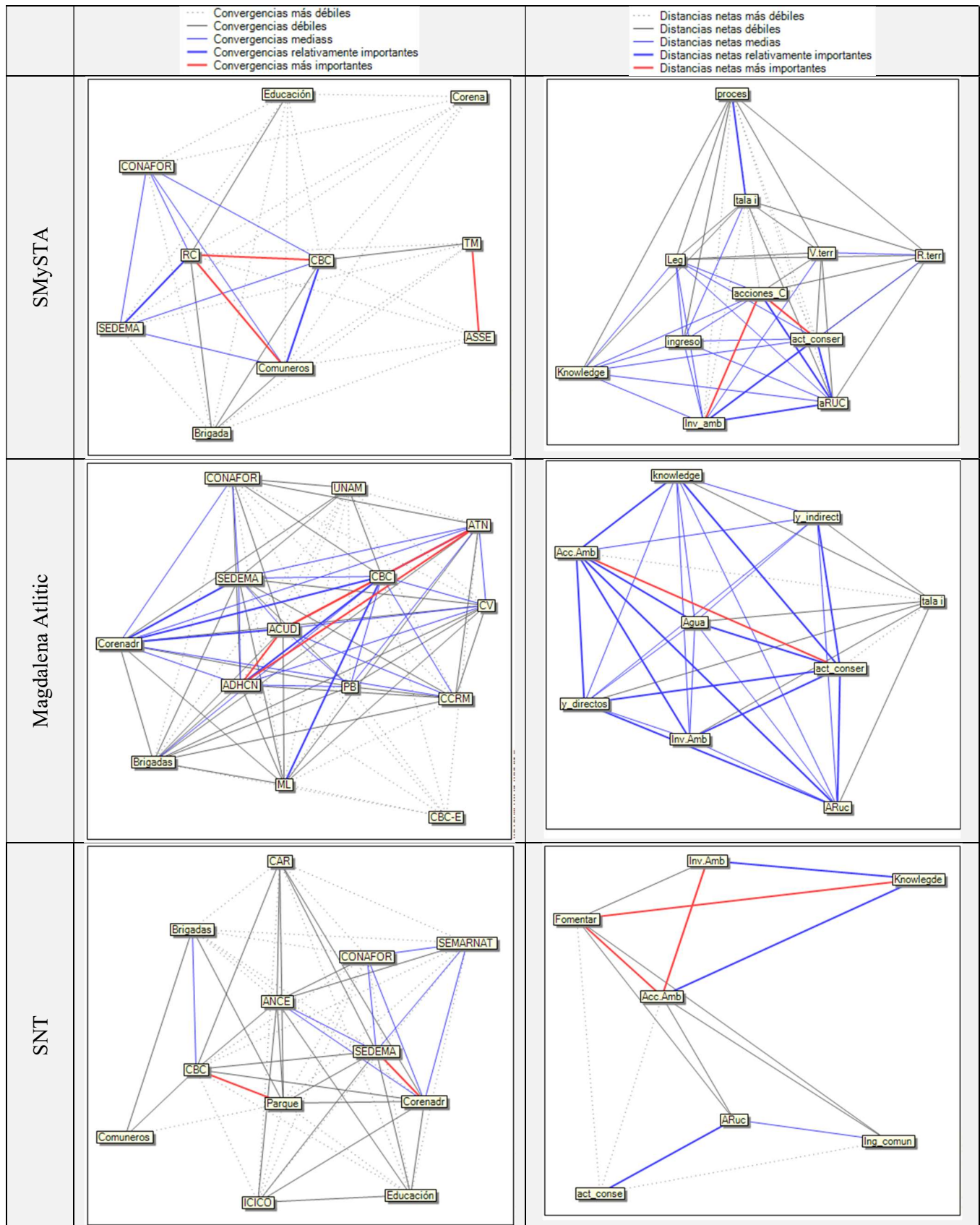
La diferencia entre las estructuras de relaciones entre SMySTA, Magdalena Atlitic y San Nicolas Totolapan radica en la presencia de actores con intereses contrapuestos y del grado

de organización entre los diversos actores. Mientras que en SMySTA prevalecen grupos contrarios a la idea de la conservación, en MA y SNT los intereses, en general, tienden a ser comunes.

Es importante mencionar que el caso de SMySTA es problemático porque se trata de un actor en proceso de «búsqueda» de legitimación en el cual sus integrantes se autoproclaman como arrieros que era una de las principales actividades de los comuneros en muchas décadas atrás. Este grupo está conformado por al menos 80 familias cuya principal actividad es la tala ilegal de los bosques de SMySTA, pero, de acuerdo con los comuneros de Magdalena Atlitic y San Nicolás Totolapan los talamontes han afectado parte de sus bosques en zonas de colindancia con sus territorios. De ahí que los esfuerzos entre los actores que convergen en los objetivos de la conservación sean, por un lado, esfuerzos en torno al diseño de acciones y programas para la protección y conservación ambiental desde las políticas públicas locales y nacionales y, por otro lado, acciones directas de los actores locales tales como los brigadistas, la ronda comunal, asociaciones en torno al turismo de naturaleza, entre otros, centrados en actividades de conservación. Los objetivos de cada actor convergen porque el fin último es la conservación; aunque las motivaciones de los actores locales a nivel de núcleo agrario tienen como incentivo la obtención de medios de vida ya sea por los ingresos que obtienen de los servicios ecosistémicos culturales o por las transferencias gubernamentales por políticas públicas ambientales.

Las percepciones de los actores sociales en torno a la deforestación no son arbitrarias, sobre todo en SMySTA, pues los actores centrados en la conservación tienen evidencias de árboles talados en sus territorios muy próximas al circuito Picacho-Ajusco en zonas superiores a los 3300 msnm (*Figura 55*). No hay una aproximación en torno a la superficie de deforestación por los talamontes, pero sí se tiene un acercamiento en torno a la pérdida de los bosques, en la particular los de oyamel como se muestra en la *figura 11*, donde de 2009 a 2019 se perdieron alrededor de 15 hectáreas de bosque de oyamel y más de 370.78 hectáreas de 1993 a 2019. No es una situación menor, pues representa alrededor del 17% de la superficie del ejido SNT.

Figura 54. Convergencia de objetivos entre actores en los tres núcleos agrarios



Fuente: elaboración propia

Figura 55. Tala ilegal en San Miguel y Santo Tomas Ajusco. Arboles de Oyamel



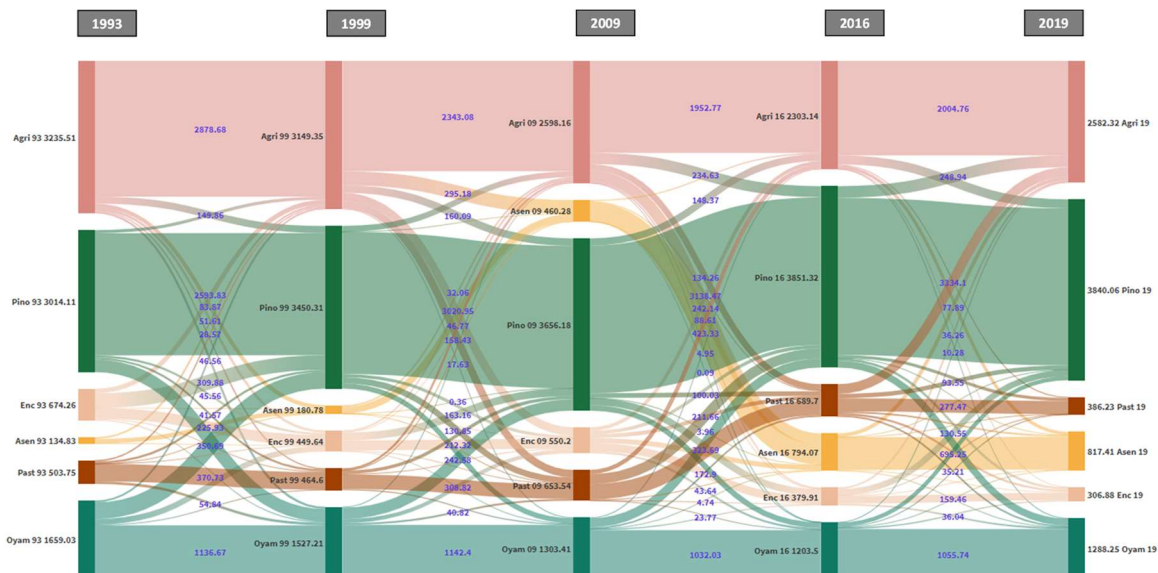
Fuente: Archivo de la Brigada de Vigilancia Ambiental Comunitaria de la Ronda Comunal de SMySTA, agosto 2019.

De manera general, la vegetación con mayor pérdida fue el bosque de oyamel con 370 hectáreas, y los usos del suelo con mayor pérdida fueron las agrícolas con 653 hectáreas (*Figura 56* y *Figura 57*); en cuanto a las ganancias se observan incrementos de 825 hectáreas de bosques de pino y un incremento de 683 hectáreas de suelo para uso urbano. Las percepciones de los cómo no se mantienen alejados de estos valores, pues en las últimas décadas han sido testigos del proceso de urbanización en su territorio. Un aspecto importante que se puede inferir de la *Figura 56* es alta transitabilidad de los usos del suelo vegetación ya que el periodo 1993-2019 se observan una importante cantidad de transiciones de diversas vegetaciones hacia usos del suelo, y usos del suelo hacia vegetaciones.

Lo anterior dice, por un lado, de las posibles injerencias en materia de política ambiental de los gobiernos locales y federales que promueven la reforestación y recuperación de áreas forestales, pero, por otro lado, muestra la debilidad y poca consistencia de las autoridades comunales en materia de protección ambiental, ya que, sus vínculos con los talamontes en ciertos periodos de gestión reactivan directa o indirectamente las actividades de la tala ilegal. Sin embargo, los talamontes están en un proceso de legitimación de sus actividades al autodenominarse arrieros ya que con ello eliminarían la connotación negativa del término

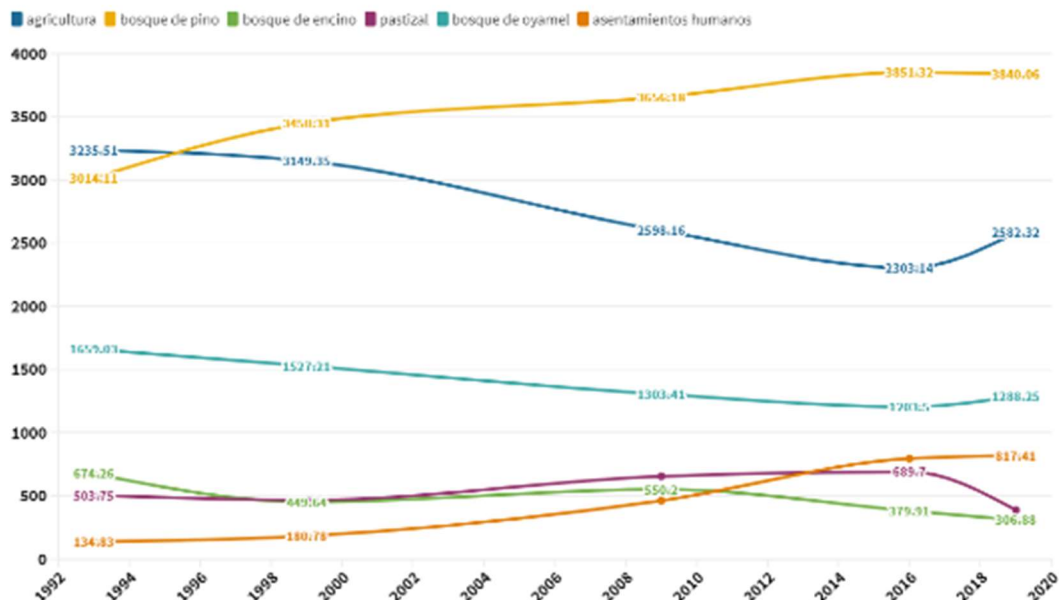
talamonte mediante la evocación de hechos históricos cuando tal actividad era la principal en la comunidad.

Figura 56. Transiciones de cambio de uso de suelo y vegetación-Ajusco.



Fuente: elaboración propia con base en (Morales, 2021). Ver figura online en: <https://public.flourish.studio/visualisation/7273434/>

Figura 57. Tendencia de la vegetación y usos del suelo en SMySTA.

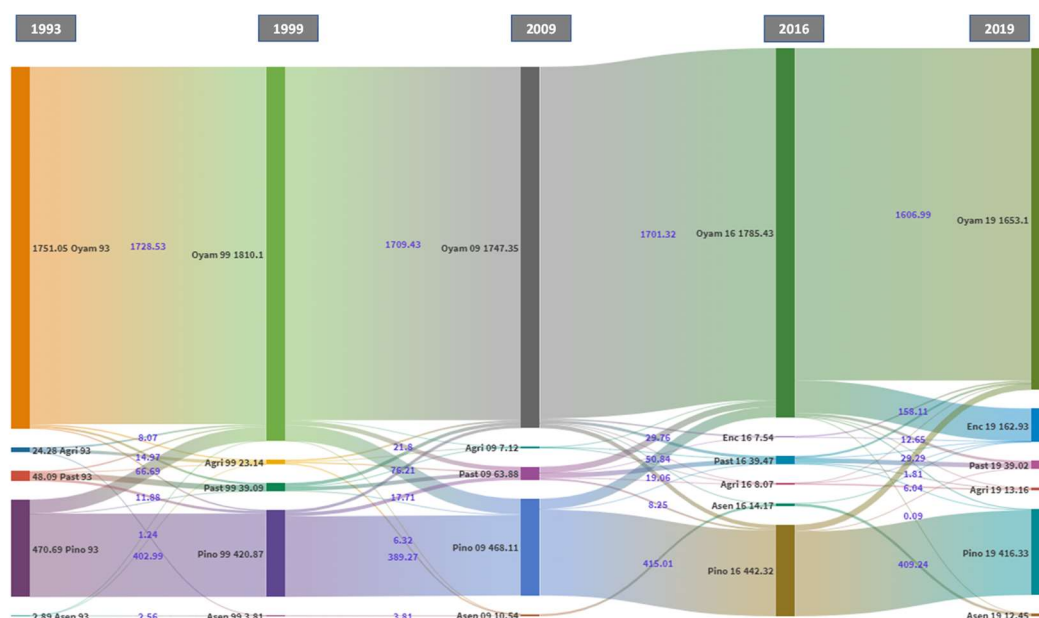


Fuente: elaboración propia con base en (Morales, 2021). Ver figura online en: <https://public.flourish.studio/visualisation/5410111/>

Las percepciones de degradación, en particular, de los bosques, se manifiestan de diferentes formas en cada núcleo agrario; mientras que en SMySTA es mayormente por las acciones de los talamontes, en SNT son principalmente por invasiones ilegales por urbanización e incendios (producidos o naturales) y ligeramente señalan los problemas de la deforestación por las acciones de los talamontes del SMySTA.

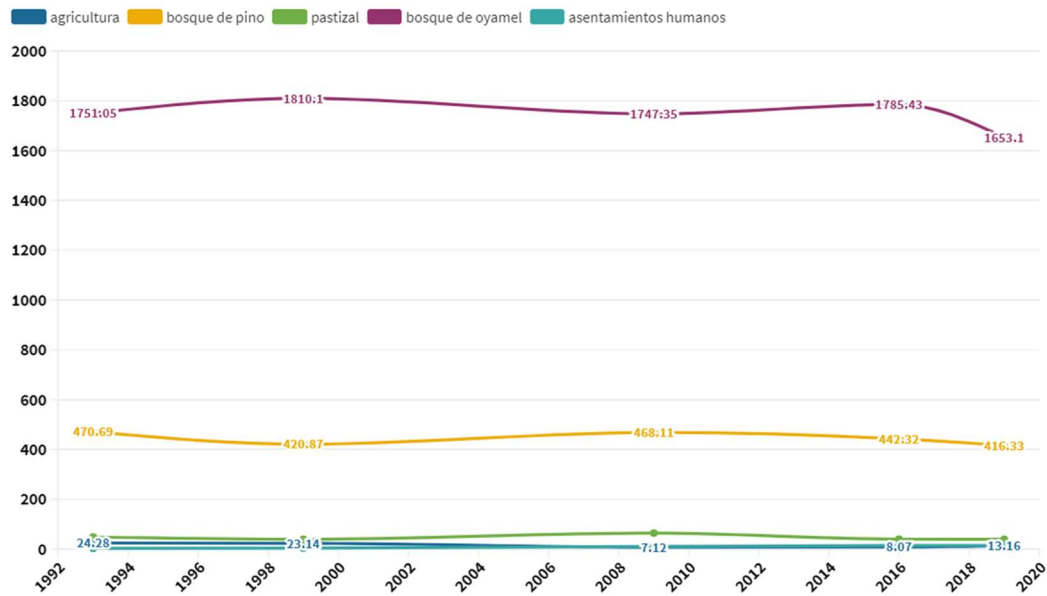
Por otro lado, en Magdalena Atlitic, si bien se menciona los problemas de la deforestación por talamontes de SMySTA, los problemas que mayormente asociaron con la degradación del bosque fue la falta de mantenimiento por la presencia de una importante cantidad de árboles muertos (**Figura 60**), sobre todo en la zona más densa y alta, que eventualmente podrían ocasionar incendios. Los datos indican que entre 1993 y 2019, hubo una reducción de 98 hectáreas de bosque de oyamel y 54 hectáreas de bosques de pino (**Figura 58** y **Figura 59**); aunque esta situación es problemática, los cambios fueron transiciones de vegetación forestal a vegetación forestal. El suelo agrícola se ha reducido, mientras que el suelo para uso urbano ha crecido ligeramente y este se vincula mayormente con los usos para la prestación de servicios de turismo ubicados en los márgenes del río Magdalena.

Figura 58. Transiciones de cambio de uso de suelo y vegetación -La Magdalena Atlitic.



Fuente: Fuente: elaboración propia con base en (Morales, 2021). Ver figura online en: <https://public.flourish.studio/visualisation/5399687/>

Figura 59. Cambio de uso de suelo y vegetación -La Magdalena Atlitic.



Fuente: elaboración propia con base en (Morales, 2021).

Ver figura online en: <https://public.flourish.studio/visualisation/5409624/>

Figura 60. Oyamel viejo y caído



Fuente: propio, 2019

Como se observa en el mapa de actores sociales, hay un mayor número de enlaces entre los diversos actores existentes en Magdalena Atlitic. Si bien esto es ideal en los términos de la sustentabilidad de los recursos naturales del área, el problema persistente en los últimos 5 o 6 años es la carencia de acción colectiva, dado que cada grupo solo convergen en objetivos,

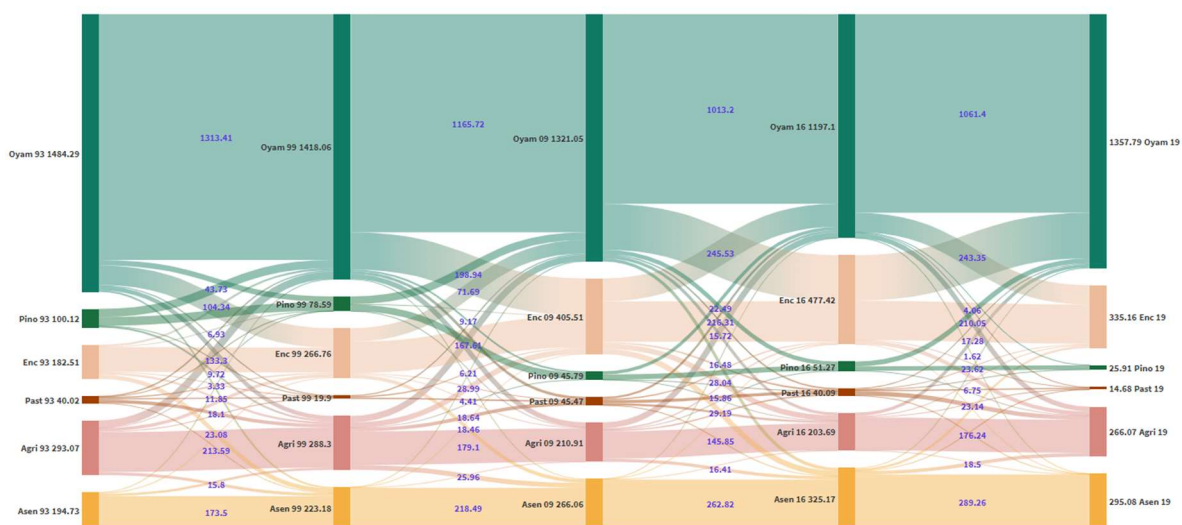
pero no en acciones conjuntas. Se privilegian las acciones grupales o individuales por encima de las acciones comunes dado que, aparentemente, para cada grupo los beneficios de actuar grupal o individualmente son más redituables en términos económicos que hacerlo colectivamente. Ramos-Elorduy documentó en 2008, mediante el mapeo participativo realizado en el territorio, que los problemas de Atlitic devienen desde la elaboración del censo comunal donde fueron integrados personas procedentes de otros lugares por encima de los derechos de los comuneros nativos del territorio. De este modo, tanto en las entrevistas realizadas, como lo señalado por Ramos-Elorduy, se identifican dos tipos de comuneros en Magdalena Atlitic: los de derecho y los de hecho. Como es evidente, los derechos son aquellos que fueron integrados en el censo y por lo tanto reconocidos institucionalmente por las autoridades agrarias, mientras que los otros son los que legítimamente poseen derechos por ser descendientes directos de los comuneros nativos (Ramos-Elorduy, 2008).

En el caso del ejido San Nicolás Totolapan, además de que todos los actores citados en el cuadro 1 convergen en intereses, también lo hacen en términos de acciones y actividades. Esto es congruente con las decisiones tomadas por las autoridades comunales de desarrollar proyectos en común y de la capacidad de organización y gestión que han tenido en las últimas tres décadas que han sido claves para desarrollar sus proyectos de turismo de naturaleza. Cualquier acción por parte de los ejidatarios fuera de los acuerdos en asamblea son castigados y éste consiste básicamente en la suspensión temporal de los derechos. La percepción de los ejidatarios sobre los cambios en la vegetación y el uso del suelo se vinculan mayormente, como se indicó más arriba, con los procesos de expansión urbana que históricamente han afectado su territorio y con los incendios. La vegetación más importante en el ejido es el bosque de oyamel que ha perdido más de 126 hectáreas entre 1993 y 2019 (Figura 61 y Figura 62).

No obstante, al igual que en Magdalena Atlitic, gran parte de las pérdidas de bosque de oyamel fue por transitaron hacia otro tipo de vegetación arbórea predominante que en este caso fue a bosque de encino, pero que eventualmente, como se observa en el periodo 2009-2019, volvieron a regresar a su tipo de vegetación inicial lo que hablaría de los esfuerzos de los ejidatarios en recuperar áreas degradadas. En cuanto a la percepción de la degradación por expansión urbana los datos indican que la mayor contribución a este tipo de suelo fueron

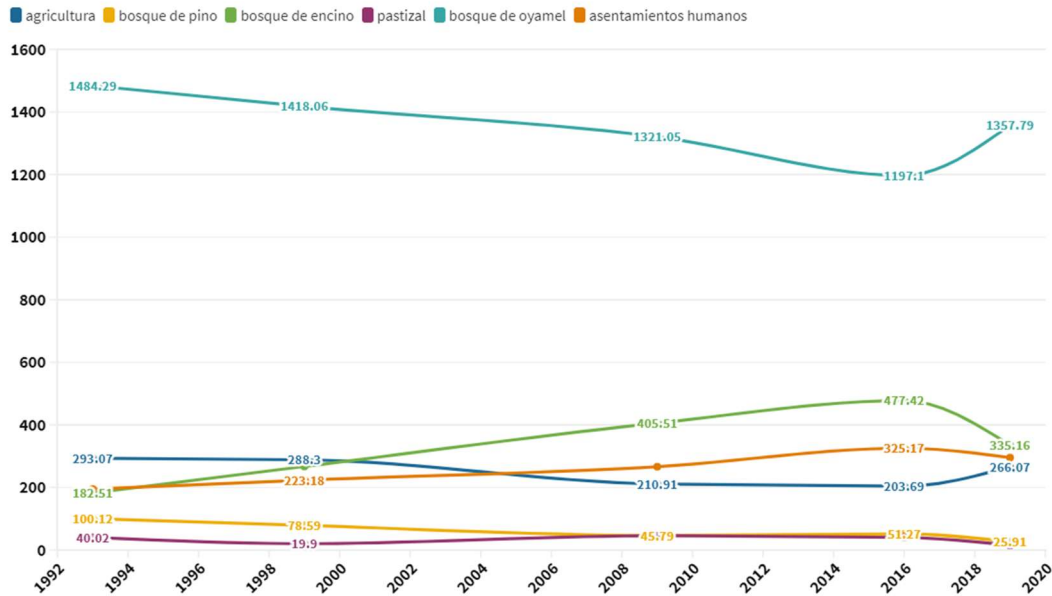
las áreas agrícolas que en el periodo 1993-1999, 1999-2009 y 2009-2016 fueron de 16, 26 y 16 hectáreas respectivamente, y la otra porción importante fue por pérdida en los bosques de encino. En suma, en el periodo 1993-2019, los asentamientos humanos aumentaron en 100 hectáreas y esto se vincula fuertemente con las invasiones ilegales observadas en el territorio. Pese a lo anterior, la convergencia de todos los actores en un único objetivo ha posibilitado la construcción de proyectos de protección ambiental a largo plazo, de ahí que, como se mostró en el capítulo tres en torno a las transferencias gubernamentales por políticas ambientales, SNT ha logrado mejorar gradualmente su capacidad de gestión debido a su organización interna, y por su capacidad de negociación con actores gubernamentales y no gubernamentales por los cuales han obtenido financiamientos para sus proyectos para la generación de medios de vida y, al mismo tiempo, colaborar para la generación de servicios ecosistémicos que son vitales para el entorno próximo.

Figura 61. Transiciones de cambio de uso de suelo y vegetación-SNT.



Fuente: elaboración propia con base en (Morales, 2021). Ver figura online en: <https://public.flourish.studio/visualisation/5399812/>

Figura 62. Cambio de uso de suelo y vegetación-SNT.



Fuente: elaboración propia con base en (Morales, 2021). Ver figura online en: <https://public.flourish.studio/visualisation/5408512/>

De entre los proyectos con mayor responsabilidad y compromiso adquirido por el ejido es el Proyecto Carbono Forestal con una duración del contrato de 30 años (ANCE, 2018); en general, el proyecto consiste en la emisión de bonos de carbono que se vende en el mercado voluntario de bonos de carbono. Para esto, los ejidatarios sesionaron en asamblea para la aprobación del proyecto que resultó en su aprobación unánime; asimismo, las partes involucradas, en este caso SEDEMA (desarrollador del proyecto), fueron elegidas y aceptadas en asamblea. Esto reafirma la idea de la capacidad de gestión y colaboración del ejido con las autoridades locales para desarrollar proyectos en común.

El Proyecto «Proyecto Carbono Forestal, Ejido San Nicolás Totolapan, CDMX» comenzó el 08 de diciembre de 2017, tal como hace constar la carta enviada a La Reserva por parte del DP en la que indica la participación del Desarrollador del Proyecto y del Dueño Forestal en una reunión informativa en la que se determinó iniciar el proyecto; la carta tiene fecha de 08 de diciembre de 2017 y presenta las firmas de los órganos de representación ejidal así como el sello del Presidente del Comisariado Ejidal; por otro lado, se revisó el acta de asamblea de fecha 25 de febrero de 2018, realizada por segunda convocatoria con un quorum legal mayor al 50% de

ejidatarios con derechos reconocidos, en la que se aprobó el inicio del proyecto con duración de 30 años. En el Formato de Registro declaran que cumplen con los criterios de elegibilidad; la fecha que indican como inicio de actividades cumple con el periodo marcado en el protocolo. (ANCE, 2018, p.10)

Además, la relación que han desarrollado con otros actores no gubernamentales les ha posibilitado la transferencia de conocimiento en torno a cómo desarrollar estos proyectos y las implicaciones que trae consigo. En el documento de Reporte de Monitoreo Anual de Climate Action Reserve del proyecto se lee lo siguiente (CAT, 2018):

El día 25 de febrero de 2018, se realizó una asamblea general de ejidatarios, en donde estuvieron presentes los representantes de la Secretaria de Medio Ambiente de la Ciudad de México (SEDEMA), La Comisión de Recursos Naturales (CORENA), la Plataforma Mexicana de Carbono (MEXICO2) y de la Integradora de Comunidades Indígenas y Campesinas de Oaxaca (ICICO AC), en esta asamblea, la SEDEMA, la CORENA, MEXICO2 y la ICICO AC., explicaron de manera amplia y detallada en que consiste un proyecto de captura de carbono forestal bajo el Protocolo Forestal de la Reserva de Acción Climática (CAR) y las ventajas de haber elegido este protocolo para el desarrollo del proyecto de captura de carbono del Ejido. (p.2)

En síntesis, esta diversidad de actores en cada núcleo agrario muestra diferencias en cuanto a la gestión del bosque; en el caso de SMySTA los objetivos o intereses por el usufructo del bosque se dividen en: CONSERVAR o NO CONSERVAR. Estas decisiones, como ya se recalcó, están en función de los intereses del actor en la obtención de medios de vida ya sea mediante actividades de conservación o por la extracción ilegal de madera.

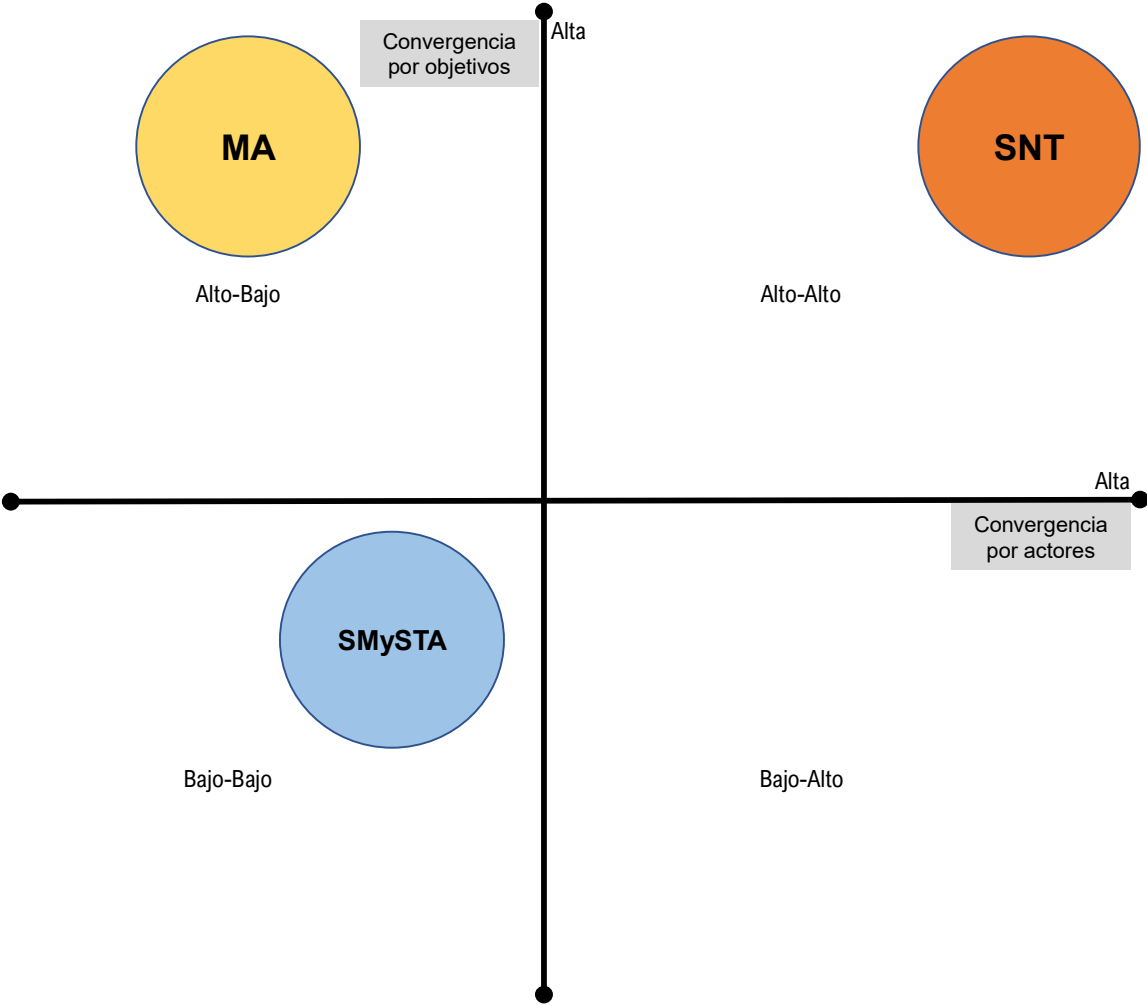
Por su parte, en Magdalena Atlitic todos los actores convergen en objetivos, pero no convergen entre sí mismos como una colectividad. Las acciones de cada actor están en función de sus propios intereses, pero centrados en obtener medios de vida a partir de la conservación de los recursos naturales del área.

En SNT, como ya se argumentó previamente, los actores convergen tanto en objetivos como en acciones conjuntas lo que lo convierte en un núcleo agrario modelo en torno a la gestión de los recursos naturales y por la presencia de acción colectiva.

Lo anterior se esquematiza en la **Figura 63** donde se representan los niveles de convergencia existentes que alcanzan cada núcleo agrario en función de las valoraciones cualitativas previamente discutidas.

En SMySTA tienen un grado de convergencia Medio-Bajo lo que implica que hay objetivos contrapuestos y también hay poca convergencia entre actores cuando se implementan acciones para la conservación. En Magdalena Atlitica la convergencia es Alto-Medio lo que implica alta convergencia en objetivos, pero escasa convergencia entre actores. Finalmente, en SNT la convergencia es Alto-Alto por la convergencia entre objetivos y actores.

Figura 63. Convergencia por actores y objetivos



Fuente: elaboración propia.

4.3. Medios de Vida Sustentable y estructuras de gobernanza como Puntos de Apalancamiento para la sustentabilidad en el sistema socio-ecológico

El estado del sistema socio-ecológico del área de estudio no se puede explicar sin entender las estructuras sociales subyacentes a éste. A pesar de que los núcleos agrarios forman parte del mismo territorio y existe contigüidad entre ellos, cada uno sigue una lógica de organización diferenciada que los caracteriza por usos y aprovechamientos específicos de sus recursos forestales.

Es a partir de estas diferencias donde se caracterizan unidades de paisaje y que, para la presente investigación, hemos distinguido tres niveles de gestión, mismos que fueron definidos a partir de los modos de organización de los tres núcleos agrarios que fueron objeto de investigación. La efectividad de las instituciones en la gobernanza de los recursos naturales depende en gran medida en cómo la gobernanza se ajuste a las condiciones físicas, ecológicas y sociales (Kofinas, 2009). En los estudios de las dinámicas de los Sistemas Socio-Ecológicos se han enfatizado la importancia de conocer el objetivo o estado de un determinado sistema y su potencial trayectoria dado un comportamiento histórico donde han intervenido actores sociales con intervención directa. Sin embargo, poco se ha dicho sobre el punto donde se debería intervenir para cambiar el comportamiento general del sistema de un estado no deseable u óptimo, es decir, cuál o cuáles son los Puntos de Apalancamiento para la transformación de la sustentabilidad. En los casos abordados, en los tres núcleos agrarios, los factores esenciales que contribuyen al balance del sistema socio-ecológico forestal son los Medios de Vida Sustentable y cambio institucional (evolución institucional) como Puntos de Apalancamiento fuertes para la sustentabilidad. Existen sin duda otros apalancamientos tal como la recuperación de suelos ociosos y su potencial conversión a suelos forestales para evitar los procesos de cambio hacia usos urbanos. No obstante, los puntos fuertes de apalancamiento indicados son importantes porque generan cambios importantes por su ausencia o presencia en las formas de relación con el sistema de recursos y, por lo tanto, en el estado del sistema socio-ecológico.

En el primer caso abordado, el caso de SMySTA, se observa una incipiente capacidad de cambio institucional hacia la conservación de los bosques, y una raquítica dependencia entre

los valores instrumentales indirectos del bosque y, por lo tanto, una baja dependencia de éste como factor en los medios de vida de los comuneros; esto da como resultado un proceso de retroalimentación que incide negativamente en las condiciones del bosque ya que los medios de vida de algunos actores locales son por los valores de uso directo de tipo extractivo. En el caso de Magdalena Atlitic, si bien los actores locales convergen en intereses, los Medios de Vida Sustentables se obtienen por acciones grupales separadas lo que demuestra una baja capacidad de organización y gestión en términos de la realización de proyectos comunes. Además, aunque sus recursos forestales se mantienen casi intactos, la geomorfología accidentada del territorio contribuye a que la tala ilegal o expansión urbana tengan menor impacto. No obstante, los riesgos de deterioro del bosque pueden provenir de la escasa colaboración. Finalmente, en San Nicolas Totolapan, desde principios del siglo XX se le ha reconocido como un pueblo modelo por su capacidad de adaptarse a los contextos sociopolíticos y ambientales. La extensa implementación de políticas públicas ambientales a partir del año 2003 representó importantes ingresos para ellos, y esto no es fortuito; históricamente, SNT ha sabido «jugar» el juego de las políticas del gobierno, por lo que estas medidas las internalizaron para encontrar colectivamente nuevas formas de diversificar sus medios de vida lo cual dice mucho de la capacidad de cambio institucional, mismo que los ha conducido a generar medios de vida basado en la conservación de sus bosques y de proyectos de turismo de naturaleza que año con año va consolidándose.

De manera general, estos dos aspectos discutidos los hemos considerado como Puntos de Apalancamiento fuertes para la transformación de la sustentabilidad (Abson et al., 2017; Fischer & Riechers, 2019) que considera como punto de análisis los «impulsores» del sistema. Es decir, más allá de centrarse en determinar las relaciones existentes entre las múltiples variables del sistemas socio-ecológico, el punto fundamental reside en pensar y determinar las causas concretas que modifican notablemente el estado de un determinado sistema (Abson et al., 2017). De ahí que la hipótesis de esta investigación se haya centrado en indicar que estos dos factores, la capacidad de cambio institucional o estructura de gobernanza y Medios de Vida Sustentable, sean considerados como puntos fuertes para el balance del sistema socio-ecológico y esto queda demostrado en mayor medida en las condiciones del sistema de recurso forestal del ejido San Nicolas Totolapan.

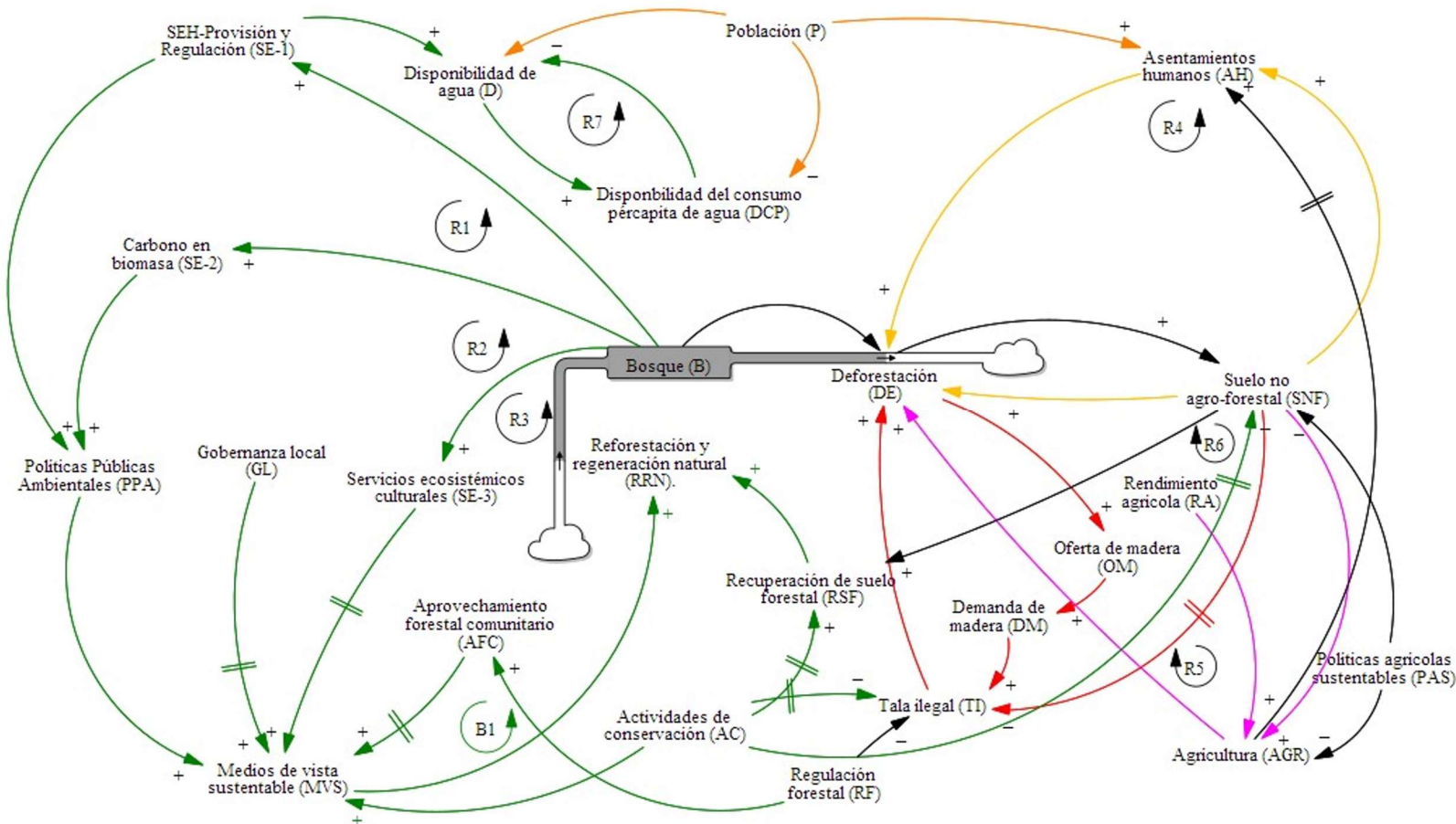
El siguiente capítulo plantea un modelo de Dinámica de Sistemas mediante la propuesta de un modelo conceptual del sistema socio-ecológico donde se interrelaciona n cantidad de variables sociales y ecológicas con procesos de retroalimentación y balance. Se enfatiza el rol de los dos apalancamientos antes mencionados como factores de cambio.

5. Análisis cualitativo de las interacciones del Sistema-Socio-Ecológico mediante Dinámica de Sistemas

El análisis de las diferentes vías por las cuales los Sistemas Socio-Ecológicos (SSE) pueden perder resiliencia y entrar en trayectorias de colapso constituye un aspecto importante para comprender la sustentabilidad de los recursos forestales y servicios ecosistémicos del área de estudio. El objetivo de este capítulo es comprender mediante un modelo conceptual el efecto de los Medios de Vida Sustentables y los efectos acumulativos de factores asociados a la degradación forestal en el contexto de los Sistemas Socio-Ecológicos. Con este fin, se construyó un modelo conceptual del Sistema Socio-Ecológico centrado en los recursos forestales del Suelo de Conservación de la Ciudad de México construido mediante el método de Dinámica de Sistemas (DS) (**Figura 64**) con base en las entrevistas realizadas a actores clave, revisión documental y mediante análisis de los cambios de uso del suelo del área de estudio.

El modelo conceptual, explicado con mayor detalle en la **Figura 64**, muestra fundamentalmente las relaciones de balance que generarían los Medios de Vida Sustentable como principal punto de apalancamiento para la sustentabilidad de los bosques y de los servicios ecosistémicos. No obstante, esta relación endógena la subyace las capacidades institucionales, por lo que se espera diferentes Trayectorias Socio-Ecológicas según las características de gestión existente en cada núcleo agrario. Además, con base en los análisis de diversificación productiva del capítulo 3, y de las trayectorias históricas de los medios de vida y Medios de Vida Sustentable del capítulo 4, el capítulo 5 discute los tipos de perturbaciones que afectan mayormente el SSE y que son difíciles de prevenir e identificar, sobre todo cuando éstas se inscriben dentro de un contexto urbano que históricamente ha generado importantes cambios en las condiciones ecológicas del territorio.

Figura 64. Modelo conceptual del Sistema Socio-ecológico de 4 microcuencas basado en Dinámica de Sistemas.



Fuente: Elaboración propia. Los colores representan las principales dinámicas de ciclos causales (DCC). Las flechas en color verde son las DCC vinculadas a Medios de Vida Sustentable. El resto de los colores corresponde a otras DCC relacionadas con la deforestación.

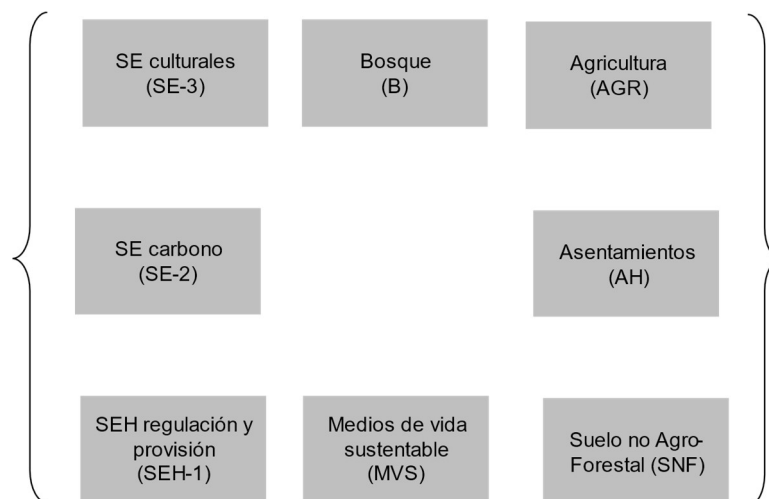
5.1. Relaciones endógenas del Sistema Socio-Ecológico

La principal variable de estado es la cobertura forestal y está compuesta por un flujo de entrada y salida que determinan el balance de la cobertura forestal. De esta variable de estado se desprenden cuatro variables de estado y son, en esencia, los servicios ecosistémicos forestales, a saber: los servicios ecosistémicos culturales, los servicios ecosistémicos por carbono en biomasa, los servicios ecosistémicos hídricos por regulación y provisión.

Es importante recordar que la definición de variable de estado o nivel hace referencia a la acumulación (de algo físico o abstracto) en un determinado lugar y tiempo. Para los términos de la Dinámica de Sistemas, conviene recordar que las variables de estado o nivel representan acumulaciones, pues la cantidad, por ejemplo, de carbono en biomasa, representa una acumulación y, como es evidente, la cantidad de éste depende de la cobertura forestal.

Por otro lado, entre las variables más importantes se identifican tres variables de estado vinculadas con procesos sociales o que son independientes de la cobertura forestal, pero que inciden en ésta y viceversa, esto es: la superficie agrícola, la superficie ocupada por asentamientos humanos y los Medios de Vida Sustentables. Las variables de estado SE-3 y MVS de la **Figura 64** corresponden a reservas o existencias «sociales» acumulativas. En general, las 8 variables de estado de esta *figura* son las de mayor relevancia en el diagrama de ciclos causales de la **Figura 65** que, en esencia, representa el sistema socio-ecológico.

Figura 65. Variables de estado del Sistema Socio-Ecológico.



Fuente: Elaboración propia

En el modelo conceptual o diagrama de ciclo causal (o modelo de dinámicas de ciclos causales) de la **Figura 64**, la variable de estado cobertura forestal (B) se compone de un flujo de entrada y un flujo de salida. A su vez, el flujo de entrada está compuesto por i) regeneración natural del bosque y de las ii) reforestaciones por diversas acciones; mientras que el flujo de salida corresponde a los flujos de pérdida de cobertura forestal por deforestación.

Para fines analíticos, en la **Figura 67** se desagrega de manera individual las principales relaciones de causa y efecto esquematizadas en el modelo conceptual y se presenta una breve descripción de las implicaciones de esta relación.

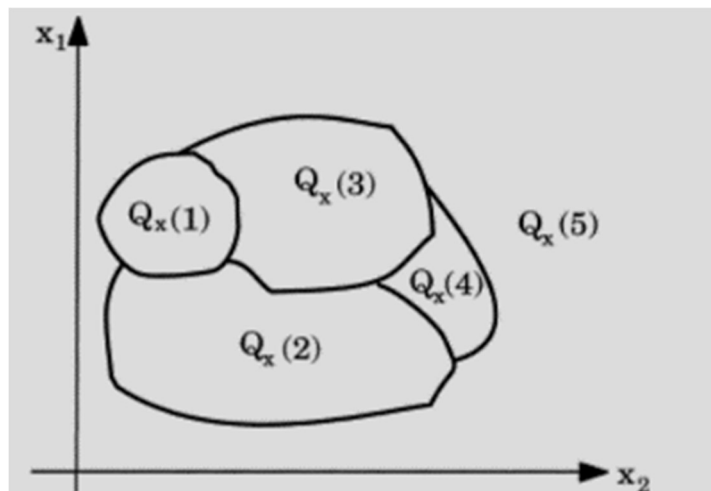
Aunque no están representados explícitamente los flujos de entrada y salida de todas las variables de estado, se ha asumido que los flujos de entrada y salida están en función de la cobertura forestal y del ritmo de deforestación, respectivamente. Como se observa en la **Figura 64**, las variables de estado también están en función de un conjunto de variables auxiliares que inciden directamente en los flujos de entrada y salida de cada variable de estado. A su vez, estas variables auxiliares pueden depender de otro conjunto de variables auxiliares; por ejemplo, los Medios de Vida Sustentables están en función de las políticas públicas ambientales (PPA) locales y federales, de los servicios ecosistémicos culturales por turismo de naturaleza y un conjunto de actividades físicas realizadas por los comuneros y ejidatarios para garantizar la conservación de los bosques.

De manera general, lo que se expresa en el modelo conceptual son las relaciones de balance y refuerzo que generan los componentes del sistema. Por un lado, se ha supuesto que las variables causales de los Medios de Vida Sustentables generan convergencia en torno a la variable de estado principal: la cobertura forestal; es decir, posibilitan que la cobertura forestal tienda al equilibrio por las acciones o resultados de estas variables. Por lo tanto, se infiere que la polaridad de los ciclos causales de este conjunto de variable es positiva. Por otro lado, el conjunto de variables causales vinculadas a la deforestación y sus variables auxiliares generan divergencia en torno a la variable principal; esto significa que la polaridad de los ciclos causales es negativa lo que provocaría reducciones en la cobertura forestal (estos aspectos se discuten con mayor detalle en el apartado 5.2.). Lo anterior, conduce a plantear la hipótesis dinámica que busca explicar el comportamiento del sistema a través de la

interacción entre los ciclos causales que lo componen. Por lo tanto, la pregunta básica del modelado cualitativo es ¿qué detalles del comportamiento del sistema son importantes para entender el problema de la sustentabilidad y qué detalles pueden pasarse por alto?

De acuerdo con Lunze Jan (1998), esta pregunta general puede responderse dividiendo conceptualmente los espacios del Sistema Socio-Ecológico. Como ejemplo, la *Figura 66* muestra diferentes regiones en el espacio de un sistema, donde la región $Q_x(2)$ puede representar puntos de operación preferibles mientras que $Q_x(1)$, $Q_x(3)$ y $Q_x(4)$ puede significar estados en los que se deben aplicar acciones de control para que el sistema regrese a la región "segura" $Q_x(2)$ y para evitar que el sistema llegue a la región de colapso $Q_x(5)$.

Figura 66. Diferentes regiones en el espacio de un SSE



Fuente: Lunze Jan 1998

A partir de esta analogía, se ha asumido que los puntos de intervención preferibles para el caso son donde los ciclos de retroalimentación tienen una polaridad positiva y definen la estructura del sistema. La hipótesis dinámica sería entonces que las dinámicas de ciclos causales de la variable Medios de Vida Sustentable se posicionan como ciclos de balance que se contraponen a la dinámica de los ciclos causales de la deforestación. De manera general, los factores de cambio asociados a la deforestación presentan ciclos de refuerzo, lo que implica que, por ejemplo, un aumento de la superficie agrícola causada por los incrementos en la rentabilidad agrícola reduciría la cobertura forestal; al reducirse la cobertura forestal propiciaría la expansión de suelo no forestal y, eventualmente, este suelo no forestal se convertiría en más superficie agrícola o asentamientos humano a costa de la reducción del

suelo forestal. Por su parte, la tala ilegal incrementaría la deforestación, y si aumenta la superficie deforestada habrá mayor oferta y demanda de madera.

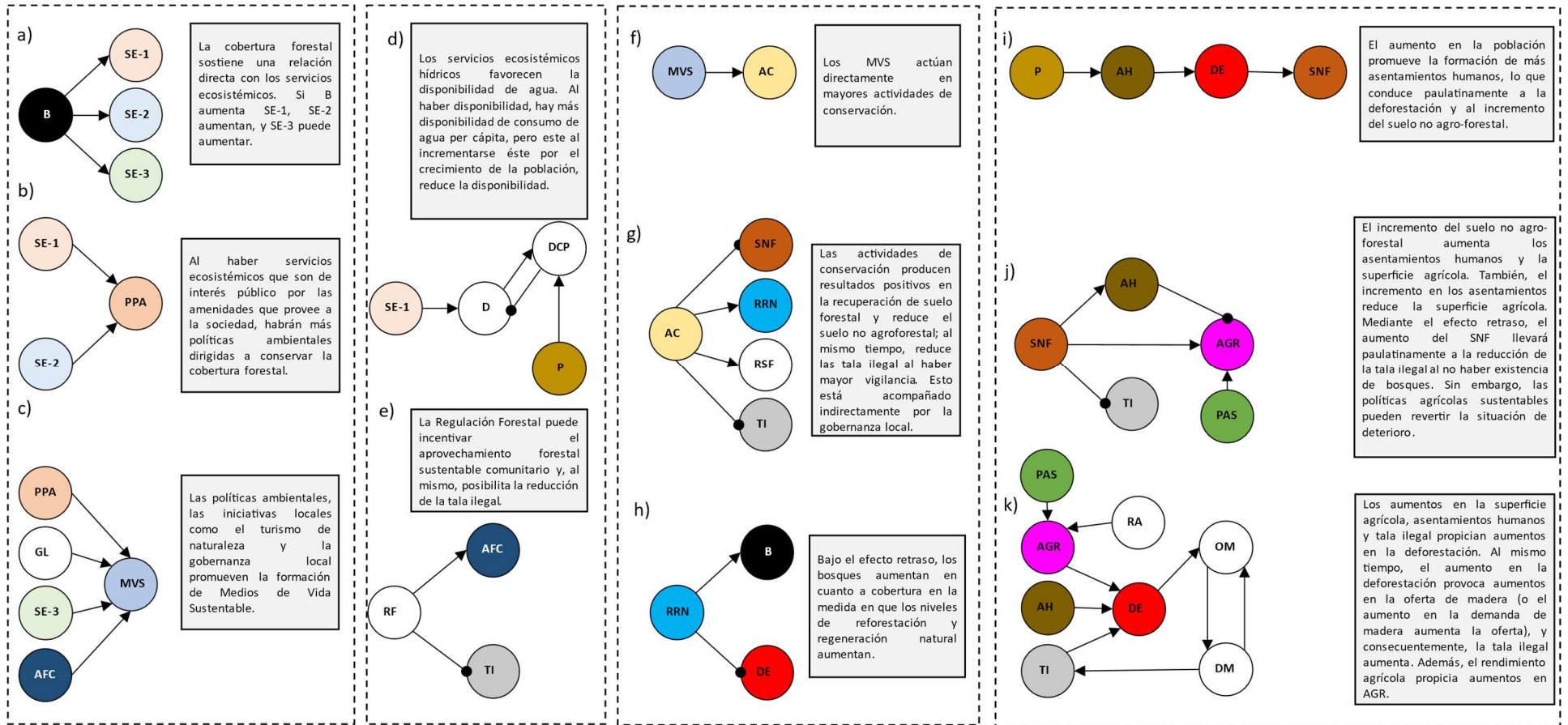
De este modo, los Medios de Vida Sustentable se posicionan como ciclos de balance ya que favorecen la conservación de los bosques (o en su caso recuperación de suelo forestal). En esta dinámica de ciclo causal, las variables determinantes se vinculan con procesos de desarrollo institucional de larga formación (descritas en el capítulo 4) en torno a las trayectorias históricas de cada núcleo agrario discutido. De ahí que la variable Gobernanza Local incida directamente en los Medios de Vida Sustentable e indirectamente en la tala ilegal.

De manera resumida, las interacciones entre las variables endógenas se presentan en la **Figura 67** donde se explican las relaciones entre las variables de causa y efecto del modelo conceptual. En total, se esquematizan 11 relaciones de causa y efecto usando el lenguaje del método *Loop Analysis* donde las flechas indican relaciones positivas y las líneas con punta de círculo indican relaciones negativas (Abram & Dyke, 2018). Por ejemplo, el diagrama **a** de la **Figura 67** muestra las relaciones de causa y efecto entre la variable de estado B (cobertura forestal) y las variables SE-1, SE-2 y SE-3 (servicios ecosistémicos); dado que estas variables están conectadas por flechas indican que, al aumentar la cobertura forestal, los servicios ecosistémicos también aumentarán. En el caso del diagrama **b**, las variables causales de MVS (Medios de Vida Sustentable) son PPA (políticas públicas ambientales), SE-3 (servicios ecosistémicos culturales), AFC (aprovechamiento forestal comunitario) y GL (Gobernanza local). De las 4 variables causales, PPA es la más fácil de implementar en el corto y mediano plazo en el sistema, dado que se presentan como incentivos económicos para la población para realizar actividades de conservación sin que impliquen mayores compromisos. Además, son medidas implementadas por los tomadores de decisión para definir una trayectoria deseada del sistema sin que intervengan directamente los poseedores de los derechos de propiedad de los bosques. Por su parte, las condiciones previas para transitar a Medios de Vida Sustentables requieren cambios significativos en el diseño institucional de los núcleos agrarios para decidir colectivamente los usos más adecuados de sus recursos sin que estos impliquen su deterioro. Por lo tanto, GL y AFC dependen de un factor de retraso ya que las acciones de hoy tendrán efectos en el largo plazo.

Por otro lado, el diagrama *b* de la *Figura 67* muestra que, como condición, PPA está en función de SE-1 y SE-2. En el contexto del sistema socio-ecológico periurbano, esto toma sentido ya que la sociedad demanda estos servicios ecosistémicos. Es decir, si los bosques propician SE-1 y SE-2 y existen mecanismos de compensación, entonces hay posibilidades de que estos se conviertan en ingresos para los poseedores de los derechos de usufructo del bosque. En el diagrama *g* de la misma *figura* se muestra cómo las actividades de conservación (AC), propiciadas por MVS, inciden directamente en los flujos de entrada y salida de la principal variable de estado (B). Por un lado, en el flujo de entrada tiene una polaridad positiva lo que implica que ante aumentos de las actividades de conservación mayor será la reforestación o regeneración natural. Por otro lado, los aumentos de AC implican reducciones en la tala ilegal (TI) y en SNF (suelo no forestal). Este diagrama sintetiza la hipótesis de la investigación donde la dinámica de los ciclos causales (DCC) que involucran medios de vida propician un estado de balance o equilibrio en el sistema actuando como contrapeso a las DCC de retroalimentación que conducen al colapso del sistema socio-ecológico. El apartado 5.2. explora más de cerca las relaciones endógenas que generan ciclos de balance y refuerzo mediante matrices de adyacencia.

En total, el modelo conceptual del sistema socio-ecológico del SC-CDMX- 4 -Microcuencas está constituido por 33 ciclos causales. Los ciclos causales, a diferencia de las relaciones causa y efecto entre dos variables como las esquematizadas en la *Figura 67*, son relaciones circulares ya sean de balance o refuerzo. Es importante enfatizar que las relaciones de la *Figura 67* son relaciones entre variables de causa y variables de efecto y su propósito es indicar cómo éstas se relacionan, en resumen, se trata de una *figura* que describe las relaciones, pero que aportan información sobre las dinámicas de ciclos causales. De este modo, el siguiente apartado discute este aspecto y se presenta en la *Figura 69* un esquema que muestra gráficamente no solo las dinámicas de ciclos causales, sino también la centralidad de estas dinámicas en el sistema socio-ecológico.

Figura 67. Relación de las interacciones entre las variables endógenas.



Fuente: elaboración propia. Las descripciones se refieren a cómo las variables se afectan dinámicamente entre sí. Estos efectos dan lugar a flechas y enlaces de círculo según el lenguaje simbólico de Loop Analysis. Las flechas indican relaciones positivas, mientras que los enlaces de círculo indican relación negativa. Por ejemplo, en a al aumentar B aumentan SE-1, SE-2 y SE-3; en d, al aumentar D aumenta DCP, y al aumentar DCP disminuye D.

5.2. Identificando Puntos de Apalancamiento en las dinámicas de ciclos causales del Sistema Socio-Ecológico SC-CDMX

Ya se ha mencionado que las dinámicas de ciclos causales que involucran la variable Medios de Vida Sustentable (MVS) funcionan como los principales factores de cambio para la sustentabilidad del sistema socio-ecológico del SC-CDMX-4-Microcuencas. En términos conceptuales, estas dinámicas se les denomina ciclos de balance (o retroalimentación negativa) ya que causan un comportamiento asintótico en la variable de estado, en este caso, en la cobertura forestal. Por su parte, los ciclos de retroalimentación positiva (ciclos de refuerzo), como $TI \rightarrow DE \rightarrow OM \rightarrow DM \rightarrow TI$, lo que hacen es incrementar exponencialmente, en este caso, la deforestación. De este modo, tenemos dos grandes dinámicas de ciclos causales en el SSE, una, el ciclo de refuerzo, que reduce cíclicamente el stock forestal. Los principales componentes causales de este ciclo son TI, AH y AGR; El otro ciclo, el ciclo de balance que tiene como principal componente los MVS que, además de aumentar el stock forestal por medio de las actividades de conservación, tiene efectos negativos en la deforestación. Es decir, al aumentar los Medios de Vida Sustentables, se reduce la deforestación ya que si un núcleo agrario depende de los ingresos que se obtienen del turismo de naturaleza y de transferencias por políticas públicas ambientales habrá mayores esfuerzos por parte de los ejidatarios o comuneros para realizar acciones encaminadas a la conservación.

A fin de determinar la importancia de los Medios de Vida Sustentable como ciclo de balance en el Sistema Socio-Ecológico del Suelo de Conservación, particularmente, en las 4 microcuencas, se ha optado por un análisis basado en el Método de Análisis Estructural (descrito en el capítulo 2) que interpreta las relaciones causa-efecto de un Modelo de Dinámica de Sistemas en un digrafo que son útiles para la detección de posibles cambios estructurales del sistema a partir de palancas (Schoenenberger et al., 2015, 2021).

5.2.1. Centralidades de intermediación de variables de flujo y estado en un esquema de grafo dirigido

A partir del enfoque propuesto para determinar Puntos de Apalancamiento descrito en el apartado 2.4 se construyó una matriz de adyacencia (Figura 68) —a partir del modelo conceptual de estados y flujos de la Figura 64— donde se representa matricialmente las

relaciones de causa-efecto entre las variables de flujo y estado de las 24 variables consideradas.

Figura 68. Matriz de adyacencia del modelo conceptual. Los valores en color gris representan las relaciones causales entre dos variables.

	AC	AGR	AH	B	D	DCP	DE	DM	GL	MVS	OM	P	PPA	RA	RRN	RSF	SE-1	SE-2	SE-3	SNF	TI	AFC	RF	PA	Grado (Out)	
AC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	4
AGR	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
AH	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
B	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	5
D	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
DCP	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
DE	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	3
DM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
GL	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
MVS	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
OM	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
P	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
PPA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
RA	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
RRN	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
RSF	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
SE-1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
SE-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
SE-3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
SNF	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	5
TI	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
AFC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
RF	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	2
PA	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2
Grado (in)	1	3	3	2	3	2	5	1	0	4	1	0	2	0	3	2	1	1	1	3	4	1	0	0	0	

Fuente: Elaboración propia

Posteriormente, a fin de mostrar gráficamente y descubrir las estructuras arquetípicas del SSE-SC-CDMX, es decir aquellas dinámicas de ciclos causales que generan comportamientos en el sistema, se construyó un digrafo o esquema de grafo dirigido (**Figura 69.a**) a partir de la matriz de adyacencia para mostrar las relaciones existentes en el sistema y, por ende, de su estructura. De esta *figura*, se desprende lo siguiente:

- a) En el diagrama *b* de la **Figura 69**, el área delimitada con las líneas punteadas en color blanco define los ciclos de balance del sistema socio-ecológico determinados principalmente por MVS (Medios de Vida Sustentables) con una centralidad de intermediación¹⁴ importante que se conecta con *B* mediante las amenidades de *B*, es

$$\text{decir, } B \xrightarrow{SE1} SE2 \xrightarrow{SE3} MVS.$$

Tanto SE-1 y SE-2 se conectan con PPA y, junto a GL, AFC

y SE-3 (vinculado con el turismo de naturaleza existente en el área) determinan MVS.

¹⁴ La centralidad de intermediación es un concepto asociado a la forma de detectar o medir el grado de influencia que un nodo o vértice posee dentro de un esquema o dentro de un grafo.

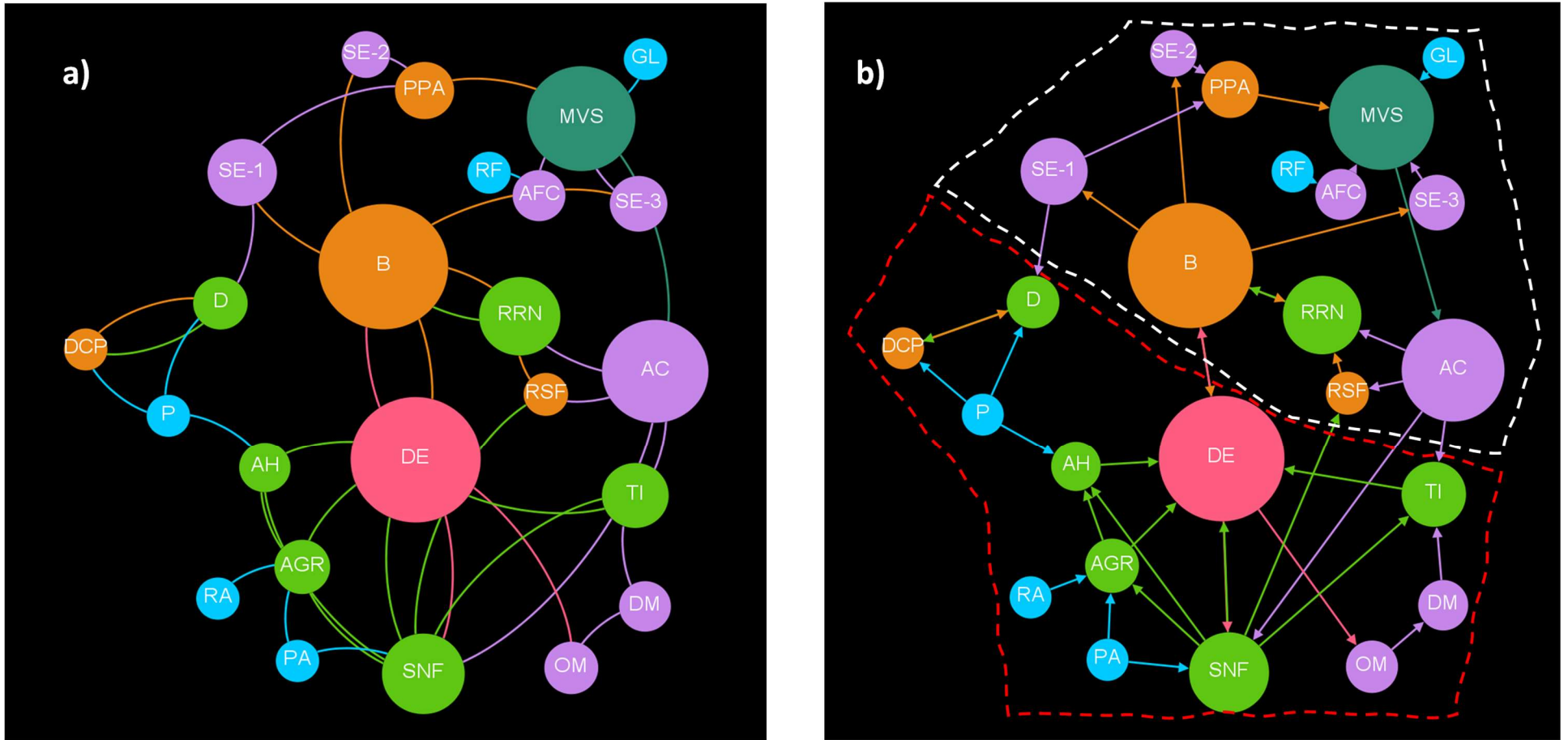
La incidencia de MVS a B es mediante AC. En este punto, el ciclo es de retroalimentación positiva, ya que los aumentos en MVS conllevan aumentos en la cobertura forestal, y este aumento incide en el aumento de los servicios ecosistémicos y así sucesivamente hasta completar el ciclo. Pero al ampliarse esta dinámica de ciclo causal, cuando AC se dirige a TI con una polaridad negativa, entonces, el ciclo de retroalimentación positiva, o de refuerzo, se convierte en un ciclo de balance ya que los aumentos en las actividades de conservación implican reducciones en la tala ilegal.

- b) Las relaciones de retroalimentación que involucran DE (deforestación), área delimitada con las líneas punteadas en color rojo en el diagrama *b*, definen dinámicas de ciclos causales de retroalimentación. Los factores asociados a esta dinámica

son $\begin{matrix} AGR \\ AH \end{matrix} \xrightarrow{+} \begin{matrix} DE \\ TI \end{matrix}$ que, en conjunto, refuerzan los procesos de deforestación.

Históricamente, los aumentos en estas variables causales han incidido notablemente en el proceso de deforestación, pero, al mismo tiempo, al incrementarse la deforestación mayor es la superficie de suelo no forestal lo que conduce a aumentos en la superficie para asentamientos humanos o agrícola.

Figura 69. Digrafo (o grafo dirigido).



Fuente: Elaboración propia. La figura muestra un digrafo dirigido elaborada a partir de la matriz de adyacencia con nodos con Centralidad de intermediación El tamaño de los nodos representa la centralidad de intermediación. Se trata de un grafo dirigido por lo que no hay pesos en las aristas. El color de las aristas se vincula con el color de los nodos de salida, por ejemplo, si el color del nodo es verde y éste tiene una salida (si es variable causal), el color de su arista será del mismo color que conectará otro nodo con igual o diferente color. El grafo de lado izquierdo muestra mejor esta relación.

De acuerdo con Schoenenberger (2021), la información capturada en la matriz de adyacencia A esquematizada en la **Figura 69.a** es suficiente para la detección algorítmica de Puntos de Apalancamiento en modelos de Dinámica de Sistemas. Sin embargo, para detectar algorítmicamente las consecuencias intencionales y no intencionales de los Puntos de Apalancamiento, es necesario información adicional más allá de la conectividad de las variables proporcionadas en la matriz A . Específicamente, se requiere información sobre la polaridad de las relaciones, así como la existencia y magnitud de los retrasos.

Las polaridades definidas en la **Figura 70** amplían lo que ya se ha indicado en la **Figura 64** sobre cómo las variables causales intervienen en otra variable ya sea de manera directa o inversa. Además, aporta información sobre ciclos de balance focalizados, por ejemplo, en la agricultura que, a una escala menor, los aumentos en su variable causal (regulación agrícola) implican reducciones de la agricultura comercial con un mayor énfasis en la agricultura de autoconsumo con producción de cultivos endémicos. Aunque este ciclo es importante, las limitaciones físicas-biológicas-geográficas del suelo del territorio limitan de manera importante la ampliación de la frontera agrícola. Asimismo, la dinámica de ciclo causal entre $DE \xrightarrow{-} B \xrightarrow{+} SNF \xrightarrow{-} TI \xrightarrow{-} DE \xrightarrow{+} B$ pareciera ser un estado ideal del sistema, pero la recuperación de la superficie forestal en un tiempo t , le antecedería un proceso de devastación que pareciera ser condición sin la cual no habría recuperación. Las intervenciones en este ciclo serían por la vía de la regulación forestal con la posibilidad de trascender hacia Medios de Vida Sustentables mediante la explotación forestal comunitaria o aprovechamiento forestal comunitaria sin menoscabo de los recursos forestales. Hay algunos indicios de que esto es posible como el hecho de los plantíos de árboles de navidad o la extracción de árboles muertos para su aprovechamiento como combustible.

Figura 70. Matriz de polaridad del modelo conceptual

	AC	AGR	AH	B	D	DCP	DE	DM	GL	MVS	OM	P	PPA	RA	RRN	RSF	SE-1	SE-2	SE-3	SNF	TI	AFC	RF	PA
AC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AGR	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	-1	0	0
AH	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0
D	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
DCP	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
DE	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
DM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
GL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MVS	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OM	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P	0	0	1	0	-1	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PPA	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
RA	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
RRN	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
RSF	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SE-1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SE-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SE-3	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SNF	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	-1	0	0	0
TI	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AFC	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
RF	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	1	0	0
PA	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0

Fuente: elaboración propia

Retomando las relaciones de retroalimentación entre variables que componen una dinámica de ciclo causal, el factor tiempo resulta imprescindible en el análisis de la dinámica del sistema y en la identificación de Puntos de Apalancamiento poco profundos y profundos (Abson et al., 2017; Aldana-Domínguez et al., 2018; Riggs et al., 2018). Las relaciones en los modelos de DS, como ya se ha indicado, también se caracterizan por la presencia de los retrasos.

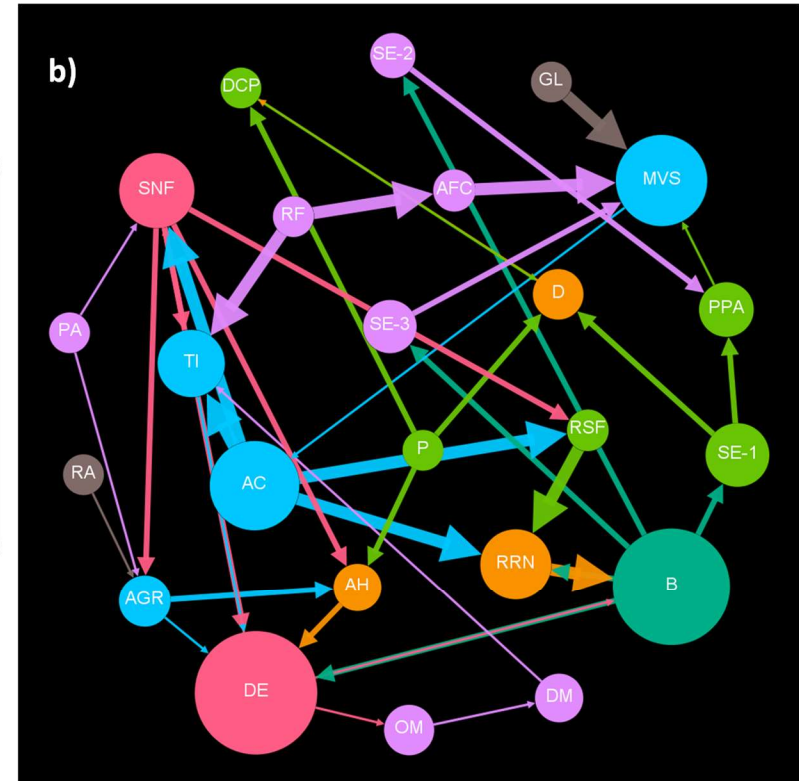
Las variables que generan ciclos de retroalimentación positiva vinculadas a la deforestación tienen, por lo general, efectos casi inmediatos en la cobertura forestal. Esto significa que, si aumenta la tala ilegal inmediatamente se observará cambios en la cobertura forestal, y el ritmo de cambio estará en función de la intensidad de la tala ilegal. La suma de las variables causales de la deforestación ocasionó pérdidas, durante el periodo 2009-2019, alrededor de 80 hectáreas y, al parecer esta tendencia sigue en aumento ya que estas variables causales, en particular con la tala ilegal, es una actividad que se está legitimando de facto en al menos uno de los núcleos agrarios del área de estudio. No obstante, en el periodo que le precedió, entre 1993 y 2009, hubo un aumento en la cobertura forestal de alrededor de 180 hectáreas que coincidió con la entrada de la política ambiental y la implementación de muchos programas (discutido en el capítulo 4) que se tradujeron en un incremento importante en los gastos de protección ambiental. Sobre este último aspecto, está visible en la dinámica de ciclos causales del sistema socio-ecológico donde PPA, definido como gastos de protección ambiental, es

una variable con efecto inmediato en MVS (Medios de Vida Sustentable) que a su vez tiene efecto inmediato en AC (actividades de conservación), pero el cambio en AC tiene un efecto negativo en TI solo después de un tiempo significativo. Por ejemplo, las políticas de conservación iniciadas en la década de los noventa parece que tuvieron resultado en un periodo de casi veinte años con un aumento en la cobertura forestal de alrededor de 180 hectáreas. Pero, en un periodo posterior, se registraron de nuevo pérdidas forestales a pesar de haberse incrementado anualmente los gastos de la política ambiental. Probablemente, la intensidad de las variables causales de la deforestación ha aumentado que, pese a los aumentos de las acciones de conservación sus efectos en el sistema se han mantenido o prologando al tiempo $t + 1$. O puede que las intervenciones de otros factores asociados a MVS que actúan sobre AC y éste sobre TI o DE, no se hayan desarrollado o no se hayan fortalecido lo suficiente. Por ejemplo, la escasa gobernanza local puede inducir a cambios no deseados de la cobertura forestal al no haber capacidad de gestión o intereses comunes en torno a la conservación. Este aspecto vinculado a procesos sociales que definen la estructura de los núcleos agrarios fue discutido en el apartado 4.2 del capítulo 4 donde se exhiben las divergencias y convergencias de los actores locales de cada núcleo agrario.

Figura 71. Matriz y grafo de temporalidad del modelo conceptual

a)

	AC	AGR	AH	B	D	DCP	DE	DM	GL	MVS	OM	P	PPA	RA	RRN	RSF	SE-1	SE-2	SE-3	SNF	TI	AFC	RF	PA
AC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AGR	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	4	4	0	0	0	4	4	0	0	0
AH	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0
D	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
DCP	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
DE	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
DM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
GL	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
MVS	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OM	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P	0	0	2	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PPA	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
RA	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
RRN	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
RSF	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SE-1	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SE-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SE-3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SNF	0	2	2	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2	0	0	0
TI	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AFC	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	4	0	0
RF	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PA	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0



Fuente: elaboración propia

A partir de la [Figura 69](#) que muestra las dinámicas de ciclos causales y la centralidad que ocupan las variables —más los grafos de polaridad y temporalidad— se infiere un aspecto esencial que describe la estructura arquetípica del SSE-4-Microcuencas-SC-CDMX. Los cambios y el comportamiento del SSE está definido por Puntos de Apalancamiento que tienen efectos casi inmediatos, y Puntos de Apalancamiento con efectos en un tiempo $t + 1$ significativo. En esencia, se han identificado 7 Puntos de Apalancamiento que subyacen en la estructura del sistema. Estas palancas influyen en el sistema y actúan sobre los ciclos de balance. Entre los Puntos de Apalancamiento poco profundos están PPA (políticas públicas ambientales) y PA (políticas agroecológicas), ambas como incentivos económicos para promover el uso sustentable del territorio, y otros aspectos de regulación de los recursos naturales. Por otro lado, se identifican tres Puntos de Apalancamiento que definen cambios importantes en la estructura y comportamiento del sistema, a saber, la gobernanza en términos de autoorganización y cooperación, aprovechamiento forestal comunitario y los Medios de Vida Sustentable basados en el turismo de naturaleza. Esto será discutido en el apartado 5.3.

5.3. Puntos de Apalancamiento para la sustentabilidad del Sistema Socio-ecológico del SC-CDMX

En los estudios de las dinámicas de los Sistemas Socio-Ecológicos se han enfatizado la importancia de conocer el comportamiento y estado actual de un determinado sistema y su potencial trayectoria histórica donde han intervenido los actores sociales. Sin embargo, poco se ha dicho sobre el punto donde se debería intervenir para cambiar el comportamiento general del sistema. Es decir, cuál o cuáles son los Puntos de Apalancamiento para la transformación de la sustentabilidad ([Abson et al., 2017](#)). El enfoque de Puntos de Apalancamiento para la transformación de la sustentabilidad considera como punto de análisis los «impulsores» (drivers) del sistema. Es decir, más allá de centrarse en determinar las relaciones existentes entre los sistemas sociales y ecológicos, el punto fundamental residiría en pensar y determinar las causas concretas que modifican notablemente el estado de un determinado sistema ([Abson et al., 2017](#)).

[Abson, et al \(2017\)](#), basado en la propuesta de [Meadows \(2009\)](#), propone dos tipos de Puntos de Apalancamiento: 1) Puntos de Apalancamiento pocos profundos y 2) Puntos de

Apalancamiento profundos. Los primeros hacen referencia a palancas que pueden intervenir en el sistema cuyos resultados son observables en un tiempo relativamente corto, pero con una limitada acción en los cambios estructurales y comportamiento del sistema. Por otro lado, los apalancamientos profundos generan importantes cambios estructurales y cambios en el comportamiento del sistema. No obstante, las acciones de cambio en el tiempo t y sus efectos en el tiempo $t + 1$ tienen lugar después de un tiempo significativamente importante. En el anexo 4 se presenta una descripción de los 12 Puntos de Apalancamiento. Por ejemplo, las políticas públicas ambientales serían parámetros con escasa incidencia para la transformación del SSE. Mientras que los valores culturales, las estructuras e institucionales sociales pueden considerarse como palancas profundas que pueden generar cambios importantes para preservar un determinado sistema de recursos naturales.

El conjunto de palancas identificadas en el sistema socio-ecológico, calculada con base en el indicador de centralidad de intermediación esquematizada en el apartado 5.2.1, contribuyen a la formación de los Medios de Vida Sustentables (MVS). Como se ha indicado, las dinámicas de ciclos causales (DCC) que involucran Medios de Vida Sustentables son ciclos de balance que estabilizan los efectos de las DCC de la variable deforestación. No obstante, MVS no existe o se forma por sí sola, sino depende de un conjunto de variables causales que en última instancia determinan el nivel de intervención de los MVS en la regulación del SSE-SC-CDMX.

El nivel de intervención de las variables causales de MVS vienen definidas por la facilidad en que éstas pueden activarse para que MVS pueda emerger. Algunas palancas están directamente relacionadas en la formación de MVS y otras indirectamente. Lo que conviene aquí resaltar es la relación de causa y efecto donde un conjunto de palancas posibilita la formación de MVS, y éste, a su vez, funciona como mecanismo para equilibrar los efectos de los ciclos de retroalimentación de la deforestación (DE), matemáticamente:

$$\begin{array}{c} v_{i1} \\ v_{i2} \rightarrow MVS \rightarrow DE \\ v_{i3} \end{array}$$

En síntesis, la **Figura 72** muestra 7 Puntos de Apalancamiento (LP) clasificados en *pocos profundos* y *profundos* y su identificación partió del análisis de las dinámicas de ciclos

causales del SSE definidas en los diagramas previos de este apartado. Los *LP poco profundos* son aquellos que pueden activarse con relativa facilidad y que no requiere de grandes cambios para que pueda ser implementado en el territorio. Mientras que los *LP profundos* generan grandes cambios, pero su activación es menos factible en el corto plazo.

5.3.1. Puntos de Apalancamiento poco profundos

Los Puntos de Apalancamiento (LP) de la **Figura 72** están vinculados con los niveles de intervención propuestos por [Meadows \(2010\)](#) y [Abson, et al \(2015\)](#). En el caso de las palancas LP A (Instrumentos económicos-bosques) y LP B (Instrumentos económicos-agricultura) son palancas existentes vinculados a la implementación de políticas públicas ambientales o agrícolas. El objetivo de ambas es la de promover acciones para favorecer la conservación de los recursos naturales, en particular de los bosques. La idea es que las inversiones públicas incidan positivamente en la conservación, pero hay algunas evidencias que indican que las áreas donde se han focalizado estas inversiones, en particular, las inversiones en protección ambiental se han registrado tasas de deforestación. Como se indicó más arriba, en el periodo 1993-2009 hubo aumentos en la cobertura forestal, pero de 2009 a 2019 el balance es negativo al haber más deforestación. En cuanto a las políticas agrícolas, estas promoverían usos sustentables del suelo operados desde programas diseñados para la agroecología. Directamente, esto promovería Medios de Vida Sustentables que se complementarían con los MVS generados por la conservación de los recursos forestales. LP B tiene poca influencia en generar cambios importantes en el territorio porque un porcentaje importante del territorio es pedregoso que hace que los rendimientos agrícolas sean bastante reducidos. En ese sentido, las políticas agrícolas se centrarían mayormente en terrenos ya agrícolas cuya disponibilidad es alta de acuerdo con lo descrito en el capítulo 3.

Otra de las palancas poco profundas que pueden generar cambios, pero con escasos resultados si no se acompañan de otros factores, son los vinculados con la regulación de la extracción de recursos naturales no forestales (LP C) y a la modificación de la política forestal local vigente (LP D). El primero tienen que ver la posibilidad de limitar la extracción de materiales como las rocas usadas para la construcción, la tierra para su uso urbano en jardinerías, la extracción de arena (principalmente para la construcción) y la extracción de agua para su venta. Todas estas acciones ilegales contribuyen a la ingobernabilidad y

legitiman acciones tales como tala ilegal ya que, *si otros pueden aprovechar los recursos naturales mediante la tala ilegal, por qué otros no pueden beneficiarse de estas actividades*. No obstante, esto es posible si las estructuras de organización comunal o ejidal son capaces de diseñar reglas y normas, y con capacidad de aplicarlas, y de la posibilidad de transparentar la información en torno al uso, por ejemplo, de las transferencias gubernamentales por políticas ambientales. Respecto a la modificación de la política forestal local es una palanca importante, su activación requiere de reformas a las leyes locales sobre aprovechamiento forestal, por lo que depende en gran medida de los tomadores de decisión. Por ejemplo, la transición hacia una política forestal de aprovechamiento sustentable daría paso a un tipo de aprovechamiento forestal comunitario (LP E) mejorando con ello los medios de vida. Es decir, más allá de reconocer de facto sobre la existencia de la tala ilegal, las nuevas regulaciones forestales incentivarían la organización comunitaria legitimando acciones colectivas de aprovechamiento forestal tal y como sucedía en las primeras décadas del siglo XX, peor bajo al control comunitario-ejidal.

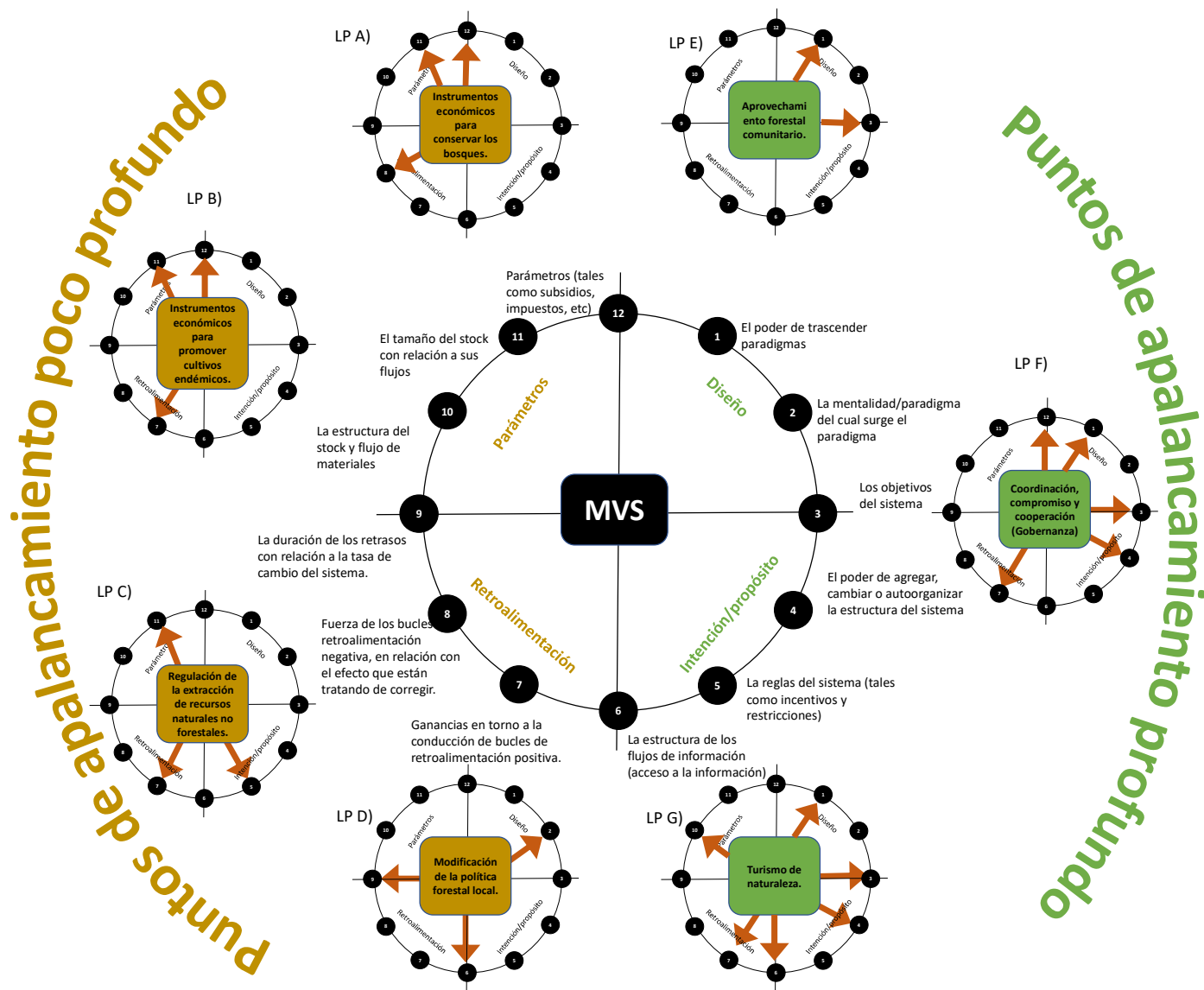
5.3.2. Puntos de Apalancamiento profundos.

Los niveles de intervención y Puntos de Apalancamiento (LP) definidos en la **Figura 72** representan una jerarquía anidada con vínculos interactivos. Es decir, hay Puntos de Apalancamiento que no pueden activarse o desarrollarse completamente si otros Puntos de Apalancamiento no están presentes. Esto es así cuando los Puntos de Apalancamiento que se pretenden activar forman parte de los niveles de intervención poco profundos. Pero cuando los LP hacen referencia a niveles de intervención en la estructura (objetivo) y diseño del sistema socio-ecológico (cambios profundos en la relación sociedad-naturaleza), su desarrollo no depende totalmente de otros niveles de intervención, ya que por sí solos dan paso a la formación de acciones que generan cambios importantes en la estructura comunitaria/ejidal. Por ejemplo, la larga trayectoria del ejido San Nicolas Totolapan, que a principios del siglo XX era reconocido por Quevedo como una comunidad modelo por su capacidad de organización y coordinación (LP F) para acordar acciones de conservación, pudo en su proceso de formación como ejido consolidar en la década de los noventa un proyecto común basado en el turismo de naturaleza (LP G) que coincidió con la entrada

«masiva» e institucionalización de programas ambientales bajo el auspicio del naciente concepto de desarrollo sustentable.

La capacidad que ha tenido el ejido para cambiar la estructura y generar esquemas de autoorganización le ha generado más beneficios colectivos. Además, su capacidad de aplicar sanciones a los miembros con derechos de usufructo, de asignar incentivos, de transparentar ingresos por transferencias gubernamentales ha legitimado las acciones de las autoridades ejidales, por lo que la confianza prevalece. No obstante, su construcción data de inicios del siglo XX cuando se inició el reparto agrario, y con altibajos en su organización interna entre 1940 y 1970 por la venta ilegal de tierras y, después, su capacidad para afrontar entre 1970 y 1990 las presiones de la expansión de la ciudad con múltiples ocupaciones ilegales dentro del territorio ejidal, pero, eventualmente, regularizadas por las propias autoridades de la ciudad.

Figura 72. Medios de Vida Sustentable y definición conceptual de intervenciones en el sistema socio-ecológico para la sustentabilidad.



Fuente: elaboración propia

Finalmente, con la idea de la conservación que tenían desde la época de Quevedo, se fortalece en los noventa esta misma idea por con mayor énfasis en lo que reiteradamente ya se ha comentado: el turismo de naturaleza. Cuando se observan que los factores que promueven Medios de Vida Sustentables se están moviendo en el sistema, es una señal de que estos pueden ser movidos o activados (AtKisson, 2010). No hay suficiente evidencia para definir las vías de cambio para cada núcleo agrario, en particular, para aquellos con niveles bajos de organización y coordinación. Pero si este es el problema, entonces hay ciertos aspectos de los Puntos de Apalancamiento poco profundos que incentivarían la activación paulatina de palancas profundas como la gobernanza local.

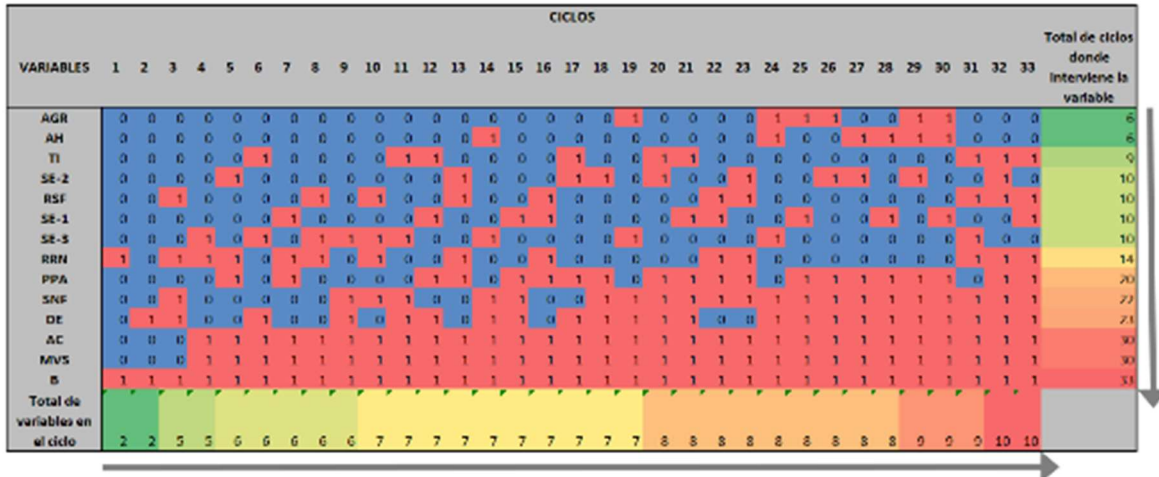
La evidencia de cómo los Medios de Vida Sustentables son ciclos de balance que promueven la conservación de los bosques queda expuesto tanto en las descripciones y análisis de cada caso estudiado, como en el desarrollo del modelo conceptual donde se ha expuesto cómo estos factores tienen impactos opuestos en diferentes ciclos. Por un lado, amplifica la recuperación forestal y, por otro lado, actúa como mecanismo de amortiguamiento para frenar procesos de deforestación vía actividades de conservación.

5.4. Consideraciones finales

En este documento se ha planteado como objetivo demostrar empíricamente con datos cualitativos las relaciones sistémicas entre las variables que componen el sistema socio-ecológico con énfasis en los Medios de Vida Sustentables como ciclos de balance que regulan los efectos de los ciclos de refuerzo vinculados a la deforestación. Con base en el análisis de contenido de 280 documentos y trabajo de campo mediante la aplicación de entrevistas in situ, se definió un Modelo de Dinámica de Sistemas que, en esencia, es la hipótesis dinámica, donde se expuso conceptualmente cómo los MVS y sus factores causales pueden propiciar la transformación del sistema para la sustentabilidad. No obstante, la delimitación conceptual del sistema como un territorio físico en el que se generan relaciones endógenas puede no representar significativamente los procesos que realmente subyacen en el sistema. Sin embargo, el esfuerzo de la investigación ha sido en torno a los Medios de Vida Sustentables, de modo que las variables causales y de efectos considerados en el modelo conceptual fueron, con base en los criterios establecidos, las ideales para explicar las dinámicas de ciclos

causales centradas en los cambios de cobertura forestal en las que se detectaron al menos 33 ciclos mismos que se sintetizan en la **Figura 73**

Figura 73. Ciclos y tamaño de los ciclos en el Sistema Socio-Ecológico.



Fuente: elaboración propia

Aunado a las limitaciones señaladas, para una mayor fiabilidad de las relaciones expuestas en el modelo dinámico de ciclos causales, hubiera sido deseable el desarrollo de un taller participativo de modo que los actores locales pudieran contribuir notablemente a identificar y validar las relaciones de retroalimentación expuestas en el modelo conceptual. No obstante, esto se subsanó con la amplia revisión bibliográfica de investigaciones realizadas en el área de estudio en las cuales se recopilaban datos cualitativos de estudios que, incluso, en algunos casos, contemplaron mapeos participativos.

Conclusiones

Para comprender la crisis ambiental global, la comunidad científica ha tendido a conformar grupos de investigación que han incentivado la colaboración multi, inter y transdisciplinaria. No obstante, uno de los principales retos que han enfrentado los investigadores se vincula con la diversidad semántica de los conceptos que son objeto de estudio al momento de abordar los problemas de la sustentabilidad. Además, en términos epistemológicos, las ciencias han priorizado el análisis de los problemas ecológicos con un enfoque lineal e instrumental. No es casual que las políticas ambientales internacionales, y las políticas públicas en general, sean medidas instrumentales con indicadores cuantitativos fácilmente medibles (Arias-Arévalo et al., 2017). Sin embargo, como se argumentó en el capítulo 1, los fenómenos sociales y ecológicos distan mucho de ser lineales por lo que han emergido en las ciencias propuestas teóricas para estudiar la complejidad socioambiental. En este campo se sitúa el enfoque Sistemas Socio-Ecológicos que se desarrolló a principios de los noventa en los estudios interdisciplinarios de la economía ecológica y el estudio de los recursos de uso común (Biggs et al., 2021), y está construido sobre la base del pensamiento sistémico y el pensamiento complejo. Con base en el contenido de los capítulos expuestos, se derivan las siguientes conclusiones de la investigación.

En primera instancia, la operacionalización del marco Sistema Socio-Ecológico en la investigación científica es extensa y con amplia pluralidad metodológica y con evidencia de colaboración científica que demuestra la interdisciplinaria en los estudios de caso. No obstante, hay una clara dominancia de regiones del Norte Global en los estudios sobre SSE, a pesar de que un porcentaje importante de los estudios tienen lugar en las regiones del Sur Global. En el caso concreto de México, las investigaciones sobre SES aún no se desarrollan de manera importante. Como es previsible, la mayor red de investigación la tiene la Universidad Nacional Autónoma de México y una escasa participación de las universidades estatales u otros centros de investigación. En ese sentido, uno de los retos de la comunidad científica mexicana consistiría en ampliar la red de investigación integrando, en la medida de lo posible, instituciones académicas y/o no académicas en los niveles estatales y, sobre todo, una mayor participación de los actores no académicos donde tiene lugar la investigación de modo que los estudios tiendan hacia la transdisciplinaria.

En esta investigación se ha optado por el método de Dinámica de Sistemas para operacionalizar el enfoque Sistema Socio-ecológico mediante la construcción de un modelo conceptual que muestra las dinámicas de ciclos causales entre las variables sociales y ecológicas. Esta herramienta es muy útil para analizar relaciones dinámicas y complejas, aun con la ausencia de datos cuantitativos, ya que su construcción mediante técnicas de investigación cualitativas, tales como entrevistas y revisión de literatura, ayudan a explorar las dinámicas que subyacen en el SSE. A diferencia de otros métodos, este tiene la ventaja de mostrar esquemáticamente las relaciones complejas, y ayuda a identificar, usando métodos complementarios, Puntos de Apalancamiento del sistema donde los tomadores de decisión puedan interferir para cambiar la trayectoria del sistema. Además, conforme los datos cuantitativos de las variables sociales y ecológicas se hagan disponible, el modelo puede parametrizarse para mostrar cuantitativamente, mediante modelos de simulación, los cambios en el sistema por cambios en las dinámicas de ciclos causales. Sin embargo, una de las principales limitaciones es que, a medida que el número de variables representados en los modelos conceptuales aumenta, la complejidad del análisis también aumenta y requiere de grandes esfuerzos para validar las relaciones expuestas en los modelos. Esto conduce a inferir que el método de DS es más funcional cuando el número de variables es significativamente operable. No obstante, cuando la modelación se complementa con otras técnicas y métodos de investigación, tales como los mapeos participativos, modelación participativa, entre otros, es posible identificar los componentes claves del sistema prescindiendo de las relaciones poco significativas.

Respecto a la hipótesis donde se asumió que los Medios de Vida Sustentables generan ciclos de balance y reducen los efectos de los ciclos de refuerzo vinculados con la deforestación. Para demostrar lo anterior, se discutieron tres aspectos esenciales distribuidos en los capítulos 3, 4 y 5 de los cuales se derivaron las siguientes conclusiones. El primero tiene que ver con la diversificación productiva en el área de estudio. De aquí se desprende una conclusión importante. En términos generales, la población económicamente activa ocupada se centra en su gran mayoría en el sector terciario (con dominancia del sector servicios y comercial), y un claro declive del sector primario que, históricamente, nunca fue significativo, al menos durante todo del siglo XX y lo que va del siglo XXI. Esto es importante porque describe claramente que los intereses de la población rural están orientados en torno a las dinámicas

de la economía urbana de la ciudad. En ese sentido, la diversificación productiva se ha desarrollado al grado que, por la demanda de áreas de recreación, educación ambiental, identidad cultural, experiencia espiritual, sentimiento de apego, etc., en general, todo lo vinculado al turismo de naturaleza, ha posibilitado que algunos núcleos agrarios hayan transitado hacia la prestación de estos servicios como medida para conservar los recursos naturales y para la obtención de medios de vida lo que los ha convertido en actores relevantes en torno a la conservación ambiental. Además, las transferencias gubernamentales que reciben los núcleos agrarios por políticas ambientales solo tienen relevancia en la medida en que los bosques suministran servicios ecosistémicos hídricos para una ciudad que hoy en día enfrenta escases de agua.

El segundo aspecto se vincula con los cambios de uso del suelo en el periodo 1993-2019 analizados en el área de estudio. De estos cambios se deduce lo siguiente. Aparentemente, los procesos de urbanización hacia el sur alcanzaron un límite durante la década de los setenta y hasta las dos décadas posteriores al toparse con las laderas del Ajusco. Sin embargo, desde el año 2000, a pesar de que el ritmo de la migración interna se ha reducido, un sector de la población migrante se ha dirigido paulatinamente hacia los territorios más sureños de la Ciudad de México donde está teniendo lugar procesos de ocupación ilegal del suelo y, por lo tanto, han incentivado la formación de medios de vida para cierto sector de la población de los núcleos agrarios por el fraccionamiento y venta ilegal de terrenos que son de propiedad social. Además, se ha legitimado de facto la tala ilegal que ha generado dinámicas de apropiación y ocupación del suelo para su posterior conversión, primero, en terrenos agrícolas, y luego en terrenos para vivienda. Esto presupone la ineficiencia de las políticas públicas que se han implementado en el territorio al no detener de manera efectiva la conversión ilegal de los usos del suelo. Por su parte, en los territorios donde ha habido avances en la conservación forestal y reducción significativa de la ocupación ilegal de los terrenos, más allá de la intervención de las políticas públicas, se vincula con estructuras sociales sólidas con capacidad de agencia para intervenir en las decisiones de los usos del suelo.

El tercer aspecto se plantea como consecuencia del segundo aspecto, y tiene que ver con la formación de múltiples actores sociales con objetivos diferenciados. De aquí se concluye que

las acciones de los actores sociales y las divergencias en cuanto a objetivos moldean el estado del sistema socio-ecológico. Por un lado, los actores que convergen en cuanto a objetivos en torno a la conservación forestal generan ciclos de balance en el SSE, mientras que los actores con intereses contrapuestos a la conservación generan ciclos de refuerzo vinculados a la dinámica de ciclos causales de la deforestación. Los casos exitosos donde los actores convergen en objetivos ambientales están estrechamente ligados, como el aspecto anterior, a las estructuras sociales y en procesos de desarrollo institucional de larga trayectoria. Mientras las políticas públicas ambientales no consideren los procesos institucionales en cada núcleo agrario difícilmente se logrará revertir los ciclos de refuerzos vinculados con de la deforestación. En ese sentido, los incentivos económicos dirigidos a núcleos agrarios deberían ir más allá de generar «empleos verdes» hacia el fomento de estructuras sociales sólidas, generación de proyectos de largo alcance y recuperación masiva de terrenos agrícolas abandonados, una reconversión productiva de superficies agrícolas existentes a sistemas productivos sustentables y cambios en la regulación forestal que posibiliten en el corto, mediano y largo plazo formas de aprovechamiento sustentable de los bosques como mecanismos para generar un efecto de contención a la expansión urbana.

Sobre la base de los tres aspectos señalados, se desprende lo siguiente. Hay una clara centralidad de intermediación de los Medios de Vida Sustentables en el SSE ya que, como se argumentó ampliamente, sus variables causales producen efectos directos o indirectos en la cobertura forestal en el sentido de que —además de recuperar y mejorar los bosques y los servicios ecosistémicos que estos brindan— diversifican y proporcionan el sustento económico para los hogares. La evidencia se presentó al discutir el caso del ejido San Nicolás Totolapan que a lo largo de su historia se les ha caracterizado como una población con capacidad de agencia y negociación con actores externos gubernamentales y no gubernamentales, pero lo más importante, es la presencia de acciones y decisiones colectivas que garantizan la continuidad de los proyectos ambientales, y de los proyectos de turismo de naturaleza que el ejido inició a mediados de la década de los noventa.

Para finalizar, destacamos que una de las principales contribuciones del trabajo consistió en mostrar cómo los Medios de Vida Sustentable se posicionan como un punto de apalancamiento central para el área de estudio Metodológicamente, el método de Dinámica

de Sistemas ha contribuido a este entendimiento que, pese a las limitaciones previamente señaladas, es posible su replicabilidad en trabajos posteriores con el uso de datos cuantitativos y cualitativos complementarios que fortalezcan la capacidad del modelo para explicar la complejidad del sistema en el entendido de que los Sistemas Socio-Ecológicos son evolutivos y adaptativos. En ese sentido, el trabajo puede considerarse como una primera aproximación para entender sistémicamente los problemas ambientales del área y cómo los MVS podrían posicionarse como palancas para generar transformaciones para la sustentabilidad en todo el Suelo de Conservación de la Ciudad de México.

En el caso particular de los bosques de la zona sur de la Ciudad de México, por ser un recurso contencioso, a medida que los años han transcurrido estos se han vuelto cada vez más significativos por ser importantes reservorios de carbono o zonas importantes de provisión y regulación de servicios ecosistémicos y por ser una zona que, a pesar de la expansión de una las ciudades más grandes del mundo que demanda suelo urbano, el bosque ha logrado persistir por las acciones y la cultura viva de los pobladores locales que se resisten al colapso ecológico.

Referencias bibliográficas

- Abram, J. J., & Dyke, J. G. (2018). Structural Loop Analysis of Complex Ecological Systems. *Ecological Economics*, 154, 333–342. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2018.08.011>
- Abson, D. J., Fischer, J., Leventon, J., Newig, J., Schomerus, T., Vilsmaier, U., von Wehrden, H., Abernethy, P., Ives, C. D., Jager, N. W., & Lang, D. J. (2017). Leverage points for sustainability transformation. *Ambio*. <https://doi.org/10.1007/s13280-016-0800-y>
- Acosta, S. (2001). *Las tierras comunales de la Magdalena Contreras, una naturaleza socializada*. UNAM.
- Adger, W. N. (2006). Vulnerability. *Global Environmental Change*, 16(3), 268–281. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2006.02.006>
- Agencia Digital de Innovación Pública. (n.d.). *Sistema Abierto de Información Geográfica (SIGCDMX)*.
- Aguado, M., González, J. A., Bellott, K., López-Santiago, C., & Montes, C. (2018). Exploring subjective well-being and ecosystem services perception along a rural–urban gradient in the high Andes of Ecuador. *Ecosystem Services*, 34, 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2018.09.002>
- Aguilar, A. G. (2008). Peri-urbanization, illegal settlements and environmental impact in Mexico City. *Cities*. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2008.02.003>
- Aldana-Domínguez, J., Montes, C., & González, J. A. (2018). Understanding the past to envision a sustainable future: A social-ecological history of the Barranquilla Metropolitan Area (Colombia). *Sustainability (Switzerland)*, 10(7). <https://doi.org/10.3390/su10072247>
- Almaraz Vázquez, M. N. (2014). *Servicios ambientales forestales y prácticas de aprovechamiento de recursos de uso común en el suelo de conservación del Distrito Federal : caso de estudio bienes comunales de San Miguel y Santo Tomás Ajusco* [UNAM]. http://132.248.9.41:8880/jspui/handle/DGB_UNAM/TES01000712426
- Almeida-Leñero, L., & García, S. (2009). Hacia una propuesta de educación ambiental en la comunidad de la Magdalena Atlitic, Distrito Federal. In A. Castillo & E. González (Eds.), *Educación ambiental y manejo de ecosistemas en México*.
- Almeida-Leñero, L., N., M., R., A., E., M., O., M. de J., & J., J. (2007). Servicios ecosistémicos en la cuenca del río Magdalena, Distrito Federal, México. *Gaceta Ecológica*, 53–64. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=53908506>
- ANCE. (2018). *Reporte de Verificación*.
- Aria, M., & Cuccurullo, C. (2017). bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. *Journal of Informetrics*. <https://doi.org/10.1016/j.joi.2017.08.007>
- Arias-Arévalo, P., Martín-López, B., & Gómez-Baggethun, E. (2017). Exploring intrinsic, instrumental, and relational values for sustainable management of social-ecological systems. *Ecology and Society*, 22(4), art43. <https://doi.org/10.5751/ES-09812-220443>
- AtKisson, A. (2010). *The Sustainability Transformation How to Accelerate Positive Change in Challenging Times*. Routledge.

- Ávila-Foucat, V. S. (2012). Diversificación productiva en el suelo de conservación de la ciudad de México: Caso San Nicolás Totolapan. *Estudios Sociales*, 20, 355–375.
- Bala, B. K., Arshad, F. M., & Noh, K. M. (2017). System Dynamics. Modelling and Simulation. In *Springer Nature*. <https://doi.org/10.1007/978-981-10-2045-2>
- Barkin, D., & Paillés, C. (2000). Water and Forests as Instruments for Sustainable Regional Development. *International Journal of Water*, 1.
- Barriga, M. D. (1995). The Politics Of Urban Expansion In Mexico City: A Case Study Of Ejido Urbanization In The Ajusco Foothills, 1938-1990. *Urban Anthropology and Studies of Cultural Systems and World Economic Development*, 24(3/4), 363–396. <http://www.jstor.org/stable/40553289>
- Basurto, X. (2013). Linking multi-level governance to local common-pool resource theory using fuzzy-set qualitative comparative analysis: Insights from twenty years of biodiversity conservation in Costa Rica. *Global Environmental Change*. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2013.02.011>
- Basurto, X., Gelcich, S., & Ostrom, E. (2013). The social-ecological system framework as a knowledge classificatory system for benthic small-scale fisheries. *Global Environmental Change*. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2013.08.001>
- Berkes, F. (2003). Alternatives to conventional management: Lessons from small-scale fisheries. *Environments*, 31(1), 5–20. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-0141634103&partnerID=40&md5=670acec6aefbc756922e9c4c84cd334d>
- Bertalanffy, L. (1968). Teoría general de los sistemas. In *General System Theory; Foundations, Development, applications*. <https://doi.org/10.1016/j.pan.2012.03.031>
- Bertalanffy, L. (1989). Teoría general de los sistemas. Fundamentos, desarrollo, aplicaciones. *Teoría General de Los Sistemas*.
- Biggs, R., Vos, A. de, Preiser, R., Clements, H., Maciejewski, K., & Schlüter, M. (2021). *The Routledge Handbook of Research Methods for Social-Ecological Systems*. <https://doi.org/https://doi.org/10.4324/9781003021339>
- Bracke, S. (2016). Bouncing Back. Vulnerability and Resistance in Times of Resilience. *Vulnerability in Resistance*, July.
- Bruley, E., Locatelli, B., Vendel, F., Bergeret, A., Elleaume, N., Grosinger, J., & Lavorel, S. (2021). Historical reconfigurations of a social–ecological system adapting to economic, policy and climate changes in the French Alps. *Regional Environmental Change*, 21(2). <https://doi.org/10.1007/s10113-021-01760-8>
- Buckley, W. (1968). Society as a complex adaptive system. In *Modern Systems Research for the Behavioral Scientist* (pp. 490–513). Aldine Publishing Company.
- Bueno, N., & Basurto, X. (2009). Resilience and collapse of artisanal fisheries: a system dynamics analysis of a shellfish fishery in the Gulf of California, Mexico. *Sustainability Science*, 4(2), 139–149. <https://doi.org/10.1007/s11625-009-0087-z>
- Campos-Silva, J. V., & Peres, C. A. (2016). Community-based management induces rapid recovery of a high-value tropical freshwater fishery. *Scientific Reports*, 6. <https://doi.org/10.1038/srep34745>

- Canabal, B. (1995). Los pueblos viejos del Distrito Federal, el área rural y su producción. *Comercio Exterior*.
- Carlsson, L., & Berkes, F. (2005). Co-management: Concepts and methodological implications. *Journal of Environmental Management*, 75(1), 65–76. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2004.11.008>
- Carpenter, S. R. (2003). Regime Shifts in Lake Ecosystems: Pattern and Variation. In *Excellence in Ecology* (Vol. 15, pp. i–195). <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-0242507816&partnerID=40&md5=fb09cfa1a69f60e9e40e8a4491bad1d5>
- Castillo-Villanueva, L., & Velázquez-Torres, D. (2015). Sistemas complejos adaptativos, sistemas socio- ecológicos y resiliencia. *Quivera. Revista de Estudios Territoriales*, 11–32.
- Castillo, Alicia, Magaña, A., Pujadas, A., Martínez, L., & Godínez, C. (2005). Understanding the Interaction of Rural People with Ecosystems: A Case Study in a Tropical Dry Forest of Mexico. *Ecosystems*, 8(6), 630–643. <https://doi.org/10.1007/s10021-005-0127-1>
- CAT. (2018). *Climate Action Reserve (CAT). Reporte de Monitoreo Anual*.
- Cervantes-Jiménez, M., Mastachi-Loza, C. A., Díaz-Delgado, C., Gómez-Albores, M., & González-Sosa, E. (2017). Socio-ecological regionalization of the urban sub-basins in Mexico. *Water (Switzerland)*, 9(1). <https://doi.org/10.3390/w9010014>
- Challenger, A., Bocco, G., Equihua, M., Chavero, E. L., & Maass, M. (2015). La aplicación del concepto del sistema socio-ecológico: alcances, posibilidades y limitaciones en la gestión ambiental de México. *Investigación Ambiental Ciencia y Política Pública*, 6(2). <http://www.revista.inecc.gob.mx/article/view/227%0Ainternal-pdf://0.0.3.176/227.html>
- Chapin, F. S., Kofinas, G., & Folke, C. (2009). *Principles of Ecosystem Stewardship: Resilience-Based Natural Resource Management in a Changing World*. Springer New York.
- Chavez C, C. (2011). *Identidad y lucha por las tierras en San Miguel y Santo Tomás Ajusco, Tlalpan* [Escuela Nacional de Antropología e Historia]. <https://mediateca.inah.gob.mx/repositorio/islandora/object/tesis%3A627>
- Chávez M., A. (1995). *Reportaje: asentamientos irregulares en el Distrito Federal, el caso del cerro del Ajusco medio*. UNAM.
- Chen, H., Chang, Y.-C., & Chen, K.-C. (2014). Integrated wetland management: An analysis with group model building based on system dynamics model. *Journal of Environmental Management*, 146. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2014.05.038>
- Claval, P. (2009). Pour une géographie du pouvoir. *Political Geography Quarterly*. [https://doi.org/10.1016/0260-9827\(83\)90013-7](https://doi.org/10.1016/0260-9827(83)90013-7)
- Close, C. M., Frederick, D. K., & Newell, J. C. (2002). *Modeling and analysis of dynamic systems*. Wiley.
- Collins, R. D., de Neufville, R., Claro, J., Oliveira, T., & Pacheco, A. P. (2013). Forest fire management to avoid unintended consequences: A case study of Portugal using system dynamics. *Journal of Environmental Management*, 130, 1–9. <https://doi.org/10.1016/J.JENVMAN.2013.08.033>
- Collins, S. L., Carpenter, S. R., Swinton, S. M., Orenstein, D. E., Childers, D. L., Gragson, T. L., Grimm, N. B., Morgan, G. J., Harlan, S. L., Kaye, J. P., Knapp, A. K., Kofinas, G. P.,

- Magnuson, J. J., McDowell, W. H., Melack, J. M., Ogden, L. A., Philip, R. G., Smith, M. D., & Whitmer, A. C. (2011). An integrated conceptual framework for long-term social-ecological research. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 9(6), 351–357. <https://doi.org/10.1890/100068>
- CONAFOR. (2002). *estudio regional forestal delegación Tlalpan 2002*. http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/9/856ERF_UMAFOR0902.pdf
- Coyle, G. (2000). Qualitative and quantitative modelling in system dynamics: some research questions. *System Dynamics Review*, 16(3), 225–244. [https://doi.org/https://doi.org/10.1002/1099-1727\(200023\)16:3<225::AID-SDR195>3.0.CO;2-D](https://doi.org/https://doi.org/10.1002/1099-1727(200023)16:3<225::AID-SDR195>3.0.CO;2-D)
- Cruz, M. S. (2000). Periferia y suelo urbano en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México. *Sociológica*, 42, 56–90.
- Descola, P., & Pálsson, G. (2001). Naturaleza y Sociedad. Perspectivas antropológicas. *Naturaleza y Sociedad: Perspectivas Antropológicas*. <https://doi.org/10.1021/j100567a600>
- Diamond, J. (1997). *Guns, Germs and Steel*. W.W. Norton and Company.
- Diwekar, U. (2016). Sustainable System Dynamics: A Complex Network Analysis. In *Sustainability in the Design, Synthesis and Analysis of Chemical Engineering Processes*. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802032-6.00008-6>
- Eidelson, R. J. (1997). Complex adaptive systems in the behavioral and social sciences. *Review of General Psychology*, 1(1), 42–71. <https://doi.org/10.1037/1089-2680.1.1.42>
- Ellis, F. (1999). Rural Livelihood Diversity in Developing Countries. *Natural Resource Perspectives*, 40.
- Elsawah, S., Pierce, S. A., Hamilton, S. H., van Delden, H., Haase, D., Elmahdi, A., & Jakeman, A. J. (2017). An overview of the system dynamics process for integrated modelling of socio-ecological systems: Lessons on good modelling practice from five case studies. *Environmental Modelling & Software*, 93, 127–145. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2017.03.001>
- Escobar, A. (1993). El lugar de la naturaleza y la naturaleza del lugar: ¿globalización o postdesarrollo? *North*, 113–144. <http://bibliotecavirtual.clacso.org.ar/ar/libros/lander/escobar.rtf>
- Escobar, A. (1999). After Nature. *Current Anthropology*, 40(1), 1–30. <https://doi.org/10.1086/515799>
- Evans, B., & Reid, J. (2016). *Una vida en resiliencia. El arte de vivir en peligro* (1ra. Edici). Fondo de Cultura Económica.
- Falcón, R. (2020). Las corrientes subterráneas. Un caso de estudio en las disputas por el bosque en el suroeste de la Ciudad de México. 1856-1913. *Historia Mexicana*, 70(1), 7–60. <https://doi.org/10.24201/hm.v70i1.4075>
- Fedele, G., Donatti, C. I., Harvey, C. A., Hannah, L., & Hole, D. G. (2020). Limited use of transformative adaptation in response to social-ecological shifts driven by climate change. *Ecology and Society*, 25(1). <https://doi.org/10.5751/ES-11381-250125>
- Feng, Y. Y., Chen, S. Q., & Zhang, L. X. (2013). System dynamics modeling for urban energy consumption and CO2 emissions: A case study of Beijing, China. *Ecological Modelling*, 252,

44–52. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2012.09.008>

- Fernández, A., V., A., U., F., B., J., A., H., J., M., J., B. de, R., I., L., R., I., M., & V., J. J. (2004). Ecoturismo y desarrollo económico sustentable en la delegación La Magdalena Contreras, Distrito Federal. *Gaceta Ecológica*, 67–76. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=53907006>
- Fernández Eguiarte, A., Uribe Cruz, F., Ramírez del Razo, I., Apolinar, B. de J., & Vázquez Márquez, A. (2002). Evaluación del avance de la mancha urbana sobre el área natural protegida de la Cañada de los Dinamos. *Gaceta Ecológica*, 56–67.
- Fierros, I., & Ávila Foucat, S. (2017). Medios de Vida Sustentables y contexto de vulnerabilidad de los hogares rurales de México. *Problemas Del Desarrollo. Revista Latinoamericana de Economía*, 48(191). <https://doi.org/10.22201/iiec.20078951e.2017.191.58747>
- Fischer, J., & Riechers, M. (2019). A leverage points perspective on sustainability. *People and Nature*. <https://doi.org/10.1002/pan3.13>
- Fisher, J. A., Patenaude, G., Giri, K., Lewis, K., Meir, P., Pinho, P., Rounsevell, M. D. A., & Williams, M. (2014). Understanding the relationships between ecosystem services and poverty alleviation: A conceptual framework. *Ecosystem Services*, 7, 34–45. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2013.08.002>
- Foerster, H. (2003). *Understanding Understanding. Essays on Cybernetics and Cognition*. Springer-Verlag.
- Folke, C, Hahn, T., Olsson, P., & Norberg, J. (2005). Adaptive governance of social-ecological systems. In *Annual Review of Environment and Resources* (Vol. 30, pp. 441–473). <https://doi.org/10.1146/annurev.energy.30.050504.144511>
- Folke, Carl. (2006). Resilience: The emergence of a perspective for social-ecological systems analyses. *Global Environmental Change*, 16(3), 253–267. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2006.04.002>
- Folke, Carpenter, S. R., Walker, B., Scheffer, M., Chapin, T., & Rockström, J. (2010). Resilience Thinking: Integrating Resilience, Adaptability and Transformability. *Ecology and Society*, 15(4), art20. <https://doi.org/10.5751/ES-03610-150420>
- Forrester, J. W. (1994). System dynamics, systems thinking, and soft OR. *System Dynamics Review*. <https://doi.org/10.1002/sdr.4260100211>
- Foster, J. B. (2002). Marx's Theory of Metabolic Rift: Classical Foundations for Environmental Sociology. *American Journal of Sociology*. <https://doi.org/10.1086/210315>
- Gallaher, J. (2010). *Ecotourism as a Social-Ecological System: A Case Study in Guanacaste, Costa Rica*. The University of Arizona.
- García, M. M. (1979). *La Magdalena Contreras, D.F. Su historia*. Tesorería del Departamento del D.F.
- Gell-Mann, M., & Park, D. (2005). The Quark and the Jaguar: Adventures in the Simple and the Complex. *American Journal of Physics*. <https://doi.org/10.1119/1.18607>
- Georgescu-Roegen, N. (1996). *La Ley de la Entropía y el proceso económico*. ISBN: 84-7774-973-6.
- Gomez-Santiz, F., Perevochtchikova, M., & Ezzine-de-Blas, D. (2021). Behind the scenes: Scientific networks driving the operationalization of the Social-Ecological System framework.

- Science of The Total Environment*, 787, 147473.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.147473>
- Gottret, M. (2011). El Enfoque de Medios de Vida Sostenibles. Una estrategia para el diseño y la implementación de iniciativas para la reducción de la pobreza. *El Enfoque de Medios de Vida Sostenibles*, November 2011.
- Gunderson, L., & Holling, C. (2002). Panarchy Synopsis: Understanding Transformations in Human and Natural Systems. *Books.Google.Com*.
- Guzmán, G. E. (2013). *Introducción al análisis de sistemas dinámicos* (2nd ed.). Ediciones UC.
<http://www.jstor.org/stable/j.ctt15hvt7s>
- Harris, M. (1994). *Nuestra especie*. Alianza Ed.
- Hernandez, L. (2011). La teoría de sistemas sociales de NiklasLuhmann en México. Una aproximación. *PERSPECTIVAS INTERNACIONALES. CIENCIA POLÍTICA Y RELACIONES INTERNACIONALES*.
- Herrero-Jáuregui, C., Arnaiz-Schmitz, C., Reyes, M. F., Telesnicki, M., Agramonte, I., Easdale, M. H., Schmitz, M. F., Aguiar, M., Gómez-Sal, A., & Montes, C. (2018). What do we talk about when we talk about social-ecological systems? A literature review. *Sustainability (Switzerland)*, 10(8). <https://doi.org/10.3390/su10082950>
- Higgins, J., Lasserson, T., Chandler, J., Tovey, D., Thomas, J., Flemyng, E., & Churchill, R. (2020). *Methodological Expectations of Cochrane Intervention Reviews (MECIR)*.
- Holland, J. H. (1992). *Adaptation in Natural and Artificial Systems: An Introductory Analysis with applications to Biology, Control, and Artificial Intelligence*. MIT Press.
- Holland, J. H. (1997). Hidden Order: How Adaptation Builds Complexity. In *Bulletin of Science, Technology & Society* (Vol. 17, Issue 4). SAGE Publications Inc.
<https://doi.org/10.1177/027046769701700420>
- Holling, C. S. (1973). Resilience and stability of ecological systems. In *The Future of Nature: Documents of Global Change* (pp. 245–256).
<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84902757043&partnerID=40&md5=00ab82cdea027765803184da9ccd7531>
- Jujnovsky, J., Almeida-Leñero, L., Bojorge-García, M., Monges Yani, L., Cantoral-Uriza, E., & Mazari-Hiriart, M. (2010). Servicios ecosistémicos hidrológicos: calidad y cantidad del agua en el río Magdalena, Ciudad de México. *Hidrobiológica*, 20, 113–126.
- Kelly, C. E., & Ilbery, B. W. (1995). DEFINING AND EXAMINING RURAL DIVERSIFICATION: A FRAMEWORK FOR ANALYSIS. *Tijdschrift Voor Economische En Sociale Geografie*, 86(2). <https://doi.org/10.1111/j.1467-9663.1995.tb01356.x>
- Khatri, V., Ram, S., & Snodgrass, R. T. (2004). Augmenting a conceptual model with geospatiotemporal annotations. *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, 16(11). <https://doi.org/10.1109/TKDE.2004.66>
- Kofinas, G. P. (2009). Adaptive Co-management in social-ecological governance. In *Principles of Ecosystem Stewardship: Resilience-Based Natural Resource Management in a Changing World* (pp. 77–101). https://doi.org/10.1007/978-0-387-73033-2_4
- Leibniz, G. W. (1666). *Dissertatio de Arte Combinatoria* 1666.

- Lerner, A. M., Eakin, H. C., Tellman, E., Bausch, J. C., & Hernández Aguilar, B. (2018). Governing the gaps in water governance and land-use planning in a megacity: The example of hydrological risk in Mexico City. *Cities*, 83, 61–70. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2018.06.009>
- Leslie, H. M., Basurto, X., Nenadovic, M., Sievanen, L., Cavanaugh, K. C., Cota-Nieto, J. J., Erisman, B. E., Finkbeiner, E., Hinojosa-Arango, G., Moreno-Báez, M., Nagavarapu, S., Reddy, S. M. W., Sánchez-Rodríguez, A., Siegel, K., Ulibarria-Valenzuela, J. J., Weaver, A. H., & Aburto-Oropeza, O. (2015). Operationalizing the social-ecological systems framework to assess sustainability. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 112(19), 5979–5984. <https://doi.org/10.1073/pnas.1414640112>
- Levin, S. (1998). Ecosystems and the biosphere as complex adaptive systems. *Ecosystems*, 1(5), 431–436. <https://doi.org/10.1007/s100219900037>
- Levin, S., Xepapadeas, T., Crépin, A.-S., Norberg, J., De Zeeuw, A., Folke, C., Hughes, T., Arrow, K., Barrett, S., Daily, G., Ehrlich, P., Kautsky, N., Mäler, K.-G., Polasky, S., Troell, M., Vincent, J. R., & Walker, B. (2013). Social-ecological systems as complex adaptive systems: Modeling and policy implications. *Environment and Development Economics*, 18(2), 111–132. <https://doi.org/10.1017/S1355770X12000460>
- Lindkvist, E. (2016). *Learning-by-modeling Novel Computational Approaches for Exploring the Dynamics of Learning and Self-governance in Social-ecological Systems*. Stockholm Resilience Centre.
- Liu, Y. Y., Slotine, J. J., & Barabási, A. L. (2011). Controllability of complex networks. *Nature*, 473(7346). <https://doi.org/10.1038/nature10011>
- Liu, Y. Y., Slotine, J. J., & Barabási, A. L. (2012). Control Centrality and Hierarchical Structure in Complex Networks. *PLoS ONE*, 7(9). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0044459>
- López Chávez, A. Y. (2016). *Tragedia de los comunes, gobernanza y acción colectiva de los bienes de la comunidad agraria «La Magdalena Atlitica.»* UNAM.
- Luhmann, N. (1998). *Sistemas sociales. Lineamientos para una teoría general*. Anthropos.
- Luhmann, N. (2006). Deconstruction as Second-Order Observing. *New Literary History*. <https://doi.org/10.2307/469391>
- Luna-Reyes, L. F., & Andersen, D. L. (2003). Collecting and analyzing qualitative data for system dynamics: methods and models. *System Dynamics Review*, 19(4), 271–296. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/sdr.280>
- Lunze, J. (1998). Qualitative modelling of dynamical systems Motivation, methods, and prospective applications. *Mathematics and Computers in Simulation*, 46(5–6). [https://doi.org/10.1016/s0378-4754\(98\)00077-9](https://doi.org/10.1016/s0378-4754(98)00077-9)
- Mahdiani, H., & Ungar, M. (2021). The Dark Side of Resilience. *Adversity and Resilience Science*, 2(3). <https://doi.org/10.1007/s42844-021-00031-z>
- Majeed, A., & Rauf, I. (2020). Graph theory: A comprehensive survey about graph theory applications in computer science and social networks. In *Inventions* (Vol. 5, Issue 1). <https://doi.org/10.3390/inventions5010010>
- Martin, J. (2003). Teoría y ejercicios prácticos de Dinamica de sistemas. *Alianza Editorial*.

- Maturana, H. (2003). El árbol del conocimiento. In *Epistemología*.
- Maturana, H., & Varela, F. (1972). *Autopoietic systems* (U. de S. Facultad de Ciencias (Ed.)).
- Meadows, D. H. (2008). Thinking in systems – a primer. In *Environmental Politics*.
<https://doi.org/10.1080/09644016.2011.589585>
- Meadows, H. D. (2008). *Thinking in Systems. A primer*.
- Merino, L. (2019). *Crisis ambiental en México. Ruta para el cambio*.
- Micheli, J. (2016). Política ambiental en México y su dimensión regional. *Región y Sociedad*,
 14(23). <https://doi.org/10.22198/rys.2002.23.a712>
- Montaño, J. C. (2021). *Modelo hidrológico del Suelo de Conservación de la Ciudad de México*.
 UNAM.
- Moon, K., Adams, V. M., Januchowski-Hartley, S. R., Polyakov, M., Mills, M., Biggs, D., Knight,
 A. T., Game, E. T., & Raymond, C. M. (2014). A Multidisciplinary Conceptualization of
 Conservation Opportunity. *Conservation Biology*, 28(6), 1484–1496.
<https://doi.org/10.1111/cobi.12408>
- Morales, G. (2021). *Dinámicas periurbanas prospectivas del cambio de coberturas del sistema
 socio-ecológico del Suelo de Conservación de la Ciudad de México*. CENTROGEO.
- Morin, E. (2006). *El Metodo I. La Naturaleza de la naturaleza*. Catedra.
- Nelson, D. R., Adger, W. N., & Brown, K. (2007). Adaptation to environmental change:
 contributions of a resilience framework. In M. P.A. & G. A. (Eds.), *Annual Review of
 Environment and Resources* (Vol. 32, pp. 395–419).
<https://doi.org/10.1146/annurev.energy.32.051807.090348>
- Norberg, J., & Cumming, G. S. (2008). Complexity theory for a sustainable future. In *Complexity in
 ecological systems; Variation: Complexity in ecological systems series*.
- Ogunbode, C. A., Böhm, G., Capstick, S. B., Demski, C., Spence, A., & Tausch, N. (2019). The
 resilience paradox: flooding experience, coping and climate change mitigation intentions.
Climate Policy, 19(6). <https://doi.org/10.1080/14693062.2018.1560242>
- Olsson, P., Folke, C., & Berkes, F. (2004). Adaptive comanagement for building resilience in
 social-ecological systems. *Environmental Management*, 34(1), 75–90.
<https://doi.org/10.1007/s00267-003-0101-7>
- Osorno-Acosta, V., & Corrales-Roa, E. (2018). The watershed of the creek san cristobal. A socio-
 ecological system in crisis [La microcuenca de la quebrada San Cristóbal. Un sistema
 socioecológico en crisis]. *Bitacora Urbano Territorial*, 28(3), 111–120.
<https://doi.org/10.15446/bitacora.v28n3.66158>
- Ostrom, E., & Cox, M. (2010). Moving beyond panaceas: A multi-tiered diagnostic approach for
 social-ecological analysis. *Environmental Conservation*, 37(4), 451–463.
<https://doi.org/10.1017/S0376892910000834>
- Ostrom, Elinor. (2009). A general framework for analyzing sustainability of social-ecological
 systems. In *Science*. <https://doi.org/10.1126/science.1172133>
- Pecheron, N. (2010). *Problemas agrarios del Ajusco: Siete comunidades agrarias de la periferia de
 México (Siglos XVI-XX)*. Centro de estudios mexicanos y centroamericanos.

<https://doi.org/doi:10.4000/books.cemca.3605>

- Perevochtchikova, M., Hernandez, J. A., & Ávila-Foucat, S. (2019). Recursos naturales y diversificación productiva en cuatro localidades rurales del Estado de Oaxaca, México. *Cuadernos de Desarrollo Rural*, 15(81). <https://doi.org/10.11144/javeriana.cdr15-81.rndp>
- Perevochtchikova, M., & Ochoa, T. (2010). Evaluación del programa de Pago por Servicios Ambientales Hidrológicos en México. *Memorias de VII Encuentro «Participación de La Mujer En La Ciencia.»*
- Perevochtchikova, Maria, & Sandoval-Romero, G. E. (2020). Monitoreo comunitario participativo del agua en la periferia suroeste de la Ciudad de México. *Investigaciones Geográficas*, 103. <https://doi.org/10.14350/rig.60063>
- Pezzoli, K. (2002). Sustainability, Livelihood, and Community Mobilization in the Ajusco«Ecological Reserve. In *Livable cities? Urban Struggles for livelihood and sustainability*. University of California Press Berkeley and Los Angeles, California.
- Potschin, M. B., & Haines-Young, R. H. (2011). Ecosystem services: Exploring a geographical perspective. *Progress in Physical Geography*, 35(5), 575–594. <https://doi.org/10.1177/0309133311423172>
- Quintero, S. (1981). *La proletización del campesino-forestal en México: Un análisis de un caso concreto*. UNAM.
- Rammel, C., Stagl, S., & Wilfing, H. (2007). Managing complex adaptive systems - A co-evolutionary perspective on natural resource management. *Ecological Economics*, 63(1), 9–21. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2006.12.014>
- Ramos-Elorduy, A. L. (2008). *Propuesta de reclasificación y zonificación participativa de la Zona Protectora Forestal Cañada Contreras, Distrito Federal, México* [UNAM]. <http://132.248.9.195/ptd2008/octubre/0633341/Index.html>
- RAN. (2021). *Padrón e Historial de Núcleos Agrarios*. <https://phina.ran.gob.mx/index.php>
- Rana, P., & Miller, D. C. (2019). Explaining long-term outcome trajectories in social–ecological systems. *PLoS ONE*, 14(4). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0215230>
- Rappaport, R. A. (1977). Adaptation and Maladaptation in Social Systems. In *The Ethical Basis of Economic Freedom* (pp. 39–82).
- Raymond, C. M., Giusti, M., & Barthel, S. (2018). An embodied perspective on the co-production of cultural ecosystem services: toward embodied ecosystems. *Journal of Environmental Planning and Management*, 61(5–6), 778–799. <https://doi.org/10.1080/09640568.2017.1312300>
- Reyes Orta, M., Cardozo Brum, M. I., Arredondo García, C., Méndez Fierros, H., & Espejel, I. (2013). Análisis del sistema de evaluación de un programa ambiental de la política mexicana: el proders y su transformación al procodes. *Investigación Ambiental*, 5(1).
- Richmond, B. (1994). Systems thinking/system dynamics: Let’s just get on with it. *System Dynamics Review*, 10(2–3). <https://doi.org/10.1002/sdr.4260100204>
- Riggs, R. A., Langston, J. D., & Sayer, J. (2018). Incorporating governance into forest transition frameworks to understand and influence Cambodia’s forest landscapes. *Forest Policy and Economics*, 96, 19–27. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2018.08.003>

- Rodriguez, M., Bodini, A., Escobedo, F. J., & Clerici, N. (2021). Analyzing socio-ecological interactions through qualitative modeling: Forest conservation and implications for sustainability in the peri-urban bogota (Colombia). *Ecological Modelling*, 439, 109344. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2020.109344>
- Rojo Negrete, I. A., Castro T, B., & Perevochtchikova, M. (2018). Análisis de disfuncionalidad institucional de programas de política pública ambiental en la Ciudad de México, 2000-2012. *Gestion y Politica Publica*, 27.
- Ruiz, C. H. (Ed.). (2014). El problema ambiental de la urbanización. In *Modelando el crecimiento de ciudades medias chilenas* (1st ed., pp. 29–94). Ediciones UC. <http://www.jstor.org/stable/j.ctt17t772d.6>
- Saavedra Diaz, Z. M., & Perevochtchikova, M. (2017). Evaluación ambiental integrada de áreas inscritas en el programa federal de Pago por Servicios Ambientales Hidrológicos. Caso de estudio: Ajusco, México. *Invest. Geog.*
- Sanchez, A. (2007). *Diseño de un modelo de gestión con enfoque sistémico - hermenéutico- para una empresa de turismo alternativo en la Delegación Magdalena Contreras, Distrito Federal*. IPN.
- Sarmiento C., V. (2014). *Las relaciones de arraigo en la periurbe: el caso de San Miguel Ajusco*. UNAM.
- Scheffer, M., Carpenter, S., Foley, J. A., Folke, C., & Walker, B. (2001). Catastrophic shifts in ecosystems. *Nature*, 413(6856), 591–596. <https://doi.org/10.1038/35098000>
- Schoenenberger, L., Schmid, A., & Schwaninger, M. (2015). Towards the algorithmic detection of archetypal structures in system dynamics. *System Dynamics Review*, 31(1–2), 66–85. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/sdr.1526>
- Schoenenberger, L., Schmid, A., Tanase, R., Beck, M., & Schwaninger, M. (2021). Structural Analysis of System Dynamics Models. *Simulation Modelling Practice and Theory*, 110, 102333. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.simpat.2021.102333>
- Schteingart, M. (1987). Expansión urbana, conflictos sociales y deterioro ambiental en la ciudad de México. El caso del Ajusco. *Estudios Demográficos y Urbanos*, 2(3). <https://doi.org/10.24201/edu.v2i3.650>
- Schteingart, M., & Salazar Cruz, C. E. (2003). Expansión urbana, protección ambiental y actores sociales en la Ciudad de México. *Estudios Demográficos y Urbanos*, 18(3). <https://doi.org/10.24201/edu.v18i3.1155>
- Scoones, I. (1999). New ecology and the social sciences: What Prospects for a Fruitful Engagement? In *Annual Review of Anthropology* (Vol. 28, pp. 479–507). <https://doi.org/10.1146/annurev.anthro.28.1.479>
- Scoones, Ian. (1998). Sustainable rural livelihoods: a framework for analysis. *IDS Working Paper*, 72.
- Segerstedt, E., & Abrahamsson, L. (2019). Diversity of livelihoods and social sustainability in established mining communities. In *Extractive Industries and Society* (Vol. 6, Issue 2). <https://doi.org/10.1016/j.exis.2019.03.008>
- SEMARNAT. (2014). *Inventario estatal forestal y de suelos-Ciudad de México*.

- Serres, M. (1990). *Le contrat naturel*. Francois Bourin.
- Singh, G. G., Cisneros-Montemayor, A. M., Swartz, W., Cheung, W., Guy, J. A., Kenny, T.-A., McOwen, C. J., Asch, R., Geffert, J. L., Wabnitz, C. C. C., Sumaila, R., Hanich, Q., & Ota, Y. (2018). A rapid assessment of co-benefits and trade-offs among Sustainable Development Goals. *Marine Policy*, *93*, 223–231. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2017.05.030>
- Smith, L. B., & Thelen, E. (1993). A dynamic systems approach to development: Applications. In L. B. Smith & E. Thelen (Eds.), *A dynamic systems approach to development: Applications*. The MIT Press.
- Spaccapietra, S., Parent, C., Damiani, M. L., de Macedo, J. A., Porto, F., & Vangenot, C. (2008). A conceptual view on trajectories. *Data & Knowledge Engineering*, *65*(1). <https://doi.org/10.1016/j.datak.2007.10.008>
- Sterman. (2002). System Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World. In *Proceedings of the ESD Internal Symposium*. <https://doi.org/10.1108/13673270210417646>
- Sterman, J., Oliva, R., Linderman, K., & Bendoly, E. (2015). System dynamics perspectives and modeling opportunities for research in operations management. *Journal of Operations Management*, *39–40*(1), 1–5. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jom.2015.07.001>
- Steward, J. H. (1955). *Theory of Culture Change: The Methodology of Multilinear Evolution*.
- Stewart, A. (2006). *Guía rápida para misiones Analizar las instituciones locales y los medios de vida*. FAO.
- Stogiannos, A. (2019). *The Genesis of Geopolitics and Friedrich Ratzel: Dismissing the Myth of the Ratzelian Geodeterminism*. Springer International Publishing.
- Stroh, D. P. (2015). *Systems Thinking for Social Change*.
- Sturbois, A., De Cáceres, M., Sánchez-Pinillos, M., Schaal, G., Gauthier, O., Mao, P. Le, Ponsoero, A., & Desroy, N. (2021). Extending community trajectory analysis: New metrics and representation. *Ecological Modelling*, *440*. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2020.109400>
- Team R Core. (2018). *R: A language and Environment for Statistical Computing*. <https://www.r-project.org/>.
- Tegegne, W. A., Moyle, B. D., & Becken, S. (2018). A qualitative system dynamics approach to understanding destination image. *Journal of Destination Marketing & Management*, *8*, 14–22. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jdmm.2016.09.001>
- Tenza, A., Martínez-Fernández, J., Pérez-Ibarra, I., & Giménez, A. (2018). Sustainability of small-scale social-ecological systems in arid environments: trade-off and synergies of global and regional changes. In *Sustainability Science*. Springer Tokyo. <https://doi.org/10.1007/s11625-018-0646-2>
- Tenza, A., Pérez, I., Martínez-Fernández, J., & Giménez, A. (2017). Understanding the decline and resilience loss of a long-lived socialecological system: Insights from system dynamics. *Ecology and Society*, *22*(2). <https://doi.org/10.5751/ES-09176-220215>
- Trejo Nieto, A. (2013). Las economías de las zonas metropolitanas de México en los albores del siglo xxi. *Estudios Demográficos y Urbanos*.
- Trujillo B., M. (2000). *Empresariado y manufactura textil en la Ciudad de México y su periferia. Siglo XIX*. CIESAS.

- Uden, D. R., Allen, C. R., Munoz-Arriola, F., Ou, G., & Shank, N. (2018). A framework for tracing social-ecological trajectories and traps in intensive agricultural landscapes. *Sustainability (Switzerland)*, *10*(5). <https://doi.org/10.3390/su10051646>
- Urbani, L. (2019). *The Systemic Turn in Human and Natural Sciences A Rock in The Pond*. Springer, Cham.
- Urquiza, A., & Cadenas, H. (2015). Sistemas socio-ecológicos: elementos teóricos y conceptuales para la discusión en torno a vulnerabilidad hídrica. *L'Ordinaire Des Amériques*, *218*. <https://doi.org/DOI : 10.4000/orca.1774>
- van Dillen, S. (2003). Rural Livelihoods and Diversity in Developing Countries. *Journal of Development Economics*, *70*(1). [https://doi.org/10.1016/s0304-3878\(02\)00044-5](https://doi.org/10.1016/s0304-3878(02)00044-5)
- Vázquez-González, C., Ávila-Foucat, V. S., Ortiz-Lozano, L., Moreno-Casasola, P., & Granados-Barba, A. (2021). Analytical framework for assessing the social-ecological system trajectory considering the resilience-vulnerability dynamic interaction in the context of disasters. In *International Journal of Disaster Risk Reduction* (Vol. 59). <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2021.102232>
- Vazquez, A. (2011). *De lo internacional a lo local*. UNAM.
- Vensim. (n.d.). *User Guide - Vensim Introduction & Tutorials*. Retrieved July 2, 2021, from https://www.vensim.com/documentation/users_guide.html
- Vilchis Mata, I. (2019). Evaluación de tradeoffs entre servicios ecosistémicos urbanos a escala megalopolitana. *Economía Sociedad y Territorio*. <https://doi.org/10.22136/est20191376>
- Vinuesa, J. (2000). Distribución espacial de la población y modelos geográficos regionales. *Economistas Población, Inmigración y Mercado de Trabajo*.
- Vitz, M. (2010). *Revolutionary environments: The politics of nature and space in the Valley of Mexico, 1890–1940s* [New York University]. <https://www.proquest.com/openview/5f8d133806c0ff8a868890416d464862/1?pq-origsite=gscholar&cbl=18750&diss=y>
- Vitz, M. (2012). La ciudad y sus bosques. La conservación forestal y los campesinos en el valle de México, 1900-1950. *Estud. Hist. Mod. Contemp.*
- Vitz, M. (2018). *A City on a Lake: Urban Political Ecology and the Growth of Mexico City*. Duke University Press. <http://www.jstor.org/stable/j.ctv11smjmk>
- Walker, B., Gunderson, L., Kinzig, A., Folke, C., Carpenter, S., & Schultz, L. (2006). A Handful of Heuristics and Some Propositions for Understanding Resilience in Social-Ecological Systems. *Ecology and Society*, *11*(1), art13. <https://doi.org/10.5751/ES-01530-110113>
- Walker, B., Holling, C. S., Carpenter, S. R., & Kinzig, A. P. (2004). Resilience, Adaptability and Transformability in Social-ecological Systems. *Ecology and Society*, *9*(2), art5. <https://doi.org/10.5751/ES-00650-090205>
- Wong C., F. (2017). *Sistemas Dinámicos* (1st ed.).
- Zamora-Maldonado, H. C., Avila-Foucat, V. S., Sánchez-Sotomayor, V. G., & Lee, R. (2021). Social-ecological Resilience Modeling: Water Stress Effects in the Bighorn Sheep Management System in Baja California Sur, Mexico. *Ecological Complexity*, *45*. <https://doi.org/10.1016/j.ecocom.2020.100884>

Zamora S., I. B. (2013). *Los puentes rotos de la acción colectiva. Participación social en la recuperación de ríos urbanos. El caso del Río Magdalena en la Ciudad de México*. FLACSO MEXICO.

Anexos

Anexo 1. Métodos en el estudio de los Sistemas Socio-Ecológicos

Disponible online : <https://public.flourish.studio/visualisation/6505967/>

Anexo 2. Entrevista semi-estructurada

GUÍA DE ENTREVISTA PARA DETERMINAR TRAYECTORIA DE MEDIOS DE VIDA SUSTENTABLES DE LAS POBLACIONES RURALES EN 4 MICROCUENCAS DEL SUELO DE CONSERVACIÓN

- ¿Desde cuándo viven aquí usted y su familia? ¿En que se diferencia su vida actual de la que llevo su padre o su abuelo? (pregunta para romper el hielo)

Contexto general en la comunidad (describir el contexto social, económico, político y ambiental en la comunidad)

- En su opinión ¿a quiénes considera como miembros de la comunidad? ¿Por qué?
- ¿Qué es lo que más ha cambiado en la comunidad desde el año 2000? ¿Por qué ha cambiado? (**Población, medio ambiente, etc.**)
- ¿Cómo afecta este cambio a la comunidad?
- ¿Considera usted que todos los miembros de la comunidad (comuneros/ejidatarios) tienen parcelas o terrenos? ¿Si no tienen, ha qué se ha debido?
- ¿Cuáles son los principales problemas en la comunidad (**sociales, económicos y ambientales**)? ¿por qué considera que es un problema?

Recursos naturales/forestales (Describir los recursos naturales disponibles en el territorio de la comunidad, cómo estos han cambiado en el tiempo y particularizar la relación que ha tenido la comunidad con sus recursos forestales)

- ¿Cuáles son los principales recursos naturales en la comunidad? Sobre los recursos naturales ¿Qué es lo que más ha cambiado (desde el año 2000)? ¿por qué ha cambiado?
- En la actualidad ¿Cuáles son los principales usos que se le da a los **recursos forestales**?
- Desde que usted recuerda (**año 2000, o más atrás**) ¿Cuáles eran los usos que se le daban a los bosques de la comunidad?
- ¿Quiénes y cómo los usaban (**talamontes**)?

Medios de vida/Bienestar (Describir las actividades que ha realizado la comunidad para obtener sus medios de vida y cómo estos han cambiado en el tiempo, qué medios de vida son los más importantes en la actualidad)

- Desde que usted recuerda (**particularizar año 2000**) ¿Cuáles son las distintas actividades productivas que se han desarrollado en la comunidad?

- Agricultura (**qué producían, cuántas personas se dedicaban esta actividad**)
- Ganadería
- Actividades no agropecuarias (**comercios, servicios, etc**)
- Actualmente, ¿Cuáles actividades productivas cree que son las más importantes en términos de ingresos para los hogares de la comunidad? ¿Por qué cree que estas actividades ya no son importantes en la actualidad?
- ¿Qué programas de gobierno se han implementado en la comunidad? ¿Qué beneficios ha recibido la comunidad por estos programas?
- ¿Considera que las actividades de conservación ambiental representan un ingreso importante para los hogares de la comunidad?
- ¿Quiénes participan en las actividades de conservación ambiental y por qué?
- ¿Cuáles son las necesidades más inmediatas de la comunidad para mejorar las condiciones de vida de los hogares?
- ¿Pueden las instituciones gubernamentales ayudar a mejorar las condiciones de vida en la comunidad/ejido? ¿Por qué?

Instituciones vinculadas a la conservación forestal (Describir las principales reglas y normas vinculadas a la gestión comunitaria de los recursos naturales)

- ¿Qué reglas, normas y costumbres hay en el lugar? (**tema ambiental, y socio-cultural**)
- ¿Tienen reglamentos o normas para el uso de los bosques comunales? [**Extraer madera, leña, resina, conservar/reforestar**]
- ¿Cuáles son esas normas o reglas que existen para conservar los bosques?
- ¿Quién vigila que se cumplan dichas reglas? ¿A quién rinde cuentas este vigilante?
- Desde su punto de vista ¿Cree que la mayoría de los comuneros cumplen con las reglas?
- ¿Quiénes son los que generalmente no cumplen? [**Preguntar sobre sus actividades y características**]
- ¿Actualmente existe algún comité o brigada que vigile los bosques? ¿Qué actividades realizan?
- Actualmente ¿Qué parte de los bosques están bajo protección y vigilancia constante?
- ¿Hay quienes tienen cercado o parcelado parte de los bosques comunales?
- ¿Usted conoce los límites de los bosques de su comunidad? [**con que otras comunidades colindan**]

•

Anexo 3. Migración hacia el Suelo de Conservación por origen según estados.

Disponible online : <https://public.flourish.studio/visualisation/6556454/>

Anexo 4. Puntos de Apalancamiento y sus características.

Puntos de apalancamiento pocos profundos		Puntos de apalancamiento profundos	
Parámetros	Retroalimentación	Intención/propósito	Diseño
<p>12. Constantes, parámetros, números (tales como subsidios, impuestos, normas) Los parámetros son los puntos de menor influencia. Aunque son los más claramente percibidos entre todas las influencias, rara vez cambian los comportamientos y, por lo tanto, tienen poco efecto a largo plazo.</p> <p>Por ejemplo, los parámetros climáticos no se pueden cambiar fácilmente (la cantidad de lluvia, la tasa de evapotranspiración, la temperatura del agua), pero son los primeros en los que la gente piensa (recuerdan que en su juventud, sin duda estaba lloviendo más). Estos parámetros son de hecho muy importantes. Pero incluso si se cambian (mejora de la corriente del río superior para canalizar el agua entrante), no cambiarán mucho el comportamiento del ecosistema.</p>	<p>9. Duración de los retrasos, en relación con la tasa de cambios del sistema. La información recibida demasiado rápido o demasiado tarde puede causar una reacción excesiva o insuficiente, incluso oscilaciones.</p> <p>Por ejemplo, el ayuntamiento está considerando construir una planta de tratamiento de aguas residuales. Sin embargo, la planta tardará 5 años en construirse y durará unos 30 años. La primera demora evitará que el agua se limpie dentro de los primeros 5 años, mientras que la segunda demora hará que sea imposible construir</p> <p>8. Fuerza de los bucles de retroalimentación negativa, en relación con el efecto que están tratando de corregir Un circuito de retroalimentación negativa ralentiza un proceso y tiende a promover la estabilidad. El bucle mantendrá al stock cerca de la meta, gracias a los parámetros, la precisión y la velocidad de la retroalimentación de la información y el tamaño de los flujos de corrección.</p>	<p>6. Estructura del flujo de información (quién tiene y no tiene acceso a qué tipo de información) El flujo de información no es un parámetro, ni un bucle de refuerzo o desaceleración, sino un bucle que entrega información nueva. Es más barato y más fácil cambiar los flujos de información que cambiar la estructura.</p> <p>Por ejemplo, un informe público mensual sobre el nivel de contaminación del agua, especialmente acerca de la descarga industrial, podría tener un gran efecto en las opiniones de la gente con respecto a la industria y provocar cambios en el nivel de contaminación de las aguas residuales.</p>	<p>3. Objetivos del sistema Los objetivos cambiantes cambian todos los elementos enumerados anteriormente: parámetros, ciclos de retroalimentación, información y autoorganización.</p> <p>Una decisión del consejo de la ciudad podría ser cambiar el objetivo del lago y convertirlo en una instalación gratuita para uso público y privado, en una instalación más orientada al turismo o en un área de conservación. Ese cambio de objetivo afectará a varios de los puntos de influencia: la información sobre la calidad del agua será obligatoria y se establecerá un castigo legal para cualquier efluente ilegal.</p>
<p>11. El tamaño de los depósitos y otras existencias estabilizadoras, en relación con sus flujos. La capacidad de un depósito para estabilizar un sistema es importante cuando la cantidad de stock es mucho mayor que la cantidad potencial de entradas o salidas. En el lago, el agua es el amortiguador: si hay mucho más que entrada / salida, el sistema se mantiene estable. Los depósitos pueden mejorar un sistema, pero a menudo son entidades físicas cuyo tamaño es crítico y no se pueden cambiar fácilmente.</p> <p>Por ejemplo, a los habitantes les preocupa que los peces del lago puedan morir como consecuencia de la liberación de agua caliente directamente en el lago sin ningún enfriamiento previo.</p> <p>Sin embargo, el agua en el lago tiene una gran capacidad de almacenar calor, por lo que es un amortiguador térmico fuerte. Siempre que la liberación se realice a una profundidad lo suficientemente baja, bajo la termoclina, y que el volumen del lago sea lo suficientemente grande, la capacidad de amortiguación del agua podría evitar la extinción provocada por el exceso de temperatura.</p>	<p>Por ejemplo, una forma de evitar que el lago se contamine más y más podría ser mediante el establecimiento de un gravamen adicional en la planta industrial basado en las concentraciones medidas de su efluente. Supongamos que la administración de la planta tiene que pagar en un fondo de administración de agua, semanalmente o mensualmente, dependiendo de la cantidad real de desechos que se encuentran en el lago. En este caso, recibirán un beneficio directo no solo de reducir su producción de desechos, sino de reducirlos lo suficiente como para lograr el efecto deseado de reducir las concentraciones en el lago. No pueden beneficiarse</p> <p>7. Ganancias en torno a la conducción de bucles de retroalimentación positiva. Un circuito de retroalimentación positiva acelera un proceso. Meadows indica que en la mayoría de los casos, es preferible ralentizar un ciclo positivo, en lugar de acelerar uno negativo.</p> <p>La eutrofización de un lago es un circuito de retroalimentación típico que tiende al estado salvaje. En un lago eutrófico (lo que significa que está bien nutrido), se puede soportar una gran cantidad de vida (peces incluidos).</p> <p>Un aumento de nutrientes conducirá a un aumento de la productividad, el crecimiento del fitoplancton primero, agotando la mayor cantidad de nutrientes posible, seguido del crecimiento del zooplancton, alimentándose de los primeros y aumentando la población de peces. Cuantos más nutrientes disponibles haya, mayor será la productividad. Cuando los organismos del plancton mueren, caen al fondo del lago, donde su materia es degradado por los descomponedores.</p> <p>Sin embargo, esta degradación utiliza el oxígeno disponible, y en presencia de enormes cantidades de materia orgánica para degradarse, el medio se vuelve anóxico progresivamente (no hay más oxígeno disponible). Con el tiempo, toda la vida dependiente del oxígeno muere, y el lago se convierte en un lugar anóxico maloliente donde no se puede soportar la vida (en particular, ningún pez).</p>	<p>5. Reglas del sistema (tales como incentivos, castigos, restricciones) Hay que poner atención a las reglas, y a quien las hace.</p> <p>Por ejemplo, un fortalecimiento de la ley relacionado con los límites de liberación de productos químicos, o un aumento en el monto del impuesto por cualquier agua que contenga un contaminante dado, tendrá un efecto muy fuerte en la calidad del agua del lago.</p>	<p>2. La mentalidad o paradigma que surge del sistema — sus objetivos, estructura, reglas, retrasos, parámetros — Un paradigma social es una idea, una suposición no declarada compartida o un sistema de pensamiento que es la base de estructuras sociales complejas. Los paradigmas son muy difíciles de cambiar, pero no hay límites para el cambio de paradigma. Meadows indica que los paradigmas pueden cambiarse de forma repetida y consistente, señalando anomalías y fallas en el paradigma actual a aquellas personas con mentes abiertas.</p> <p>Un paradigma actual es "La naturaleza es un stock de recursos para convertirlos por propósitos humanos". ¿Qué podría pasar con el lago citado si esta idea colectiva hubiera cambiado?</p>
<p>10. Estructura de las existencias y flujos de materiales (como la red de transporte, las estructuras de edad de la población) La estructura de un sistema puede tener un enorme efecto en las operaciones, pero puede ser difícil o prohibitivamente costoso cambiarla. Las fluctuaciones, limitaciones y cuellos de botella pueden ser más fáciles de abordar.</p> <p>Por ejemplo, a los habitantes les preocupa que su lago se contamine, ya que la industria libera contaminantes químicos directamente en el agua sin ningún tratamiento previo. Es posible que el sistema necesite que el agua usada se desvíe a una planta de tratamiento de aguas residuales, pero esto requiere la reconstrucción del sistema subterráneo de agua usada (lo que podría ser bastante costoso).</p>		<p>4. Poder para agregar, cambiar, evolucionar o autoorganizar la estructura del sistema La autoorganización describe la capacidad de un sistema para cambiarse a sí mismo mediante la creación de nuevas estructuras, la adición de nuevos ciclos de retroalimentación positiva y negativa, la promoción de nuevos flujos de información o la creación de nuevas reglas.</p> <p>Por ejemplo, los microorganismos tienen la capacidad de no solo cambiar para adaptarse a su nuevo medio ambiente contaminado, sino también de experimentar una evolución que les permita biodegradar o bioacumular los contaminantes químicos. Esta capacidad de parte del sistema para participar en su propia evolución ecológica es un importante condicionante para el cambio.</p>	<p>1. Poder para trascender paradigmas. Trascender los paradigmas puede ir más allá de desafiar supuestos fundamentales, en el ámbito de cambiar los valores y prioridades que conducen a los supuestos, y poder elegir entre conjuntos de valores a voluntad.</p> <p>Hay personas que hoy en día ven a la Naturaleza como una reserva de recursos para ser convertidos por el propósito humano. La población nativa americana ve la Naturaleza como un dios vivo, para ser amado, adorado y con el que conviven. Estos puntos de vista son incompatibles, pero quizás otro punto de vista podría incorporarlos a ambos, junto con otros.</p>

Fuente: Tomado y adaptado de Meadows (2010) y Abson et al (2015). Las palancas clasificadas como parámetros y retroalimentación se consideran palancas débiles; mientras que las clasificadas como intención/propósito y diseño son palancas fuertes