

ANÁLISIS MULTITEMPORAL DE LOS CAMBIOS DE COBERTURAS DE SUELO CON USO AGROPECUARIO EN EL MUNICIPIO DEL LÍBANO (TOLIMA) ENTRE LOS AÑOS 2000 Y 2018.

Juan Carlos García Giraldo, Cód, 93300207, jcgarciagi@unadvirtual.edu.co,
Wilmer Nicolas Bravo España, Cod, 83.212.357, wnbravoe@unadvirtual.edu.co,
Directora: Gina Carolina Posada Correa, gina.posada@unad.edu.co

Resumen

Según (Thompson y Troeh, 2021), consideran que el suelo es el lugar donde convergen el material vegetal, organismos, microorganismos, el agua y los minerales, actuando en total sinergia que hace de este el lugar ideal para el crecimiento y desarrollo de las plantas que todos los seres vivos necesitamos para vivir. El suelo esta vivo, y esta en constante renovacion gracias al ciclo donde los animales y plantas mueren y los microorganismos los degradan incorporandolos de nuevo para dar nueva vida. La degradacion de los suelos por la intervencion antrópica y su mal uso son las causales de diferentes problemáticas, donde se dedican a la extraccion del suelo, primando los beneficios economicos que el cuidado y responsable aprovechamiento de la capa superficial, exponiendo los suelos a la erosion hídrica y eólica gracias a la sobre ocupacion en las zonas agricolas y pecuarias sin tener en cuenta la vocacion del mismo.

Por tal razon se analizaron los cambios de la ocupacion del suelo

en el municipio de Libano departamento del Tolima, utilizando la herramienta Qgis con sus debidos geoprosesos, para generar las salidas graficas que permitan conocer y comparar los cambios que han habido en la ocupacion del suelo durante los 18 años enmarcados entre lo años 2000 al 2018, mediante un análisis multitemporal de las coberturas con adaptación Corine Land Cover a escala 1:100.000. Siendo este un paso muy importante para conocer el avance en el deterioro de los suelos durante los años de referencia, la carga ocupacional y la vocación de los mismos ofreciendo herramientas para soluciones a mediano y largo plazo en aras de mejorar el ordenamiento territorial en el municipio y hacer de las actividades agrícolas y pecuarias, las cuales son importantes e indispensables para el desarrollo de la localidad un uso responsable y acorde a las capacidades reales del suelo evitando su degradación.

Introducción

El suelo es un recurso natural importante para la actividad económica, dado su papel de insumo esencial en actividades como la agricultura y la ganadería, sin embargo, es un recurso altamente vulnerable, pues su sobreutilización por parte de dichas actividades puede llegar a afectarlo irreversiblemente. Esto puede generar, como consecuencia, la pérdida de sus funciones ambientales y, por ende, la disminución de sus bienes y servicios (Silva y Correa, 2009).

La sobreutilización de los suelos con fines agropecuarios es una preocupación creciente en la actualidad, dado el papel fundamental que desempeñan estos recursos en la producción de alimentos y la sostenibilidad ambiental (Serrato, 2013). A medida que la demanda mundial de productos agrícolas y ganaderos continúa en aumento para alimentar a una población creciente, la presión ejercida sobre la tierra cultivable se intensifica, llevando a prácticas agrícolas que, en muchos casos, exceden los límites sostenibles (Rizo-Mustelier et al., 2017).

Este fenómeno de sobreutilización implica el uso excesivo de los suelos para la producción agropecuaria, agotando sus nutrientes, reduciendo la biodiversidad y aumentando la vulnerabilidad a fenómenos climáticos extremos (Torres et al., 2009). Colombia, al ser un país agro diverso con gran potencial para impulsar sistemas productivos de cualquier tipo, enfrenta desafíos significativos en la gestión sostenible de sus recursos naturales (Ardisana et al., 2018). A pesar de contar con una variedad climática y geográfica propicia para la agricultura, la falta de planificación de los recursos y la falta de implementación de estrategias que permitan conocer el uso del suelo, tales como los sistemas de información geográfica (SIG), han contribuido al deterioro de los recursos.

En este sentido, la tecnología de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) ha posibilitado la obtención de resultados cartográficos y numéricos de suma utilidad en el ámbito de la planificación territorial (Aguilera Ontiveros, 2002), como aquellos orientados al análisis del crecimiento urbano y cambios de usos del suelo,

que brindan importantes herramientas metodológicas para el estudio de la dinámica de ocupación del suelo a escala urbano-regional (Henríquez Ruíz, 2014). De allí la importancia de conocer el cambio de las coberturas a través del tiempo, para entender las dinámicas del paisaje en función de los sistemas productivos altamente extractivistas. De acuerdo con lo anterior, el presente trabajo tiene como propósito analizar los cambios de coberturas de suelo de uso agropecuario en el municipio del Líbano (Tolima) en un periodo de 18 años, a través de la implementación de herramientas de SIG y de esta forma entender las dinámicas del paisaje y las pérdidas y ganancias en área de uso productivo para la región objeto de estudio.

Objetivos

Objetivo General

Analizar los cambios de cobertura del suelo de uso agropecuario en el municipio del Líbano-Tolima en un periodo de 18 años, a través de la aplicación de herramientas de sistemas de información geográfica (SIG).

Objetivos Específicos

- Construir un modelo lógico entidad-relación que permita explicar los cambios de cobertura del suelo mediante el uso de sistemas de información geográfica.

- Comparar los cambios de uso del suelo a través del tiempo evaluado mediante la aplicación de geoprocetos con el uso de la herramienta Qgis.
- Determinar las pérdidas y ganancias en área para cada una de las coberturas identificadas como uso agropecuario en el municipio del Líbano-Tolima.

Identificación de la problemática ambiental o caso de estudio

La sobreutilización y sobrecarga de los suelos para usos agropecuarios representan una problemática crítica que amenaza la sostenibilidad ambiental y la seguridad alimentaria a nivel mundial (Morales & Parada, 2005). La práctica continua de cultivos intensivos y la falta de rotación adecuada agotan los nutrientes del suelo, disminuyendo su capacidad para producir cosechas óptimas (Villareal-Nuñez et al., 2012). Esto no solo impacta negativamente la productividad agrícola, sino que también aumenta la dependencia de fertilizantes químicos, con sus efectos adversos en la calidad del suelo y la contaminación del agua (Sánchez et al., 2011).

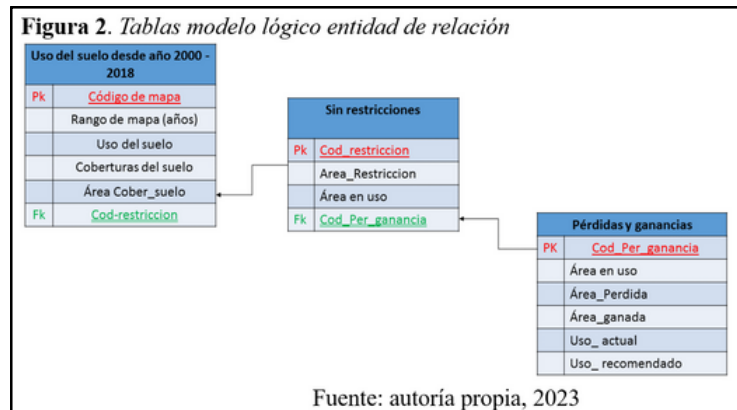
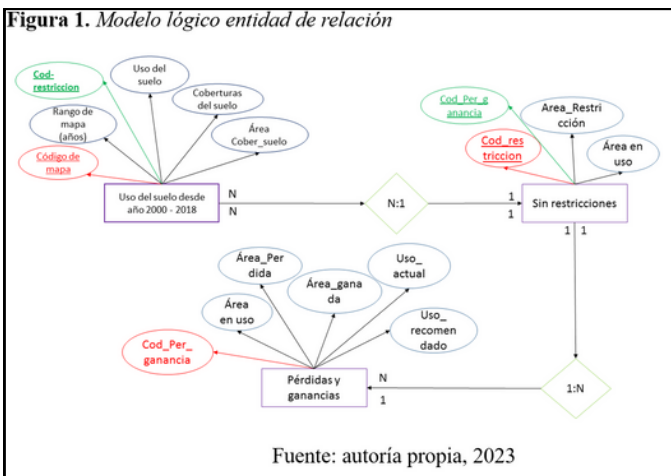
En Colombia, donde la presión sobre la tierra cultivable es evidente. La diversidad climática y geográfica de Colombia, aunque propicia para la agricultura, también contribuye a la variabilidad en los niveles de sobrecarga y sobreutilización del suelo en diferentes regiones (Reyes-Palomino et al., 2022).

De los 32 departamentos que conforman el territorio nacional, el Departamento del Tolima es considerado el noveno con mayor porcentaje de conflictos de uso del suelo. Según cifras del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) en 2016, el 54% de los suelos tolimenses padecen por la sobrecarga de las actividades agropecuarias (sobreutilización) o son zonas donde no se aprovecha su potencial agrícola (subutilización).

El municipio del Líbano (Tolima) ocupa el segundo lugar por sobrecarga de cultivos y ganados en zonas no aptas para tal fin con un 84% de sobrecarga del suelo (IGAC, 2016). Dada esta problemática, es necesario conocer cómo han cambiado las coberturas suelo de uso agropecuario en el municipio y la estimación de pérdidas y ganancias de áreas para entender las dinámicas del paisaje y la sobrecarga de los suelos por parte de las actividades productivas.

Desarrollo y análisis del caso de estudio

Modelo entidad de relación



Este esquema (Fig 1.) muestra que, en la construcción de la base de datos, el programador debe dejar anclados los datos de uso de suelo desde 2000 - 2018 como motor de búsqueda la llave primaria siglas en inglés (Pk) primary key código de mapa,

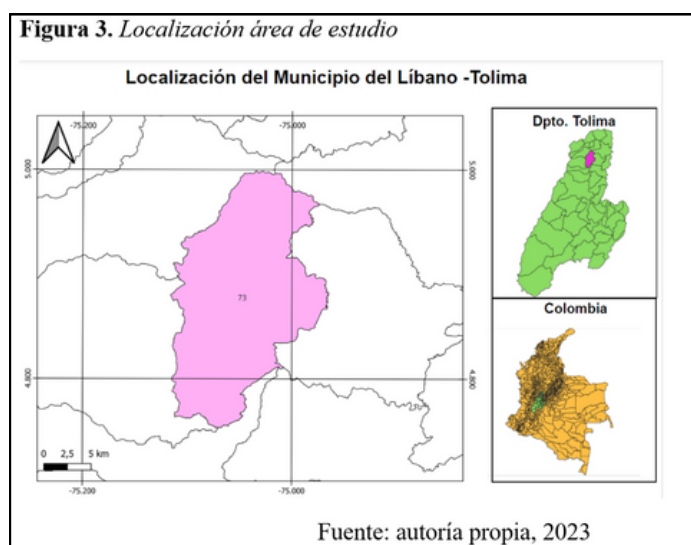
con la llave foránea sus siglas en inglés (FK) foreign key código de restricciones, para buscar los datos sin restricciones los cuales muestran el área de uso agrícola y pecuario sin las restricciones ambientales de ley (paramos, bosques, etc).

Así como también dejar anclado al motor de búsqueda de pérdidas y ganancias de área con vocación agrícola del municipio de Líbano, a los datos sin restricciones como (PK) y código de pérdida y ganancia de área como (Fk). De este modo acceder a los datos plasmados en la base de datos sean de fácil acceso.

Planteamiento e identificación de los geoprocesos y Modelamientos para lograr tanto la correcta identificación y mapificación del problema localizado geográficamente.

Área de estudio

El presente trabajo se desarrolló con información cartográfica del municipio del Líbano, el cual se encuentra ubicado al norte del Departamento del Tolima, en una zona de riesgo volcánico por influencia del volcán nevado del Ruíz. La cabecera está localizada geográficamente en las coordenadas $4^{\circ} 55'$ de latitud norte y los $75^{\circ} 04'$ de longitud al oeste de Greenwich.



Los límites demarcados del Líbano muestran que al norte se hallan los municipios de Villahermosa y Armero, al occidente está ubicado Murillo, al oriente limita con Lérica y Santa Isabel, mientras que al sur colinda con Santa Isabel (Fig. 1).

Metodología

Se planteó un análisis multitemporal con las coberturas con metodología Corine Land Cover/ Colombia, analizando la información a partir del Nivel 3 de clasificación y se homologó a los tipos de

El municipio del Líbano posee una extensión de 299,44 Km², de los cuales 3,28 Km² son urbanos y los restantes 296,16 Km² hacen parte de la extensión rural (Alcaldía municipal del Líbano-Tolima, 2023).

Es el tercer municipio más extenso en área urbana del departamento, cuenta con temperatura media de 20 °C. Se caracteriza por tener suelos fértiles y grandes extensiones de cultivos de café, por lo que sus actividades económicas principales son la agricultura, la ganadería y el turismo. Su población es de 45 262 habitantes, según el censo de 2018 (Alcaldía municipal del Líbano-Tolima, 2023).

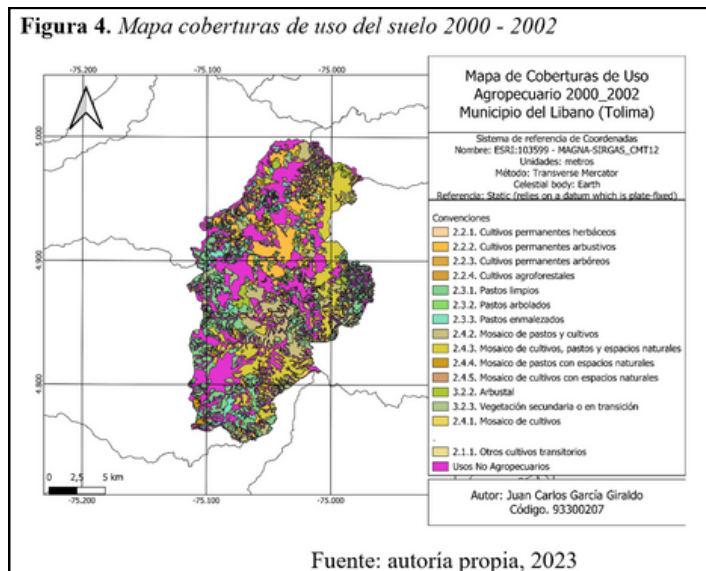
Climáticamente se enmarca en unidades frías, medias y cálidas con paisajes que fluctúan desde aplanamientos alomados en algunos sectores de tierras frías y medias; crestas ramificadas en tierras frías medias y cálidas, Vallecitos menores en la región de San Fernando y tierras en cañones sobre los ríos Lagunilla, Recio y las quebradas San Juan y La Honda, lo cual le determina una diversidad de mosaicos (Alcaldía del Líbano, PBOT 2016-2019).

uso de suelo en cada imagen obtenida, la escala empleada fue 1:100.000 para los periodos: 2000-2002, 2005-2009, 2010-2012 y 2018.

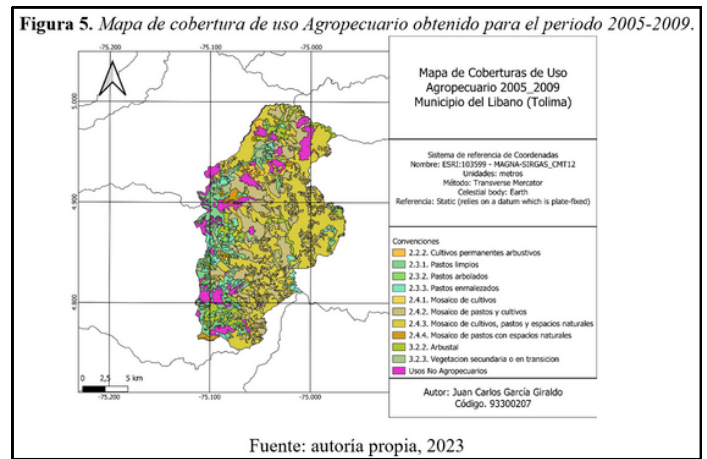
Dichas coberturas fueron descargadas de la página de internet <https://www.colombiaenmapas.gov.co/>, en formato Shapefile para ser procesadas en QGIS versión 3.32.3. El sistema de referencia de coordenadas empleado para el procesamiento de las capas fue ESRI:103599 - MAGNA-SIRGAS_CMT12 en metros a través del método Transverse Mercator.

Posteriormente, se aplicaron los geoprosesos de Corte, Diferencia, Disolver, Unión, para obtener el mapa de coberturas del Municipio del Líbano para cada una de las temporalidades, a los que posteriormente se les realizó una selección de coberturas de uso agropecuario para modelar los cambios a través del tiempo evaluado (18 años). Se obtuvieron los mapas por temporalidad y se hizo una comparación de los cambios en coberturas.

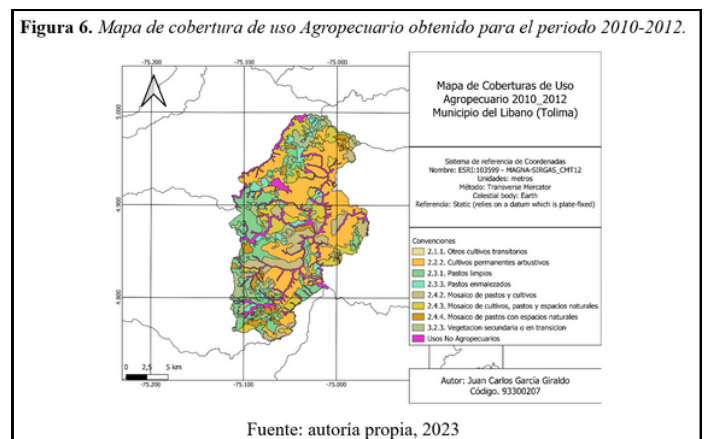
Adicionalmente, se realizó el cálculo de áreas por cobertura para cada periodo, para obtener las pérdidas y ganancias de dichas coberturas en todo el periodo evaluado.



Para el primer mapa generado, correspondiente a las coberturas de uso del suelo del 2000 al 2002 (Fig. 4), se observa que en la clasificación de coberturas en nivel 3, se identificaban un mayor número de coberturas y coberturas diferentes, tales como, Cultivos agroforestales y las áreas de uso no agropecuario, identificadas de color rosado, comprendían una mayor extensión.



Así mismo, se observa en el mapa de coberturas del periodo 2005 al 2009 (Fig. 5), que las áreas de las coberturas de uso no agropecuario, disminuyen y de igual forma sucede con el tipo de cobertura, pasando de 15 tipos de cobertura en el primer periodo evaluado, a 10 tipos de cobertura de uso agropecuario para el periodo en mención (2005-2009).



Con respecto al mapa de coberturas de uso agropecuario para el periodo 2010 al 2012 (Fig. 6), se observa que las coberturas de usos No Agropecuarios disminuyeron en comparación con el periodo anterior y el área de cultivos permanentes arbustivos incrementa considerablemente e igualmente sucede con el mapa de cobertura para el periodo 2018 (Fig. 7), donde se observa el incremento en uso para cultivos permanentes arbustivos y se disminuyen los tipos de uso, quedando con una zonificación de solo 8 tipos de uso de agropecuario.

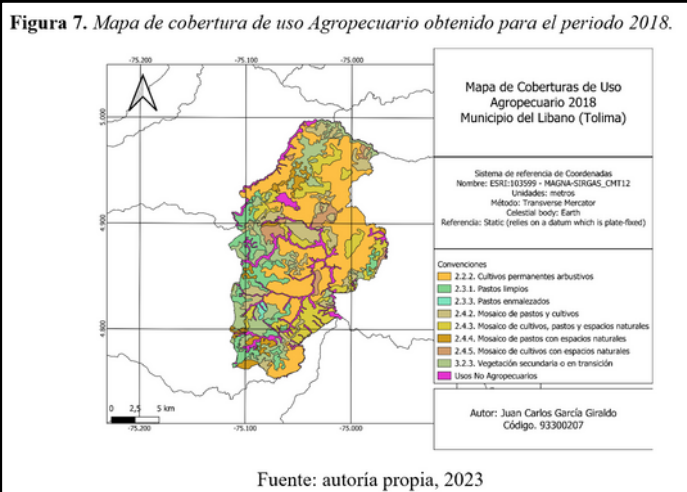


Tabla 1. Áreas de coberturas según la clasificación Corine Land Cover en hectáreas para cada periodo evaluado.

TIPO DE COBERTURA	ÁREA (HA)			
	2000-2002	2005-2009	2010-2012	2018
2.2.1. cultivos permanentes herbáceos	15,7	-	-	-
2.2.2. cultivos permanentes arbustivos	2942,24	264,85	8902,6	10234,54
2.2.3. cultivos permanentes arbóreos	22,34	-	-	-
2.2.4. cultivos agroforestales	1,97	-	-	-
2.3.1. pastos limpios	4215,09	3159,32	4863,71	2730,22
2.3.2. pastos arbolados	10,84	101,65	-	-
2.3.3. pastos enmalezados	1328,89	1255,66	1219,58	107,24
2.4.1. mosaico de cultivos	192,15	163,83	-	-
2.4.2. mosaico de pastos y cultivos	2885,63	6857,74	3248,34	2995,37
2.4.3. mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	4381,74	10469,19	3167,58	3734
2.4.4. mosaico de pastos con espacios naturales	154,61	441,48	1149,88	1029,48
2.4.5. mosaico de cultivos con espacios naturales	10,59	-	-	1013,85
3.1.1. bosque denso	2835,23	326,26	-	-
3.1.2. bosque abierto	777,44	315,34	-	-
3.1.3. bosque fragmentado	292,65	676,97	-	-
3.1.4. bosque de galería y ripario	5515,07	288,9	2921,39	2328,3
3.2.2. arbustal	492,12	1980,01	-	-
3.2.3. vegetación secundaria o en transición	1762,23	783,31	2513,38	3785,19

Fuente: autoría propia, 2023

A continuación, se presenta una comparación que permite establecer de forma visual (Fig. 8), los cambios espacio temporales de las coberturas de uso agropecuario en el municipio del Líbano, evidenciando el acelerado crecimiento de coberturas de cultivos permanentes y la reducción de coberturas de uso no agropecuario. De color rosado se observan las áreas de uso no agropecuario, que incluyen áreas naturales, tales como bosques, las cuales, a través del paso del tiempo, disminuyen su área, la cual pasó a ser ocupada por cultivos permanentes arbustivos, los cuales han generado una transformación drástica del paisaje y su matriz circundante.

De igual forma, se observa la cobertura con categoría 2.4.5, denominada mosaico de cultivos con espacios naturales la cual fue identificada solo en los periodos 2000-2002 y 2018, la cual pasó de presentar 10,59 Ha a 1.013,85 Ha (Tabla 1); estas coberturas afectaron coberturas naturales, tales como las de bosques densos, abiertos y fragmentados, para las cuales en la última clasificación de usos de cobertura del suelo, realizada en el año 2018, no se registran valores.

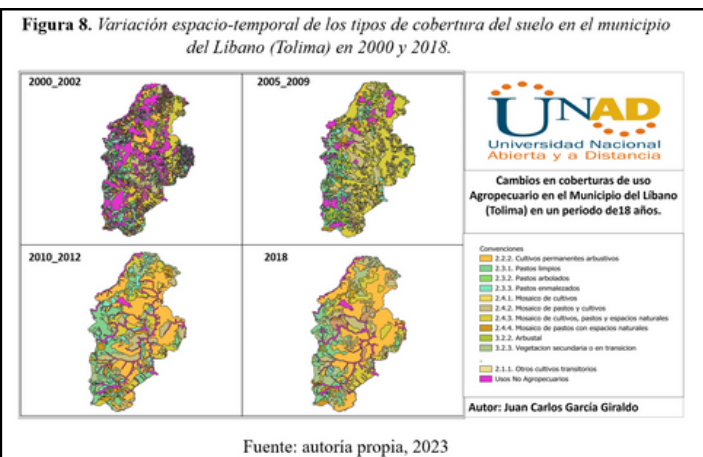


Tabla 2. Pérdidas y ganancias en área (Ha) para cada cobertura evaluada en el municipio del Líbano-Tolima.

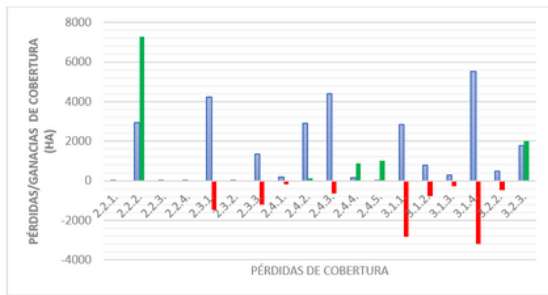
Categoría/Tipo de Cobertura	Área (Ha) 2000-2002	Área (Ha) 2018	Pérdidas/Ganancias (Ha)	Pérdidas/Ganancias (%)
2.2.1.	15,7	0	-15,7	-100,0
2.2.2.	2942,24	10234,54	7292,3	247,8
2.2.3.	22,34	0	-22,34	-100,0
2.2.4.	1,97	0	-1,97	-100,0
2.3.1.	4215,09	2730,22	-1484,87	-35,2
2.3.2.	10,84	0	-10,84	-100,0
2.3.3.	1328,89	107,24	-1221,65	-91,9
2.4.1.	192,15	0	-192,15	-100,0
2.4.2.	2885,63	2995,37	109,74	3,8
2.4.3.	4381,74	3734	-647,74	-14,8
2.4.4.	154,61	1029,48	874,87	565,9
2.4.5.	10,59	1013,85	1003,26	9473,7
3.1.1.	2835,23	0	-2835,23	-100,0
3.1.2.	777,44	0	-777,44	-100,0
3.1.3.	292,65	0	-292,65	-100,0
3.1.4.	5515,07	2328,3	-3186,77	-57,8
3.2.2.	492,12	0	-492,12	-100,0
3.2.3.	1762,23	3785,19	2022,96	114,8

Fuente: autoría propia, 2023

Así mismo, se observa las pérdidas y ganancias en área para cada cobertura (Tabla 2), donde las coberturas con mayor ganancia en área fueron cultivos permanentes arbustivos con un aumento del 247%, mosaico de cultivos con espacios naturales con ganancia del 9473% y mosaico de pastos y cultivos con 565,9 %.

Los resultados muestran la variación en los tipos de cobertura de uso agropecuario en el municipio del Líbano, evidenciando que entre los periodos 2000-2002 y 2018 se presentó un aumento considerable en la cobertura de cultivos permanentes arbustivos, pasando de tener 2.942,24 Ha en 2000 a 10.234,54 Ha en el año 2018.

Figura 9. Gráfico de pérdidas y ganancias en área (Ha) para los tipos de coberturas evaluados en el Municipio del Líbano-Tolima.



Fuente: autoría propia, 2023

En la figura 9 las barras de color Azul representan los valores de áreas de coberturas en el periodo inicial evaluado (2000-2002), mientras que el color verde representa las ganancias en área por cobertura y las barras de color rojo en el eje negativo, indican las pérdidas en área por cada tipo de cobertura. Se observó que la cobertura con área sobresaliente y predominante fue cultivos permanentes arbustivos referenciado con el código 2.2.2 de acuerdo con la metodología de clasificación Corine Land Cover empleada (Nivel 3).

En ese sentido, se determinó que los cultivos permanentes arbustivos corresponden al cultivo de Café el cual tuvo un auge a partir del año 2010 en el municipio objeto de estudio.

Conclusiones

De acuerdo con los resultados, se obtuvo que el tipo de cobertura con mayor predominancia y que se constituyó como factor de cambio del paisaje, fue cultivos permanentes arbustivos para el municipio del Líbano, llegando a alcanzar un 247% de aumento en área en el periodo total de 18 años, evaluado mediante herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG) y disminuyendo drásticamente las coberturas naturales, tales como Bosques densos, Bosques abiertos y Bosques fragmentados.

Recomendaciones

De acuerdo con este análisis multitemporal, se recomienda que desde nivel municipal y departamental se genere una nueva zonificación en el municipio, la cual incluya restricciones de uso, para recuperar áreas de coberturas naturales y de esta forma mitigar los efectos de la sobre carga de los suelos y por ende de efectos de tipo ambientales que contribuyen al cambio climático.

Esto concuerda con los registros publicados por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, a través del portal Agronet en el año 2017 (Fig. 8), donde se reportan 8.938 Ha sembradas durante el 2017.

Figura 10. Reporte de Área sembrada del cultivo de Café en el Departamento del Tolima en el año 2017

Área Sembrada, Área Cosechada, Producción y Rendimiento del Cultivo de Café en Tolima Año 2017				
Municipio	Área Sembrada (Ha)	Área Cosechada (Ha)	Producción (t)	Rendimiento (t/ha)
TOTAL	112.887	86.919	84.873	1,0
Planadas	13.083	10.529	8.873	0,8
Alaco	10.745	9.044	9.145	1,0
Líbano	8.938	7.464	5.683	0,8
Isagüé	8.832	7.527	6.342	0,8
Chaparral	7.668	6.608	6.098	0,9
Rovira	6.428	5.128	3.456	0,7
Roldano	6.073	5.309	6.711	1,3
Ortega	5.872	5.310	8.949	1,7
Fresno	5.764	4.854	8.181	1,7
San Antonio	4.101	3.620	3.050	0,8
Otros Municipios	30.362	30.098	28.056	0,9

Fuente: Tomado del portal Agronet del Ministerio de Agricultura.

Dichos cultivos permanentes arbustivos corresponden al cultivo del café, para el cual se aumentó el área de siembra en el municipio del Líbano, transformando el paisaje natural y contribuyendo a la pérdida de coberturas naturales e importantes, llevando a los suelos a niveles de sobrecarga que podrían desencadenar procesos de degradación como la erosión y pérdida de potencial productivo.

Bibliografía

Aguilera Ontiveros, A. (2002). Ciudades como tableros de ajedrez. Introducción al modelado de dinámicas urbanas con autómatas celulares, El Colegio de San Luis, San Luis Potosí. <https://doi.org/10.35424/rcarto.i98.149>

Alcaldía del Líbano. (2019). Plan Básico de Ordenamiento Territorial 2016-2019. Decreto 1000-0821 de 2019. Caracterización del municipio. <https://www.libano-tolima.gov.co/Transparencia/PlaneacionGestionControl/Plan%20de%20Desarrollo%202016%20-%202019.pdf>

Ardisana, Eduardo, Gaínza, Bárbara, Torres, Antonio, & Fosado, Osvaldo. (2018). AGRICULTURA EN SUDAMÉRICA: LA HUELLA ECOLÓGICA Y EL FUTURO DE LA PRODUCCIÓN AGRÍCOLA. *Revista Chakiñan de Ciencias Sociales y Humanidades*, (5), 90-101. http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2550-67222018000100090&lng=es&nrm=iso

Henríquez Ruíz, C. (2014). Modelando el crecimiento de las Ciudades Medias, Ediciones UC, Santiago. <https://doi.org/10.35424/rcarto.i98.149>

Instituto Geográfico Agustín Codazzi - IGAC. Colombia en mapas. Gov.co. Consultado el 25 de Noviembre de 2023, de <https://www.colombiaenmapas.gov.co/>

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) (2016). Municipios del Tolima con grados más altos de uso inadecuado del suelo en el departamento. <https://www.igac.gov.co/es/noticias/9-municipios-del-tolima-tienen-los-grados-mas-altos-de-uso-inadecuado-del-suelo-en-el#:~:text=Se%20trata%20de%20Palocabildo%2C%20L%C3%ADbano,Su%C3%A1rez%2C%20Espinal%20y%20San%20Luis.>

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (2017). Principales Cultivos por Área Sembrada en 2017. (s/f). Gov.co. Recuperado el 2 de diciembre de 2023, de https://www.agronet.gov.co/Documents/TOLIMA_2017.pdf

Morales, C., & Parada, S. (2005). Pobreza, desertificación y degradación de los recursos naturales. Cepal.org. https://www.cepal.org/sites/default/files/publication/files/2448/So500967_es.pdf

Reyes-Palomino, Smith Ervin, & Cano Ccoa, Dominga Micaela. (2022). Efectos de la agricultura intensiva y el cambio climático sobre la biodiversidad. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 24(1), 53-64. Epub 21 de febrero de 2022. <https://dx.doi.org/10.18271/ria.2022.328>

Rizo-Mustelier, M., Vuelta-Lorenzo, D. R., & Lorenzo-García, A. M. (2017). AGRICULTURA, DESARROLLO SOSTENIBLE, MEDIOAMBIENTE, SABER CAMPESINO Y UNIVERSIDAD. *Ciencia en su PC*, (2), 106-120. <https://www.redalyc.org/journal/1813/181351615008/html/>

Sánchez, Saray, Hernández, Marta, & Ruz, F. (2011). Alternativas de manejo de la fertilidad del suelo en ecosistemas agropecuarios. *Pastos y Forrajes*, 34(4), 375-392. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=So864-03942011000400001&lng=es&tlng=es.](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=So864-03942011000400001&lng=es&tlng=es)

Serrato Vásquez, M. (2013). Mal uso del suelo en Colombia ocasiona problemas socioeconómicos. *Revista Sistemas de Producción Agroecológicos*, 4(2), 66-80. <https://doi.org/10.22579/22484817.624>

Silva Arroyave, S. M., & Correa Restrepo, F. J. (2009). ANÁLISIS DE LA CONTAMINACIÓN DEL SUELO: REVISIÓN DE LA NORMATIVA Y POSIBILIDADES DE LA REGULACIÓN ECONÓMICA. *Semestre Económico*, 12(23), 13-34. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=165013122001>

Villarreal-Núñez, José Ezequiel, Name-Tuñón, Benjamín, & García-Espino, Rubiela Alicia. (2012). Monitoreo de cambios en la fertilidad de suelos por medio de análisis de laboratorio. *Agronomía Mesoamericana*, 23(2), 301-309. <https://www.redalyc.org/pdf/437/43724664009.pdf>

Thompson, L. M., & Troeh, F. R. (2021). *Los suelos y su fertilidad*. New York: Reverte.

Torres, Duilio, Aparicio, Milagros, López, Marisol, Contreras, Jorge, & Acevedo, Ingrid. (2009). Impacto del tipo de uso de la tierra sobre propiedades del suelo en la depresión de Quíbor. *Agronomía Tropical*, 59(2), 207-217. https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0002-192X2009000200009

Link de Sustentación

<https://www.youtube.com/watch?v=mDmJ6BrliCw>