

Junio 2023

ISSN 2665-6655



No. **23**

DESARROLLO (IN) SOSTENIBLE EN TERRITORIOS RURALES DE AMÉRICA LATINA

Análisis de las interacciones entre seguridad alimentaria y protección de los ecosistemas terrestres en dos estudios de caso.

Luz A. Rodríguez^a
Fernando Gumeta^b
Manuel Enrique Pérez^a
Mauricio González^a

a. Facultad de Estudios Ambientales y Rurales, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia.

b. Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional (CIIDIR) - Unidad Oaxaca, Instituto Politécnico, México.

COMITÉ EDITORIAL

Juan Camilo Cárdenas

Mónica Viviana Pinilla Roncancio

EQUIPO DE APOYO EDITORIAL

Carla Panyella Medrano

Edición mensual
Bogotá, Colombia



Los documentos CODS abordan temas de desarrollo sostenible en América Latina y el Caribe. Están dirigidos tanto a públicos académicos, como a tomadores de decisiones en el sector público y privado y también a la comunidad en general. Los documentos, no tienen un énfasis único, dado que puedes ser conceptuales, empíricos o contener reflexiones generales sobre el desarrollo sostenible en cualquiera de sus esferas (económica, social o ambiental). Pretenden promover un enfoque multidisciplinario y contribuir con ideas al logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) en la región.

Tabla de contenido

Resumen	4
Introducción	5
1. Marco conceptual y metodológico	7
2. Caso 1: Lago de Tota, departamento de Boyacá, Colombia	12
3. Caso 2: Subcuenca del río Salado, Oaxaca, México	28
4. Conclusiones y recomendaciones	42
Referencias	45
Anexos	49



Índice de figuras

Figura 1.	Gráfico de representación analítica de la dependencia e influencia de variables	10
Figura 2.	Mapa ubicación laguna de Tota	12
Figura 3.	Coberturas cuenca del lago de Tota: ecosistemas andinos y áreas transformadas	15
Figura 4.	Mapa de cambio uso de suelo y vegetación 2000-2019, lago de Tota	22
Figura 5.	Gráfica de influencia y dependencia variables, caso lago de Tota	23
Figura 6.	Imágenes recorrido de observación participante. Cultivo convencional de cebolla y granja agroecológica (abril del 2022)	26
Figura 7.	Mapa ubicación de la cuenca del río Papaloapan y subcuenca del río Salado	29
Figura 8.	Uso del suelo y vegetación para el año 2016, subcuenca río Salado, Oaxaca	30
Figura 9.	Matriz de cambio de uso del suelo y vegetación	35
Figura 10.	Mapa de cambio uso de suelo y vegetación 2001-2019, subcuenca río Salado, Oaxaca	36
Figura 11.	Talleres de mapeo participativo	38
Figura 12.	Gráfica de influencia y dependencia variables, caso subcuenca río Salado	39
Figura 13.	Diagrama causal del objetivo del ODS 15.3. Rehabilitar las tierras y los suelos degradados	40



Índice de tablas

Tabla 1.	Número de entrevistas por tipo de actor	9
Tabla 2.	Categorías CORINE Land Cover, Colombia	19
Tabla 3.	Matriz de cambio de uso del suelo y vegetación	20
Tabla 4.	Cambios en el uso del suelo, cuenca del lago de Tota	21
Tabla 5.	Matriz de cambio de uso del suelo y vegetación	34
Tabla 6.	Cobertura en hectáreas de cada tipo de suelo y vegetación, subcuenca río Salado 2001-2019	34

Índice de anexos

Anexo 1.	Metas de los objetivos de desarrollo sostenible en esquema de variables para el análisis estructural	49
Anexo 2.	Línea de tiempo Caso 1. Lago de Tota, Boyacá, Colombia	52
Anexo 3.	Matriz de interacciones entre las metas de los ODS 2 y 15	53



Resumen

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) se han planteado como una guía para el diseño de políticas públicas y el logro de transiciones hacia la sostenibilidad económica, social y ambiental. A pesar de la importancia de los territorios rurales en el logro de los ODS y del carácter sistémico e indivisible de sus metas, el análisis de la implementación integral de los ODS en territorios rurales ha sido bastante limitado. Con el propósito de aproximarnos a la comprensión de los ODS y sus interacciones en lo local, en este documento presentamos los resultados de dos estudios de caso en territorios rurales en América Latina, en los que analizamos las interacciones entre los ODS 2 y 15, a partir de un enfoque de delimitación socio-ecológica: (1) la cuenca del lago de Tota, en el departamento de Boyacá, Colombia; y (2) la subcuenca del río Salado en Oaxaca, México.

Para el análisis de las interacciones entre los ODS 2 y 15 implementamos una metodología mixta y multinivel de recolección y análisis de información, en la que combinamos (1) revisión sistemática de literatura y fuentes documentales para cada uno de los casos; (2) herramientas cualitativas para la recolección de información primaria: entrevistas a los actores locales, etnografías virtuales, talleres de mapeo participativo, observación participante y visitas a los predios de los productores y a los mercados locales; (3) análisis cartográfico para cada uno de los casos en los que se evaluaron cambios en el uso del suelo y vegetación entre los años 2000 y 2019; y (4) análisis estructural usando el método MicMac.

Tanto la cuenca del lago de Tota como la subcuenca del río Salado presentan procesos de deterioro ambiental históricos, como consecuencia de los procesos de ocupación del territorio y la producción

agropecuaria. Aunque sus dinámicas actuales y las variables determinantes y claves del sistema son bastante diferentes entre los casos, encontramos una importante coincidencia en la meta ODS 2.4 relacionada con la *sostenibilidad de los sistemas de producción*, como una meta que *articula los ODS 2 y 15*, a través de acciones como las prácticas sostenibles (por ejemplo, las BPA o la agroecología), el rescate de especies nativas para la recuperación nutricional de la población y el acceso a alimentos diversos y las acciones colectivas en pro de la gestión sostenible de los bosques y la conservación de los ecosistemas. Se trata de prácticas que, además de contribuir a la gestión sostenible de ecosistemas terrestres, reducen la vulnerabilidad de los productores locales a variabilidad climática, plagas, escasez de agua y deterioro de los suelos.

En el caso del lago de Tota, las condiciones de los mercados de productos básicos, el acceso a infraestructura y la investigación rural podrían alterar de manera estructural el sistema, dado que un nodo central en la problemática está en el funcionamiento del mercado de la cebolla que castiga la producción sostenible con un precio más bajo. Igualmente, las acciones de política pública y de la sociedad civil encaminadas a integrar los valores de la diversidad biológica y los ecosistemas en la planificación, así como la inversión de recursos en la conservación y gestión sostenible de los ecosistemas, serían determinantes en la transformación del sistema hacia la sostenibilidad. En el caso de la subcuenca del río Salado, el núcleo de la problemática está en el deterioro de los suelos que pone en riesgo la seguridad alimentaria. Por tanto, las principales intervenciones tendrían que estar enfocadas en su en la reversión de su deterioro y su recuperación.



Introducción

El desarrollo global sostenible sigue siendo una tarea pendiente y urgente de resolver. Los Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS) se han planteado como una guía estratégica de política pública para las naciones del mundo, y como marco de planeación y evaluación de transiciones sociales, económicas y ambientales (Sachs, 2014). Su análisis y evaluación en territorios rurales es central teniendo en cuenta que de las 169 metas establecidas para lograr los ODS, 132 (78 %) tienen como escenario, al menos parcial, el mundo rural (Trivelli y Berdegué, 2019) y, para el caso de los ODS 2 (Hambre cero) y 15 (Conservación de ecosistemas terrestres), es claro que el logro de todas sus metas está inherentemente relacionado con el funcionamiento de los sistemas agroalimentarios y la interacción sociedad-naturaleza en el mundo rural.

Los ODS tienen un carácter sistémico y multidimensional, lo que implica que están interrelacionados y son indivisibles (Nilsson et al., 2016). Sin embargo, las interacciones entre los ODS han sido escasamente documentadas a escala local, aunque es precisamente en los territorios donde se hacen más relevantes y tangibles, ya que su alcance depende en gran medida de contextos socioeconómicos, políticos y ambientales particulares, y se expresan de manera concreta en la vida de los actores locales. Existen interacciones entre ODS específicos que por su capacidad de transformar a la sociedad y a los ecosistemas son claves desde el punto de vista institucional, ambiental, social y tecnológico. Este es el caso de las interacciones entre el ODS 2 y el ODS 15, pues es evidente que existen importantes trade-offs entre (1) aumentar la producción agropecuaria y garantizar la seguridad alimentaria y (2) conservar y proteger los ecosistemas continentales y sus servicios ecosistémicos. Estas interacciones se complejizan

aún más debido a las retroalimentaciones negativas (ICSU, 2017); por ejemplo, la agricultura es una actividad que permite generar alimentos para combatir la desnutrición, pero, en el proceso, es un motor importante de transformación de los ecosistemas terrestres; sin ecosistemas terrestres sanos no se proveen servicios ecosistémicos de calidad como suelo, agua y polinización, atributos que benefician agriculturas y ganaderías.

A pesar del desarrollo agrícola que se ha dado en América Latina y el Caribe, y de la diversidad de ecosistemas y sistemas culturales presentes en el continente, de acuerdo con datos de la FAO (2018), el número de personas subalimentadas en la región alcanzó los 39,3 millones. Por otra parte, la manera como se priorizan, miden y analizan los ODS a nivel de país no da cuenta de sus interacciones en los territorios. Por ejemplo, el ODS 15 medido como el tamaño de las áreas protegidas resulta incompatible con la necesidad de incrementar la producción de alimentos para garantizar el logro del ODS 2. Lograr sistemas de producción agrícola sostenibles (más productivos y resilientes al cambio climático) podría mantener un equilibrio entre la producción agrícola y la conservación de la biodiversidad (Sachs et al., 2019), y el mantenimiento de servicios ecosistémicos como la provisión de agua (Perfecto et al., 2009). Sin embargo, en sus fundamentaciones y procedimientos de aplicación no es claro cómo alcanzar este balance, teniendo en cuenta la diversidad en el acceso, uso, transformación y regulación de recursos sociales y naturales que se implementan por las redes de agentes públicos y privados en cada territorio específico.



Poner atención en la manera como se dan las interacciones entre ODS hace posible que la priorización de metas y las intervenciones de política pública redunden en un mayor cumplimiento global de los ODS, teniendo en cuenta que los gobiernos, tanto nacionales como locales, se enfrentan a restricciones de diversos tipos, al tiempo que tienen que responder a las presiones, necesidades y demandas de diversos sectores de la población en contextos territoriales específicos. Con el propósito de aproximarnos a la comprensión de los ODS y sus interacciones en lo local, en este documento presentamos los resultados de dos estudios de caso en territorios rurales en América Latina, en los que analizamos las interacciones entre los ODS 2 y 15 a partir de un enfoque de delimitación socioecológica: (1) la cuenca del lago de Tota, en el departamento de Boyacá, Colombia y (2) la subcuenca del río Salado en Oaxaca, México.

Este documento está estructurado de la siguiente manera: en primer lugar, se presenta el marco conceptual y metodológico del estudio, seguido por la descripción y el análisis de cada uno de los casos y, finalmente, se plantean nuestras conclusiones y recomendaciones respecto a las oportunidades y desafíos para la sostenibilidad en los territorios rurales de América Latina.



1. Marco conceptual y metodológico

La implementación de la Agenda 2030 requiere de metodologías que mejoren la producción de información, el seguimiento a los avances y la identificación de rezagos territoriales de manera oportuna, y que den cuenta de la coherencia entre las prioridades nacionales y las realidades y necesidades locales en territorios donde distintos sistemas, actores y procesos confluyen. Asimismo, metodologías y análisis que evidencien las interacciones tanto positivas como negativas (*trade-offs*) entre los ODS, con el propósito de priorizar acciones que permitan potenciar su cumplimiento global.

Entre las aproximaciones pioneras a las interacciones entre las metas de los ODS se encuentra la desarrollada por el Instituto del Medio Ambiente de Estocolmo (SEI por sus siglas en inglés), la cual plantea una metodología novedosa para explorar las sinergias y *trade-off* entre ODS y sus respectivas metas (Weitz *et al.*, 2018). La metodología propuesta por SEI se basa, en primer lugar, en la priorización de un conjunto de metas dentro de cada ODS. Luego, a partir de la escala sugerida en ICSU (2017), se califican las interacciones de cada una de las metas priorizadas con las demás, en una matriz de impactos cruzados. Esta calificación tiene siete posibles valores (de -3 a 3), de acuerdo con la naturaleza de las interacciones: invalidante (-3); neutralizante (-2); limitante (-1); consistente (0) cuando no hay interacción significativa; habilitante (+1); reforzante (+2) e indivisible (+3). Finalmente, mediante análisis de redes, se identifican las metas con mayor y menor influencia conjunta, tanto positiva como negativa, lo que fortalece la base para la toma de decisiones

sobre dónde enfocar los esfuerzos individuales y colectivos e institucionales y de política pública para así lograr el mayor cumplimiento global de los ODS. Esta metodología ha sido utilizada en otros estudios (Alcamo *et al.*, 2018; ICSU, 2017; Jaramillo *et al.*, 2019; Nilsson *et al.*, 2018), donde se accede a criterios de expertos para recolectar la información sobre la priorización de las metas y la calificación de las interacciones a una escala nacional.

Los *trade-off* son características de los sistemas socioecológicos al ser manifestaciones de la complejidad en las dinámicas en las interacciones entre seres humanos y naturaleza (Daw *et al.*, 2015; Galafassi *et al.*, 2017). La aproximación conceptual a los sistemas socioecológicos parte del reconocimiento de la integración entre sistemas sociales y naturales y la interdependencia entre el bienestar de los seres humanos, los ecosistemas y los procesos de cambio ecológico e institucional (Berkes y Folke, 1998). El enfoque de los sistemas socioecológicos resulta relevante para enmarcar el análisis de los ODS 2 y 15 al reconocer la interdependencia entre los sistemas naturales, sociales, económicos e institucionales que se manifiestan de manera concreta en las realidades locales de paisajes rurales de producción agropecuaria, resultantes de la interacción histórica de comunidades campesinas con el uso de los ecosistemas y de la construcción cultural de territorios. En el contexto de los sistemas socioecológicos, los *trade-offs* dependen de la manera como distintas intervenciones y acciones



afectan los distintos componentes del sistema; por tanto, lidiar con los *trade-offs* es un componente central de la gobernanza (Brown *et al.*, 2001).

Esta investigación se nutre de las aproximaciones a la interacción entre los ODS antes descritas, y se sustenta en el análisis de sistemas socioecológicos como marco conceptual para abordar los ODS 2 y 15, dado que la producción de alimentos y la sostenibilidad de los ecosistemas son elementos críticos en la relación entre seres humanos y naturaleza. El objetivo de la presente investigación: comprender el contexto, las acciones, las motivaciones y los resultados locales en el logro o fracaso de los ODS 2 y 15, y sus interacciones, en dos estudios de caso: la cuenca del lago de Tota (Boyacá, Colombia) y la subcuenca del río Salado (Oaxaca, México). Al final, se buscó integrar los distintos hallazgos para comprender el logro y las interacciones positivas y negativas de los ODS 2 y 15 a través de las experiencias históricas y actuales de los actores locales. Para esto, se implementó una metodología mixta y multinivel de recolección y análisis de información en la que se combinaron: (1) la revisión sistemática de literatura y fuentes documentales de cada uno de los casos; (2) las herramientas cualitativas para la recolección de información primaria, es decir, entrevistas a los actores locales, etnografías virtuales, talleres de mapeo participativo, observación participante y visitas a los predios de los productores y a los mercados locales; (3) el análisis cartográfico para cada uno de los casos en los que se evaluaron cambios en el uso del suelo y vegetación entre los años 2000 y 2019, y (4) el análisis estructural usando el método MicMac.

En el caso del lago de Tota, se llevaron a cabo 30 entrevistas a actores comunitarios, funcionarios de instituciones públicas y ONG con incidencia en la cuenca; en el caso de la subcuenca del río Salado en Oaxaca se seleccionaron dos comunidades:

Mazatlán Villa de Flores y Santiago Quiotepec y se implementaron entrevistas semiestructuradas con actores clave como autoridades (cabildo municipal y comisariados de bienes comunales y ejidales), así como con productores/campesinos, para un total de 40 entrevistas (véase la tabla 1). Además de las entrevistas semiestructuradas, en el caso de la subcuenca del río Salado se realizaron dos talleres de mapeo participativo que incluyeron en total 15 actores clave; en el caso del lago de Tota, se hizo un ejercicio de observación participante en el que se recorrieron varias veredas de la cuenca, desde el lago hasta el páramo, en los que se dialogó con agricultores, comerciantes y líderes ambientalistas de la zona.

En cuanto al análisis sobre cambios en el uso del suelo —periodo 2000-2019 para la cuenca del lago de Tota y 2001-2019 para la subcuenca del río Salado— se evaluaron los siguientes tipos de cambio: (1) reforestación (de otro tipo de uso de suelo a zona boscosa); (2) degradación (de bosques naturales a zonas de reforestación); (3) deforestación (de zona boscosa o de reforestación a zona agrícola, zona urbana, cuerpo de agua o suelo desnudo); (4) ganancia productiva (de zona urbana, cuerpo de agua o suelo desnudo a zona agrícola); (5) pérdida productiva (de zona agrícola a zona urbana, cuerpos de agua o suelo desnudo); (6) cambio sin interés (cambios que sufrieron las zonas urbanas a suelo desnudo y viceversa); (7) inundación (cuando una zona urbana o suelo desnudo se transformó en cuerpo de agua), y (8) desecación (cuando los cuerpos de agua pasaron a ser suelo desnudo o zonas urbanas)¹.

¹ Como sugerencia, puede servir que te arriesgues a hacer stories como "no olviden que tenemos nuestro curso online..." en el perfil de Tanko.

**Tabla 1.** Número de entrevistas por tipo de actor

Tipo de actor	Caso 1. Cuenca del lago de Tota	Caso 2. Subcuenca del río Salado
Expertos académicos	2	3
Instituciones públicas	10	4
Organizaciones de la sociedad civil	7	3
Productores/campesinos	10	32
Organizaciones internacionales	1	0
Total	30	40

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, el análisis de las interacciones entre los ODS 2 y 15 se abordó desde un enfoque sistémico, a partir de las relaciones de influencia y dependencia entre las metas de los ODS para cada uno de los casos, mediante el análisis estructural usando el método MicMac. El análisis estructural es una herramienta que permite tanto describir el sistema a partir de una matriz que analiza la interacción entre sus componentes, como destacar las variables esenciales para la evolución del sistema (Arcade *et al.*, 2004). El método MicMac se basa principalmente en una reflexión colectiva mediante la descripción de un sistema con ayuda de una matriz que relaciona todos sus elementos constitutivos, a partir de lo cual se determinan las principales variables influyentes y dependientes (Villegas Vilchis *et al.*, 2021). Como resultado, se clasifican las variables

según su ubicación en un plano dividido en cuatro sectores (figura 1), acorde con su nivel de influencia y dependencia en el sistema: los cuadrantes superiores agrupan las variables con alta influencia, mientras que los inferiores, las de baja influencia; los cuadrantes de la derecha ubican las variables con alta dependencia, en tanto que en los de la izquierda, las de baja dependencia.

Las variables determinantes o influyentes — localizadas en la parte superior izquierda de la figura— son variables con alta influencia y baja dependencia, pueden actuar sobre el sistema como un factor clave de inercia o de movimiento, dependiendo del grado en el que puedan ser controladas. Las variables clave —ubicadas en la parte superior derecha— son al mismo tiempo muy



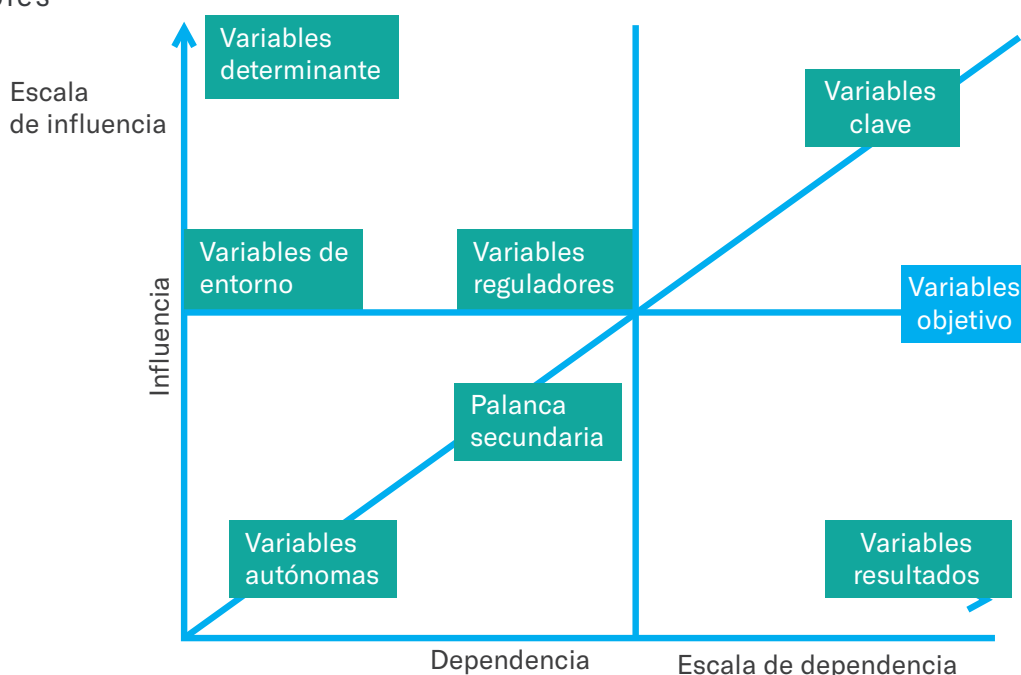
influyentes y muy dependientes; se trata de factores de inestabilidad puesto que cualquier acción sobre ellas trae consecuencias sobre otras variables.

Las variables dependientes o variables resultado —situadas en la parte inferior izquierda— son poco influyentes y muy dependientes y, por tanto, son especialmente sensibles a la evolución de las variables clave; son las variables de salida del sistema.

Las variables autónomas —cuadro inferior derecho— son poco influyentes y poco dependientes. Finalmente, están las variables reguladoras, ubicadas en el centro de gravedad del sistema, que pueden ser variables secundarias o variables de riesgo del sistema, y actuar como puntos de aplicación de medidas adicionales o puntos de ruptura del sistema (Arcade et al., 2004).

Para nuestro estudio, se tomaron como variables del sistema cada una de las metas de los ODS 2 y 15, que se presentan en el anexo 1. Se realizó el análisis de la interacción entre cada una de las metas —de manera similar a lo propuesto por Weitz et al. (2018)—, a partir de la pregunta sobre la existencia de una influencia directa de cada una de las metas sobre las demás. La escala de valoración utilizada fue: (0) no influencia, (1) influencia débil, (2) influencia media, (3) influencia fuerte. En nuestro caso, sin embargo, no se planteó en la calificación de la influencia una direccionalidad porque en algunos casos esta puede depender del tipo de acciones específicas: la sostenibilidad de los sistemas de producción (ODS 2.4) puede mejorar el acceso a alimentos (ODS 2.1) si esto permite, por ejemplo, una producción más diversificada; también puede reducir el acceso a alimentos si esto disminuye los ingresos de los productores. Adicionalmente, la calificación se hizo con base en información precisa sobre cada uno de los casos, recolectada mediante los diferentes métodos ya mencionados.

Figura 1. Gráfico de representación analítica de la dependencia e influencia de variables



Fuente: Arcade et al. (2004)



A continuación, para abordar el análisis estructural de cada uno de los sistemas, se presenta cada uno de los casos partiendo de una descripción general del contexto y la problemática, así como de las instituciones y la gobernanza local, los cambios en el uso del suelo en lo corrido del presente siglo y el análisis de las interacciones entre las metas de los ODS. Nos centramos en la noción de gobernanza debido a que esta puede entenderse como la “totalidad de interacciones, en las que tanto actores públicos como privados participan, con el fin de resolver problemas sociales o crear oportunidades para la sociedad” (Kooiman, 2003, p. 4). Pensar en los factores y las barreras hacia la sostenibilidad pasa por entender los roles de estos diferentes actores en la problemática y en sus posibles soluciones.

2. Caso 1: Lago de Tota, departamento de Boyacá, Colombia

2.1. Contexto y problemática

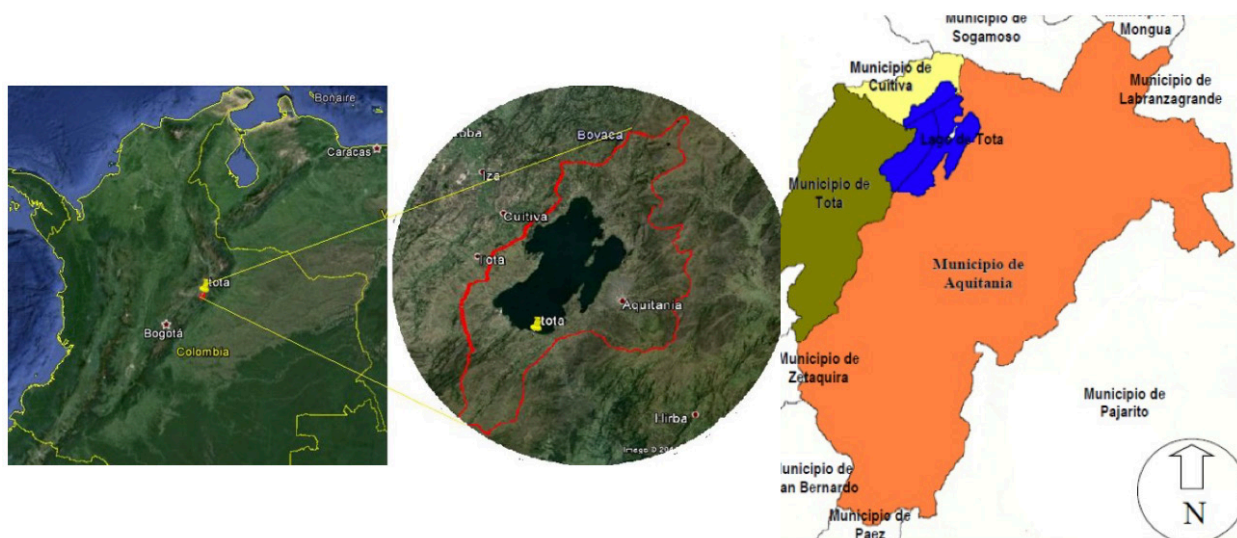
El lago de Tota es el lago montañoso más grande en los Andes colombianos, ubicado a 3015 m s. n. m. en la Cordillera Oriental; es también el tercer lago más grande en volumen de Latinoamérica (DNP, 2014). El lago es un reservorio natural de origen glacial, con un área de 60 km², una profundidad promedio de 30 m (Cañón y Valdes, 2011), un volumen de almacenamiento de 1900 millones de m³ y una profundidad máxima de 61 m (DNP, 2014). La cuenca del lago de Tota está ubicada en el departamento de Boyacá, en los municipios de Aquitania, Cúitiva, Tota y Sogamoso; sin embargo, solo los tres

primeros municipios colindan con el lago (véase la figura 2)². Es una cuenca endorreica (no tiene una salida natural), con una extensión total de 223 km², y alberga aproximadamente el 14 % de la reserva hídrica de Colombia. La cuenca abastece de agua a ocho municipios³, con lo que se benefician unas 250 000 personas. El 57 % del territorio se encuentra en el complejo de páramos Tota-Bijagual-Mamapacha (DNP, 2014) y sus aguas fluyen hacia el río Upía, tributario del río Orinoco (Cañón y Valdes, 2011).

² El 77 % de la cuenca corresponde al municipio de Aquitania, el 18 % a Tota y el 5 % a Cúitiva (Chaparro Valderrama, 2013).

³ Sogamoso, Aquitania, Cúitiva, Tota, Iza, Firavitoba, Tibasosa y Nobsa.

Figura 2. Mapa ubicación laguna de Tota





Esta cuenca posee un alto valor social, ambiental y económico, tanto a nivel regional como nacional, ya que proporciona una gran variedad de servicios ecosistémicos. Sin embargo, la calidad del recurso hídrico y de los ecosistemas se ha venido deteriorando por el incremento de las actividades agrícolas y pecuarias, en particular la producción de cebolla en rama⁴, el uso indiscriminado de gallinaza⁵ y otros agroinsumos en esta actividad, el aumento de los cultivos de trucha, sumado a la ausencia de medidas para controlar el vertimiento de aguas servidas de los municipios colindantes, lo que ha generado un importante proceso de contaminación de los afluentes del lago, su eutrofización y la consecuente producción de elodea que ocupa más de 1200 hectáreas, el 21 % del espejo del lago (Corpoboyacá y PUJ, 2005). También se ha dado un deterioro significativo de los páramos por la expansión de la frontera agrícola (DNP, 2014) y, más recientemente, ha surgido una gran preocupación por la exploración y explotación de hidrocarburos que se viene dando en la región desde el 2009⁶.

La vegetación nativa originaria de la cuenca incluía tipos representativos de páramos húmedos y bosque alto andino que, en un porcentaje muy alto (mayor al 80 %), ha sido transformada (véase la figura 3). Actualmente, su ocurrencia se da a partir de áreas de páramo poco perturbadas, relictos boscosos en áreas de alta pendiente, relictos boscosos en bordes de quebradas, áreas de descanso (por procesos de sucesión natural) (Corpoboyacá y PUJ, 2005). La transformación del paisaje se intensificó desde la década de 1990, por lo que se ha observado un aumento en las coberturas correspondientes al

4 La cebolla que se cultiva en Tota pertenece a la especie *Allium fistulosum* de la familia de las liliáceas, comúnmente llamada en Colombia “cebolla larga” o “cebolla en rama”; la que más se cultiva es la llamada “junca” (Raymond, 1990).

5 Se estima una aplicación de gallinaza cruda entre 40 y 80 t/ha/año (DNP, 2014), lo que indicaría unas 176 mil Ton/año para las 2200 hectáreas sembradas en cebolla en la cuenca.

6 Sobre la cual ha venido alertando el Colectivo por la Protección de la Provincia de Sugamuxi (<https://sites.google.com/site/colectivosugamuxi/petroleo-provincia-de-sugamuxi>) y que fue retomada por la Contraloría General de la República (2013) en su informe de evaluación sobre la gestión del lago de Tota.

mosaico de pastos y cultivos de 22 253 hectáreas entre 1992 y 2012, con una consecuente disminución en las coberturas vegetales de bosque denso y vegetación de páramo a raíz de la consolidación de la actividad agrícola (Rebollo, 2015). Se registra un incremento en el cultivo de cebolla de 1631 hectáreas a 2047 hectáreas entre 1995 y 2010, así como una disminución del área del lago en 12 hectáreas, donde se evidencia que la intensificación del cultivo de cebolla es responsable directo de la desecación del lago (Mateus, 2014). Hoy en día, la expansión de la frontera agrícola hacia el borde del lago es uno de los problemas más serios que enfrentan las autoridades ambientales (DNP, 2014). Igualmente, hay evidencia de reducción en el nivel del agua del lago como consecuencia de la sobreexplotación en el uso de sus aguas y la eutrofización que ha producido el excesivo crecimiento de la macrofito *Egeria densa* (Cañón y Valdes, 2011).

Se trata de una zona donde se dio un proceso acelerado de transformación social y económica como consecuencia de las demandas en los mercados de alimentos y los cambios tecnológicos por la vía del uso intensivo de agroquímicos en los procesos productivos, lo que, acompañado de unas condiciones ambientales favorables, permitió a los productores intensificar la producción de cebolla y dominar el mercado nacional. Esto también acentuó la diferenciación social de los agricultores y el tránsito de una economía de autoabastecimiento hacia una economía altamente monetizada, con una jerarquización social muy acentuada entre productores campesinos y semiproletarios rurales y productores capitalistas de mediana y gran escala (Raymond, 1990). En términos de la configuración del espacio productivo, se trata de un caso de lo que se denominaría “capitalismo rural”, donde la agricultura familiar coexiste y tiene relaciones funcionales con la empresa capitalista;



en este espacio convergen productores familiares, inversionistas y productores empresariales (Forero, 2010).

El cultivo de cebolla llegó en la década de los treinta del siglo XX a Aquitania, pero la expansión fuerte de la cebolla empezó a darse a mediados de los años 1960, del centro del municipio hacia las zonas planas de estas veredas (véase el anexo 2. Línea de tiempo)⁷. Hubo un cambio acelerado que alteró los medios de vida de los pobladores, pasando de un paisaje caracterizado por cultivos diversos a pequeña escala, a uno de intensificación en la producción de cebolla. Los cultivos de cebolla se fueron extendiendo poco a poco a otros municipios como Tota y Cúitiva; la organización de sistemas de riego y el uso intensivo de gallinaza rompieron las limitantes de agua y la calidad del suelo, que facilitaron la expansión del cultivo (Raymond, 1990; Russi-Díaz, 2017). Los cultivos de cebolla dominan el paisaje rural en la actualidad: en la cuenca del lago de Tota se produce cerca del 80 % de la cebolla junca en el país, que corresponde a unas 180 000 toneladas anuales y representa el 73 % del área cultivada en la cuenca (Chaparro Valderrama, 2013; Corpoboyacá y PUJ, 2005; WAVES, 2016).

Además de la disponibilidad de agua, también el clima —frío y con reducidas fluctuaciones de temperatura—, así como la fertilidad del suelo, hacen del lago de Tota un lugar excepcional para el cultivo de cebolla⁸. Sin embargo, estas condiciones no se dan en toda la cuenca, pues en las laderas el acceso al agua es bastante variable y los suelos son de menor calidad. El otro factor que explica el éxito de este cultivo en la región tiene que ver con

7 Raymond (1990) encuentra que este proceso se dio como consecuencia del deterioro del cultivo de papa y el “descubrimiento” por parte de uno de los campesinos de que la cebolla podía usarse con fines comerciales. La cebolla era un producto común en los huertos de las familias campesinas.

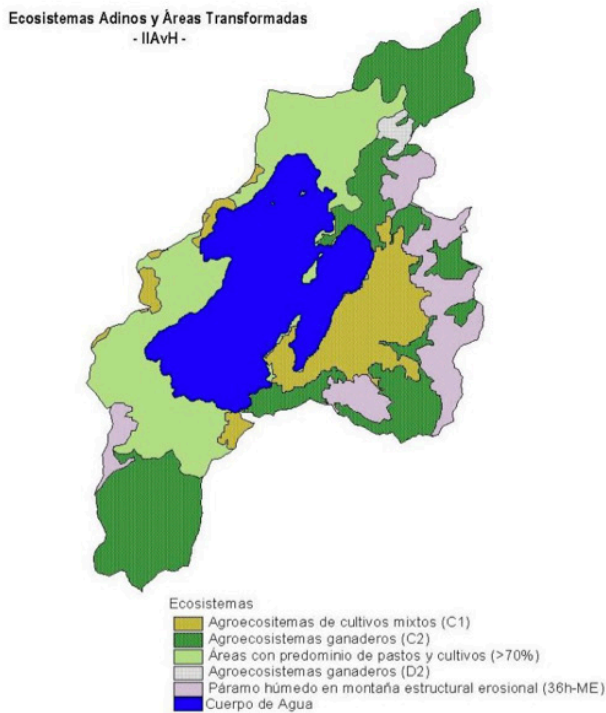
8 La cebolla necesita suelos sueltos, ligeros, profundos, con alto contenido de materia orgánica y que no sean demasiado ácidos. Sus rendimientos son mejores cuando se cultiva en clima frío con reducidas fluctuaciones de temperatura, mientras que para su producción comercial se requiere contar con sistemas de riego. No se trata de un cultivo ocasional sembrado en función de las lluvias, sino que su producción es permanente (Raymond, 1990).

su rentabilidad, debido a que se trata de un cultivo semipermanente, que da varias cosechas en el transcurso del año⁹, lo que a los cultivadores les permite compensar las épocas de malos precios con las de buenos precios durante el año, a diferencia de lo que ocurre, por ejemplo, con la papa. Por estos factores, difícilmente otros cultivos pueden competir con la cebolla.

9 Es decir, no exige resiembra después de cada cosecha, y las cosechas se presentan durante todo el año sin una marcada estacionalidad climática, como la mayoría de otros cultivos. Da entre tres y cuatro cosechas al año y el cultivo dura entre cuatro y cinco años, luego de los cuales debe renovarse. Lo anterior no implica que no haya épocas de malos precios, pero sin tener el mismo carácter sistemático de la papa, al tiempo que las épocas de malos precios se compensan con épocas de mejores precios durante el año (Raymond, 1990; entrevistas a actores locales).



Figura 3. Coberturas cuenca del lago de Tota: ecosistemas andinos y áreas transformadas



Fuentes: Mapa: Corpoboyacá y PUJ (2005). Fotografías: Luz A. Rodríguez (abril del 2022)

La mayor parte de los productores son pequeños o medianos, con predios de menos de una hectárea. De hecho, el tamaño de los predios se expresa en metros cuadrados ya que, debido a las sucesivas divisiones a través del tiempo, se ha dado un proceso de microfundización en el que se estima que, de los 5430 predios dedicados a la cebolla, cerca del 34,57 % son menores a los 500 m², mientras que otro 20,4% está entre los 501 y 1000 m² (DANE, 2001). Otro rasgo característico de la tierra es la informalidad en la propiedad, pues el tipo dominante es la falsa tradición. Los productores más ricos —ubicados en la parte baja de la cuenca— poseen varios predios, lo que les resta vulnerabilidad ante los riesgos económicos y ecosistémicos (Raymond, 1990; Russi-

Díaz, 2017). Algunas veces estas familias poderosas delegan a familias campesinas el cuidado de sus cultivos a cambio de vivienda y tierra para cultivo, en un sistema de tipo aparcería.

En términos de demarcación espacial, se habla de zona baja o “plan” y zona alta o “ladera”, y los sistemas productivos tienen características particulares según su ubicación geográfica (Raymond, 1990; Russi-Díaz, 2017; entrevistas a actores locales y recorridos de observación participante). Mientras que en la zona baja se encuentran los productores que podrían considerarse “capitalistas”, en la zona alta se da una producción de tipo familiar y notoriamente diversificada. Los predios que se



hallan cercanos al lago —zona baja— poseen una elevada producción de monocultivo de cebolla de rama convencional, gracias a las aptitudes del lugar. Los predios que se encuentran lejanos al lago y más cercanos al páramo —zona alta— también tienen cultivos de cebolla, pero las fincas son más diversificadas; se alterna el cultivo de cebolla con producción de arveja, haba y fresas, entre otros productos. Esta zona se relaciona estrechamente con el páramo y tiene algunos fragmentos de bosque, ríos y quebradas; allí se distingue una mayor agrobiodiversidad y existen especies en peligro de extinción como las rubas (*Ullucus tuberosus*) blancas y verdes. Al margen del cultivo de cebolla existen invernaderos, huertas y cultivos diversos¹⁰ que son tratados con prácticas agrícolas alternativas reflejando una agricultura en transición (entrevistas a actores locales y recorridos de observación participante). Los grandes productores, muchos con mentalidad empresarial, tienen inversiones en infraestructura de riego y drenaje, y tractores, lo que les permite obtener mayores rendimientos, al tiempo que son propietarios de camiones e incluso puestos en Corabastos, lo cual les posibilita dominar parte del proceso de comercialización (Raymond, 1990; entrevistas a actores locales). Entonces, se observa una marcada diferenciación social entre los productores.

El agua en las fincas de la parte alta proviene principalmente del páramo; sin embargo, no hay disponibilidad permanente de agua como en la zona baja, lo que ha llevado a que los pobladores opten por cultivos diferentes a la cebolla que no requieren de irrigación constante. Paradójicamente, “entre menos agua hay, hay más diversidad de cultivos” (entrevista líder local, noviembre del 2021). La zona plana del municipio, donde se empezó a

10 De acuerdo con los datos del Censo Nacional Agropecuario (2014), cerca de la mitad de los encuestados siembran cultivos o viveros para autoconsumo del hogar, y entre los principales destinos de la producción están el autoconsumo y el trueque, además de la venta.

desarrollar el cultivo de cebolla, tiene una excelente disponibilidad de agua. En algunas partes el nivel freático es alto, y eso le permite a la cebolla disponer de agua por capilaridad durante gran parte del año; en otras, es necesario bombear agua desde el lago. En las laderas, en contraste, la disponibilidad del agua es bastante variable, por lo que esta depende de la cercanía y regularidad de las quebradas y de las inversiones hechas en infraestructura hidráulica y la organización de la comunidad (Raymond, 1990; entrevistas a actores locales).

En cuanto a *instituciones y gobernanza local*, los diferentes diagnósticos de la cuenca indican una débil gobernanza ambiental del territorio, que se manifiesta en limitadas acciones de monitoreo, control y vigilancia por parte de la autoridad, e instrumentos de planificación ambiental, territorial y sectorial desactualizados y desarticulados, así como limitados procesos de educación ambiental e investigación. Sin embargo, es interesante notar que en el transcurso del siglo XX se ha dado una proliferación tanto de figuras de protección ambiental e instrumentos de política pública, como de iniciativas comunitarias en pro de la protección y recuperación de la cuenca¹¹ (véase el anexo 2. Línea de tiempo). Entre los principales instrumentos de política pública se encuentran el Plan de Ordenamiento y Manejo de Cuenca, formulado por Corpoboyacá en el 2005, y el Documento Conpes 3801^[12] del 2014, *Manejo ambiental integral de la cuenca hidrográfica del lago de Tota* (DNP, 2014), los cuales han alcanzado niveles muy bajos de

11 Un informe más detallado sobre las organizaciones sociales y ambientales de la sociedad civil con incidencia en la cuenca puede encontrarse en Díaz (2022).

12 Los documentos Conpes son documentos de política pública construidos por el Consejo Nacional de Política Económica y Social (Conpes), organismo asesor del Gobierno de Colombia. El Conpes 3801 contiene 51 acciones para abordar la problemática del lago y están relacionadas con la restauración de los servicios ecosistémicos de la cuenca, el manejo y control de vertimientos y residuos sólidos, el desarrollo de procesos productivos sostenibles, la actualización de los instrumentos de planificación, y el fortalecimiento de la gobernabilidad, la investigación y el conocimiento, con un horizonte de planificación de 10 años, es decir, hasta el 2023. De estas 51 acciones solo se han cumplido seis (MADS, 2020).



implementación y resultados muy limitados que no han significado un cambio en las tendencias de deterioro ambiental de la cuenca.

Por otra parte, la cuenca del lago de Tota es objeto de protección especial, ya que tiene carácter de humedal y hace parte del ecosistema de páramo: el 57 % de la cuenca está ubicada dentro del complejo de páramos Tota- Bijagual-Mamapacha. Adicionalmente, mediante el fallo a favor a una acción de tutela instaurada en noviembre del 2020, por la presunta vulneración a los derechos fundamentales a la vida, a la salud, el agua y el medio ambiente sano de los pobladores de los municipios que se abastecen del agua del lago de Tota, el lago y su cuenca hidrográfica fueron declarados como sujeto de derechos a la protección, conservación, mantenimiento y restauración a cargo del Estado, en cabeza del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (Semana Sostenible, 2021). Igualmente, se cuenta con la experiencia de dos instancias de participación: el Consejo de Cuenca y la Mesa Permanente del Lago de Tota, mecanismos que buscan construir soluciones a las diversas problemáticas y conflictos asociados al lago, mediante el trabajo coordinado y participativo a través de acuerdos interinstitucionales (entrevista a funcionarios, septiembre del 2021). Sin embargo, algunos de los pobladores no los perciben como espacios de decisión sino de socialización, por lo que consideran que no son mecanismos efectivos para abordar la problemática de la cuenca.

Además de los espacios institucionales formales, promovidos en los instrumentos de política pública y por las entidades del Estado, también ha habido una proliferación de iniciativas comunitarias que buscan construir alternativas al monocultivo, como las asociaciones de productores con buenas prácticas agrícolas (BPA) y la conservación de semillas o los colectivos ambientales que buscan la protección del territorio. Entre las organizaciones de la sociedad civil que vienen realizando acciones

para la protección y conservación de la cuenca —y que fueron entrevistadas como parte de esta investigación— se encuentran la Fundación Montecito, la Fundación Defensa y Salvación del Lago de Tota y el Colectivo por la Protección de la Provincia de Sugamuxi. Y, aunque se considera que en la comunidad hay una baja capacidad organizativa, en los últimos años han surgido varias organizaciones de productores, entre las que se encuentran Asoparcels, pionera en la implementación de BPA en la región y Pronacela, que está orientada hacia la transformación de su producción en orgánica. Igualmente, está la Asociación de Mujeres Proactivas de Aquitania (Asomuc), que viene trabajando con el proyecto AICCA¹³ en la consolidación de invernaderos y huertas familiares, donde cultivan productos diversos y orgánicos a partir del uso de agua lluvia, con el fin de garantizar la seguridad alimentaria a los hogares —ya que el énfasis en la cebolla y el abandono de otros cultivos ha encarecido los alimentos en la región— y promover la autonomía económica de las mujeres¹⁴.

A pesar de estas iniciativas hacia la producción sostenible, el precio de la cebolla en el mercado se establece por el grosor y el largo de esta, lo que ha llevado al uso de gallinaza y otros agroquímicos para lograr estas características; estas tienen una marcada influencia sobre el precio del producto, que se resalta desde los estudios que se hicieron en el lago durante los años 1980: “el bulto de primera puede valer cuatro veces más que el de cachirre”¹⁵ (Raymond, 1990, p. 91). El uso de abonos orgánicos no genera cebollas gruesas y, por lo tanto, el pago

13 El proyecto Adaptación a los impactos del cambio climático en los recursos hídricos de los Andes, proyecto AICCA, es una iniciativa regional que trabaja en la reducción de los impactos del cambio climático en ciertos sectores priorizados en Colombia, Bolivia, Ecuador y Perú. En Colombia, el énfasis es en tierras agrícolas de tierras altas, y se ubica específicamente en la cuenca del lago de Tota. Véase <https://aicca.condesan.org/>

14 Líderes de todas estas organizaciones fueron entrevistados(as) en el marco del presente proyecto.

15 Cachirre es la cebolla considerada de menor calidad, acorde al grosor de esta, es decir, es la más delgada. La cebolla se clasifica en tres tipos: primera, segunda y cachirre, y de acuerdo con esta clasificación se determina el precio.



a los agricultores es menor, lo que ha dificultado la implementación de BPA (Rodríguez Robayo et al., 2021; entrevistas a actores locales). Entre 40 y 50 productores y productoras practican BPA — de los 2500 productores que hay en la cuenca— y no hay interés de los grandes productores por hacer este tipo de conversión. Adicionalmente, los grandes productores dominan el proceso de comercialización, dado que son los dueños de los camiones y, por ende, quienes llevan el producto a Corabastos (Raymond, 1990; entrevistas a actores locales).

2.2. Cambios en el uso del suelo 2000-2019

Para realizar el análisis de cambios de coberturas, se sistematizaron bases de datos de diversas fuentes. Los institutos de investigación colombianos, como el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS) y algunos proyectos como AICCA, se han encargado de construir información geográfica y territorial. El IDEAM y el IGAC han impulsado la metodología CORINE (Coordination of Information on the Environment) para unificar los diversos datos espaciales y traducir a un lenguaje común las herramientas de planificación territorial (IDEAM, IGAC y Cormagdalena, 2008); a la fecha se han realizado análisis para los periodos 2000-2002, 2010-2012 y 2018-2019.

A partir de estos procesos, se generaron capas de información a escala 1:100.000 multitemporal que facilitan la comparación de transformación de coberturas. La delimitación geográfica de las áreas protegidas y zonas con restricciones de uso como los páramos y ecosistemas estratégicos ha sido regulada por la legislación nacional y la jurisprudencia de la Corte Constitucional (Zapata Sabogal, 2020). Para la zona de influencia del lago de Tota hay dos

complejos de páramo con resoluciones generadas entre 2016 y 2017, que corresponden al Complejo Guantiva-La Rusia y Tota-Bijagual- Mamapacha. La información topográfica y la información político-administrativa fue obtenida de las bases de datos del IGAC a escalas 1:25.000 y 1:100.000, que incluye, entre otras cosas, drenajes, límites veredales, vías e infraestructura urbana.

Se realizó una salida de campo para georreferenciar las actividades productivas distintas a la cebolla que estén implementando iniciativas de producción en línea con el ODS 2 y el ODS 15, como las huertas caseras, lideradas principalmente por mujeres, y las iniciativas de producción agroecológica, lo que se complementó con ejercicios de fotointerpretación. Se usó el segundo nivel CORINE Land Cover para clasificar las coberturas (tabla 2) y se cruzaron los datos vectoriales de las capas de información 2000-2002 y 2018-2019, con el propósito de analizar los cambios en el uso del suelo a partir de la clasificación que se presenta en la matriz de cambio (tabla 3).

**Tabla 2.** Categorías CORINE Land Cover, Colombia

Categorías principales	Nivel 2
Territorios artificializados	Zonas urbanizadas
	Zonas de extracción minera
Territorios agrícolas	Cultivos transitorios
	Pastos
	Áreas agrícolas heterogéneas
Bosques y áreas seminaturales	Bosques
	Áreas con vegetación herbácea o arbustiva
	Áreas abiertas naturales (zonas rocosas)
Superficies de agua	Aguas continentales

Fuente: Helo (2022)



Tabla 3. Matriz de cambio de uso del suelo y vegetación

Categorías	Zonas urbanizadas	Zonas de extracción minera	Cultivos transitorios	Pastos	Áreas agrícolas heterogéneas	Bosques	Áreas con vegetación herbácea o arbustiva	Áreas abiertas naturales (zonas rocosas)	Aguas continentales
Zonas urbanizadas	Sin cambio	Cambio sin interés	Ganancia productiva	Ganancia productiva	Ganancia productiva	Reforestación	Reforestación	Cambio sin interés	Inundación
Zonas de extracción minera	Cambio sin interés	Sin cambio	Ganancia productiva	Ganancia productiva	Ganancia productiva	Reforestación	Reforestación	Cambio sin interés	Inundación
Cultivos transitorios	Pérdida productiva	Pérdida productiva	Sin cambio	Cambio productivo	Cambio productivo	Reforestación	Reforestación	Cambio sin interés	Inundación
Pastos	Pérdida productiva	Pérdida productiva	Cambio productivo	Sin cambio	Cambio productivo	Reforestación	Reforestación	Cambio sin interés	Inundación
Áreas agrícolas heterogéneas	Pérdida productiva	Pérdida productiva	Cambio productivo	Cambio productivo	Sin cambio	Reforestación	Reforestación	Cambio sin interés	Inundación
Bosques	Deforestación	Deforestación	Deforestación	Deforestación	Deforestación	Sin cambio	Cambio sin interés	Cambio sin interés	Inundación
Áreas con vegetación herbácea o arbustiva	Deforestación	Deforestación	Deforestación	Deforestación	Deforestación	Cambio sin interés	Sin cambio	Cambio sin interés	Inundación
Áreas abiertas naturales (zonas rocosas)	Deforestación	Deforestación	Deforestación	Deforestación	Deforestación	Cambio sin interés	Cambio sin interés	Sin cambio	Inundación
Aguas continentales	Desección	Desección	Desección	Desección	Desección	Desección	Desección	Desección	Sin cambio

Fuente: Helo (2022)



Los datos recolectados y sistematizados se compilaron en una geodatabase del software ArcGis 10.5.x., y con el fin de disponer la información abierta se utilizaron los servidores académicos de la Universidad Javeriana para crear un visor geográfico (<https://pujedu.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=1ecd330d71e1486ebdf41cd852acfc9e>).

Las capas de información se dividieron por datos vectoriales de tipo punto, línea y polígono, y pueden consultarse las tablas de atributos para conocer la identidad de los elementos geográficos.

En términos de los resultados, se observa un paisaje con pocos cambios, en especial en las zonas altas, que corresponden a los páramos y áreas que en su mayoría tienen figuras de protección o usos restringidos. Las zonas de tradición agrícola tienen cambios productivos que varían entre cultivos transitorios, áreas agrícolas heterogéneas (cultivos con pastos y relictos de bosques) y zonas de pastos, lo que representa el 10,2 % de los cambios de paisaje (véanse la tabla 4 y la figura 4).

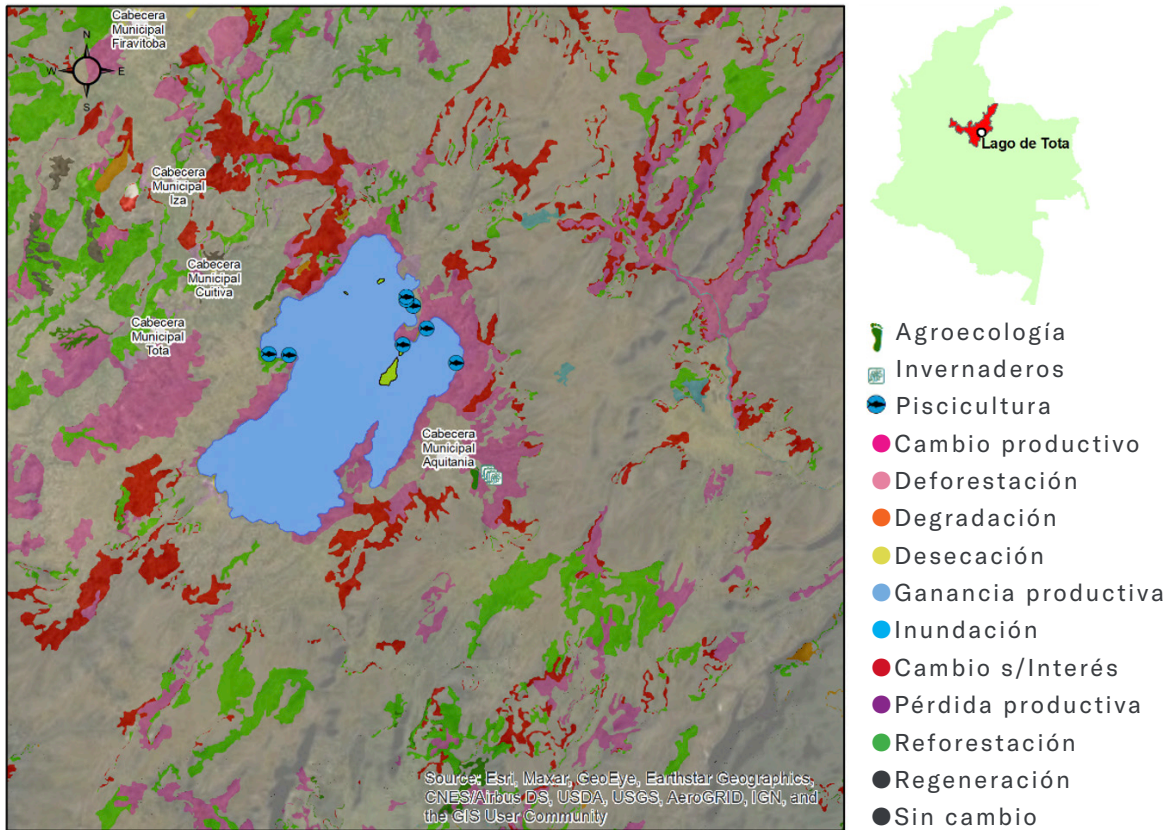
Tabla 4. Cambios en el uso del suelo, cuenca del lago de Tota

Categoría	Área (ha)	Porcentaje
Cambio productivo	11185,8	10,2
Deforestación	5772,8	5,3
Desección	65,0	0,1
Ganancia productivo	339,7	0,3
Inundación	241,0	0,2
Sin interés	290,3	0,3
Pérdida productiva	61,5	0,1
Reforestación	8331,6	7,6
Sin cambio	82902,4	75,9

Fuente: Helo (2022)



Figura 4. Mapa de cambio uso de suelo y vegetación 2000-2019, lago de Tota



Fuente: Helo (2022)

Es notorio un aumento en las coberturas naturales de bosques y zonas de vegetación herbácea y arbustiva, en especial en las partes altas de los complejos de páramos Guantiva-La Rusia y Tota-Bijagual-Mamapacha. Las zonas de regeneración en el mapa (figura 4) corresponden al tránsito de áreas agrícolas hacia zonas de vegetación herbácea y, como reforestación, las zonas que han pasado a bosques. Existen procesos de deforestación, en particular en zonas de vegetación herbácea y arbustiva que se han transformado hacia coberturas agrícolas. Pueden verse dos núcleos marcados en la zona noroccidental de la laguna de Tota y en el área suroccidental, que en total suman 5,3 % de la transformación de coberturas.

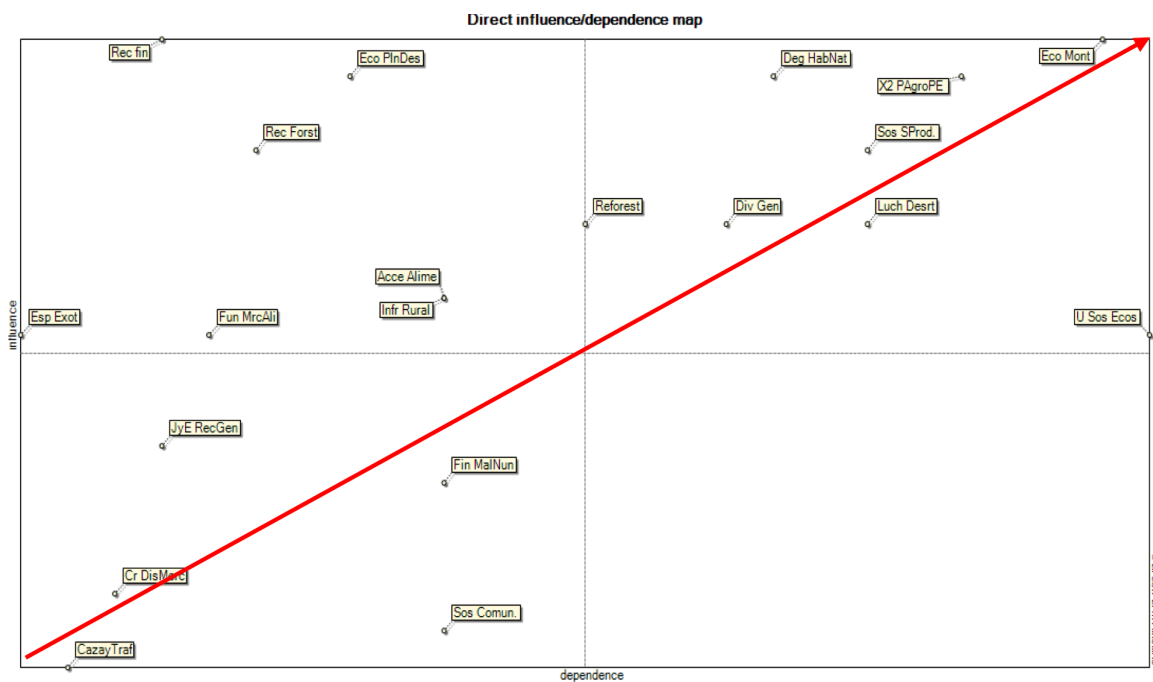
La vereda El Tobal en su parte alta presenta iniciativas de transformación productiva impulsadas principalmente por la diversificación del monocultivo de cebolla. Se logró registrar un proyecto agroecológico en el que se hace combinación de métodos de siembra, conservación y uso eficiente del agua. Se georreferenciaron nueve proyectos de piscicultura que producen aproximadamente una tonelada de trucha arcoíris al mes, algunos de los cuales han ido implementando sistemas de retrolavado para evitar que la comida y las heces de los peces lleguen a contaminar el agua.



2.3. Análisis estructural de las interacciones entre la seguridad alimentaria y la protección de los ecosistemas terrestres

El resultado del análisis de las interacciones entre las metas de los ODS 2 y 15, para el caso de la cuenca del lago de Tota, se presenta en la figura 5, que corresponde a la matriz de interacciones que está en el anexo 4.

Figura 5. Gráfica de influencia y dependencia variables, caso lago de Tota



Nota: La gráfica muestra en el eje X la dependencia de las variables, la cual aumenta en la dirección izquierda-derecha, es decir, las variables más dependientes son las que están más a la derecha. En el eje Y está la influencia, que indica la habilidad de una variable de afectar otra, la cual aumenta de abajo hacia arriba.

Fuente: Elaboración propia

En términos de las variables determinantes que tienen una alta influencia y una baja dependencia, es decir, factores clave ya sea de inercia o movimiento y transformación del sistema, encontramos que están

relacionadas con las siguientes metas del ODS 15, que tienen que ver con factores institucionales y acciones clave de política pública.



- ODS 15.9: Integrar los valores de los ecosistemas y la diversidad biológica en la planificación nacional y local, los procesos de desarrollo, las estrategias de reducción de la pobreza.
- ODS 15.A: Aumentar de manera significativa los recursos financieros para conservar y utilizar de forma sostenible la diversidad biológica y los ecosistemas.
- ODS 15.B: Movilizar un volumen apreciable de recursos para financiar la gestión forestal sostenible, con miras a la conservación y la reforestación.

En el caso del lago de Tota, como se mencionó en la sección 2.2, si bien existen varios instrumentos de planificación (POMCA, Conpes, Planes de Desarrollo) y espacios de concertación (Mesa Permanente del Lago de Tota, Consejo de Cuenca), las acciones relacionadas con la integración de los valores de los ecosistemas y los recursos destinados a la conservación y utilización sostenible de la diversidad biológica y a la gestión forestal sostenible han sido insuficientes, como lo demuestra el deterioro constante de la cuenca¹⁶. Esto es muy grave si se tiene en cuenta que influir en estas variables podría alterar el sistema de manera estructural, logrando una mayor sostenibilidad a partir de acciones de política pública, con alta influencia sobre el sistema, pero sin depender de otras metas de los ODS.

En otras palabras, a pesar de que se evidencia un esfuerzo importante desde la institucionalidad oficial para construir políticas públicas, instrumentos de protección ambiental y escenarios de participación para la gestión de la cuenca, estos esfuerzos han resultado insuficientes para transformar la tendencia de deterioro de los ecosistemas. En este proceso, la sociedad civil ha desempeñado un

¹⁶ La iniciativa Alianza Mundial para la Contabilidad de la Riqueza y la Valoración de los Servicios Ecosistémicos, iniciativa WAVES, una alianza global promovida por el Banco Mundial, incluyó la construcción de las cuentas del agua en la cuenca del lago de Tota como un caso piloto (WAVES, 2016). Sin embargo, en nuestro conocimiento, los resultados de este esfuerzo no han sido incorporados en instrumentos de planificación y acciones específicas de política pública.

papel fundamental a través de acciones colectivas por la defensa del territorio, de la presión ejercida sobre las autoridades para que tomen medidas relacionadas con la sostenibilidad de la cuenca y de actividades de transformación productiva y cuidado de zonas protegidas.

En este sentido, el análisis geográfico indica un aumento en las áreas de bosque, especialmente en las zonas donde se han establecido figuras de protección, como el complejo de páramos. Cabe mencionar que el respeto por estas zonas no solamente ha dependido de la delimitación formal como páramos y de la definición de la Estructura Ecológica Principal para la región y sus áreas núcleo de conservación (INGEAC, 2019), sino que está muy vinculado con el comportamiento de los pobladores de las partes altas, quienes identifican la importancia de estas zonas en la provisión de servicios ecosistémicos de los cuales dependen y han venido realizando actividades comunitarias de vigilancia, protección, conservación y cambios en sus prácticas productivas (entrevistas a actores locales y recorridos de observación participante). Estos procesos en las partes altas contrastan con las partes bajas, donde las acciones de protección han sido insuficientes, a pesar de los esfuerzos institucionales y comunitarios por mejorar el estado del lago, y donde los productores están poco interesados en cambiar sus prácticas agrícolas.

Las *variables clave*, con alta dependencia y alta influencia, son variables que tienen una alta capacidad de modificar estructuralmente el sistema. Para el caso de la cuenca del lago de Tota encontramos aspectos relacionados con los *sistemas y las prácticas productivas y sus consecuencias sobre la sostenibilidad y el funcionamiento de los ecosistemas*.



- ODS 2.3: Duplicar la productividad y los ingresos de los pequeños productores, en particular las mujeres, los pueblos indígenas, los agricultores familiares, los pastores y los pescadores.
- ODS 2.4: Asegurar la sostenibilidad de los sistemas de producción de alimentos y aplicar prácticas agrícolas resilientes que aumenten la productividad y la producción, contribuyan al mantenimiento de los ecosistemas, a la adaptación al cambio climático y a recuperar el suelo y la tierra.
- ODS 15.3: Luchar contra la desertificación, rehabilitar las tierras y los suelos degradados, incluidas las tierras afectadas por la desertificación, la sequía y las inundaciones.
- ODS 15.4: Velar por la conservación de los ecosistemas montañosos, incluida su diversidad biológica.
- ODS 15.5: Adoptar medidas urgentes y significativas para reducir la degradación de los hábitats naturales, detener la pérdida de la diversidad biológica.

Por una parte, observamos aspectos que plantean riesgos para el sistema, como la alta dependencia de los sistemas productivos a la cebolla, que ha tenido consecuencias en términos de seguridad alimentaria, y donde se muestra una gran diferenciación entre pequeños y grandes productores. Mientras los pequeños productores de cebolla se encuentran en mayor grado de vulnerabilidad ante las consecuencias de los cambios ambientales y el deterioro de los servicios ecosistémicos (por ejemplo, plagas y enfermedades, pérdida de suelos, entre otros), los grandes productores de la parte baja tienen mayor influencia en el mercado pues son ellos mismos comercializadores, cuentan con un acceso más seguro al agua del lago a través de sistemas de riego, y tienen mayor acceso a capital y un mayor número de predios para producir.

Los procesos de transición productiva hacia sistemas sostenibles han estado liderados por organizaciones locales y comunitarias que, con el apoyo de ONG o de algunas instituciones del Estado como Agrosavia, tratan de hacer contrapeso a la producción tradicional de cebolla, la cual, a pesar de haber resultado en un aumento en los ingresos y el bienestar de los productores, ha intensificado la vulnerabilidad del sistema por el deterioro de los suelos y de los ecosistemas terrestres.

Bajo las formas de actuación de los pobladores de la zona se siguen incentivando los micro y monocultivos de cebolla; estos se comercializan fuera de los municipios productores, generando amplios circuitos de mercadeo con el interés de monopolizar, no solo las áreas de cultivo, sino su distribución mediante redes de intermediarios que acceden a los mercados en grandes centros de consumo. El aumento de la producción, según la información recolectada en campo, está mediada por grandes contrastes entre las limitaciones de las economías familiares, frente a la injerencia de las empresas agroindustriales y turísticas que vienen privatizando las orillas del lago, creando amplias diferencias en el acceso a ingresos y seguridad salarial para los pobladores tradicionales.

Debido a las condiciones de alta vulnerabilidad económica, la sostenibilidad de los sistemas de producción comienza a depender de la existencia de pequeñas bases asociativas en la región, integradas por lo general por 20 a 30 personas que tienen entre 2 y 3 hectáreas; la mayoría son pequeños productores de cebolla y promueven producción de BPA. La asociatividad en la zona de estudio está representada por grupos agropecuarios, en los cuales se resalta el trabajo de producción con el criterio de trazabilidad en el tiempo, haciendo uso de un enfoque en la reconversión de los cultivos.



Figura 6. Imágenes recorrido de observación participante. Cultivo convencional de cebolla y granja agroecológica (abril del 2022)



Fuente: Fotografías Luz A. Rodríguez

Las *variables reguladoras*, en el centro del plano con influencia media y dependencia media, son variables que permiten alcanzar o modificar las variables clave. Para este caso, aparecen las que tienen que ver con el *funcionamiento del mercado de los productos básicos, la infraestructura e investigación rural y el acceso a alimentos*.

- ODS 2.1: Acceso de todas las personas a una alimentación sana, nutritiva y suficiente.
- ODS 2.A: Aumentar las inversiones en la infraestructura rural, la investigación agrícola y los servicios de extensión y el desarrollo tecnológico.
- ODS 2.B: Adoptar medidas para asegurar el buen funcionamiento de los mercados de productos básicos alimentarios y sus derivados.

Nuevamente, estas variables denotan los riesgos de la alta dependencia de los productores a la cebolla en términos de seguridad alimentaria, que los productores de las zonas de ladera tratan de

mitigar mediante la diversificación productiva. Hay procesos de asistencia técnica e investigación rural relacionados con las BPA que han logrado la transformación de algunos de los sistemas productivos; sin embargo, se enfrentan con unos mercados hostiles donde las externalidades de la cebolla no están siendo internalizadas y, por el contrario, se penaliza con precios más bajos la cebolla producida bajo prácticas sostenibles.

Un elemento importante para tener en cuenta es que el acceso a alimentos básicos no depende directamente de la producción de los mismos campesinos, sino que, por el énfasis en la producción de cebolla, se ha dado una tendencia a acceder a alimentos procesados y su compra en los centros poblados. Según los testimonios, prevalece el consumo de carbohidratos, y no existen condiciones de calidad nutricional en términos de seguridad y soberanía alimentaria; también se ha ido perdiendo la memoria biocultural. Sin embargo, existen cultivos implementados en huertas caseras de autoconsumo, sobre todo en cultivos de hortalizas y especies menores, en las zonas de ladera.



Adicionalmente, las posibilidades de diversificación de la producción que mejoren el acceso a alimentos se ven restringidas “al no presentarse programas institucionales, generadores de incentivos para la comercialización, como de apoyo tecnológico para la implementación [de] plantas de transformación y refrigeración para alimentos, existiendo un potencial para la producción de plátano, yuca, lulo, guatila, frijol, alverja, maracuyá, gulupa y tomate [de] árbol” (entrevista a ONG, septiembre del 2021). La falta de apoyo institucional para mejorar el funcionamiento de los mercados de alimentos básicos contrasta con los ingentes esfuerzos que vienen adelantado las asociaciones de productores locales con miras a diversificar la producción de alimentos y de mercados. “La idea es llegar a mercados internacionales, primero haciéndonos fuertes acá, en el mercado nacional, porque hay una demanda que está presente. Colombia importa 30 toneladas mensuales de producto deshidratado y la idea es cubrir esa demanda para luego irnos a mercados internacionales” (entrevista a líder productora, noviembre del 2021).

Pronacela y Asoparcela, las dos asociaciones entrevistadas que implementan BPA, están en búsqueda de lograr transformación y agregación de valor de la cebolla para vender producto en polvo en el mercado interno y exportarlo. Los dos proyectos más importantes de Asoparcela han sido la producción de abono orgánico no contaminante y la producción de pasta de cebolla y de cebolla empacada al vacío para su comercialización en el exterior. Pronacela, por su parte, cuenta con certificación de buenas prácticas de manufactura (BPM) y buenos predios de exportación. El problema es que la cebolla que se produce con BPA no logra la cantidad de gajos y el mismo grosor que la que se cultiva con prácticas convencionales, por lo que los productores reciben un menor precio, es decir, *el mercado no reconoce el valor de la cebolla limpia*. El mercado castiga el uso de prácticas BPA a través del

precio; por tanto, cambiar este factor podría alterar de manera estructural todo el sistema, a través del logro de prácticas más sostenibles.



3. Caso 2: Subcuenca del río Salado, Oaxaca, México

3.1. Contexto y problemática

La subcuenca del río Salado (véase la figura 7a) forma parte del complejo sistema fluvial conformado por 12 subcuencas reconocidas en el Diario Oficial de la Federación (DOF) en el 2018, o 24 subcuencas¹⁷ reconocidas por la Comisión Nacional del Agua (Conagua), las cuales en su conjunto integran la cuenca del río Papaloapan (figura 7c). El sistema fluvial del Papaloapan es el segundo de mayor importancia en el país después del sistema Grijalva-Usumacinta, al abarcar una extensión de aproximadamente 47 448 km² de superficie, correspondiendo 52 % a Oaxaca, 38 % a Veracruz y 12 % a Puebla. En el área de la cuenca del Papaloapan se ubican 244 municipios, con una población de 3,3 millones de habitantes, de acuerdo con los datos del censo de población y vivienda del 2010. La cuenca del río Salado se extiende entre los territorios del estado de Puebla (64 %), Oaxaca (35 %) y una pequeña porción de Veracruz (1 %), con un total de 6598.241 km² desde su nacimiento hasta su confluencia con el río Grande.

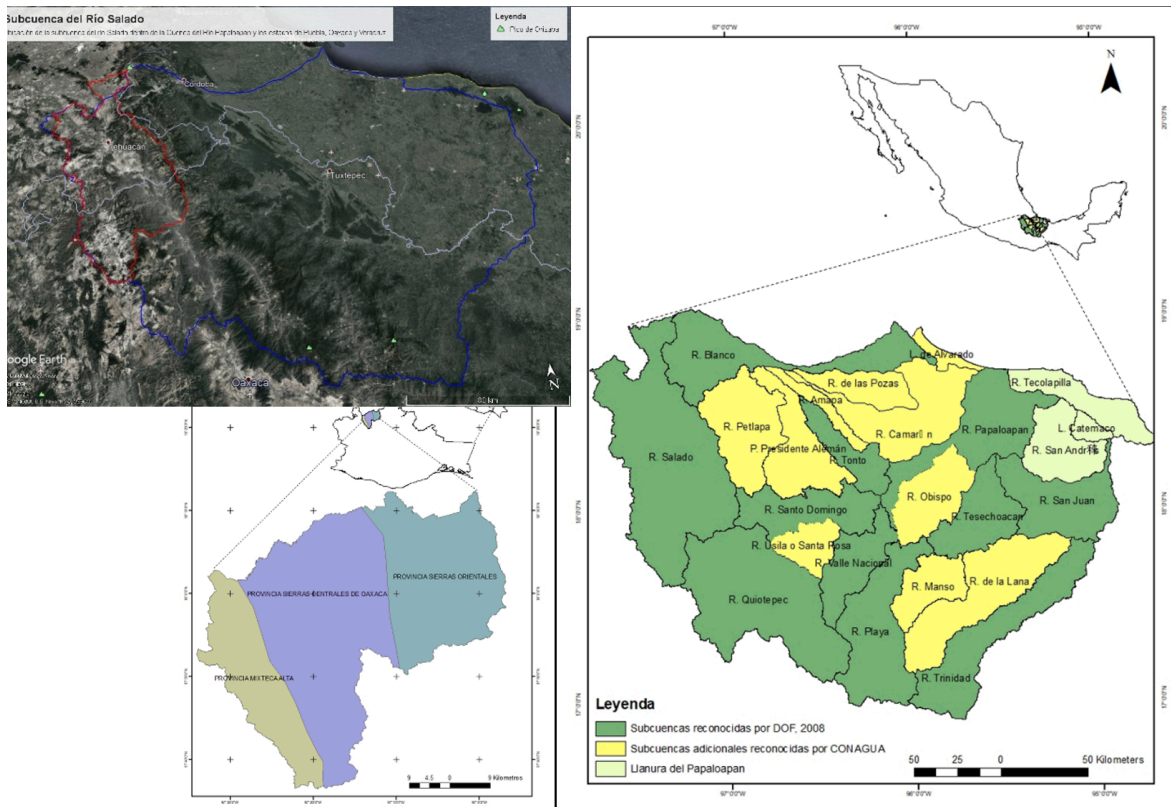
El río Salado nace cerca de la ciudad de Tehuacán, Puebla, en la sierra de Puebla, y fluye en dirección sureste. Cuando se une con el río Grande cerca de la comunidad de Quiotepec, forma al río Santo Domingo. La cuenca del río Salado se compone principalmente de zonas montañosas y quebradas, y es la única que posee pequeños valles que representan el 1 % de la superficie total de la cuenca del Papaloapan, estando presentes entre la

17 Las 24 subcuencas son: río Salado, río Grande, río Trinidad, río Valle Nacional, río Playa Vicente, río Santo Domingo, río Tonto, río Blanco, río San Juan, río Tesechoacán, río Papaloapan, río Amapa, río Obispo, río de La Lana, río Manso, río Usila, río Petlapa, río Camarón, río de Las Pozas, laguna de Alvarado y presa Miguel Alemán, así como llanuras de Papaloapan.

región de la Cañada y la Mixteca. El caso de estudio seleccionado corresponde al lado de la subcuenca del río Salado que se encuentra en el estado de Oaxaca. La extensión de la subcuenca del río Salado, Oaxaca, comprende alrededor de 2360.89 km². La fisiografía que compone a esta sección de la subcuenca se divide en tres provincias: provincia de la Mixteca Alta, provincia de las Sierras Centrales de Oaxaca y provincia de las Sierras Orientales (figura 7b). La provincia de la Mixteca Alta y de las Sierras Centrales de Oaxaca se caracterizan por un complejo de montañas, valles y cañadas.



Figura 7. Mapa ubicación de la cuenca del río Papaloapan y subcuenca del río Salado



a) Delimitación territorial vista con Google Earth. La línea azul demarca el límite de la cuenca del río Papaloapan; la línea roja demarca el límite de la subcuenca del río Salado, y la línea blanca, los límites entre estados. b) Fisiografía de la subcuenca del río Salado, Oaxaca. c) Subcuencas que conforman el complejo sistema fluvial de la cuenca del río Papaloapan, y a la que pertenece la subcuenca del río Salado.

Fuentes: Gumeta-Gómez (2021), a partir de la cartografía proporcionada por la CONABIO (1998) y datos cartográficos de fisiografía de México realizada por Cervantes-Zamora et al. (1990).

Como consecuencia de su orografía, la Mixteca Alta enfrenta serios problemas de escasez de agua y erosión, los cuales se agravan por las actividades antropocéntricas (Guerrero-Arenas et al., 2010). La mayor parte del área de la subcuenca del río Salado de Oaxaca, presenta un bajo nivel de precipitación total anual: en el valle de la provincia de las Sierras

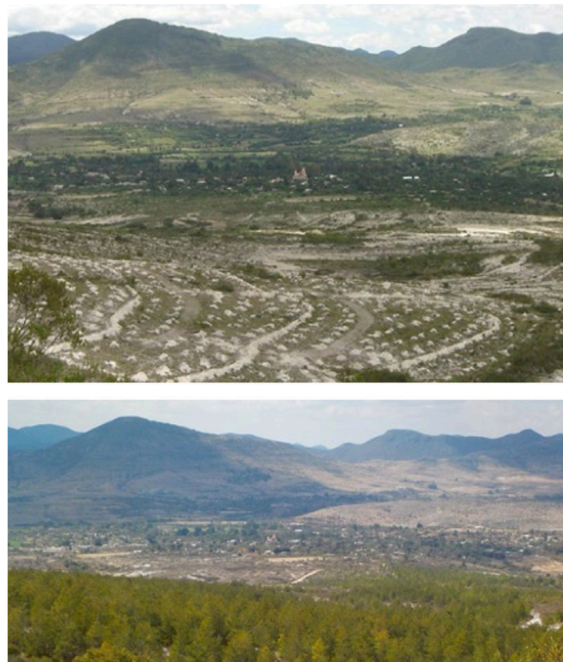
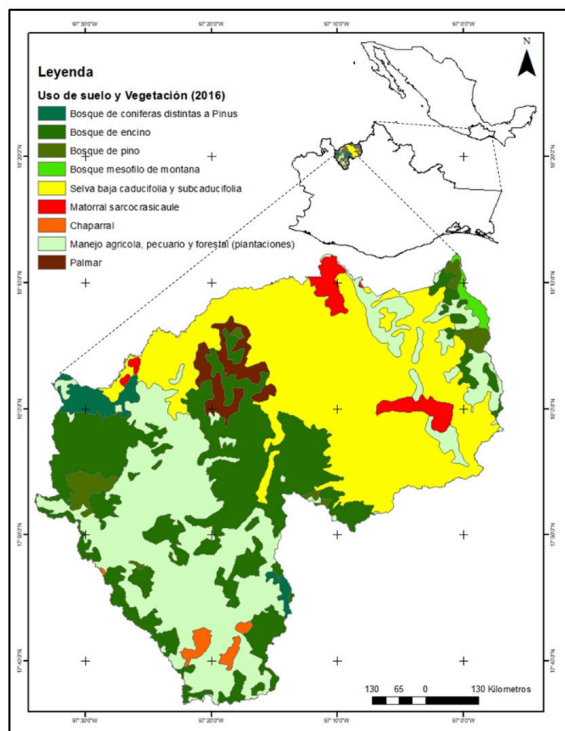
Centrales de Oaxaca se presentan precipitaciones de los 800 mm hasta los 300 mm en las partes más áridas, mientras que en las montañas se dan precipitaciones más elevadas de hasta 1500 mm. En cuanto a la vegetación, de acuerdo con el Atlas Nacional de México de la Vegetación Potencial realizado por Rzedowski (1990), el área



de la subcuenca sin intervención humana estaría dominada en su mayoría por matorral xerófilo (48,62 %), seguido de bosque tropical caducifolio (32,52 %), y tan solo un 18,86 % sería ocupado por bosque de coníferas y encinos. Sin embargo, el análisis de usos de suelo y vegetación para el 2016 llevado a cabo por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) indica que la extensión y el tipo de

vegetación es notoriamente diferente con respecto a la vegetación potencial propuesta por Rzedowski en 1990. La diferencia se debe, principalmente, al cambio de uso de suelo, de vegetación primaria a manejo agrícola, pecuario y forestal (plantaciones) que al 2016 estaba abarcando un total de 694,6 km², es decir, el 29,42 % del área de la subcuenca del río Salado de Oaxaca (figura 8).

Figura 8. Uso del suelo y vegetación para el año 2016, subcuenca río Salado, Oaxaca



Fuente: Gumeta-Gómez (2021), a partir del Conjunto de Datos Vectoriales de Uso de Suelo y Vegetación. Escala 1:250 000. Serie VI del INEGI (2016). Fotografías: Fundación Alternativas y Procesos A.C.

La evidencia histórica muestra que, previo a la Conquista española, las comunidades indígenas usaban de manera racional los recursos de los bosques; sin embargo, después de la Conquista, la región sufrió procesos intensivos de deforestación, sobrepastoreo de ganado caprino y expansión de la frontera agrícola, que han llevado a procesos

extendidos de erosión. El cambio de usos ha provocado la degradación del suelo por pérdida de suelo superficial o degradación de terreno (degradación hídrica), o por la declinación de la fertilidad y pérdida del contenido de materia orgánica (degradación química). La erosión de los suelos de esta región es uno de los problemas



ecológicos más graves de México, porque el 80 % de los suelos se encuentra afectado por la erosión hídrica, y la tasa de pérdida de suelo es una de las más elevadas a nivel mundial (Guerrero-Arenas *et al.*, 2010). A pesar de ser una zona bastante degradada, en las últimas tres décadas ha experimentado una transición forestal importante, con un aumento de la cobertura entre los años 1990 y 2018 relacionada con la reforestación y la regeneración natural. Este cambio se explica tanto por la emigración hacia Estados Unidos y otras regiones del país, como por políticas forestales favorables y mecanismos endógenos de las comunidades, como el capital social, los esfuerzos institucionales y la conciencia socioecológica (Hernández-Aguilar *et al.*, 2021).

La relación entre la agricultura y la vegetación primaria del área de la subcuenca del río Salado resulta particularmente única, puesto que en toda la subcuenca se han encontrado vestigios arqueológicos que establecen a esta zona como clave para el origen y desarrollo de la agricultura en Mesoamérica, principalmente en la domesticación del maíz (*Zea mays*), la pimienta (*Capsicum annum*), el amaranto (*Amaranthus sp.*) y la calabaza (*Cucurbita sp.*) (Guerrero-Arenas *et al.*, 2010). Esta región es actualmente reconocida como cuna de la domesticación del maíz (SEMARNAT-CONANP, 2013). Al mismo tiempo, es uno de los ecosistemas más diversos con respecto a la vegetación xerofítica; allí persiste la mayor concentración de cactus columnares en el mundo, contando con 45 de las 70 especies reportadas solo para México. Estas características de gran riqueza biológica y cultural, donde por más de 10 mil años se han desarrollado comunidades de al menos ocho pueblos indígenas (mixtecos, cuicatecos, ixcatecos, nahuas, chocholtecos, popolocas, chinantecos, mazatecos), con un profundo conocimiento sobre la flora nativa y sus distintos usos, generó interés por diversos grupos de la sociedad civil y del gobierno federal para promover el decreto de Área Natural Protegida

el 18 de septiembre de 1998, estableciéndola en la categoría de Reserva de la Biosfera (SEMARNAT-CONANP, 2013) (véase el anexo 4. Línea de tiempo Caso 2. Subcuenca río Salado, Oaxaca).

La subcuenca del río Salado del lado oaxaqueño comprende 29 municipios¹⁸, con una población total de 66 022 personas (INEGI, 2015). El municipio más pequeño es Santa Magdalena Jicotlán, con 87 habitantes, y el más grande, Mazatlán Villa de Flores, con 13 097. De acuerdo con los censos poblacionales históricos, se aprecia un decrecimiento poblacional marcado en 15 años (del 1990 al 2015) en ocho de los municipios, que se explica principalmente por la migración de pobladores a otros estados al interior del país y a Estados Unidos. En cuanto a las principales actividades económicas, los datos de los censos de población y vivienda muestran que, mientras en 1990 las personas se dedicaban ante todo a actividades del sector secundario, como las maquiladoras en la región y al sector servicios, en el 2000 el número de personas que se dedican a la actividad primaria aumentó significativamente en la mayoría de las comunidades, mientras que bajó drásticamente el número de personas dedicadas a actividades secundarias.

De acuerdo con el Censo Nacional Agropecuario más reciente (INEGI, 2007), en los 29 municipios que se encuentra ubicados en la subcuenca del río Salado existe un total de 38 844,11 hectáreas de unidades de producción, las cuales también incluyen viveros e invernaderos. El 72 % de las unidades de producción reporta actividad agropecuaria o forestal, siendo Mazatlán Villa de Flores el municipio con mayor superficie en actividad agropecuaria o forestal (17,6 %). Esta región tiene un bajo potencial para la

18 Concepción Buenavista, Santa Magdalena Jicotlán, Mazatlán Villa de Flores, San Antonio Nanahuatipam, San Bartolo Soyaltepec, San Cristóbal Suchixtlahuaca, San Francisco Teopan, San Jerónimo Tecóatl, San Juan Bautista Coixtlahuaca, San Juan Bautista Cuicatlán, San Juan de los Cués, San Juan Teposcolula, San Lucas Zoquiapam, San Martín Toxpalan, San Mateo Tlapiltepec, San Miguel Tequixtepec, San Miguel Tulancingo, San Pedro Nopala, Santa Catarina Zapotitlán, Santa María Chachoápam, Santa María Ixcatlán, Santa María Tecomavaca, Santiago Ihuitlán Plumas, Villa Tejupam de la Unión, Santiago Tepetlapa, Santo Domingo Tonaltepec, Teotitlán de Flores Magón, Tepelmeme Villa de Morelos y Tlacotepec Plumas.



agricultura mecanizada, pero la principal ocupación de las comunidades es la agricultura tradicional, principalmente el cultivo de maíz, trigo y frijol (Hernández-Aguilar et al., 2021). La producción de grano, semillas y especies perennes se dedica principalmente al consumo familiar (40 %) o al consumo del ganado (15 %), semillas para la siembra (24 %) o la venta local, regional y nacional (21 %). Es decir, casi el 80 % de la producción se dedica para el autoconsumo. Adicional al cultivo de granos y semillas, en los municipios también se cultiva limón, café, caña de azúcar, mango, pasto para el ganado y otros elementos. Adicionalmente, en las porciones con bosque de los municipios se llevan a cabo actividades de producción extractiva maderable, como la obtención de leña, y no maderable, como la recolección de hongos, tierra de monte para venta y la hoja de palma para la elaboración de sombreros y artesanías (INEGI, 2007).

En términos de indicadores sociales, el Índice de Desarrollo Humano (IDH) para los 29 municipios en el 2010 (ponderando por la población) es de 0,6156, es decir, un desarrollo humano medio que, sin embargo, varía de manera importante entre municipios. Los niveles más bajos de desarrollo humano lo tienen los municipios de Mazatlán Villa de Flores y San Lucas Zoquiápam, con un IDH de 0,541 y 0,535, respectivamente. Por otra parte, de acuerdo con el índice de marginación, el 42 % de los municipios presenta un alto o muy alto grado de marginación, mientras que el 41 % tiene un nivel medio y solo el 17 % restante, un nivel bajo. Los municipios de Mazatlán Villa de Flores y San Lucas Zoquiápam son los dos con un muy alto grado de marginación.

La situación de pobreza, pérdida de seguridad alimentaria y deterioro en los sistemas socioecológicos, en un proceso histórico que se

inicia con la llegada de los españoles, se evidencia en las cifras mencionadas y en las descripciones de trabajos académicos y de las mismas comunidades:

"Durante el siglo pasado, la Mixteca Alta quedó marginada en relación con el resto del país, ya que el gobierno invirtió poco dinero en esta zona, estableció poca infraestructura y escasos proyectos de desarrollo. Sin embargo, a partir de la década de 1960, se esforzó en construir carreteras, instalar servicios como luz eléctrica y agua corriente, escuelas, centros de salud y programas de recuperación de suelos. Sin embargo, hasta hoy no ha sido suficiente para sacar la región de su marginalidad económica y evitar el actual desastre ecológico de sus ecosistemas". (Guerrero-Arenas, et al., 2010, p. 66)

En cuanto a los aspectos políticos e institucionales, es importante señalar que buena parte de la propiedad sobre la tierra y los bosques en México está dada por propiedad colectiva, producto de la Revolución Mexicana (1910-1917), cuya asignación se intensificó durante el gobierno de Lázaro Cárdenas (1934-1940) (Assies, 2008; Bray, 2013). Actualmente, en México hay 31 837 comunidades agrarias o ejidos (ambos tipos de propiedad colectiva), que corresponde a cerca del 51 % del territorio (Hernández-Aguilar et al., 2021). Las leyes agrarias establecen que la asamblea de miembros es la máxima autoridad y que tiene un cuerpo de representación, el Comisariado, elegido por la misma asamblea (Barnes, 2009). En 1992, sin embargo, una reforma constitucional dio a los ejidos la libertad de reasignar la tierra entre propiedad colectiva y parcelas individuales, así como de incorporar nuevos miembros a las comunidades. Esta reforma se materializó en 1994 con la creación del programa de certificación de tierras Procede (Programa Nacional de Certificación de Derechos Ejidales y Titulación de Solares Urbanos) y una nueva



agencia gubernamental que guiaba el proceso de constitución y registro de las parcelas individuales (Muñoz-Piña, de Janvry y Sadoulet, 2003).

Por otra parte, la política nacional forestal está en cabeza de la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), que ha realizado inversiones en la región de la subcuenca del río Salado, en particular para promover la reforestación y la restauración del suelo, ya que la degradación ambiental ha sido reconocida como un problema socioecológico. Sin embargo, con este fin, solo se han otorgado recursos financieros modestos y semillas de pino a unas pocas comunidades (Hernández-Aguilar et al., 2021). En el 2003, la CONAFOR creó el programa de Pagos por servicios ambientales (PSA), uno de los más grandes del mundo, que tenía la doble finalidad de promover la conservación de bosques y reducir la pobreza rural (McAfee y Shapiro, 2010). Según datos de la CONAFOR, desde el 2003 más de 6 millones de hectáreas se han vinculado al programa de PSA.

En el 2018, la Reserva de la Biosfera de Tehuacán-Cuicatlán (RBTC), que se ubica en la subcuenca del río Salado en Oaxaca, fue ingresada en la lista del patrimonio mundial de la Unesco por su importancia cultural y biológica. La RBTC es la más grande del centro sur, con casi 500 000 hectáreas (SEMARNAT-CONANP, 2013). La RBTC protege más de tres mil especies de flora (con 13.6% de endemismos), así como entre el 10 % (Toledo, 1985) al 11,4 % (Rzedowski, 1993) de la diversidad de plantas vasculares reportadas para México. El nivel de especies endémicas de plantas en la reserva de Tehuacán-Cuicatlán, le da el primer lugar en especies endémicas de las zonas áridas y semiáridas de México (Méndez-Larios et al., 2004). En cuanto a la fauna, presentan elementos de la región Neártica y Neotropical; en los vertebrados se reportan 14 especies de peces, 28 especies de anfibios, 83 especies de reptiles (20 endémicas), 338 especies de aves (5 endémicas) y 102 especies de mamíferos

(11 son endémicas y 26 catalogadas en riesgo de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-O59-SEMARNAT-2010 (SEMARNAT-CONANP, 2013)¹⁹. La RBTC comprende cerca del 63,2 % del área de la subcuenca del río Salado en el Estado de Oaxaca.

3.2. Cambios en el uso del suelo 2001-2019

Para llevar a cabo el análisis de cambio de uso de suelo y vegetación de la subcuenca del río Salado se descargaron varias imágenes satelitales Landsat 7 y 8 del servidor <http://earthexplorer.usgs.gov>, correspondientes a tres imágenes para el 2001 y tres para el 2019. Luego de realizar las correcciones necesarias a las imágenes, se creó un mosaico con las imágenes descargadas para cada año y se delimitó el área de interés, utilizando el polígono de la subcuenca proporcionado por la Comisión Nacional del Agua (Conagua) para la región hidrológica del Papaloapan. La imagen obtenida del corte fue catalogada mediante el proceso de clasificación supervisada, para lo cual se obtuvieron puntos de entrenamiento, que fueron tomados en campo y se complementaron con algunos otros puntos generados con la ayuda de Google Earth. Posteriormente, con estos puntos se realizó una Clasificación Supervisada por Máxima Verosimilitud, que permitió obtener seis clases de uso de suelo en cada mapa: (1) reforestación, (2) suelo desnudo, (3) zona agrícola, (4) bosque primario, (5) zona urbana y (6) cuerpos de agua.

Utilizando el programa ArcGis 10.3, las imágenes clasificadas fueron convertidas a formato ASCII para poder ingresar dichas imágenes al programa IDRISI Selva. En el programa de IDRISI se llevó a cabo el análisis de cambio de uso de suelo con la herramienta Land Change Modeler. Del mapa de cambio de uso de suelo, se realizó una

¹⁹ Entre las especies de mamíferos están el tepezcuintle (*Aguti paca*), tigrillo (*Leopardus wiedii*), nutria o perro de agua (*Lontra longicaudis*), ardillón (*Spermophilus variegatus*), lince o gato montés (*Lynx rufus*), temazate o venado cabrito (*Mazama americana*). En aves, posee una de las poblaciones de guacamaya verde (*Ara militaris*) más grande del país, con más de 100 individuos registrados para el 2001 (SEMARNAT-CONANP, 2013).

reclasificación, con la finalidad de indicar el tipo de cambio o modificación que sufrió el terreno en cada caso, usando la matriz de cambio que se presenta en la tabla 5.

Tabla 5. Matriz de cambio de uso del suelo y vegetación

	Zona boscosa	Matorral xerófilo	Zona agrícola	Zona urbana	Cuerpos de agua	Suelo desnudo
Zona boscosa	No change	Degradación	Deforestación	Deforestación	Deforestación	Deforestación
Matorral xerófilo	Reforestación	No change	Deforestación	Deforestación	Deforestación	Deforestación
Zona agrícola	Reforestación	Reforestación	No change	Pérdida productiva	Pérdida productiva	Pérdida productiva
Zona urbana	Reforestación	Reforestación	Ganancia productiva	No change	Inundación	Cambio s/interés
Cuerpos de agua	Reforestación	Reforestación	Ganancia productiva	Desección	No change	Desección
Suelo desnudo	Reforestación	Reforestación	Ganancia productiva	Cambio s/interés	Inundación	No change

Fuente: Gumeta-Gómez (2021)

En la clasificación supervisada de las imágenes satelitales, se encontró una disminución de las hectáreas ocupadas por cuerpos de agua, suelo desnudo y zona urbana entre el año 2001 y el 2019,

al igual que un aumento de las áreas con matorral xerofítico, de zona agrícola y de zona boscosa de pino, encino, encino-pino y pino-encino (véanse la tabla 6 y la figura 9).

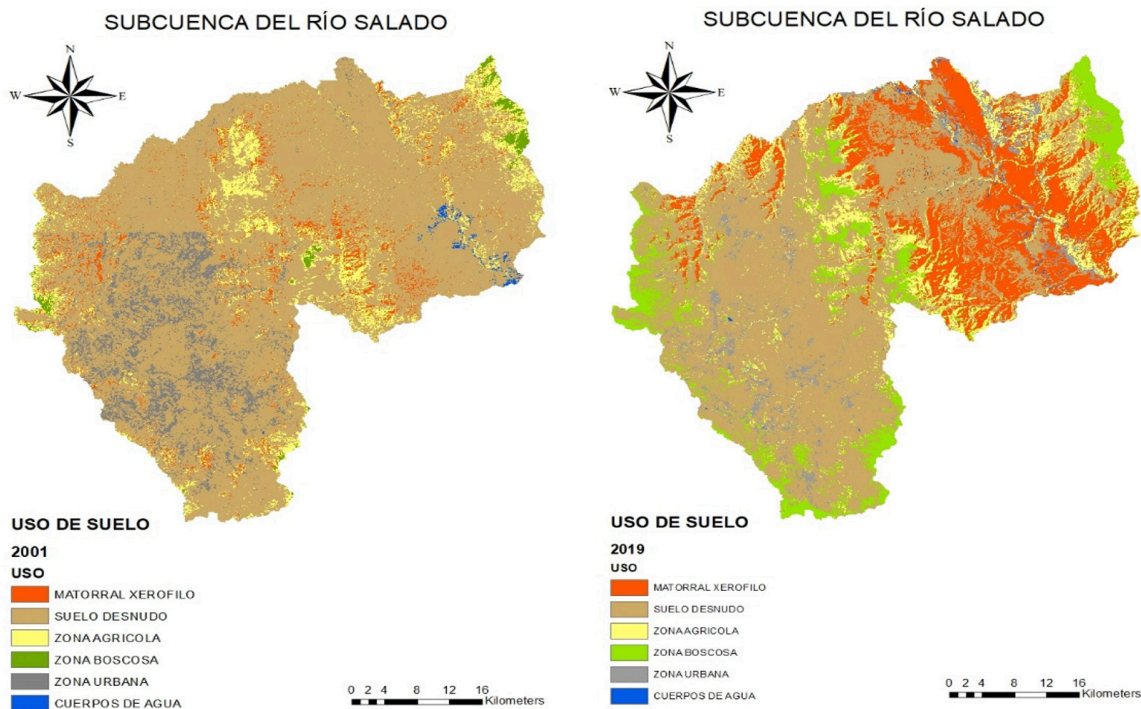
Tabla 6. Cobertura en hectáreas de cada tipo de suelo y vegetación, subcuenca río Salado 2001-2019

Uso de suelo	2001		2019		Cambio de la superficie en ha
	Ha	%	Ha	%	
CUERPOS DE AGUA	832.3	0.35	825.4	0.35	-6.90
MATORRAL XEROFILO	11528.9	4.88	47795.8	20.24	36266.85
SUELO DESNUDO	180231.9	76.34	129077.6	54.65	-51154.30
ZONA AGRICOLA	22505.2	9.53	23810.5	10.08	1305.24
ZONA BOScosa	2607.4	1.10	23669.5	10.02	21062.08
ZONA URBANA	18393.2	7.79	11006.1	4.66	-7387.09
Total	236098.9	100.00	236184.8	100.00	

Fuente: Gumeta-Gómez (2021)



Figura 9. Matriz de cambio de uso del suelo y vegetación



Se destacan en color rojo la disminución de hectáreas.

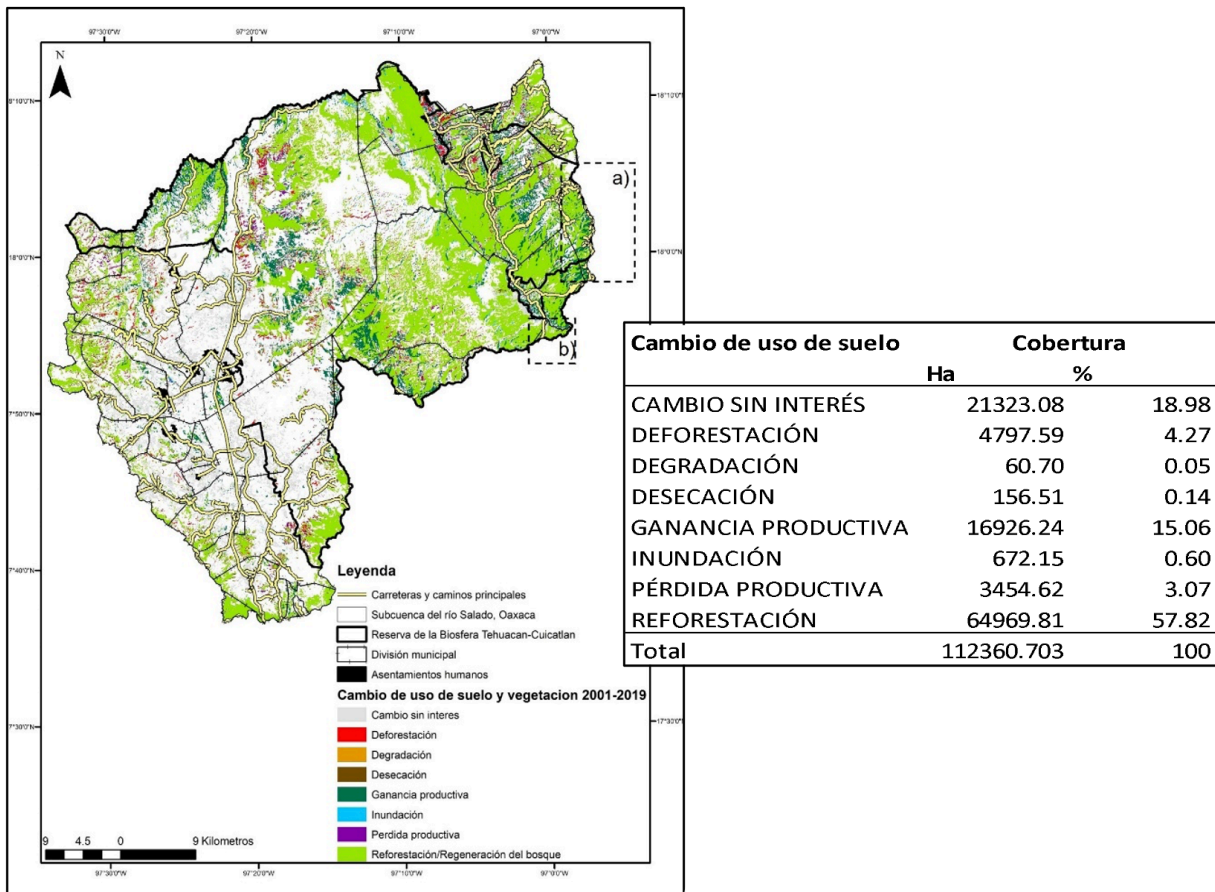
Fuente: Gumeta-Gómez (2021), a partir de las imágenes satelitales para la subcuenca del río Salado en el 2001 y 2019 en base a la clasificación supervisada y verificación en campo realizados.

En el análisis de cambio de uso de suelo y vegetación entre los años 2001 y 2019, encontramos que, aunque persisten las deforestaciones en ciertas áreas principalmente ligadas a zonas urbanas en expansión (4797 ha), aumento de áreas con degradación (60,7 ha) y desecación de cuerpos de agua (156,51 ha), en la subcuenca del río Salado se presenta un aumento o recuperación de áreas boscosas por medio de la reforestación inducida, o la regeneración natural de los bosques tanto de selva baja con matorral xerófilo como de bosques de encinos y pinos (64969,81 ha). En términos de la producción agrícola, hay un aumento de áreas (16926,24 ha) que fueron reconvertidas a zonas agrícolas en la mayor parte de la subcuenca, y solo en áreas específicas se presentó pérdida productiva por 3452,63 ha, que pasaron a suelo desnudo o zona

urbana (véase la figura 10). La ganancia en bosques corresponde a zonas dentro de la reserva RBTC, aunque también dentro de la reserva se observan otros tipos de cambio como ganancia productiva y algunos focos de deforestación.



Figura 10. Mapa de cambio uso de suelo y vegetación 2001-2019, subcuenca río Salado, Oaxaca



Nota: En los cuadros punteados están las zonas donde se profundizó el estudio de caso a) Mazatlán Villa de Flores con más del 95 % de su superficie fuera de la RBTC y amplias áreas de ganancia productiva, y b) Santiago Quiotepec con el 100 % de su territorio dentro de la RBTC, donde se presenta aumento en áreas reforestadas o bosque regenerado.

Fuente: Gumeta-Gómez (2021)

3.3. Análisis estructural de las interacciones entre la seguridad alimentaria y la protección de los ecosistemas terrestres

Para este componente se seleccionaron dos comunidades o subcasos dentro de la subcuenca, con el fin de profundizar en el estudio de las

interacciones clave en el logro o fracaso de los ODS 2 y 15, para lo cual se siguieron cuatro criterios: (1) que presentaran cambios de uso de suelo y vegetación del 2001 al 2019 contrastantes, en términos de reforestación y deforestación, o de aumento o disminución de las áreas agrícolas productivas; (2) que las comunidades presentaran diferentes arreglos de gobernanza del territorio, por ejemplo,



comanejo entre el gobierno federal o estatal y las autoridades comunales agrarias, existencia de áreas naturales protegidas, o diferencias en la tenencia de la tierra (tierras colectivas – comunidades agrarias o ejidales, versus propiedad privada; (3) que las comunidades fueran accesibles logísticamente, es decir, que no estuvieran tan alejadas entre una y otra, y (4) que nos dieran su consentimiento previo, libre e informado para llevar a cabo el proyecto en su territorio.

Las comunidades en las cuales se desarrolló el trabajo de campo fueron Mazatlán Villa de Flores y Santiago Quioitepec (figura 10, recuadros a y b). Mazatlán Villa de Flores (a) presenta tenencia de la tierra privada en su totalidad, menos del 5 % de su territorio que se encuentra dentro de la RBTC y, en el análisis de cambio de uso de suelo y vegetación 2001-2019, se observa un aumento de áreas con ganancia productiva, es decir, áreas que del 2001 al 2019 se transformaron en áreas agrícolas²⁰. Por su parte, Santiago Quioitepec (b), que forma parte del municipio de San Juan Bautista Cuicatlán, presenta tenencia de la tierra colectiva dividida en dos áreas, un área comunal administrada por un Comisariado de Bienes Comunales y un área ejidal administrada por un Comisariado Ejidal. Asimismo, todo su territorio se encuentra dentro de la reserva de la biosfera, presenta un desarrollo de actividades de ecoturismo, y del 2001 al 2019 se aprecia un cambio en el uso de suelo y vegetación de zonas agrícolas y sin vegetación a áreas reforestadas o donde se ha regenerado la selva baja con matorral xerófilo.

A pesar de que en Mazatlán Villa de Flores la propiedad sobre la tierra es privada, el agua y el bosque siguen siendo de libre acceso para los pobladores, y el territorio puede ser accesible a partir de la compraventa o renta de terrenos para cultivo. El mayor problema de los bosques es que hay “mucho tala ilegal, el municipio no les autoriza la tala de árboles, pero las personas se amparan en

²⁰ Se recordará de la sección 3.1 que Mazatlán Villa de Flores es, además, uno de los municipios con más altos niveles de marginación, menores niveles de desarrollo humano y mayor producción agrícola en la subcuenca.

que son sus tierras y que pueden hacer lo que sea, y se la venden a taladores que vienen del estado de Puebla” (entrevista a regidora de Hacienda y de Ecología, octubre del 2021), ya que al tratarse de predios privados es más difícil de controlar.

Varias organizaciones de la sociedad civil trabajan en el territorio de la subcuenca del río Salado, entre las que se encuentran Alternativas y Procesos A. C.²¹, Fundación Ayú²² y Organización de Mujeres Mixtecas Ita-yeé²³, que participaron en esta investigación. Estas ONG nacieron con el objetivo de promover el desarrollo local sostenible en las comunidades, generando mejoras productivas y el rescate de suelos, aguas y bosques de una región que históricamente presenta fuertes procesos de degradación ambiental con altas tasas de deforestación, así como pérdida del suelo por erosión hídrica, y con fuertes procesos de migración por la falta de empleo. Igualmente, promueven prácticas agrícolas resilientes —como técnicas de composteo, inventos tecnológicos agrícolas de bajo presupuesto, entre otros—, al igual que la protección de las semillas nativas de maíz y la recuperación y el uso de alimentos con altos contenidos nutricionales como el amaranto. Se suma a lo anterior el cultivo de alimentos en huertas y traspatios y las mejoras en la productividad de algunos productos comerciales, por ejemplo las hortalizas, mediante técnicas como los invernaderos.

²¹ Tiene como fin colaborar en la búsqueda de alternativas e impulsar procesos de participación social orientados hacia el desarrollo humano sostenible, que permitan establecer relaciones de mayor justicia entre regiones, pueblos, familias y sectores diversos de la población para mejorar la calidad de vida de todas las personas, pero especialmente de las más pobres. Véase <http://www.alternativas.org.mx/somos.html>

²² Tiene como fin promover el desarrollo de la población en la región Mixteca de Oaxaca, Puebla y Guerrero. Véase <http://www.fundacionayu.org.mx>

²³ Impulsa la capacitación y el desarrollo de proyectos productivos generadores de ocupación e ingresos a mujeres. Véase <http://www.fundacionayu.org.mx>



Figura 11. Talleres de mapeo participativo



Fuente: Fotografías Fernando Gumeta-Gómez

Además de estas organizaciones, son diversos los programas que tanto desde el Estado como desde la sociedad civil buscan mejorar la seguridad alimentaria y el acceso de los productores a los mercados, entre los que se destacan los programas relacionados con tiendas populares: Compañía Nacional de Subsistencias Populares (Conasupo), que se crea en los años 1970 y que buscaba poner fin a la desnutrición y malnutrición, y Liconsa²⁴ y Diconsa²⁵, que hoy cumplen las mismas funciones. Sobre los programas gubernamentales, cabe también mencionar que con la creación del programa Conasupo se empezó a proveer a las comunidades rurales de maíz importado de Estados Unidos a menor costo. El maíz más barato impactó el precio del maíz cultivado localmente, volviéndolo poco rentable, disminuyendo su producción y los ingresos de los productores. Esto también ha contribuido a la pérdida de la diversidad de maíces nativos en las comunidades porque se deja de cosechar.

²⁴ Liconsa es una empresa paraestatal del Gobierno mexicano, dependiente de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. Su función es industrializar y comercializar leche a precios accesibles.

²⁵ Diconsa es una empresa de participación estatal mayoritaria que pertenece al Sector de Desarrollo Social y que tiene como propósito contribuir a la superación de la pobreza alimentaria mediante el abasto de productos básicos a localidades rurales de alta y muy alta marginación.

El maíz que vendía la Conasupo y que actualmente venden en las tiendas de Segalmex, viene de Estados Unidos mediante el tratado de libre comercio. La disponibilidad de maíz más barato le ha pegado al precio del maíz local, con lo cual los productores locales no pueden competir, creando una distorsión del mercado local de maíz y la disminución de su cultivo a nivel local. (Entrevista pobladores locales, noviembre del 2021)

El cultivo del limón se fortaleció hace como 10 años por un programa gubernamental, y casi todo se cambió al limón. El maíz y el frijol también ya no eran rentables pues los pagan muy barato y ahora viene de Estados Unidos; además se utiliza mucho pesticida y fertilizante para lograr una buena producción. (Entrevista comisariado de Santiago Quiotepec, noviembre del 2021)

Adicionalmente, la transición de cultivo de maíz y frijol que se producía localmente a limonar responde, según los entrevistados y participantes de las mesas de mapeo participativo, a la escasez del agua que ahora sufren. El limón usa menos agua



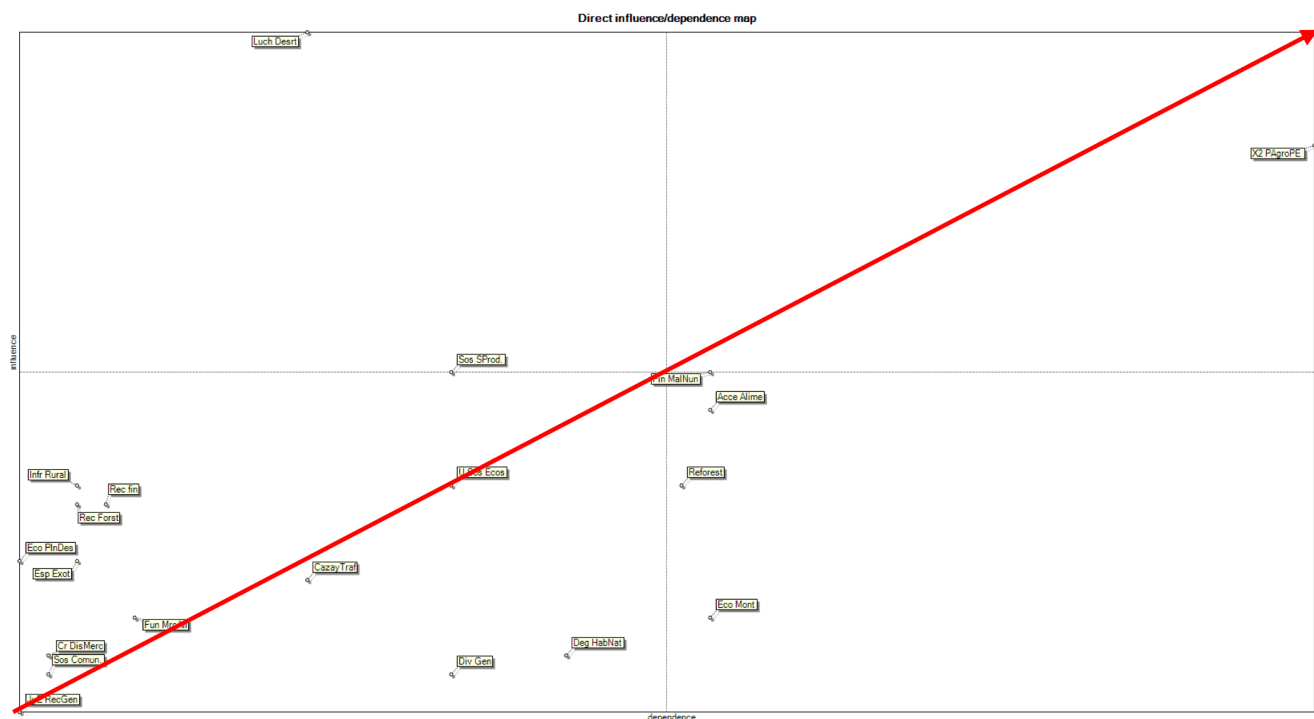
por cada ciclo de cultivo, al tiempo que implica menos roza de la maleza, menos pesticidas, y sus hojas son dejadas en el suelo como su abono. Otros cultivos que han implementado es el de la pitaya, nopal y tunas, que tienen menor gasto hídrico y son más adecuadas al contexto ambiental de la comunidad. Comentan que la gomosis, una plaga del limón criollo, acabó con dicha producción y lo han sustituido por un tipo de injerto que necesita más fertilizante y más agua, lo que muestra cómo esta tendencia hacia monocultivos comerciales y la mayor dependencia a los mercados genera mayor vulnerabilidad a riesgos ambientales como plagas y disponibilidad de agua.

El resultado del análisis de las interacciones entre las metas de los ODS 2 y 15, para el caso de la subcuenca del río Salado, se presenta en la figura 12, que corresponde a la matriz de interacciones

que está en el anexo 4. En interesante notar que, en este caso, a partir de la valoración de los expertos y la información recolectada durante el proyecto, se destaca la ausencia de influencia para la mayoría de las interacciones.

Como variable determinante, con alta influencia y baja dependencia, se identificó luchar contra la desertificación, rehabilitar las tierras y los suelos degradados (ODS 15.3), la cual es la única meta que determina el funcionamiento del sistema. Para este caso, la ubicación de la mayoría de las variables se encuentra alrededor de la diagonal entre los ejes de influencia y dependencia; configuración que habitualmente corresponde a un sistema indeterminado o altamente inestable. De ahí que no es posible establecer una relación entre variables que fuercen el sistema, por su alta influencia, y variables que generen algún comportamiento de respuesta, debido a su alta dependencia.

Figura 12. Gráfica de influencia y dependencia variables, caso subcuenca río Salado



Fuente: Elaboración propia

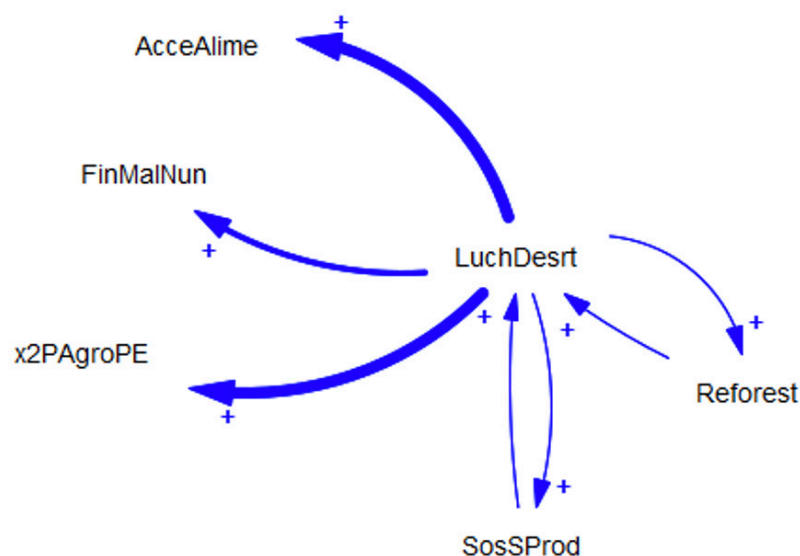


De todos modos, es interesante notar que el deterioro de los suelos ha sido resaltado como un factor determinante, tanto por los actores entrevistados en esta investigación, como por los estudios históricos sobre la región. Estos estudios indican que se trata de una región que históricamente ha experimentado degradación severa de los bosques, erosión de suelos y deforestación (Guerrero-Arenas *et al.*, 2010; Hernández-Aguilar *et al.*, 2021; Royero-Benavides, 2019).

A partir de causalidades, se analizó la influencia de la meta identificada como variable determinante en el sistema (figura 13). Se identifica una causalidad

positiva fuerte con otras tres metas: el acceso de todas las personas a una alimentación sana, nutritiva y suficiente (ODS 2.1), duplicar la productividad agrícola y los ingresos de productores de pequeña escala (ODS 2.3) y —con una dependencia menor y relacionada con las anteriores— el fin a todas las formas de malnutrición (ODS 2.2). Esto es esperable, teniendo en cuenta la altísima dependencia a la producción rural para la seguridad alimentaria y la centralidad que tiene el deterioro de los suelos como su principal amenaza, lo cual ha tenido un efecto de doble vía en términos de la sostenibilidad de los sistemas productivos (ODS 2.4) y la gestión sostenible de los bosques (ODS 15.2).

Figura 13. Diagrama causal del objetivo del ODS 15.3. Rehabilitar las tierras y los suelos degradados



Fuente: Elaboración propia

La relación entre la sostenibilidad de los sistemas productivos y la seguridad alimentaria es central en el trabajo de las ONG que vienen apoyando el trabajo de las comunidades mediante la recuperación de ciertos cultivos, como se mencionó antes y lo resalta la siguiente cita:

Sabíamos que el amaranto tiene todos los aminoácidos esenciales que, combinados con el maíz y el frijol, ya nos lo habían dicho los aztecas: maíz, frijol y amaranto. Los nutriólogos modernos nos dijeron: si quieres tener todos los aminoácidos: maíz, frijol y amaranto. En el año 2007 empezamos



un programa de nutrición infantil, formal, en el que cada mes les damos amaranto a los niños para que lo complementen con su dieta tradicional, y fuimos afinando cuántos gramos de amaranto se necesitan, hasta que encontramos, más o menos, para facilitarnos la vida, un gramo de amaranto por cada kilo de peso del niño cada día, y que se coman sus tortillas con sus frijoles. (Entrevistas ONG Alternativas y Procesos A. C., noviembre del 2021)

En este caso, atender la degradación de los suelos aparece como factor central de interacción entre los ODS 2 y 15, ya que la producción de alimentos para la subsistencia y para la comercialización se ve gravemente amenazada por la erosión y el deterioro de los suelos. Acciones encaminadas a la conservación y al manejo sostenible de los bosques, así como al logro de sistemas de producción sostenibles y resilientes, favorecerían el logro de este objetivo.



4. Conclusiones y recomendaciones

Luego de recorrer estos dos casos de desarrollo in(sostenible) en comunidades rurales de América Latina, lo primero que podemos resaltar es la *gran diversidad de paisajes y sistemas productivos rurales del continente*, lo que implica aproximaciones particulares a los ODS, en lo que tiene que ver con la seguridad alimentaria de las poblaciones rurales (ODS 2) y la sostenibilidad de los ecosistemas terrestres (ODS 15). Esta gran diversidad justifica la importancia, a pesar de su complejidad, de analizar los ODS a escala local, sus relaciones estructurales, sus dinámicas históricas y espaciales y sus desafíos en el futuro.

En segundo lugar, a pesar de esta diversidad, encontramos algunas coincidencias en ambos casos, que en particular giran en torno a la meta ODS 2.4 relacionada con la *sostenibilidad de los sistemas de producción*, como una meta que permitiría articular el ODS 2 con el ODS 15, a través de acciones como las prácticas sostenibles (por ejemplo, las BPA o la agroecología), la recuperación de especies nativas que ayuden a la recuperación nutricional de la población y al acceso a alimentos diversos y las acciones colectivas en pro de la gestión sostenible de los bosques y la conservación de los ecosistemas, que reduzcan la vulnerabilidad de los productores locales a plagas, escasez de agua y deterioro de los suelos. A continuación, profundizamos en algunos aspectos que podrían favorecer o dificultar las transiciones hacia la sostenibilidad en los territorios rurales en América Latina.

4.1. Factores hacia la sostenibilidad

En primer lugar, encontramos que las comunidades, tanto de la subcuenca del río Salado en México como de la cuenca del lago de Tota en Colombia, han emprendido acciones fundamentales en el avance de las metas de los ODS 2 y 15, donde la organización y las acciones colectivas de la sociedad civil local han desempeñado un papel central. Por ejemplo, en el caso de la *subcuenca del río Salado*, algunas ONG, como Alternativas y Procesos A. C. y Fundación Ayú, han emprendido acciones importantes para la recuperación nutricional de las comunidades a partir de especies promisorias y la promoción de prácticas sostenibles. También se han desarrollado programas gubernamentales que incluyen apoyos económicos, despensas y tiendas como la Conasupo (actualmente Segalmex) que proporcionan alimentos de la canasta básica del hogar rural a un menor precio. Estos programas, sin embargo, han tenido efectos no deseados en los productos locales (como el caso del maíz importado que sustituyó al maíz local). A través de la coordinación con iniciativas de la sociedad civil, estos programas estatales podrían centrarse en productos locales con alto valor nutricional (como el amaranto), que puedan producirse bajo prácticas sostenibles. En cuanto al ODS 15, principalmente en el área de la subcuenca que se encuentra bajo el carácter de área natural protegida, se ha avanzado en la recuperación de la cobertura forestal (bosque de pino, encino y selva baja caducifolia con matorral xerófilo) dentro de la reserva. En el caso de la *cuenca del lago de Tota*, las presiones del sector ambientalista activaron procesos endógenos de concientización y producción sostenible, al tiempo



que las autoridades se han movido hacia mejoras en la gobernanza del lago a través de espacios e instrumentos de planificación como el POMCA, el Conpes, la Mesa Permanente del Lago de Tota y el Consejo de Cuenca. Lo que estos ejemplos nos muestran es que hay una base institucional clave que debe fortalecerse para favorecer acciones conjuntas Estado-sociedad civil, en pro del logro conjunto de la seguridad alimentaria y la protección de los ecosistemas terrestres.

En este sentido, los relatos de los productores campesinos y las autoridades en ambos casos dan cuenta de procesos de *transición* hacia sistemas de producción más sostenibles y articulados alrededor de la seguridad alimentaria; también de transición de la deforestación, la extracción de flora, cacería y crianza de ganado en ecosistemas frágiles hacia la protección de dichos ecosistemas, donde la declaratoria de áreas protegida ha sido importante, pero donde su éxito ha dependido y dependerá de las acciones de los pobladores locales en términos de vigilancia, control y cuidado de los ecosistemas. La disponibilidad de agua, la calidad del suelo y la presencia de plagas son factores que en ambos casos suponen riesgos para los sistemas productivos, pero que pueden convertirse en motivaciones para la organización social en torno a prácticas más sostenibles y a la protección de los ecosistemas. Por tanto, es recomendable apoyar y fortalecer estos procesos de base que, junto a las acciones de política pública, son fundamentales para el logro de dichas transiciones. La inversión de recursos en la conservación y gestión sostenible de los ecosistemas y en detener y revertir el deterioro de los suelos tendría el potencial de cambiar estructuralmente el sistema.

4.2. Barreras para la sostenibilidad

A pesar de los factores que pueden potenciar una relación sostenible entre ecosistemas terrestres y seguridad alimentaria, persisten grandes barreras que pueden amenazar el logro conjunto de los ODS 2 y 15. En primer lugar, la falta de análisis conjuntos e integrados de los ODS en las acciones gubernamentales que resulta en objetivos de política fragmentados, sin una aproximación sistémica y socioecológica, con alcance para las transformaciones estructurales necesarias en los sistemas hacia una producción sostenible y respetuosa con los ecosistemas terrestres, que garantice la seguridad alimentaria y el bienestar humano.

En segundo lugar, los factores institucionales son centrales en el manejo de los sistemas socioecológicos, y pueden convertirse en elementos que determinen la transición (o no) hacia la recuperación de los ecosistemas y la producción sostenible. En este sentido, la existencia de incentivos negativos por parte del mercado, que en vez de pagar mejor la producción bajo prácticas sostenibles premia el producto de acuerdo con una clasificación de calidad que responde a prácticas productivas altamente impactantes y contaminantes. Adicionalmente, los pequeños productores tienen muy poco poder de negociación, lo que se suma a los riesgos ambientales, poniéndolos en un alto grado de vulnerabilidad. La transición hacia una producción comercial —que ha sido más intensa en el caso de la cuenca del lago de Tota, pero que también se viene presentando en la subcuenca del río Salado—, si bien aumenta los ingresos, de igual manera encarece los alimentos y aumenta la dependencia a los mercados. Esto es particularmente riesgoso para los pequeños productores que producen bajo lógicas de producción campesina. En el caso de la subcuenca del río Salado, se hace evidente cómo las comunidades, al disminuir su producción de alimentos localmente y al depender



de financiamiento económico externo de parte del gobierno federal o de las ONG, así como depender de las visitas de turistas, se enfrentaron a una realidad muy problemática con la pandemia de COVID-19.

Resulta relevante para ambos casos que una gran parte de los problemas agrícolas de baja producción, de expansión a nuevas zonas en las montañas, está relacionada con la disponibilidad de agua y de infraestructura de riego que permita usar el agua de manera eficiente para cultivar todo el año. Entonces, para recuperar los bosques y los ecosistemas de montañas y selvas, y a la vez contar con una mayor producción que genere mejores ingresos y la producción de alimentos sanos y variados, se debe trabajar la interacción agua-suelo-bosque.

Finalmente, la capacidad organizativa de las comunidades, aunque se ha ido incrementando, sigue siendo incipiente; la capacidad regulatoria del Estado también es insuficiente. Por ejemplo, en el caso colombiano no hay una regulación clara sobre la gallinaza cruda: “Es culpa de ICA que no regula eso desde las granjas para que se haga una gallinaza compostada y es culpa de la Corporación porque no hay planes de contingencia, ni hace algo para que no pase” (entrevista a ONG, noviembre del 2021). Como se mencionó, hay una base institucional que puede ser clave en la transición a la sostenibilidad, pero que requiere ser fortalecida y articulada a partir de mecanismos que sean percibidos como justos y legítimos.

Se recomienda fortalecer a los pequeños productores, en particular de aquellos que se inclinan por prácticas sostenibles, así como aquellas iniciativas inclusivas que promueven el papel de las mujeres y sus roles sociales y productivos. Igualmente, promover el consumo de especies con valor nutricional que puedan ser producidas localmente, así como la regulación, la investigación,

la infraestructura y la innovación productiva y social que favorezcan la producción y el consumo de bienes comerciales producidos bajo prácticas sostenibles.



Referencias

- Alcamo, J., Grundy, C. y Scharlemann, J. (2018). *Interactions among the Sustainable Development Goals... and why they are important*.
- Arcade, J., Godet, M., Meunier, F. y Roubelat, F. (2004). *Análisis estructural con el método MicMac y estrategia de los actores con el método Mactor*. Futures Research Methodology, Version 1.0
- Berkes, F. y Folke, C. (1998). *Linking Social and Ecological Systems: Management Practices and Social Mechanisms for Building Resilience*. Cambridge University Press.
- Brown, K., Adger, W. N., Tompkins, E., Bacon, P., Shim, D. y Young, K. (2001). Trade-off analysis for marine protected area management. *Ecological Economics*, 37(3), 417-434
- Daw, T., Coulthard, S., Cheung, W., Brown, K., Abunge, C., ... y Munyi, L. (2015). Evaluating taboo trade-offs in ecosystem services and human wellbeing. *PNAS*, 112(22), 6949-6954.
- Galafassi, D., Daw, T., Munyi, L., Brown, K., Barnaud, C. y Fazey, I. (2017). Learning about socioecological trade-offs. *Ecology & Society*, 22(1), 2.
- International Council for Science (ICSU). (2017). *A guide to SDG interactions: from science to implementation*. International Council for Science (ICSU), París.
- Jaramillo, F., Desormeaux, A., Hedlund, J., Jawitz, J. W., Clerici, N., ... y Åhlén, I. (2019). Priorities and interactions of Sustainable Development Goals (SDGs) with focus on Wetlands. *Water*. (Switzerland), 11(3). <https://doi.org/10.3390/w11030619>
- Kabaya, K. (2019). Investigating future ecosystem services through participatory scenario building and spatial ecological – economic modelling. *Sustainability Science*, 14(1), 77-88.
- Kooiman, J. (2003). *Governing as governance*. SAGE.
- Nilsson, M., Chisholm, E., Griggs, D., Howden-Chapman, P., McCollum, D., ... y Stafford-Smith, M. (2018). Mapping interactions between the sustainable development goals: lessons learned and ways forward.
- Perfecto, I., Vandermeer, J. y Wright, A. (2009). *Nature's Matrix: Linking Agriculture, Conservation and Food Sovereignty*. Earthscan.
- Sachs, J. (2014). *La era del desarrollo sostenible*. Debate.
- Sachs, J., Schmidt-Traub, G., Kroll, C., Lafortune, G. y Fuller, G. (2019). *Sustainable Development Report 2019*. Bertelsmann Stiftung and Sustainable Development Solutions Network (SDSN).
- Trivelli, C. y Berdegú, J. A. (2019). *Transformación rural. Pensando el futuro de América Latina y el Caribe*. 2030 – Alimentación, agricultura y desarrollo rural en América Latina y el Caribe, n.º 1. Santiago de Chile. FAO.
- UNU-IAS, Biodiversity International, IGES y UNDP. (2014). *Toolkit for the indicators of resilience in socio-ecological landscapes and seascapes*. Satoyama Initiative.
- Villegas Vilchis, A., Platas Rosado, D., Gallardo-López, F. y López-Romero, G. (2021). Análisis estructural MicMac para determinar las variables estratégicas de la agroindustria azucarera en México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 11(6), 1325-1335.



Weitz, N., Carlsen, H., Nilsson, M. y Skanberg, K. (2018). Towards systemic and contextual priority setting for implementing the 2030 Agenda. *Sustainable Science*, 13, 531-548.

Caso 1: Lago de Tota, Boyacá, Colombia

Cañón, J., Valdes, J. (2011). Assessing the influence of global climate and anthropogenic activities on the water balance of an Andean lake. *Journal of Water Resources and Protection*, 3(), 883-891.

Chaparro Valderrama, J. (2013). *Cambios institucionales para preservar la cantidad y la calidad del agua en la cuenca del lago de Tota* [tesis de maestría]. Universidad Javeriana, Facultad de Estudios Ambientales y Rurales. <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/15002/ChaparroValderramaJairo2013.pdf?sequence=1>

Contraloría General de la República (CGR). (2013). Actuación especial Contraloría: Evaluación de la gestión del lago de Tota. Contraloría delegada de Medio Ambiente. <https://sites.google.com/site/colectivosugamuxi/petroleo-provincia-de-sugamuxi/actuacion-especial-contraloria-lago-de-tota>

Corpoboyacá y Pontificia Universidad Javeriana (PUJ). (2005). Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca del Lago de Tota (POMCA). <https://www.corpoboyaca.gov.co/ventanilla/lago-de-tota/>

Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (2001). *Primer censo del cultivo de cebolla larga. Región de la laguna de Tota*. Departamento Administrativo Nacional de Estadística.

Departamento Nacional de Planeación (DNP). (2014). Conpes 3801. *Manejo ambiental integral de la cuenca hidrográfica del lago de Tota*.

Consejo Nacional de Política Económica y Social, Departamento Nacional de Planeación (DNP), República de Colombia. <https://dev.minambiente.gov.co/documento-normativa/conpes-3801-de-2014/>

Díaz, L. (2022). *Sistematización de la experiencia ODS 2 y 15 lago de Tota. Proyecto Sostenibilidad y desarrollo sostenible en los territorios*. Facultad de Estudios Ambientales y Rurales. Pontificia Universidad Javeriana. Documento de trabajo.

Forero, J. (2010). *Economía campesina, pobreza, tierra y desplazamiento en Colombia*. Documento de trabajo.

Helo, E. (2022). *Informe análisis cartográfico y cambios en el uso del suelo cuenca del lago de Tota. Proyecto Sostenibilidad y desarrollo sostenible en los territorios*. Facultad de Estudios Ambientales y Rurales. Pontificia Universidad Javeriana. Documento de trabajo.

IDEAM, IGAC y Cormagdalena. (2008). *Mapa de cobertura de la tierra cuenca Magdalena-Cauca: Metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia* escala 1:100.000. documentacion. ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/021521/LIBROCORINEFINAL.pdf

INGEAC. (2019). *El atlas de la estructura ecológica principal*. Bogotá D. C. AICCA, GEF, CAF, CONDESAN, MINAMBIENTE, IDEAM.

Mateus, M. C. (2014). *Análisis de la cobertura vegetal, uso del suelo y su impacto en la desecación del lago de Tota*. <https://repository.unimilitar.edu.co/handle/10654/11585>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS). (2020). *Informe de seguimiento documentos política (Conpes)*. Corte 2020-1. Oficina Asesora



de Planeación. <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/10/1- semestre-2020-Informe-Seguimiento-Docmentos-Conpes.pdf>

Raymond, P. (1990). *El Lago de Tota ahogado en cebolla. Estudio socioeconómico de la cuenca cebollera del lago de Tota*. Serie Investigación y Desarrollo.

Rebollo, M. E. (2015). *Estudio multitemporal para la determinación de cambios en el uso del suelo en el complejo de páramos Tota-Bijagual-Mamapacha para el periodo 1992-2012*. <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/11863/ESTUDIO%20MULTITEMPORAL%20P%C3%81RAMO%20TOTA-BIJAGUAL-MAMAPACHA.pdf;sequence=1>

Rodríguez Robayo, K. J., Martínez Camelo, F. E. y Herrera Heredia, C. A. (2021). *Hacia la reconversión productiva del cultivo de cebolla de rama en la cuenca del lago de Tota* (Boyacá, Colombia). Agrosavia.

Russi-Díaz, A. (2017). *Medios de vida derivados de la predominancia del cultivo de cebolla de rama Allium fistulosum L. en el paisaje socioecológico de producción en Aquitania* (Boyacá) [trabajo de grado]. <https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/34274>

Wealth Accounting and Valuation of Ecosystem Services (WAVES). (2016). *Contabilidad ambiental y económica para el agua: Caso piloto para la cuenca del lago de Tota*. Corporación Autónoma Regional de Boyacá (Corpoboyacá), Departamento Nacional de Planeación (DNP), Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Contraloría general de la República e Instituto Hidrológico, Meteorológico y Estudios Ambientales

(IDEAM). <https://www.corpoboyaca.gov.co/cms/wp-content/uploads/2016/05/Informe-cuenta-del-agua-Lago-Tota-.pdf>

Zapata Sabogal, P. A. (2020). *Estado actual de la delimitación de los páramos en Colombia, como mandato constitucional y su relación con la protección y conservación de estos ecosistemas estratégicos*. [Monograf%EDa P A-Zapata Documento final%20\(1\)%20\(PAULA%20ANDREA%20ZAPATA%20SABOGAL\).pdf](https://repository.udca.edu.co/bitstream/handle/10654/11863/Monograf%EDa P A-Zapata Documento final%20(1)%20(PAULA%20ANDREA%20ZAPATA%20SABOGAL).pdf) (udca.edu.co).

Caso 2: Subcuenca del río Salado, Oaxaca, México

Assies, W. (2008). Land tenure and tenure regimes in Mexico: An overview. *Journal of Agrarian Change*, 8(1), 33-63.

Barnes, G. (2009). The evolution and resilience of community-based land tenure in rural Mexico. *Land Use Policy*, 26(), 393-400.

Bray, D. B. (2013). When the state supplies the commons: origins, changes, and design of Mexico's common property regime. *Journal of Latin American Geography* 33-55.

Cervantes-Zamora, Y., Cornejo-Olgín, S. L., Lucero-Márquez, R., Espinoza-Rodríguez, J. M., Miranda-Viquez, E. y Pineda-Velázquez, A. (1990). Provincias fisiográficas de México. En: Clasificación de Regiones Naturales de México II, IV.10.2. Atlas Nacional de México. Vol. II. Escala 1:4000000. Instituto de Geografía, UNAM. México.

Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. (2012). *Áreas Naturales Protegidas Federales de México*. CONABIO.



- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). (1998). Subcuencas hidrológicas. En: *Boletín hidrológico*. (1970). Subcuencas hidrológicas en Mapas de regiones hidrológicas. Escala más común 1:1000000. Secretaría de Recursos Hidráulicos, Jefatura de Irrigación y control de ríos, Dirección de Hidrología. México.
- García, E. y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). (1998a). *Climas* (clasificación de Koppen, modificado por García). Escala 1:1000000. México.
- García, E. y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). (1998b). *Precipitación total anual*. Escala 1:1000000. México.
- Guerrero-Arenas, R., Jiménez-Hidalgo, E. y Santiago-Romero, H. (2010). La transformación de los ecosistemas de la Mixteca Alta oaxaqueña desde el Pleistoceno tardío hasta el Holoceno. *Ciencia y Mar*, 14(40), 61-68.
- Gumeta, F. (2021). *Caracterización caso 2: Subcuenca del río Salado, Oaxaca. Proyecto: Sostenibilidad y desarrollo en los territorios*. CIIDIR-Unidad Oaxaca, Instituto Politécnico Nacional y Pontificia Universidad Javeriana.
- Gumeta, F. (2022). *Análisis de los ODS 2 "Hambre cero" y 15 "Conservación de ecosistemas terrestres" en el caso Oaxaca, México*. CIIDIR-Unidad Oaxaca, Instituto Politécnico Nacional y Pontificia Universidad Javeriana. Documento de trabajo.
- Hernández-Aguilar, J. A., Durán, E., de Jong, W., Velásquez, A. y Pérez-Verdín, G. (2021). Understanding drivers of local forest transition in community forests in Mixteca Alta, Oaxaca, Mexico. *Forest Policy and Economics*, 131, 102542.
- INEGI. Estados Unidos Mexicanos. (2009). *Censo Agropecuario 2007*. VIII Censo Agrícola, Ganadero y Forestal. Aguascalientes.
- INEGI. (2016). *Conjunto de datos vectoriales de uso de suelo y vegetación. Escala 1:250 000. Serie VI (Capa Union)*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
- McAfee, K. y Shapiro, E. (2010). Payments for ecosystem services in Mexico: Nature, neoliberalism, social movements and the state. *Annals of the Association of American Geographers*, 100(3), 1-21.
- Muñoz-Piña, C., de Janvry, A. y Sadoulet, E. (2003). Recrafting rights over common property resources in Mexico. *Economic Development and Cultural Change*, 52(1), 129-158.
- Royero-Benavides, B., Rooset, P. M., Álvarez-Ávila, M. C., Gallardo-López, F. y Mariaca-Méndez, R. (2019). Desarrollo y buena vida en la Mixteca Alta: El caso de una organización campesina oaxaqueña. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, 16(1), 19-41.
- Rzedowski, J. (1990). Vegetación potencial. IV.8.2. En: *Atlas Nacional de México* (Vol. II). Escala 1:4000000. Instituto de Geografía, UNAM. México.
- SEMARNAT, Dirección de Geomática. (2004). *Degradación del suelo en la República Mexicana - Escala 1:250 000*. México, Distrito Federal.



Anexos

Anexo 1. Metas de los objetivos de desarrollo sostenible en esquema de variables para el análisis estructural

Nº	Nombre largo	Nombre corto	Descripción	ODS Meta
1	Acceso de todas las personas a una alimentación sana, nutritiva y suficiente	Acce Alime	Para el 2030, poner fin al hambre y asegurar el acceso de todas las personas, en particular los pobres y las personas en situaciones vulnerables, incluidos los lactantes, a una alimentación sana, nutritiva y suficiente durante todo el año	ODS 2.1
2	Fin a todas las formas de malnutrición	Fin MalNun	Para el 2030, poner fin a todas las formas de malnutrición, incluso logrando, a más tardar en el 2025, las metas convenidas internacionalmente sobre el retraso del crecimiento y la emaciación de los niños menores de 5 años, y abordar las necesidades de nutrición de las adolescentes, las mujeres embarazadas y lactantes y las personas de edad	ODS 2.2
3	Duplicar la productividad agrícola y los ingresos productores pequeña escala	2X PAgroPE	Para el 2030, duplicar la productividad agrícola y los ingresos de los productores de alimentos en pequeña escala, en particular las mujeres, los pueblos indígenas, los agricultores familiares, los pastores y los pescadores, entre otras cosas mediante un acceso seguro y equitativo a las tierras, a otros recursos de producción e insumos, conocimientos, servicios financieros, mercados y oportunidades para la generación de valor añadido y empleos no agrícolas	ODS 2.3
4	Sostenibilidad de los sistemas de producción de alimentos	Sos SProd.	Para el 2030, asegurar la sostenibilidad de los sistemas de producción de alimentos y aplicar prácticas agrícolas resilientes que aumenten la productividad y la producción, contribuyan al mantenimiento de los ecosistemas, fortalezcan la capacidad de adaptación al cambio climático, los fenómenos meteorológicos extremos, las sequías, las inundaciones y otros desastres, y mejoren progresivamente la calidad del suelo y la tierra	ODS 2.4
5	Diversidad genética semillas, plantas cultivadas y animales. Granja y silvestres	Div Gen	Para el 2020, mantener la diversidad genética de las semillas, las plantas cultivadas y los animales de granja y domesticados y sus especies silvestres conexas, entre otras cosas mediante una buena gestión y diversificación de los bancos de semillas y plantas a nivel nacional, regional e internacional, y promover el acceso a los beneficios que se deriven de la utilización de los recursos genéticos y los conocimientos tradicionales y su distribución justa y equitativa, como se ha convenido internacionalmente	ODS 2.5



6	Aumentar las inversiones en infraestructura rural, investigación y desarrollo tecnológico	Infr Rural	Aumentar las inversiones, incluso mediante una mayor cooperación internacional, en la infraestructura rural, la investigación agrícola y los servicios de extensión, el desarrollo tecnológico y los bancos de genes de plantas y ganado a fin de mejorar la capacidad de producción agrícola en los países en desarrollo, en particular en los países menos adelantados	ODS 2.a
7	Corregir restricciones y distorsiones comerciales en los mercados agropecuarios	Cr DisMerc	Corregir y prevenir las restricciones y distorsiones comerciales en los mercados agropecuarios mundiales, entre otras cosas mediante la eliminación paralela de todas las formas de subvenciones a las exportaciones agrícolas y todas las medidas de exportación con efectos equivalentes, de conformidad con el mandato de la Ronda de Doha para el Desarrollo	ODS2.b
8	Medidas funcionamiento mercados productos básicos alimentarios	Fun MrcAli	Adoptar medidas para asegurar el buen funcionamiento de los mercados de productos básicos alimentarios y sus derivados, y facilitar el acceso oportuno a información sobre los mercados, en particular sobre las reservas de alimentos, a fin de ayudar a limitar la extrema volatilidad de los precios de los alimentos	ods 2.c
9	Restablecimiento y el uso sostenible de los ecosistemas	U Sos Ecos	Para el 2020, velar por la conservación, el restablecimiento y el uso sostenible de los ecosistemas terrestres y los ecosistemas interiores de agua dulce y los servicios que proporcionan, en particular los bosques, los humedales, las montañas y las zonas áridas, en consonancia con las obligaciones contraídas en virtud de acuerdos internacionales	ods 15.1
10	Incrementar la forestación y la reforestación	Reforest	Para el 2020, promover la gestión sostenible de todos los tipos de bosques, poner fin a la deforestación, recuperar los bosques degradados e incrementar la forestación y la reforestación a nivel mundial	ods 15.2
11	Rehabilitar las tierras y los suelos degradados	Luch Desrt	Para el 2030, luchar contra la desertificación, rehabilitar las tierras y los suelos degradados, incluidas las tierras afectadas por la desertificación, la sequía y las inundaciones, y procurar lograr un mundo con una degradación neutra del suelo	ods 15.3
12	Conservación de los ecosistemas montañosos	Eco Mont	Para el 2030, velar por la conservación de los ecosistemas montañosos, incluida su diversidad biológica, a fin de mejorar su capacidad de proporcionar beneficios esenciales para el desarrollo sostenible	ods 15.4
13	Reducir la degradación de los hábitats naturales	Deg HabNat	Adoptar medidas urgentes y significativas para reducir la degradación de los hábitats naturales, detener la pérdida de la diversidad biológica y, para el 2020, proteger las especies amenazadas y evitar su extinción	ods 15.5



14	Participación justa y equitativa en los beneficios recursos genéticos	JyE RecGen	Promover la participación justa y equitativa en los beneficios que se deriven de la utilización de los recursos genéticos y promover el acceso adecuado a esos recursos, como se ha convenido internacionalmente	ods 15.6
15	Fin a la caza furtiva y el tráfico de especies	CazayTraf	Adoptar medidas urgentes para poner fin a la caza furtiva y el tráfico de especies protegidas de flora y fauna, y abordar la demanda y la oferta ilegales de productos silvestres	ods 15.7
16	Prevenir la introducción de especies exóticas invasoras	Esp Exot	Para el 2020, adoptar medidas para prevenir la introducción de especies exóticas invasoras y reducir de forma significativa sus efectos en los ecosistemas terrestres y acuáticos, y controlar o erradicar las especies prioritarias	ods 15.8
17	Ecosistemas a en la planificación y desarrollo	Eco PlnDes	Para el 2020, integrar los valores de los ecosistemas y la diversidad biológica en la planificación nacional y local, los procesos de desarrollo, las estrategias de reducción de la pobreza y la contabilidad	ods 15.9
18	Aumentar recursos financieros	Rec fin	Movilizar y aumentar de manera significativa los recursos financieros procedentes de todas las fuentes para conservar y utilizar de forma sostenible la diversidad biológica y los ecosistemas	ods 15.a
19	Recursos gestión forestal sostenible	Rec Forst	Movilizar un volumen apreciable de recursos procedentes de todas las fuentes y a todos los niveles para financiar la gestión forestal sostenible y proporcionar incentivos adecuados a los países en desarrollo para que promuevan dicha gestión, en particular con miras a la conservación y la reforestación	ods 15.b
20	Subsistencia sostenible comunidades locales	Sos Comun.	Aumentar el apoyo mundial a la lucha contra la caza furtiva y el tráfico de especies protegidas, en particular aumentando la capacidad de las comunidades locales para promover oportunidades de subsistencia sostenibles	ods 15.c

Fuente: Elaboración propia a partir de <https://sdgs.un.org/es/goals>



Anexo 2. Línea de tiempo Caso 1. Lago de Tota, Boyacá, Colombia

Caso 1: Lago de Tota, Boyacá, Colombia

Ecosistemas terrestres y de agua dulce

Hasta 1960

Antes de la cebolla, la población vivía de espaldas al lago. Se pescaba poco hasta que en 1939 se da inicio a la piscicultura. El lago se convierte en un recurso estratégico para la empresa Acerías Paz del Río y para las cementeras (Holcim y Argos) pues es su principal fuente de agua. En cuanto a los ecosistemas terrestres, la transformación se había dado principalmente en la zona plana, que tenía una reputación de extraordinaria fertilidad, que se relacionaba, precisamente, con la baja exportación de nutrientes debido a la baja producción comercial y los periodos de descanso del suelo.

1960s
1970s

En 1962, Acerías Paz del Río abre las compuertas que llevan buena parte del caudal del río Olarte al lago, produciendo una elevación artificial de la cota hasta los 3.015,50 msnm y la inundación de extensas zonas agropecuarias ribereñas. En 1975 el INDERENA, como ente administrador del lago en ese momento, desvió nuevamente las aguas del río Olarte, lo que generó otra vez inundaciones en los terrenos cultivados.

1980s
1990s

Se observa a una intensa transformación de los ecosistemas y del lago; algunas personas buscan apropiarse de tierras aledañas al lago para cultivar cebolla. Los suelos de la zona baja son sueltos ricos en materia orgánica mientras que los de la zona alta son pobres, arcillosos y pesados. Hay estadísticas de que se le aplicaban a los suelos hasta 80 toneladas de gallinaza por hectárea al año, cambiando completamente sus condiciones. De acuerdo con el estudio de Rebollo (2015), en 1992 la vegetación de páramos era la cobertura dominante en la cuenca (~69 mil hectáreas), seguida por la actividad agropecuaria (~37 mil hectáreas) y el mosaico de pastos y cultivos (~18 mil hectáreas). El bosque denso y arbustal ya correspondía a pequeñas áreas, ubicadas en los límites del área, con un área de 6380,86 y 4428,17 ha, respectivamente.

2000s
2010s

La cobertura de mosaico de pastos y cultivos aumentó 22.253 ha entre 1992 y 2012 (Rebollo, 2015). Se registra un aumento del cultivo de cebolla del 0,41% pasando de 1.631 ha a 2.047 ha entre 1995 y 2010, así como la disminución del área del lago en un 0,055% correspondiente a 12 ha causada por la agricultura intensiva correspondiente a los cultivos de cebolla la cual ha incidido en la desecación del lago de Tota (Mateus, 2014). En 2004, se presentaron de nuevo inundaciones en las áreas aledañas al lago y varios líderes campesinos plantearon concertar con el Estado para encontrar una solución al problema definiendo conjuntamente el manejo de la cota del lago y de la ronda de protección del mismo (Chaparro, 2013).

Sistemas productivos y seguridad alimentaria

La población se mantuvo estancada (sin crecimiento) hasta la bonanza cebollera. Antes de la bonanza cebollera la población vivía de productos de pancoger, cría de ovejas y ganado vacuno. La cebolla se producía en huertas para consumo doméstico; se consumían las hojas, no el tallo. El principal cultivo comercial era la papa. La población era bastante pobre. En los años 30 se introduce la trucha arco-iris al país con fines de seguridad alimentaria. A finales de los años 20 se construye la primera carretera de importancia para conectar los municipios de la cuenca con la región, lo que impulsó la comercialización de alimentos.

La **bonanza cebollera** rompe el estancamiento de la población, que empieza a crecer más que en otros municipios de la región por la llegada de población proveniente de otros lugares. La expansión de la cebolla junca se da desde mediados de los 60, inicialmente en las zonas planas y lo suficientemente cercanas a la laguna para facilitar la construcción de sistemas de riego. Posteriormente, se da la expansión a las llanuras y a las orillas del lago, donde se construyen sistemas drenaje. Debido al impulso cebollero se da un marcado proceso de diferenciación social, donde la pujante agricultura cebollera capitalista contrasta con la pequeña agricultura familiar que también se constituye en la fuente de la mano de obra rural. A pesar de la preponderancia de la cebolla, todavía la mayor parte de los predios conservan cultivos alimenticios para proporcionar sustento a la familia.

Se afirma que la "bonanza cebollera" ya había pasado debido al aumento en los costos, tanto por el alza de los precios de los insumos, como por la necesidad de mayores cantidades de productos para control fitosanitario dada la creciente incidencia de enfermedades. Muchas personas preferían comprar su comida y sostenerse con la cebolla porque se cambió de la economía de autosuficiencia alimentaria por la economía agrícola mercantil. En las zonas de ladera aún hay sistemas productivos de policultivo con producción para autoconsumo. Desarrollo de **sistemas de riego** que favorecieron la expansión del cultivo, especialmente desde 1986 cuando se estableció una línea eléctrica de alta tensión que cruzó el plano y benefició a los riberaños. El uso del riego en el plano está caracterizado por un marcado individualismo.

Se desarrollan varias iniciativas de producción sostenible: agroecología (Granja Agroecológica Buenavista en 2011), huertas y cosecha de agua (ASOMUC en 2013), BPA (Asoparcela en 2012 y Pronacela en 2013). por otra parte, la Agencia Nacional de Licencias Ambientales (ANLA) otorgó licencia ambiental en 2009 a la empresa HOCOL SA (Resolución 2000), en el **área de interés exploratorio Muisca**, localizada en los municipios de Tota y Pesca, la cual fue cedida a la empresa Maurel & F Colombia (Resolución 553 de 2010). El proyecto de exploración sísmica y de hidrocarburos se encuentra ubicado en la ciudad de Sogamoso, en jurisdicción de los municipios Cuitiva, Firavitoba, Iza, Pesca, Sogamoso y Tota. Abarca una extensión de 35.288 has; actualmente existe solicitud de ampliación de licencia para la exploración de hasta 60 pozos, 40 de los cuales son para exploración de hidrocarburos y 20 para la inyección de aguas residuales del subsuelo.

Instituciones y gobernanza

Las autoridades restringen la pesca solo al autoconsumo, lo que conduce al desarrollo de pesca clandestina. Mediante el **Decreto 1111 de 1952**, el Gobierno Nacional otorgó derechos a Acerías Paz del Río para satisfacer las necesidades hídricas de la industria siderúrgica con el agua del lago y a realizar trabajos de conducción de agua. En 1954, Acerías Paz del Río era la única captadora autorizada de agua, es decir, esta empresa era portadora de derechos excepcionales de extracción de agua, por un máximo de 1500 lts/seg.

Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente - Decreto 2811 de 1974-, definió que las aguas en Colombia son de dominio público, son inalienables (no se pueden vender ni comprar), e imprescriptibles (los derechos públicos sobre ellas no caducan). Preciso que todos los habitantes tienen derecho de usar gratuitamente y sin exclusividad los recursos naturales de dominio público, sin necesidad de permiso, para satisfacer sus necesidades elementales. Por el contrario, para usos del agua con fines económicos o de servicios colectivos, se requiere concesión otorgada por el titular del derecho de dominio sobre ellas que es el Estado. **Decreto 1449 de 1977**: fijó como área forestal protectora una faja no inferior a 30 metros de ancho a cada lado de los cauces de los ríos, quebradas y arroyos

Constitución Nacional de 1991 en sus artículos 58, 79, 80 y 95, establece deberes y atribuciones del Estado y deberes y derechos de los particulares frente al medio ambiente y los recursos naturales, incluyendo el derecho al medio ambiente sano. **Ley 99 de 1993**: Creación del Sistema Nacional Ambiental (SINA), de las tasas por uso y retributivas y otros instrumentos económicos y de política pública, y donde se ordena que las zonas de páramos, subpáramos, los nacimientos de agua y las zonas de recarga de acuíferos serán objeto de protección especial, entre otras disposiciones. En cuanto a organización social, a finales de los 70 también se crea la Cooperativa Integral de Aquitania (Cooinal) que fracasa en el primer quinquenio de los 80 al ser capturada por los grandes cebolleros.

Normativa y jurisprudencia: Plan de Ordenamiento y Manejo de Cuenca (2005), Política Nacional de Gestión Integral del Recurso Hídrico (2010), Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y los SSEE (2012), Resoluciones de CORPOBOYACÁ para establecer cota máxima de inundación y deslinde de predios (2012, 2013), Documento CONPES 3801 (2014), Ley 1930 de 2018 (páramos como ecosistemas estratégicos), Resolución 1771 de 2018 (delimitación del complejo de páramos); Sentencia C094 de 2015: declara inexecutable Decreto 1111 de 1952; Sentencia T-0047 de 2020: Lago de Tota declarado como sujeto de derechos. **Proyecto AICCA**: financiado por el Fondo de Medio Ambiente (GEF) y ejecutado a través del consorcio para el desarrollo de la región CONDENSAN. Proliferación de **organizaciones de la sociedad civil**: Fundación Montecito (2010), Fundación Defensa y Salvación del Humedal Lago de Tota (2012), ASOMUC (2013), ASOPARCELA (2013), PRONACELA (2013).



Anexo 3. Matriz de interacciones entre las metas de los ODS 2 y 15

Caso 1. Cuenca del lago de Tota, Boyacá, Colombia

	1 : Acce Alime	2 : Fin MalNun	3 : 2X PAgroPE	4 : Sos SProd.	5 : Div Gen	6 : Infr Rural	7 : Cr DisMerc	8 : Fun MrcAli	9 : U Sos Ecos	10 : Reforest	11 : Luch Desrt	12 : Eco Mont	13 : Deg HabNat	14 : JyE RecGen	15 : CazayTraf	16 : Esp Exot	17 : Eco PlnDes	18 : Rec fin	19 : Rec Forst	20 : Sos Comun.
1 : Acce Alime	0	2	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2 : Fin MalNun	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
3 : 2X PAgroPE	3	2	0	2	2	2	1	1	3	1	3	1	3	1	0	0	1	0	1	1
4 : Sos SProd.	2	2	2	0	2	2	1	1	2	2	2	2	2	0	1	1	0	0	1	1
5 : Div Gen	2	2	1	2	0	1	1	1	2	1	2	2	1	1	1	1	0	1	1	1
6 : Infr Rural	1	1	2	3	2	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	2	1	1
7 : Cr DisMerc	2	1	1	1	2	1	0	2	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	1
8 : Fun MrcAli	2	2	2	2	1	1	2	0	3	0	1	1	1	0	1	0	1	0	0	1
9 : U Sos Ecos	1	1	2	2	3	1	1	1	0	0	2	3	2	1	0	0	0	0	0	1
10 : Reforest	1	1	1	1	2	1	0	0	2	0	2	3	2	1	1	1	2	1	1	1
11 : Luch Desrt	1	0	3	2	2	0	1	1	2	2	0	3	2	0	0	1	1	1	1	1
12 : Eco Mont	1	1	2	1	2	1	1	1	3	2	2	0	2	1	1	1	2	1	2	2
13 : Deg HabNat	1	1	2	1	2	1	1	1	3	2	3	3	0	1	1	1	1	2	0	1
14 : JyE RecGen	1	1	2	2	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1
15 : CazayTraf	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	2	0	0	0	0	0	1	1	0	0
16 : Esp Exot	1	1	1	1	0	1	1	1	2	1	1	2	2	1	1	0	2	0	1	1
17 : Eco PlnDes	1	1	2	2	1	2	0	1	2	2	2	2	2	1	1	1	0	1	3	1
18 : Rec fin	0	1	2	2	2	2	0	0	2	2	2	3	2	1	1	1	2	0	2	2
19 : Rec Forst	1	1	2	2	0	1	0	0	3	3	2	3	2	1	1	0	1	1	0	2
20 : Sos Comun.	0	0	1	1	1	0	0	0	2	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0

Caso 2. Subcuenca del río Salado, Oaxaca, México

	1 : Acce Alime	2 : Fin MalNun	3 : 2X PAgroPE	4 : Sos SProd.	5 : Div Gen	6 : Infr Rural	7 : Cr DisMerc	8 : Fun MrcAli	9 : U Sos Ecos	10 : Reforest	11 : Luch Desrt	12 : Eco Mont	13 : Deg HabNat	14 : JyE RecGen	15 : CazayTraf	16 : Esp Exot	17 : Eco PlnDes	18 : Rec fin	19 : Rec Forst	20 : Sos Comun.
1 : Acce Alime	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
2 : Fin MalNun	1	0	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3 : 2X PAgroPE	1	1	0	1	0	1	0	1	0	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
4 : Sos SProd.	1	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5 : Div Gen	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6 : Infr Rural	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7 : Cr DisMerc	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8 : Fun MrcAli	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9 : U Sos Ecos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
10 : Reforest	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
11 : Luch Desrt	3	2	3	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12 : Eco Mont	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13 : Deg HabNat	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
14 : JyE RecGen	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15 : CazayTraf	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0
16 : Esp Exot	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
17 : Eco PlnDes	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
18 : Rec fin	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
19 : Rec Forst	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
20 : Sos Comun.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0

Fuente: Elaboración propia

LUZ A. RODRÍGUEZ

Profesora de la Facultad de Estudios Ambientales y Rurales de la Pontificia Universidad Javeriana. Doctora en Política Ambiental de Duke University, Magister en Economía Ambiental y de los Recursos Naturales y Economista de la Universidad de Los Andes. Su investigación se ha centrado en la interacción entre el manejo de recursos comunes por comunidades rurales, la justicia ambiental, la construcción de paz y el desarrollo rural. Ha trabajado en proyectos de investigación relacionados con la construcción de paz ambiental por comunidades campesinas en Colombia, los sistemas de producción agrícola familiar, la gestión local del agua y las instituciones locales y la acción colectiva para el manejo de los comunes, la biodiversidad y los servicios ecosistémicos en Colombia y México.

FERNANDO GUMETA-GÓMEZ

Doctor en Ecología y desarrollo sustentable por el Colegio de la Frontera Sur, Explorador National Geographic, y actualmente Profesor Investigador de la Facultad de Bellas Artes de la Universidad Autónoma Benito Juárez de Oaxaca, en el área de Gestión Cultural y Desarrollo Sustentable. Se ha dedicado a documentar los procesos complejos de los sistemas sociales ecológicos del agua, del bosque, y de los recursos naturales de la zona marina y costera. Su investigación se ha centrado en comprender a las instituciones, los actores y sus interacciones en la regulación de la apropiación de los recursos naturales, así como los conocimientos y saberes situados, y la acción colectiva que las comunidades, principalmente rurales, han desarrollado e implementan para un manejo sostenible. A la par, ha realizado estudios fisicoquímicos y biológicos de los recursos naturales, que le permiten tener una comprensión holística, multidisciplinaria y transdisciplinaria.

MANUEL PÉREZ MARTÍNEZ

Doctor en Estudios Territoriales, Magister en Planeación y Administración del Desarrollo Regional y Sociólogo. Profesor Titular y director del Departamento de Desarrollo Rural y Regional de la Facultad de Estudios Ambientales y Rurales de la Pontificia Universidad Javeriana. Sus estudios se interesan en el fenómeno de la adaptación y organización socio espacial de territorios rurales en procesos de desarrollo urbano –marginales y regionales, las Zonas de Reserva Campesina, los cambios institucionales y el conflicto ambiental, los modelos de ordenamiento y planificación territorial, y el fortalecimiento organizacional e innovación productiva en comunidades rurales. Dirige la línea de investigación "Territorio y vínculos urbano-rurales" del grupo de investigación Institucionalidad y Desarrollo Rural.



MAURICIO GONZÁLEZ

Profesor, investigador y director del Departamento de Ecología y Territorio de la Facultad de Estudios Ambientales y Rurales, Pontificia Universidad Javeriana. Su formación académica como doctor en ingeniería le ha permitido abordar el desarrollo de modelos basados en agentes para la planificación del desarrollo urbano. Ha desarrollado proyectos para la gestión del recurso hídrico, el saneamiento básico de comunidades, la gestión del riesgo, entre otros. Actualmente participa en proyectos de investigación relacionados con modelación de sistemas socio-ecológicos, nuevos modelos para la gestión de recursos naturales y modelos para el soporte de acuerdos en el uso del agua. Su interés se centra en la implementación de una perspectiva tecnológica y multidisciplinaria para la gestión y el aprendizaje participativo, en el contexto de propuestas que aporten a la solución de problemas entre la sociedad y la naturaleza.



UNIVERSIDAD DE LOS ANDES

Cr. 1 # 18a - 12, RGA 201
Bogotá, Colombia

Tel +57 (1) 3394949 Ext. 5469



cods

CENTRO DE LOS OBJETIVOS
DE DESARROLLO SOSTENIBLE
PARA AMÉRICA LATINA