ISBN: 978-628-96613-1-6. ISSN: 2414-6390. Digital Object Identifier: https://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2025.1.1.675

Land Use Changes due to Urban and Agricultural Expansion in the Llaucano Basin, Cajamarca (1995-2024)

Willy O. Barboza-Estela[1], *Verónica J. Rojas-Gonzales*[1], *Gladys S. Licapa-Redolfo*[2], *Edilberto Gastolomendo-Malimba*[1]
[1]Universidad Privada del Norte, Perú. N00204528@upn.pe, N00231476@upn.pe, N00219829@upn.pe
[2]Facultad de Ingeniería, Universidad Privada del Norte, Perú. gladys.licapa@upn.edu.pe

Abstract – This study analyzes land-use changes in the Llaucano basin, Hualgayoc province, Cajamarca, between 1995 and 2024, using Landsat satellite images and the Corine Land Cover methodology. The results show significant transformations, especially an increase in artificialized areas, which went from 3.39% to 11.84%, driven by urban expansion, infrastructure construction, and mining expansion. Simultaneously, agricultural areas decreased from 15.73% to 11.73%, while pastures with natural spaces increased their coverage, reflecting a transition toward livestock activities, moving away from intensive agriculture. Water and shrubland categories registered significant decreases, while burned areas increased, evidencing environmental impacts such as habitat division and the decline of ecosystem services. These trends, influenced by human activities and climate change, highlight the region's vulnerability. The research underscores the importance of sustainable strategies that combine biodiversity preservation with economic growth. It proposes implementing reforestation, sustainable agricultural techniques, and sound urban planning to mitigate adverse effects and ensure the long-term sustainability of the basin's ecosystems. These results offer key insights for environmental management in similar contexts.

Keywords – Land Use Changes, Urban Expansion, High-Andean Ecosystems, Sustainable Conservation.

Cambios de Uso de Suelo por Expansión Urbana y Agrícola en la Cuenca del Llaucano, Cajamarca (1995 - 2024)

Willy O. Barboza-Estela[1], *Verónica J. Rojas-Gonzales*[1], *Gladys S. Licapa-Redolfo*[2], *Edilberto Gastolomendo-Malimba*[1]
[1]Universidad Privada del Norte, Perú. N00204528@upn.pe, N00231476@upn.pe, N00219829@upn.pe
[2]Facultad de Ingeniería, Universidad Privada del Norte, Perú. gladys.licapa@upn.edu.pe

Resumen – El siguiente estudio analiza los cambios en el uso de la tierra en la cuenca del Llaucano, provincia de Hualgayoc, Cajamarca, entre 1995 y 2024, utilizando imágenes satelitales Landsat y la metodología Corine Land Cover. Los resultados muestran transformaciones significativas, especialmente un aumento de áreas artificializadas, que pasaron del 3.39% al 11.84%, impulsadas por la expansión urbana, la construcción de infraestructura y la expansión minera. Simultáneamente, las áreas agrícolas disminuyeron del 15.73% al 11.73%, mientras que los pastos con espacios naturales incrementaron su cobertura, lo que refleja una transición hacia actividades ganaderas, alejándose de la agricultura intensiva. Las categorías de superficies de agua y arbustales registraron importantes disminuciones, mientras que las zonas quemadas aumentaron, evidenciando impactos ambientales como la división de hábitats y la disminución de los servicios del ecosistema. Estas tendencias, influenciadas por actividades humanas y el cambio climático, resaltan la vulnerabilidad de la región. La investigación subraya la importancia de tácticas sustentables, que fusionan la preservación de la biodiversidad con el crecimiento económico. Se propone implementar reforestación, técnicas de agricultura sustentable y una correcta planificación urbana, para atenuar los efectos adversos y asegurar la sostenibilidad a largo plazo de los ecosistemas de la cuenca. Estos resultados ofrecen información clave para la gestión ambiental en contextos similares.

Palabras clave—Cambios de Uso del Suelo, Expansión Urbana, Ecosistemas Altoandinos, Conservación Sostenible.

I. Introducción

En el mundo, la expansión urbana, es un fenómeno donde más del 50% de los habitantes residen en áreas urbanas[1], este suceso implica significativas pérdidas de la flora nativa, no solo impactando la biodiversidad, sino también los ecosistemas y las comunidades que se sustentan en ellos. A escala global, la Organización de las Naciones Unidas indica que el 55% de la población global reside en zonas urbanas, y se proyecta que este porcentaje llegue al 68% para el año 2050, lo que aumentará la presión sobre los ecosistemas naturales[2]. En América Latina, el nivel de urbanización ha progresado considerablemente en las últimas décadas, la migración del campo hacia la ciudad, ha hecho que ésta crezca proporcionalmente[3]. En 1950, la tercera parte de la población global residía en áreas urbanas [4]. En 2018, América del Norte fue la región con mayor urbanización del mundo, con un 82% de su población viviendo en zonas urbanas. Posteriormente se encontraron América Latina y el Caribe (81%), Europa (74%) y Oceanía (68%). Se notan los grados de urbanización más bajos en Asia (50%) y África (43%)[4].

En Perú, el aumento más notable del sistema urbano se produce en los estratos de población más bajos. Esto es evidente en el rango de las ciudades intermedias menores (de 50 mil a 100 mil habitantes). Esta expansión de las ciudades hacia áreas rurales ha provocado la destrucción de hábitats nativos, como las lomas costeras y los bosques amazónicos [6]. Según MINAM, entre 2001 y 2021, Perú perdió más de 2 millones de hectáreas de cobertura vegetal debido a la urbanización, minería y agricultura intensiva [7].

Por otro lado, en Cajamarca, la población urbana experimentó un crecimiento gradual de 1940 a 1981, ascendiendo del 13,7% al 20,6%. Se observa un aumento en la proporción de habitantes urbanos a casi el 25% de la población del departamento. Según la muestra del censo continuo del 2005, más del 75% de los habitantes de Cajamarca eran rurales [8]. Entre 2007 y 2017, el censo de población urbana registró un aumento de 84 mil 169 individuos, con una tasa de crecimiento promedio anual del 2,0%. Por otro lado, la población censada en zonas rurales se redujo en 130 mil 966 individuos, lo que indica un promedio decreciente anual de 1,4%[9]. En consecuencia, el crecimiento urbano ha invadido áreas de alto valor ecológico, eliminando especies endémicas y alterando la dinámica de los ecosistemas locales [10].

Otro de los factores del cambio de uso de suelos es la baja productividad de las zonas agrícolas en el Perú, causada por la degradación del suelo, la falta de tecnologías adecuadas y el cambio climático, esta problemática ha llevado a muchos agricultores a transformar sus tierras en pastizales. Este cabio permite a los pobladores la crianza y pastoreo de ganado, generando ingresos más estables y ayudando a sus familias a solventar sus gastos económicos básicos[12]. Sin embargo, este cambio de uso del suelo plantea retos ambientales, por lo que es necesario promover una gestión sostenible que proteja los servicios ecosistémicos. Así mismo, el cambio de uso de suelos ha sido impulsado principalmente por políticas públicas que han flexibilizado las regulaciones territoriales. La Ley N.º 31313 de Desarrollo Urbano Sostenible[13] y las recientes modificaciones a la Ley N.º 31973, ley Forestal y de Fauna Silvestre[14] han facilitado la expansión urbana y agrícola, muchas veces sin una adecuada planificación territorial. Asimismo, las políticas de formalización de la propiedad promovidas desde la década de 1990 incentivaron la ocupación de suelos rurales. Estos procesos evidencian que las decisiones políticas han priorizado el crecimiento económico, muchas veces en prejuicio de la sostenibilidad ambiental.

En términos locales, Hualgayoc-Bambamarca es la sexta provincia con mayor población del Departamento de Cajamarca. De la población total censada, el 77.3% se encuentra en áreas rurales y el 22.7% en áreas urbanas; presentando una tasa de crecimiento del 4.9% en las áreas urbanas y del 0.6% en las áreas rurales[11]. Este crecimiento poblacional y la migración hacia la zona urbana ha provocado la expansión descontrolada de la ciudad hacia los alrededores sin una planificación territorial, impactado directamente en los ecosistemas, explotando zonas paisajísticas y construyendo en zonas de alto riesgo. Este fenómeno refleja la urgente necesidad de desarrollar políticas y estrategias que concilien el crecimiento urbano con la conservación de nuestra biodiversidad.

Ante esta problemática, el objetivo de estudio, tiene por finalidad realizar un Análisis multitemporal de los cambios de uso de suelo por expansión urbana y agrícola en la cuenca del Llaucano, utilizando imágenes satelitales Landasat 5, 8 y 9, y la base de datos del USGS. Estas herramientas facilitan el análisis ambiental y la correcta gestión de los recursos naturales, suministrando información geoespacial precisa y actualizada, trascendental para monitorear cambios en el uso del suelo, deforestación, planificación urbana y la mitigación de desastres [15], su integración en el estudio y las políticas públicas promueven el desarrollo sostenible y apoya la toma de decisiones.

II. METODOLOGÍA

A. Ámbito de estudio.

La cuenca del Río Llaucano está situada en la zona noroeste de Marañón, perteneciendo a las provincias de Cajamarca, Hualgayoc, Chota y Cutervo, pertenecientes al departamento de Cajamarca[16]. El río surge de las lagunas Munyu y Picotacón. Durante su travesía, adopta de manera consecutiva los nombres de Pachachaca y El Tambillo, transformándose en Llaucano desde su encuentro con el río Chonta, hasta su desembocadura en el río Marañón[17]. Los ríos Pomagón y Chontas son sus principales afluentes en la margen derecha, mientras que en la margen izquierda se encuentran los ríos Hualgayoc, Maygasbamba y Cutervo[18]. El área de estudio se observa en la fig. 1.

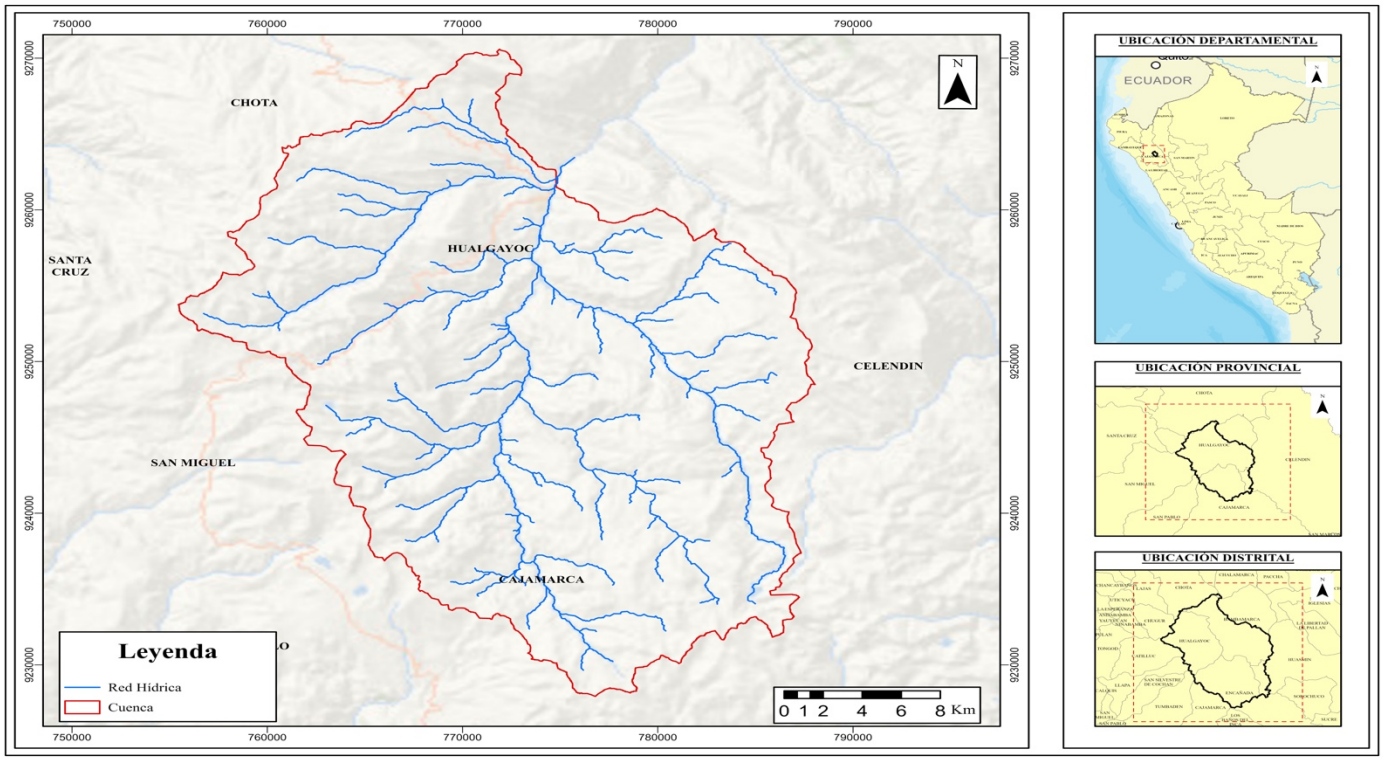


Fig. 1 Delimitación de la cuenca del Río Llaucano.

El territorio cuenta con una superficie cercana a 77 553 ha, un flujo medio de 29m^3/s, y la longitud de su cauce principal es de 90 km[19]. En términos geográficos, sus puntos más altos se encuentran alrededor de las coordenadas 78°18 ´ y 78°52 ´ de longitud Oeste y 6°04 ´ y 6°59 ´ de latitud Sur. Hualgayoc, Bambamarca, Cutervo, Sócota, Conchán y Tacabamba son las principales ciudades existentes en su cuenca. [17].

TABLA I.

CARACTERIZACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

Variables	Unidad de medida	Valor	
		Mínimo	Máximo
Altitud	m.s.n.m	2463	4226
Superficie	ha	77 553	
Perímetro	km	165.32	
Longitud de cauce	km	90	

B. Procesamiento de datos.

Dado el contexto de la investigación, se empleó una metodología híbrida; es decir, tanto de naturaleza cualitativa como cuantitativa. Esta metodología sostiene un conjunto de procesos organizados, empíricos y críticos que involucran la recolección, análisis y estudio de datos tanto cuantitativos como cualitativos[20].

C. Cartografía digital.

Para realizar el estudio se emplearon las hojas digitales de la carta nacional, creadas por el Instituto Geográfico Nacional a escala 1:100 000, obtenidas de la división departamental del geoservidor del MINAM, que muestran la siguiente información: cuadrantes, ríos, lagos, lagunas, cerros, zonas. urbanas, polígonos urbanos, cotas, curvas de nivel y carreteras[21]. Igualmente, se empleó el GDEM (Modelo de Elevación Digital del Terreno creado con imágenes de ASTER) de resolución espacial de 90 metros, creado por el Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS). Para comparar la información cualitativa con las imágenes satelitales, se realizó una entrevista a informantes relevantes que conocen la cuenca de estudio, utilizando el análisis multitemporal de imágenes satelitales de la base de datos USGS de los años 1995, 2004, 2014, 2024, en los meses con menos nubosidad para mayor definición, con el objetivo de reconocer el cambio de uso de suelos por expansión urbana y agrícola en el pasado y cómo ha progresado hasta la actualidad.

D. Imágenes de satélite.

Se emplearon 5 imágenes satelitales Landsat 5, 8 y 9 (TM, OLI y OLI - 2) de 1995, 2005, 2014 y 2024, correspondientes a la cuenca del Llaucano. Se complementó con fotografías de Google Earth para las áreas de escasa visibilidad. El estudio de cada imagen satelital se llevó a cabo utilizando los códigos RGB de usos del suelo Corine Land Cover[22] con la finalidad de realizar una clasificación no supervisada de la cuenca. La metodología CLC permitió utilizar su sistema jerárquico de tres niveles con hasta 44 clases detalladas. Sus parámetros clave son la resolución cartográfica mínima de 25 Has, el uso de imágenes del satélite Landsat, y las especificaciones de uso del suelo dominante, estructura de la cobertura y condiciones hidrológicas. Esta información fue validada por medio de fotointerpretación y la comparación con datos nacionales. ArcGis Pro 3.2 facilitó las correcciones radiométricas para corregir la reflectancia, combinación de bandas y el corte de la imagen satelital con respecto al área de estudio [23].

TABLA II.
IMÁGENES SATELITALES LANDSAT UTILIZADAS

Path/Row	Satélite	Sensor	Fecha	Zona UTM	Datum
9/65	Landsat 5	*TM	22-Nov-1995	17 S	WGS84
9/65	Landsat 5	*TM	11-Aug-2005	17 S	WGS84
9/65	Landsat 8	**OLI	7-Aug-2014	17 S	WGS84
9/65	Landsat 9	**OLI-2	21-Aug-2024	17 S	WGS84

*TM: Thematic Mapper. **OLI: Operational Land Imager

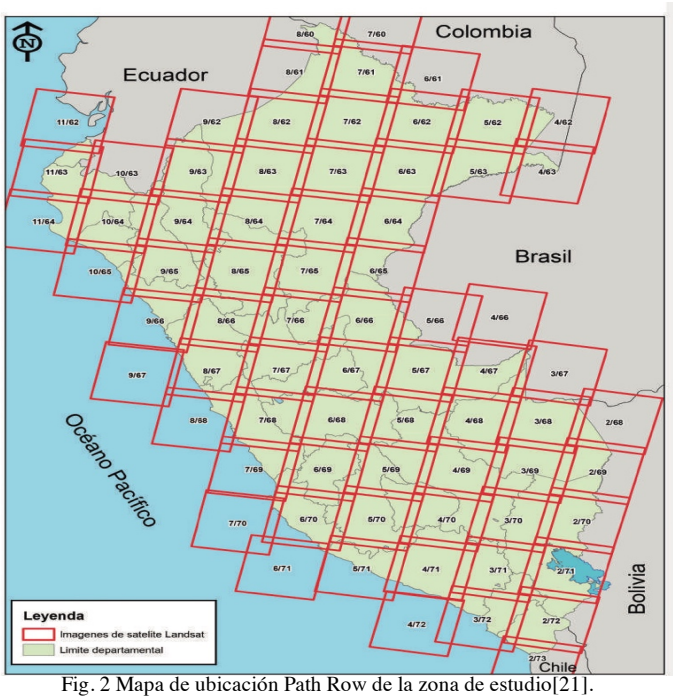


Fig. 2 Mapa de ubicación Path Row de la zona de estudio[21].

E. Metodología Corine Land Cover.

La metodología CLC, se refiere a la valoración de las coberturas terrestres a través de la utilización de imágenes satelitales Landsat[24], para el estudio se utilizó imágenes Landsat 5, 8 y 9, de los años 1995, 2005, 2014 y 2024, las cuales fueron ortorrectificadas, cortadas de acuerdo a las firmas espectrales de las bandas escogidas en el software ArcGis Pro 3.5, y ajustadas con imágenes de Google Earth Pro, configuradas a escala 1: 10 000. Esta metodología facilitó la categorización de los tipos de cobertura vegetal, reconociéndose: Nivel I, Superficies de Agua, nivel II, se categoriza en Lagunas, lagos y ciénagas naturales permanentes y Lagunas, lagos y ciénagas naturales estacionales (cód. 511, 512); Arbustal (Nivel II) Incluye las áreas cubiertas por vegetación arbustiva, formadas de manera natural en diversas densidades y sustratos. Un arbusto es una especie vegetal de carácter perenne, con una estructura de tallo robusto, con una altura que oscila entre 0,5 y 2m, con fuertes raíces en la base y sin copa específica[25]. Pastos con espacios naturales (Nivel II); Afloramientos rocosos (Nivel III); Pastos (Nivel III); Áreas agrícolas (Nivel I); Plantaciones Forestales (Nivel II) Son coberturas formadas por plantaciones de vegetación arbórea, llevadas a cabo directamente por el ser humano con propósitos de gestión forestal. En este procedimiento se forman rodeos forestales, instaurados a través de la plantación y/o siembra durante el proceso de forestación o reforestación, con el objetivo de producir madera (plantaciones de uso comercial) o de bienes y servicios ambientales (plantaciones de protección)[26]; Zonas Quemadas (Nivel III); Áreas Artificializadas (Nivel I): En este nivel se ubican las Áreas Urbanas, las Áreas Industriales e Infraestructurales, las Áreas de minería e hidrocarburos y escombreras, y las Áreas Verdes Artificiales no agrícolas, todas de Nivel II. Para estas categorías se identificó sus áreas en los años correspondientes.

III. RESULTADOS

A. Análisis multitemporal del uso de suelos 1995 al 2024.

La Tabla 3, presenta el uso del suelo en 1995, segmentando la cuenca del Llaucano en siete categorías de diferente nivel. De las 77 551ha, se detectó que los Pastos con Espacios Naturales ocupan la mayor superficie, con una extensión de 29 345ha (37,85%), representando más de un tercio del total. Esta información sugiere que una porción considerable del territorio en 1995, se encontró ocupada por pastizales con espacios naturales. Otra de las categorías identificadas fue Pastos con un área de 15 420.30ha (19.88%) ocupa el segundo lugar en uso del suelo, representando una quinta parte del total. la suma de esta categoría junto con Pastos con espacios naturales es equivalente al 58% evidenciando la importancia de las áreas de pastoreo en la cuenca del Llaucano. En cuanto a los Afloramientos rocosos representó 11 905.50ha (15.35%) Representan una porción considerable con áreas rocosas poco aprovechadas. Las áreas agrícolas ocuparon 12 199.90ha (15.73%) representando una porción relevante del suelo la cual está destinada a actividades agrícolas, con un impacto significativo. Las Superficies de Agua y Arbustal 3031.98ha y 3022.79ha. porcentaje del 3.91% y 3.90% cada una y, las Áreas artificializadas 2 625.41ha (3.39%) indicando áreas urbanizadas o intervenidas por actividades humanas.

TABLA III.
CATEGORÍAS DE USO DE SUELOS – 1995

N°	CATEGORÍAS DE USO DEL SUELO	ÁREA	%
1	Superficies de Agua	3031.98	4%
2	Arbustal	3022.79	4%
3	Pastos con espacios naturales	29345.00	38%
4	Afloramientos rocosos	11905.50	15%
5	Pastos	15420.30	20%
6	Áreas agrícolas	12199.90	16%
7	Áreas artificializadas	2625.41	3%

Los datos del 2005, Tabla 4. Presenta Superficies de Agua de 1213.27ha equivalente al 1.56% del total, representa la menor porción del total con ligera disminución en comparación al año 1995. En la categoría Arbustal se registró un área de 3823.95 ha (4.93%). En cuanto a los pastos con espacios naturales, una dimensión de 30 052.60ha (38.75%) constituyen la categoría con mayor uso de suelo reflejando gran presencia de áreas naturales con pastizales. Los afloramientos rocosos con una superficie de 11470.18ha (14.79%) representan una proporción considerable del territorio, lo cual indica la presencia de áreas con suelos rocosos que pueden tener poca vegetación. En la categoría de Pastos 14137.72ha (18.23%) presencia de pastos manejados destinados a actividades ganaderas. Las Áreas agrícolas 12106.59ha (15.61%) representan más del 15% del total, estos resultados muestran que gran parte del suelo se destina a actividades agrícolas. Finalmente, las Áreas artificializadas representan 4747.80ha (6.12%) aumento considerable en comparación al año 1995 reflejando la intervención humana para fines urbanos o de infraestructura.

TABLA IV.
CATEGORÍAS DE USO DE SUELOS – 2005

N°	CATEGORÍAS DE USO DEL SUELO	ÁREA	%
1	Superficies de Agua	1213.27	1.56%
2	Arbustal	3823.95	4.93%
3	Pastos con espacios naturales	30052.60	38.75%
4	Afloramientos rocosos	11470.18	14.79%
5	Pastos	14137.72	18.23%
6	Áreas agrícolas	12106.59	15.61%
7	Áreas artificializadas	4747.80	6.12%

En la Tabla 5 (2014) las categorías dominantes son los pastos con espacios naturales 22086.60ha (28.48%), los pastos 20011.88ha (25.80%) y las áreas agrícolas 18129.41 (23.38%), lo que evidencia un predominio de actividades ganaderas y agrícolas en la cuenca del Llaucano. En este año se registró zonas quemadas 350.89 ha (0.45%) Aunque el porcentaje es bajo, representan un indicador de degradación y contaminación ambiental, las Superficies de Agua 638.21ha (0.82%), indicando baja incidencia de cuerpos de agua en comparación con años anteriores. La presencia de afloramientos rocosos 10477.40 ha (13.51%) señala una limitación natural que no tiene variación considerable. La proporción de áreas artificializadas 4039 ha (5.21%) es indicativa del aumento en el nivel de urbanización e infraestructura. Finalmente, otra de las categorías que se registró en el 2014 son las Plantaciones Forestales con área de 802.46 ha (1.03%) dando inicios a un posible manejo forestal.

TABLA V.
CATEGORÍAS DE USO DE SUELOS – 2014

N°	CATEGORÍAS DE USO DEL SUELO	ÁREA	%
1	Superficies de Agua	638.21	0.82%
2	Arbustal	1017.61	1.31%
3	Pastos con espacios naturales	22086.60	28.48%
4	Afloramientos rocosos	10477.40	13.51%
5	Pastos	20011.88	25.80%
6	Áreas agrícolas	18129.41	23.38%
7	Plantaciones Forestales	802.46	1.03%
8	Zonas Quemadas	350.89	0.45%
9	Áreas Artificializadas	4039.00	5.21%

Durante el año 2024, Tabla 6. Se notan modificaciones importantes en la asignación de las categorías de aplicación del suelo. Las Superficies de Agua disminuyeron 430.96 ha (-67.55%) respecto del 2014, esto refleja una reducción significativa en los cuerpos de agua, posiblemente debido a la desecación por la época del año. En la categoría Arbustal se registró 347.39 ha (0.45%) con una disminución de 670.22 ha (-65.86%) la disminución tiene como factor la expansión agrícola y la urbanización. Los Pastos con Espacios Naturales aumentaron 8860.20 ha (+40.12%) este incremento indica una priorización del uso del suelo para actividades ganaderas y conservación natural. Los Afloramientos Rocosos incremento 33.99 ha (+0.32%) se mantiene prácticamente sin cambios, lo que es lógico debido a su naturaleza física. Los Pastos disminuyeron 3822.05 ha (-19.11%) posiblemente desplazados por los pastos con espacios naturales. Las Áreas

Agrícolas se redujeron en 9029.75 ha (-49.82%) este cambio importante se debe al abandono agrícola y siembra de pastos, reforestación o conversión a otros usos del suelo. Las Plantaciones Forestales disminuyeron145.46 ha (-18.13%) el cambio posiblemente por cambio de uso hacia otras actividades productivas. Las Zonas Quemadas se incrementaron en 59.59 ha (+16.98%) indicando mayores incendios forestales y las Áreas Artificializadas se incrementaron de 5144.47 ha (+127.43%) este crecimiento considerable refleja una expansión de la urbanización e infraestructura.

TABLA VI.
CATEGORÍAS DEL USO DE SUELOS – 2024

N°	CATEGORÍAS DE USO DEL SUELO	ÁREA	%
1	Superficies de Agua	207.25	0.27%
2	Arbustal	347.39	0.45%
3	Pastos con espacios naturales	30946.80	39.90%
4	Afloramientos rocosos	10511.39	13.55%
5	Pastos	16189.83	20.88%
6	Áreas agrícolas	9099.66	11.73%
7	Plantaciones Forestales	657.00	0.85%
8	Zonas Quemadas	410.48	0.53%
9	Áreas Artificializadas	9183.47	11.84%

En la tabla 7 y 8 se presenta el comportamiento de las categorías de uso del suelo entre los años 1995 y 2024 en hectáreas y mostrando las variaciones porcentuales en cada categoría a lo largo del tiempo. En las Superficies de Agua: En 1995 representaban el 3.91% del uso del suelo, pero disminuyeron gradualmente hasta un registro en 2024 (0.27%). En la categoría Arbustal: Ocupaba el 3.90% en 1995, tuvo un pequeño aumento en 2005 (4.93%), pero luego disminuyó a 0.45% en 2024, Pastos con Espacios Naturales: Esta categoría fluctuó las superficies, en 1995 (37.84%), disminuyó a 28.48% en 2014 y volvió a aumentar a 40% en 2024. En la categoría de Afloramientos Rocosos no se registra variación considerable, representando entre 15.35% y 13.51% durante todo el periodo. En la clasificación de Pastos: El estudio indica 19.88% en 1995 a 25.80% en 2014, seguido por una ligera reducción al 20.88% en 2024. Con respecto a las Áreas Agrícolas, comenzaron con un 15.73% en 1995, registraron cambios mínimos en 2005 con 15.61%, luego aumentaron significativamente a 23.38% en 2014 y cayeron a 11.73% en 2024. En las Plantaciones Forestales prácticamente inexistentes en 1995 y 2005 (0%), aumentaron ligeramente al 1.03% en 2014 y se evalúa una reducción al 0.85% en 2024. En la categoría Zonas Quemadas fueron ausentes hasta 2014, donde aparecen representando el 0.45% respecto del área total de la cuenca, incrementándose a 0.53% para el 2024. Finalmente, las Áreas Artificializadas aumentaron progresivamente de 3.39% en 1995 a 11.84% en 2024. Figura 3.

TABLA VII.
SUPERFICIE DE LAS CATEGORÍAS DE USO DE SUELO, 1984 – 2024

N°	Categorías de uso del suelo	1995/ha	2005/ha	2014/ha	2024/ha
1	Superficies de Agua	3031.98	1213.27	638.21	207.25
2	Arbustal	3022.79	3823.95	1017.61	347.39
3	Pastos con espacios naturales	29345.00	30052.60	22086.60	30946.80
4	Afloramientos rocosos	11905.50	11470.18	10477.40	10511.39
5	Pastos	15420.30	14137.72	20011.88	16189.83
6	Áreas agrícolas	12199.90	12106.59	18129.41	9099.66
7	Plantaciones Forestales	0.00	0.00	802.46	657.00
8	Zonas Quemadas	0.00	0.00	350.89	410.48
9	Áreas Artificializadas	2625.41	4747.80	4039.00	9183.47

TABLA VIII.
PORCENTUAL RESPECTO A LA SUPERFICIE DE LAS CATEGORÍAS DE USO DEL SUELO, 1984 – 2024

N°	CATEGORÍAS DE USO DEL SUELO	1995	2005	2014	2024
1	Superficies de Agua	3.91%	1.56%	0.82%	0.27%
2	Arbustal	3.90%	4.93%	1.31%	0.45%
3	Pastos con espacios naturales	37.84%	38.75%	28.48%	39.90%
4	Afloramientos rocosos	15.35%	14.79%	13.51%	13.55%
5	Pastos	19.88%	18.23%	25.80%	20.88%
6	Áreas agrícolas	15.73%	15.61%	23.38%	11.73%
7	Plantaciones Forestales	0.00%	0.00%	1.03%	0.85%
8	Zonas Quemadas	0.00%	0.00%	0.45%	0.53%
9	Áreas Artificializadas	3.39%	6.12%	5.21%	11.84%
	Total, del área de estudio	100%	100%	100.00%	100%

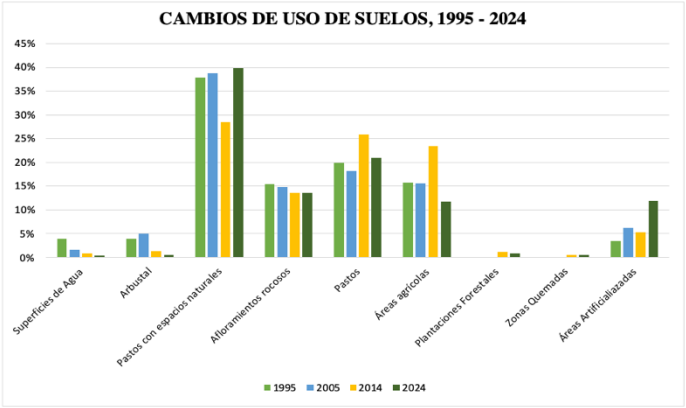


Fig. 3 Comportamiento general de los cambios de uso de suelo, 1995 – 2024.

La Figura 4 ilustra las variaciones en la utilización de terrenos entre 1995 y 2024, representando tres categorías principales relacionados al nivel II y III: arbustal, pastos con espacios naturales y afloramientos rocosos. La categoría Arbustal (línea verde) alcanzó su punto máximo en 2005, registró un 4.93%. Más adelante, experimentó una marcada disminución hasta alcanzar el 1.31% en 2015 y, para el 2024, se observa una reducción significativa al 0.45%, indicando una pérdida considerable de esta categoría a lo largo del tiempo. Los Pastos con espacios naturales (línea naranja) presenta un cambio notable durante el periodo de estudio, comenzó con un 37.84% en 1995 y hubo un aumento leve en 2005 (38.75%), antes de disminuir drásticamente al 28.48% en 2015. Luego, para 2024, se recupera al 39.90%, superando incluso los niveles iniciales. Finalmente, los Afloramientos rocosos (línea gris) muestra estabilidad a lo largo del tiempo.

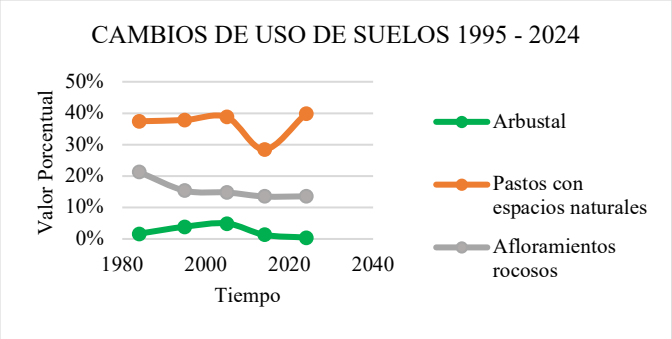


Fig. 4 Comportamiento Arbustal, Pastos con espacios naturales y Afloramientos rocosos 1995 – 2024.

La figura 5, se presenta los cambios porcentuales en el uso de suelos entre 1995 y 2024 para las categorías: Pastos, Áreas agrícolas y Áreas artificializadas. Realizando un análisis comparativo por cada año se observa que los Pastos (color celeste) disminuyeron gradualmente hasta 2015, pero presentan una recuperación importante hacia 2024. Las Áreas agrícolas crecieron significativamente hasta 2015, alcanzando su punto máximo, posteriormente comienzan a disminuir significativamente. Finalmente, las Áreas artificializadas eran inicialmente la categoría menos significativa, con el paso de los años muestran un crecimiento constante, duplicando su proporción entre 1995 y 2024.

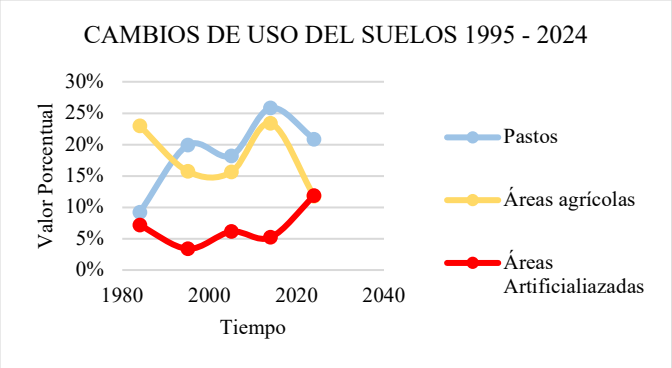


Fig. 5 Comportamiento de la categoría Pastos, Áreas Agrícolas y Áreas Artificializadas 1995 – 2024.

Se observa en la Figura 6 la evolución porcentual en el uso de suelos en las categorías Plantaciones forestales y Zonas quemadas, desde 1995 hasta 2024. Las Plantaciones forestales (línea verde) muestran un crecimiento rápido a partir del 2005 hasta 2015 registrando un 1.03% del área de estudio, seguido de una ligera reducción hacia 2024. Por otra parte, las Zonas quemadas (línea gris) tienen un crecimiento constante a lo largo del tiempo, mostrando un aumento lento pero sostenido. Que alcanzó un 0.53% de la superficie total.

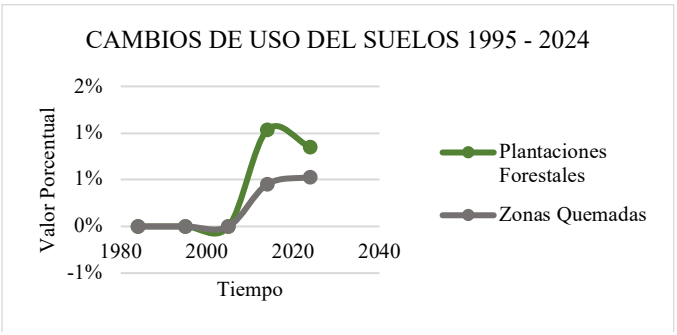


Fig. 6 Comportamiento de la categoría Plantaciones Forestales y Zonas Quemadas 1995 – 2024.

Finalmente, se evidencia la evolución porcentual de los tres tipos de uso de suelo en un período de 29 años, desde 1995 hasta 2024. Se evidencian importantes transformaciones en el uso del suelo, las Áreas agrícolas (línea amarilla) aumentaron significativamente hasta 2010, seguido de una disminución rápida, después estas áreas disminuyeron abruptamente hasta 11.73% en 2020 y 2024. Las Áreas artificializadas (línea roja) tiene un crecimiento constante a lo largo del tiempo. En 1995, las áreas artificializadas eran solo el 3.39%, aumentando a 6.12% en 2000, lo que refleja un proceso inicial de urbanización y en 2024 alcanzó 11.84%. en la categoría Arbustal (línea verde) se evidencia disminución progresiva y significativa, casi desapareciendo en 2024.

La Figura 7 muestra la repartición de las distintas clases de uso del suelo y las variaciones en su cobertura durante los años 1995, 2005, 2014 y 2024. Realizando una comparación general se observa una tendencia de urbanización, a lo largo de los años, las áreas artificializadas y agrícolas han aumentado considerablemente. En la categoría Pérdida de vegetación natural hay una reducción de las áreas de pastos y arbustales, debido a actividades humanas como la agricultura y expansión urbana. En el 2014 y 2024 se registran nuevas categorías, aparecen plantaciones forestales y zonas quemadas, mostrando intervenciones humanas en el paisaje. Estos cambios en la cuenca del Llaucano indican una transformación significativa en los usos del suelo, lo cual podría tener implicaciones ambientales como pérdida de biodiversidad y degradación del suelo.

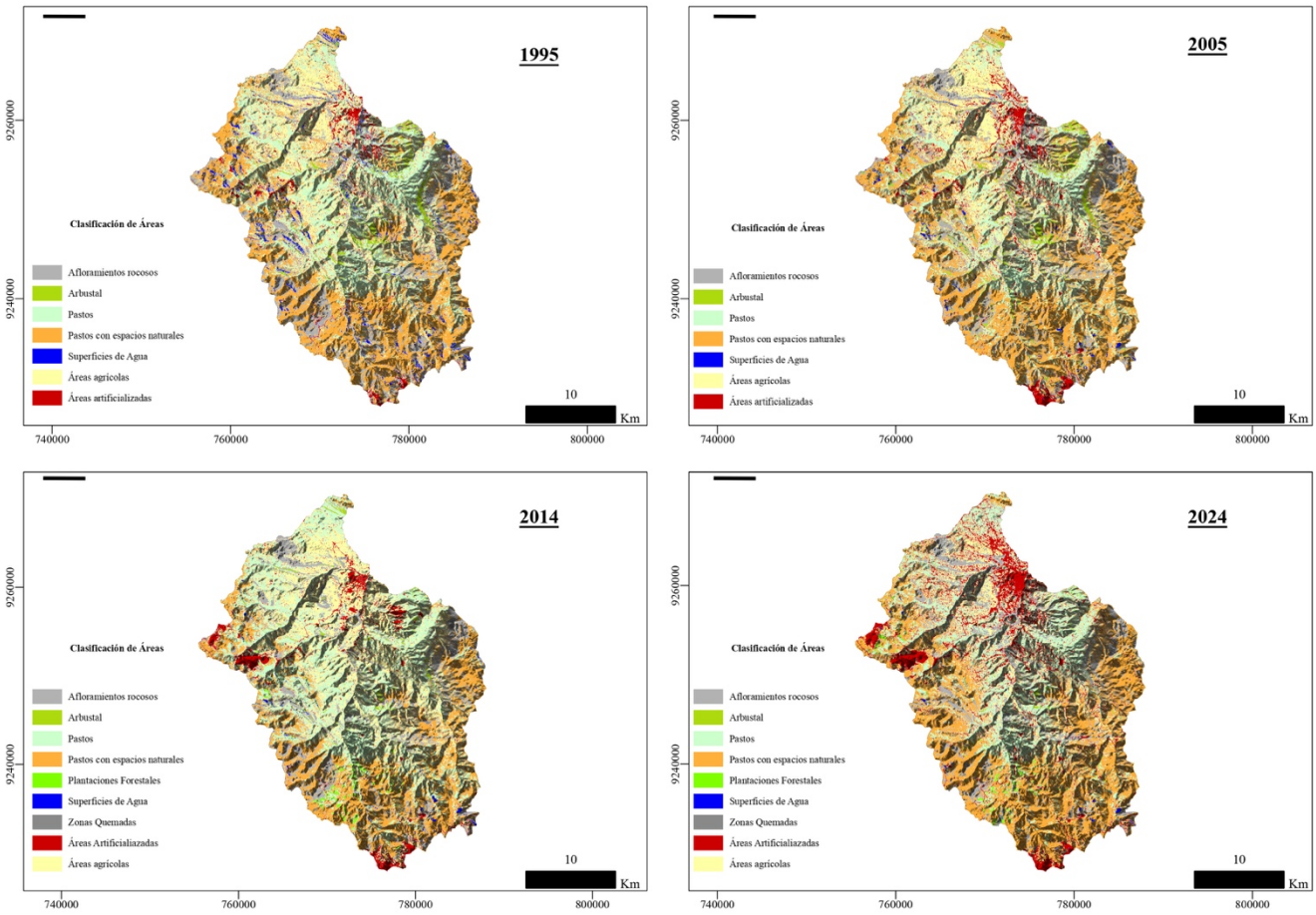


Fig. 7 Clasificación de áreas para las categorías de uso de suelos 1995 – 2024.

IV. DISCUSIÓN

El estudio de los resultados acerca del uso del suelo en la cuenca del Llaucano durante los años 1995 – 2024 revela tendencias diferenciadas en la ampliación de las zonas artificializadas, zonas agrícolas y zonas de pastizales, poniendo de manifiesto las repercusiones de las actividades humanas y las modificaciones en la gestión del territorio.

La expansión urbana desorganizada y la baja densidad en áreas rurales ha conducido a la reducción de suelos con vocación agrícola y de protección natural. Estos suelos, esenciales para la producción de alimentos, la regulación de ciclos hídricos y la conservación de la biodiversidad, han sido reemplazados por asentamientos urbanos y otras infraestructuras. Esta urbanización sin una planificación adecuada también ha derivado en la falta de espacios públicos de calidad y una alta dependencia de la motorización privada, lo que incrementa la contaminación y los costos de infraestructura [27].

Entre 1995 y 2024, las áreas artificializadas crecieron significativamente pasando de representar el 3.39% del área total a un 11.84%. Este incremento de 6558 hectáreas refleja un claro impacto de la expansión urbana, la construcción de infraestructura vial, minería y el establecimiento de nuevos asentamientos. Este impacto es consecuencia de la débil planificación territorial en el Perú y en sus municipalidades, caracterizada por la falta de planos de urbanización, lo que ha facilitado la expansión desordenada de las ciudades hacia suelos agrícolas y ecosistemas naturales. La Figura 8 muestra esta expansión desordenada en los alrededores de la ciudad en 1995, donde se observa la presencia de pastizales y zonas de cultivo en las áreas cercanas.



Fig. 8 Fotografía de la ciudad de Bambamarca en el año 1995.

La plantación de pastos cultivados, tales como alfalfa, trébol rojo o raigrás, se ha vuelto habitual, dado que estas especies demandan menos recursos y son más resistentes a

las variaciones climáticas. No obstante, este cambio de uso de suelos también trae desafíos importantes. El crecimiento ganadero puede provocar el agotamiento de los recursos acuáticos, la degradación del suelo debido al exceso de pastoreo y la disminución de la biodiversidad, tal como se ilustra en la Figura 9.

Asimismo, el cambio climático también tiene un papel fundamental, dado que impacta las prácticas de agricultura y pastizales. Entre los efectos se encuentra la transformación de zonas naturales en zonas de producción intensiva, lo que conlleva a la disminución de la biodiversidad y al deterioro de los ecosistemas. Estas prácticas intensivas requieren insumos químicos que afectan la calidad del suelo, disminuyen el espacio para el pastoreo y alteran las prácticas de manejo del ganado, haciendo que las áreas transformadas sean más vulnerables a sequías e inundaciones [28].



Fig. 9 Degradación de suelos por prácticas intensivas.

El cambio de uso de suelos está impulsando también la migración hacia áreas urbanas, fomentando la expansión de infraestructura. Esta transición puede resultar en la pérdida de tierras agrícolas y en la fragmentación de ecosistemas naturales [28]. En la actualidad, SERFOR ha implementado procesos para autorizar el cambio de uso de tierras con cobertura forestal a fines agropecuarios. Estos lineamientos regulan el uso sostenible del suelo, aunque su aplicación efectiva depende de la capacidad institucional y la vigilancia en el territorio. En la Figura 10, se evidencia el crecimiento poblacional a causa de la migración hacia áreas urbanas, evidenciando el cambio de áreas naturales por infraestructura.



Fig. 10 Ciudad de Bambamarca en el año 2023[29].

El área agrícola, que representaba un 15.73% en 1995, cayó dramáticamente a un 11.73% en 2024, lo que equivale a una reducción de aproximadamente 9030 hectáreas. En paralelo, se incrementaron los pastos con espacios naturales, que aumentaron del 37.84% al 39.90% durante el mismo periodo. Este cambio está relacionado con la priorización de la ganadería sobre la agricultura intensiva, impulsada por la demanda en aumento de productos lácteos y de origen cárnico en las regiones andinas[30]. En la cuenca del Llaucano la conversión de tierras agrícolas a pastizales refleja una tendencia hacia la expansión de la actividad ganadera, particularmente para la producción de leche, que es clave para la economía local y regional. Minagri, en años recientes ha estado abordando temas relacionados con la gestión ganadera, la salud animal, la valoración de pastizales naturales y cultivados, la preservación de forraje, entre otros asuntos[31]. En este contexto, gran parte de agricultores están optando por transformar sus terrenos agrícolas en pastizales para el desarrollo de actividades ganaderas, como se muestra en la Figura 11. Este cambio responde a la creciente demanda de productos pecuarios, como carne y leche, que ofrecen mayores ingresos económicos semanales y una mejor adaptabilidad a las condiciones de la zona.



Fig. 11 Conversión de tierras agrícolas a pastizales para ganadería.

Por otro lado, la aparición de Zonas Quemadas ha aumentado, pasando del 0.45% en el 2014 al 0.53% en 2024, indicando un incremento de disturbios ambientales, como se muestra en la Figura 12. Los incendios forestales en las zonas altoandinas tienen efectos significativos sobre la dinámica de los ecosistemas, alterando la composición de la vegetación nativa y la resiliencia de especies adaptadas al fuego. En los pajonales, la intensidad y frecuencia de los incendios pueden amenazar la estabilidad ecológica. Además, la eliminación de la cubierta vegetal por incendios puede incrementar la erosión del suelo, disminuyendo su fertilidad y afectando su capacidad para sustentar la agricultura a largo plazo [32].



Fig. 12 Incendio forestal en Bambamarca[33].

Por ello, los cambios en el uso del suelo tienen consecuencias importantes para los ecosistemas locales. La disminución de superficies de agua (-67.55% desde 2014) y arbustales (-35.86% desde 1995) refleja una presión ambiental considerable, posiblemente derivada de la expansión urbana y agrícola. La desaparición de estas categorías fomenta la fragmentación de hábitats y la disminución de servicios ecosistémicos esenciales, tales como la regulación del ciclo del agua y la oferta de hábitats para la fauna local[28].

La inclinación hacia la artificialización del paisaje y la intensificación de la ganadería resalta la importancia de establecer estrategias de gestión territorial que fusionen la preservación de ecosistemas con el crecimiento económico. Esto podría abarcar iniciativas de repoblación forestal, el fomento de prácticas de agricultura sustentable como la agroforestería y una planificación urbana organizada. También se sugiere que la reforestación y el uso de técnicas agrícolas tradicionales adaptadas al cambio climático son esenciales para mantener la productividad a largo plazo en las regiones andinas. Asimismo, un enfoque en la zonificación territorial puede prevenir la conversión indiscriminada de los suelos agrícolas y naturales hacia usos urbanos y de infraestructura.

En tal sentido también se promueve la importancia de implementar estrategias de restauración ecológica que consideren las características específicas de los pajonales. Esto incluye la promoción de especies nativas que son más resilientes a los incendios y que pueden contribuir a la estabilidad del ecosistema a largo plazo [32].

Los resultados muestran una clara transición en el uso del suelo en la cuenca del Llaucano, caracterizada por una expansión de áreas artificializadas y una priorización de la ganadería sobre la agricultura intensiva. Estos cambios están en consonancia con patrones observados en otras regiones rurales en desarrollo, pero también plantean desafíos significativos para la sostenibilidad ambiental. Es esencial incorporar prácticas de gestión sostenible, respaldadas por la ciencia, para atenuar los efectos adversos y fomentar un equilibrio entre el crecimiento económico y la preservación del medio ambiente.

V. CONCLUSIONES

El análisis multitemporal de las modificaciones en la utilización del suelo en la cuenca del Llaucano (1995 - 2024) muestra cambios importantes a consecuencia del crecimiento urbano, el desarrollo agrícola y la actividad ganadera. Las áreas artificializadas han mostrado un crecimiento considerable, aumentando del 3.39% al 11.84% del área total, lo que refleja una urbanización no planificada y el desarrollo de infraestructura[34]. Paralelamente, las áreas agrícolas han disminuido del 15.76% al 11.73%, mientras que los pastos con espacios naturales incrementaron su superficie, indicando un cambio hacia actividades ganaderas. En resumen, las personas necesitan viviendas e infraestructura para cubrir sus necesidades y protegerse del clima, sin embargo, estas necesidades han afectado de forma negativa el medio ambiente desde el inicio de la civilización[35].

La pérdida de categorías como superficies acuáticas y arbustales, sumada al aumento de áreas quemadas, muestra un impacto ambiental significativo, que incluye la división de hábitats y la disminución de los servicios del ecosistema. Estas modificaciones, relacionadas con el cambio climático y la explotación humana de recursos hídricos, resaltan la importancia de implementar estrategias sustentables que armonicen el crecimiento económico con la preservación del medio ambiente[35].

Es vital poner en marcha acciones como la reforestación, fomentar prácticas de agricultura sustentable y una planificación urbana estructurada, dando prioridad a la conservación de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos en la cuenca del Llaucano. Estos esfuerzos ayudarán a reducir los efectos adversos y promover un crecimiento sostenible a largo plazo.

En Cajamarca, la reforestación y la planificación urbana se han presentado como opciones de mitigación para aliviar los impactos ambientales en las cuencas, aunque hasta el momento no existen resultados claramente definidos. Otras regiones que han implementado estas estrategias muestran experiencias positivas. Por ejemplo, la reforestación ha conducido a una mejor gestión ambiental y de recursos hídricos en Esmeraldas, Ecuador[36]. En el río Mala – Perú, se ha propuesto la utilización de infraestructura natural para mitigar riesgos climáticos[37]. En Loja y Cuenca, Ecuador, la planificación urbana por cuencas ha permitido el mejoramiento de la sostenibilidad urbana[38]. Estas experiencias podrían servir como referencia para futuras acciones en la región Cajamarca.

Para que las acciones propuestas tengan resultados, las entidades locales y regionales deben ser los responsables de diseñar planes de ordenamiento territorial, delimitando las zonas de conservación, clasificando los límites de expansión urbana, para proteger suelos agrícolas y ecosistemas frágiles. Los organismos ambientales como MINAM y SERFOR deben impulsar programas de reforestación con especies nativas, conservación de cuerpos de agua y restauración de áreas degradadas. Igualmente, los responsables de la producción agropecuaria y asociaciones rurales, deben adoptar prácticas agrícolas y ganaderas sostenibles mediante la promoción de la agroforestería, rotación de cultivos y ahorro de agua. Por último, contar con la participación de la sociedad civil y las comunidades locales para la ejecución de programas y proyectos de educación y vigilancia medioambiental permitirá elevar la resistencia socio ecológica de la cuenca.

REFERENCIAS

[1] GRUPO BANCO MUNDIAL, «Desarrollo urbano: Panorama general», World Bank. Accedido: 27 de septiembre de 2024. [En línea]. Disponible en: https://www.bancomundial.org/es/topic/urbandevelopment/overview

[2] U. Nations, «Las ciudades seguirán creciendo, sobre todo en los países en desarrollo | Naciones Unidas», United Nations. Accedido: 27 de septiembre de 2024. [En línea]. Disponible en: https://www.un.org/es/desa/2018-world-urbanization-prospects

[3] P. Gutman, «La Habana y Seúl: ejemplos de metropolización». Accedido: 27 de septiembre de 2024. [En línea]. Disponible en: https://www.eure.cl/index.php/eure/article/view/1108

[4] U. Nations, «Ciudades sostenibles, movilidad humana y migración internacional». Accedido: 3 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible en: https://documents.un.org/doc/undoc/gen/n18/024/12/pdf/n1802412.pdf

[5] INEI, «PERÚ: Migración Interna reciente y el Sistema de Ciudades, 2002 - 2007». Accedido: 3 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible en: https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1025/libro.pdf

[6] P. Moschella, «El desafío del crecimiento urbano sostenible en la ciudad amazónica de Iquitos.», 2019, pp. 304-317.

[7] «articulo_2_m-a_2021-1.pdf». Accedido: 27 de septiembre de 2024. [En línea]. Disponible en: https://www.ucm.es/iuca/file/articulo_2_m-a_2021-1?ver

[8] F. Guerra, «Cajamarca: Proceso Demográfico». Accedido: 3 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible en: https://cendoc.esan.edu.pe/fulltext/edocuments/Cajamarca/Cajamarca1.pdf

[9] INEI, «Perfil Sociodemográfico del Perú». Accedido: 3 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible en: https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1539/libro.pdf

[10] SERFOR, «SERFOR identifica y establece 15 ecosistemas frágiles en Junín». Accedido: 27 de septiembre de 2024. [En línea]. Disponible en: https://www.gob.pe/institucion/serfor/noticias/506200-serfor-identifica-y-establece-15-ecosistemas-fragiles-en-junin

[11] A. S. Aguilar y G. M. Flores, «INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA FRANCISCO COSTA APONTE».

[12] G. H. A. Boñón, «ESTUDIO ESPECIALIZADO: ANÁLISIS DE LOS CAMBIOS DE LA COBERTURA Y USO DE LA TIERRA».

[13] El Peruano, «Gestión de suelos: analizan cambios a la Ley N° 31313». Accedido: 25 de abril de 2025. [En línea]. Disponible en: https://elperuano.pe/noticia/254937-gestion-de-suelos-analizan-cambios-a-la-ley-n-31313

[14] MINAM, «Ley-31973.pdf». Accedido: 26 de abril de 2025. [En línea]. Disponible en: https://sinia.minam.gob.pe/sites/default/files/archivos/public/docs/Ley-31973.pdf

[15] J. Imaña-Encinas, E. G. Banks-Machado, N. Oliveira-Ramos, y G. Riesco-Muñoz, «Análisis de imágenes Landsat para la determinación de cambios de uso del suelo en un área de preservación ambiental (APA) en la zona de influencia de la ciudad de Brasilia (Brasil)», *Rev. For. Perú*, vol. 34, n.º 2, Art. n.º 2, dic. 2019, doi: 10.21704/rfpv34i2.1327.

[16] L. N. SAAVEDRA, «CARACTERIZACIÓN FISICOQUÍMICA Y BIOLÓGICA DE LA CALIDAD DEL AGUA EN EL RÍO LLAUCANO DE LA CIUDAD DE BAMBAMARCA». [En línea]. Disponible en: https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/2951/CARACTERIZACI%C3%93N%20FISICOQU%C3%8DMICA%20Y%20BIOL%C3%93GICA%20DE%20LA%20CALIDAD%20DEL%20AGUA%20EN%20EL%20R%C3%8DO%20LLAUCANO%20DE%20LA%20CIUDAD%20.pdf?sequence=1&isAllowed=y

[17] MINEM, «ESTUDIO DE EVALUACION AMBIENTAL TERRITORIAL Y DE PLANTEAMIENTOS PARA LA REDUCCION O ELIMINACION DE LA CONTAMINACIÓN DE ORIGEN MINERO EN LA CUENCA DEL RIO LLAUCANO».

[18] A. E. M. Espinoza, E. T. Torres, y V. N. C. Rodríguez, «INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL – INDECI».

[19] MINAM, «PLANTEAMIENTOS PARA LA REDUCCION O ELIMINACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN DE ORIGEN MINERO EN LA CUENCA DEL RIO LLAUCANO». Accedido: 18 de noviembre de 2024. [En línea]. Disponible en: https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/5209213/llaucano.pdf

[20] R. Hernández Sampieri «METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN: LAS RUTAS CUANTITATIVA, CUALITATIVA Y MIXTA». Accedido: 20 de noviembre de 2024. [En línea]. Disponible en: http://www.biblioteca.cij.gob.mx/Archivos/Materiales_de_consulta/Drogas_de_Abuso/Articulos/SampieriLasRutas.pdf

[21] MINAM, «MAPA NACIONAL DE COBERTURA VEGETAL FINA. pdf». Accedido: 5 de diciembre de 2024. [En línea]. Disponible en: https://www.minam.gob.pe/patrimonio-natural/wp-content/uploads/sites/6/2013/10/MAPA-NACIONAL-DE-COBERTURA-VEGETAL-FINAL.compressed.pdf

[22] Gis&Beers, «Colores RGB para Corine Land Cover». Accedido: 20 de noviembre de 2024. [En línea]. Disponible en: https://www.gisandbeers.com/colores-rgb-para-corine-land-cover/

[23] USGS, «Aplicación - GloVis». Accedido: 11 de diciembre de 2024. [En línea]. Disponible en: https://glovis.usgs.gov/app

[24] K. V. Suárez-Parra, G. E. Cély-Reyes, y F. E. Forero-Ulloa, «Validación de la metodología Corine Land Cover (CLC) para determinación espacio-temporal de coberturas: caso microcuenca de la quebrada Mecha (Cómbita, Boyacá), Colombia», *Biota Colomb.*, vol. 17, n.º 1, pp. 1-15, 2016.

[25] G. H. A. Boñón, «ANÁLISIS DE LOS CAMBIOS DE LA COBERTURA Y USO DE LA TIERRA».

[26] MINAM, «Análisis de las Dinámicas de Cambio de Cobertura de la Tierra en la Comunidad Andina». Accedido: 5 de diciembre de 2024. [En línea]. Disponible en: https://www.minam.gob.pe/ordenamientoterritorial/wp-content/uploads/sites/18/2013/10/Informe-final-de-Proyecto-Dinamica-de-los-Cambios-de-la-Tierra-CAN.pdf

[27] G. Durán, «Recomendaciones de políticas urbanas para el uso y la gestión del suelo en Cuenca».

[28] A. Lozano-Povis, C. E. Alvarez-Montalván, N. Moggiano, A. Lozano-Povis, C. E. Alvarez-Montalván, y N. Moggiano, «El cambio climático en los andes y su impacto en la agricultura: una revisión sistemática», *Sci. Agropecu.*, vol. 12, n.º 1, pp. 101-108, ene. 2021, doi: 10.17268/sci.agropecu.2021.012.

[29] W. Rojas, «A Bambamarca», Bambamarca. Accedido: 4 de enero de 2025. [En línea]. Disponible en: https://www.bambamarca.pe/cultura/2023/03/03/a-bambamarca/

[30] D. M. Alfaro y W. V. Romero, «Técnicas y estrategias andinas de adaptación al cambio climático».

[31] MINAGRI, «Cajamarca: Minagri y especialistas de Argentina capacitaron a productores lecheros de Chota y Bambamarca – AGRO RURAL». Accedido: 4 de enero de 2025. [En línea]. Disponible en: https://www.agrorural.gob.pe/cajamarca-minagri-y-especialistas-de-argentina-capacitaron-a-productores-lecheros-de-chota-y-bambamarca/

[32] E. Gastolomendo Malimba, H. Díaz Rimarachín, y G. S. Licapa-Redolfo, «Reconstructing Ecosystems: Analysis of the Recolonization of Flora After the 2022 Fires in Pampa Caballero, Granja Porcon, Cajamarca», en *Proceedings of the 4th LACCEI International Multiconference on Entrepreneurship, Innovation and Regional Development (LEIRD 2024): «Creating solutions for a sustainable future: technology-based entrepreneurship»*, Latin American and Caribbean Consortium of Engineering Institutions, 2024. doi: 10.18687/LEIRD2024.1.1.736.

[33] RedacciónRPP, «Incendio forestal consume "Perfil de Cristo" en Bambamarca | RPP Noticias». Accedido: 4 de enero de 2025. [En línea]. Disponible en: https://rpp.pe/peru/cajamarca/incendio-forestal-consume-perfil-de-cristo-en-bambamarca-noticia-981326

[34] C. Vidal, «EFECTOS AMBIENTALES DE LA URBANIZACIÓN DE LAS CUENCAS DE LOS RÍOS BÍOBÍO Y ANDALIÉN SOBRE LOS RIESGOS DE INUNDACIÓN Y ANEGAMIENTO DE LA CIUDAD DE CONCEPCIÓN», Accedido: 25 de abril de 2025. [En línea]. Disponible en: https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8721737

[35] E. L. Rodríguez, «Reflexiones Medioambientales De La Expansión Urbana», Accedido: 25 de septiembre de 2024. [En línea]. Disponible en: https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=17117027013

[36] J. Méndez, «Reforestación de cuencas hídricas y su impacto en la gestión ambiental para la conservación del agua, Cantón Esmeraldas, Ecuador», *ResearchGate*, doi: 10.53766/GICOS/2022.07.04.03.

[37] M. A. Sánchez Palma, «Propuesta de infraestructura natural para mitigación de inundaciones y movimientos de masa en la cuenca del río Mala», 2023, Accedido: 25 de abril de 2025. [En línea]. Disponible en: https://hdl.handle.net/20.500.12996/6263

[38] C. Cuenca y R. Fernando, «Adaptación urbana de la ciudad de Loja al cambio climático con enfoque de cuenca hidrográfica», jun. 2023, Accedido: 25 de abril de 2025. [En línea]. Disponible en: http://repositorio.flacsoandes.edu.ec/handle/10469/19420