








## Dinámica de la cobertura y uso de la tierra en Chalamarca, Chota, Cajamarca

Dynamics of land cover and use in Chalamarca, Chota, Cajamarca

Eduar Nann Lumba Huamán<sup>1</sup> \*  Deyner Tarrillo Cieza<sup>2</sup>   
Yolmer Mírez Rubio<sup>3</sup>  Azucena Chávez Collantes<sup>4</sup>   
Yuli Anabel Chávez Juanito<sup>1</sup>  Alfonso Sánchez Rojas<sup>1</sup>   
Duberli Geomar Elera-Gonzales<sup>1,5</sup> 

<sup>1</sup> Universidad Nacional Autónoma de Chota, Facultad de Ciencias Agrarias, Escuela Profesional de Ingeniería Forestal y Ambiental, Jr. José Osoreo Nro. 418, 06121, Chota, Cajamarca, Perú.

<sup>2</sup> Autoridad Nacional del Agua,

<sup>3</sup> Universidad Nacional Cajamarca, Programa de Maestría en Gestión ambiental, Av. Atahualpa Km. 3, Cajamarca, Perú,

<sup>4</sup> Instituto Nacional de Innovación Agraria, EEA-Baños del Inca, Cajamarca, Perú,

<sup>5</sup> Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Ciência Florestal, Programa de Pós Graduação em Ciências Florestais, Laboratório de Sensoriamento Remoto – LASER, Rua Dom Manoel de Medeiros s/n, 52171-900, Recife/PE, Brasil,

\*Autor de correspondencia: [Email: 2014032098@unach.edu.pe]

### RESUMEN

Las actividades naturales y antrópicas causan cambios continuos en la cobertura terrestre, que impactan en la sociedad, clima, biodiversidad, ciclos hidrológicos y ecosistemas. Los datos de sensoramiento remoto representan un componente clave para identificar la variación de los diferentes tipos de coberturas. El objetivo en este trabajo fue analizar el cambio de cobertura y uso de la tierra en el distrito de Chalamarca, durante el período 2000-2020. Se utilizó la metodología Corine Land Cover en los niveles I, II y III mediante el uso de imágenes Landsat en la plataforma Google Earth Engine. Se identificó cambios de cobertura y uso de la tierra en 9 571,58 ha, que representa el 53,82% del área de estudio. Se clasificaron ocho tipos de cobertura vegetal: tejido urbano continuo, cultivos transitorios, pastos, bosque plantado, vegetación herbácea, vegetación arbustiva, afloramientos rocosos y tierra desnuda. Las categorías que mostraron mayor incremento fueron: bosques plantados 2 642,82 ha (14,85%), cultivos transitorios 848,05 ha (4,77%) y pastos 322,20 ha (1,81%). Por el contrario, las clases de cobertura que disminuyeron fueron vegetación herbácea 2 943,94 ha (-16,50%) y arbustal 909,55 ha (-5,55%). La expansión de la frontera agrícola, el sobrepastoreo y el establecimiento de nuevas viviendas son los factores que influyeron en el cambio de cobertura y uso de la tierra en el distrito de Chalamarca en el periodo 2000-2020. En conclusión, se generó un cambio del 53,82% de cambio de cobertura y uso de la tierra en el distrito de Chalamarca durante el periodo 2000-2020.

Lumba, Tarrillo, Mírez, Chávez, Chávez, Sánchez, Lumba y Elera-Gonzales (2023). Dinámica de la cobertura...

*Palabras clave:* Cambio de cobertura vegetal, Corine Land Cover, geoprocésamiento, Chota.

## ABSTRACT

Natural and anthropogenic activities cause continuous changes in land cover, which impact society, climate, biodiversity, hydrological cycles and ecosystems. Remote sensing data represent a key component to identify the variation of different land cover types. The objective of this research was to analyze land cover and land use change in the district of Chalamarca, during the period 2000-2020. The Corine Land Cover methodology was used at levels I, II and III using Landsat images in the Google Earth Engine platform. Land cover and land use changes were identified in 9 571.58 ha, representing 53.82% of the study area. Eight types of vegetation cover were classified: continuous urban fabric, transient crops, pasture, planted forest, herbaceous vegetation, shrub vegetation, rocky outcrops and bare soil. The categories that showed the greatest increase were: planted forest 2 642.82 ha (14,85%), transient crops 848,05 ha (4,77%) and pasture 322.20 ha (1,81%). On the contrary, the cover classes that decreased were herbaceous vegetation 2 943,94 ha (-16,50%) and shrubland 909.55 ha (-5,55%). The expansion of the agricultural frontier, overgrazing and the establishment of new housing are the factors that influenced land cover and land use change in the district of Chalamarca in the period 2000-2020. In conclusion, a change of 53.82% in land cover and use was generated in the district of Chalamarca during the period 2000-2020.

## INTRODUCCIÓN

El suelo es un recurso natural importante que en la actualidad está siendo afectado por las actividades naturales y antrópicas (Beshir et al., 2023), las afectaciones se producen principalmente porque los diferentes tipos de cobertura están sujetas a cambios continuos, por causas naturales pero principalmente por el desarrollo social (Mansour et al., 2020; Estacio et al., 2023). Estos cambios de cobertura impactan de manera negativa a la sociedad, clima, biodiversidad, ciclos hidrológicos y ecosistemas (Getachew y Manjunatha, 2021).

Los cambios de la cobertura ocurren continuamente en la superficie de la tierra (Estacio et al., 2023), estudios de la dinámica de esos cambios son clave

para identificar la variación de los diferentes tipos de coberturas (Nikiema et al., 2023). Según Fikadu y Olika, (2023) consideran que la expansión de la agricultura y las expansiones demográficas son los fenómenos que provocan la mayor pérdida de la biodiversidad y alteran los recursos naturales a nivel mundial. Así, países como Camerún, Argelia y Angola están experimentando cambios de áreas con pastizales, bosques, matorrales y otras coberturas y transformadas en áreas agrícolas y asentamientos humanos (Abebe et al., 2021).

La amplia superficie de América Latina alberga una alta diversidad de ecorregiones del mundo sin embargo sus coberturas están siendo modificadas principalmente por las actividades antrópicas (Segovia et al.,

Lumba, Tarrillo, Mírez, Chávez, Chávez, Sánchez, Lumba y Elera-Gonzales (2023). Dinámica de la cobertura...

2022). En países como Colombia las categorías con mayores cambios son los bosques producto de la expansión de la agricultura, minería ilegal y la ganadería (González et al., 2022), por su parte en Ecuador la deforestación está afectando gran parte del territorio ecuatoriano producto de la expansión agrícola y ganadera (Lippe et al., 2022). Según, Albertus et al. (2020) la actividad agrícola que se desarrolla en las regiones alto andinas de Perú generan cambios significativos de la superficie terrestre, de la misma manera, Oyague et al. (2022) mencionan que Los Andes Centrales de Perú están ampliamente modificados por las distintas actividades cotidianas de la sociedad. La falta de información sobre los impactos de estas actividades en el medio ambiente dificulta la toma de decisiones para la gestión sostenible de la región, por lo que las regiones andinas han sido alteradas de tal forma que han contribuido al incremento de áreas para la siembra de pastos, agricultura y ganadería (Rosas, 2023).

El uso de las imágenes Landsat con GEE ha facilitado el monitoreo de los cambios en el uso de la tierra en una escala global (Vidal et al., 2020). El sensoramiento remoto permite monitorear la cobertura terrestre de varias maneras (Veneros et al., 2020). Una forma es utilizar imágenes de satélite para identificar diferentes tipos de cobertura terrestre. Las imágenes de satélite se pueden clasificar manualmente o mediante el uso de algoritmos automáticos (Pino & Huayna, 2022). El sensoramiento remoto es un método no invasivo que puede recopilar datos de grandes áreas

rápidamente y con un costo relativamente bajo. Además, el sensoramiento remoto puede proporcionar datos de alta resolución que pueden utilizarse para identificar pequeños cambios en la cobertura terrestre (Vidal et al., 2020).

Los estudios sobre dinámica del cambio de cobertura de la tierra ayudan a los gobiernos regionales y locales u otras entidades a tomar decisiones sobre el uso de la tierra; contribuye al fortalecimiento de gestiones sostenibles del espacio territorial, también sirve como apoyo para establecer planes a corto, mediano y largo plazo en el uso sostenible de los recursos naturales. Además, se utiliza como base para el desarrollo de nuevas investigaciones que permitan comparar la variación espacio-temporal de la cobertura problemática que se ha generalizado en los ecosistemas producto de las actividades antrópicas. En tan sentido el objetivo este estudio fue cuantificar el cambio de cobertura y uso de la tierra en el distrito de Chalamarca, durante el periodo 2000-2020, mediante el uso de imágenes Landsat en la plataforma Google Earth Engine.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **Área de estudio**

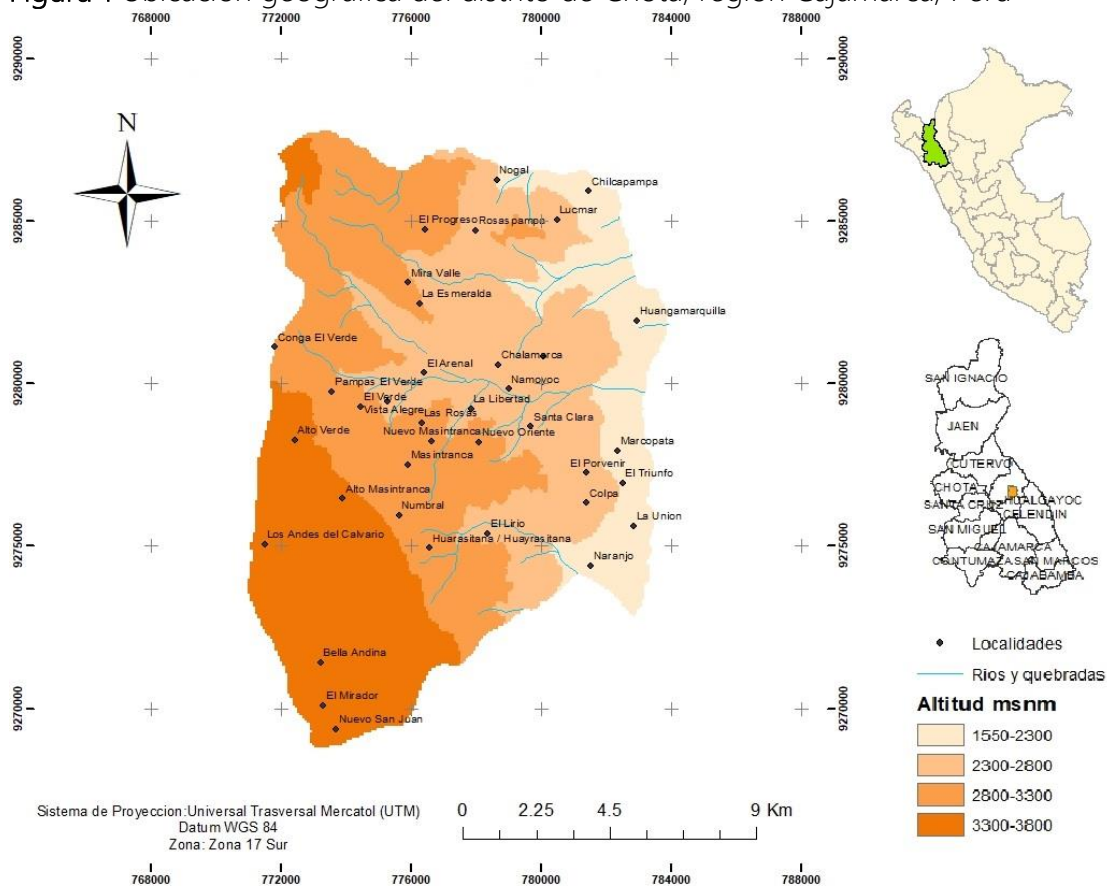
El distrito de Chalamarca se ubica en la provincia de Chota de Cajamarca (véase en la Figura 1), se encuentra a 2200 m.s.n.m. tiene un clima templado y húmedo. El principal tipo de suelo es el Andosol, que es fértil y apto para la agricultura. La precipitación oscila entre 50 mm y 1600 mm. La temperatura en Chalamarca varía de acuerdo a la época del año. En verano, la temperatura

Lumba, Tarrillo, Mírez, Chávez, Chávez, Sánchez, Lumba y Elera-Gonzales (2023). Dinámica de la cobertura...

promedio es de 22 °C y en invierno, la temperatura promedio es de 10 °C. Tiene una población de alrededor de 20 000 habitantes y la principal actividad económica es la agricultura, seguida de la ganadería y el turismo. El hábitat ecológico es el bosque húmedo de montaña. Su agricultura se centra en la zona alta el cultivo de *Solanum*

*tuberosum* (papa), *Ullucus tuberosus* (olluco) y *Oxalis tuberosa* (oca) y en el valle *Zea mays* (maíz), *Manihot esculenta* (yuca) y *Saccharum officinarum* (caña). La cría de animales también es una forma de actividad importante, y allí se crían ganado vacuno, ovino y porcino.

Figura 1 Ubicación geográfica del distrito de Chota, región Cajamarca, Perú



Este estudio se efectuó en tres etapas, la primera se realizó mediante el acceso a los datos de la serie Landsat disponibles en la plataforma de Google Earth Engine (GEE). Posteriormente, previa visualización del área de estudio en Google Earth Engine se realizó la **Pre-verificación del método** de validación se realizó siguiendo lo sugerido por Liang et al. (2023) donde se

visita a campo para asegurar la precisión de la clasificación. para validar in situ las diferentes categorías clasificadas en las imágenes. Finalmente fue calculado el área de cada clase de cobertura para cada y los cambios ocurridos fueron calculados. utilizaron dos imágenes satelitales, una de época húmeda del mes de setiembre y otra en el mes de diciembre. Las imágenes fueron seleccionadas con el

Lumba, Tarrillo, Mírez, Chávez, Chávez, Sánchez, Lumba y Elera-Gonzales (2023). Dinámica de la cobertura...

auxilio de la base de datos Earth Explorer (https://earthexplorer.usgs.gov) plataforma gratuita que permite visualizar

y descargar imágenes satelitales (Morante et al., 2022). Como se detalla en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Tipos de imágenes de la serie Landsat utilizadas para cada año analizado.

Datos	Año de adquisición	Banda	Resolución (metro)
Landsat 5 (MSS/TM)	2000	Multiespectral	30
Landsat 8 (OLI/TIRS)	2020	Multiespectral	30

Las imágenes de satélite utilizadas para generar los mapas según las clases cobertura se procesaron en la plataforma Google Earth Engine (Liang et al., 2023) utilizando la interfaz "code editor" y una búsqueda de las imágenes compuestas Landsat con menor porcentaje de nubes para los años 2000 y 2020, especificando los periodos de tiempo previamente definidos. Las imágenes clasificadas de forma supervisada fueron validadas y exportadas en formato ráster. Mediante el uso del software ArcMap 10,3, se realizó la edición vectorial de las clases de cobertura para mayor precisión y exactitud; se realizó la corrección topológica de polígonos para obtener áreas clasificadas de carácter óptimo y disminuir los errores cartográficos (Rodríguez et al., 2023).

### Procesamiento y manipulación de imágenes en la plataforma GEE

Se utilizaron dos scripts en el editor de código GEE, uno para cada año (2000 y 2020) que permitieron generar la clasificación de la cobertura vegetal del distrito de Chalamarca. Cada script constó de cinco componentes principales que incluyeron:

#### Selección de imágenes de reflectancia superficial Landsat

El polígono del distrito de Chalamarca obtenido en <https://www.idep.gob.pe/> fue cargado a la plataforma GEE (<https://code.earthengine.google.com/>). Teniendo como referencia dicho polígono, se accedió a los datos de la colección LANDSAT/LC05/C01/T1\_TOA de Landsat 5 para el año 2000 y LANDSAT/LC08/C01/T1\_TOA de Landsat 8 para el año 2021. En el primer caso corresponde al mes de setiembre, y para el 2020 se trabajó con una imagen del mes de diciembre. Las imágenes seleccionadas presentaron la mayor parte del área de estudio sin nubosidad. Ambas imágenes fueron recortadas usando el polígono del área de estudio previamente cargado.

#### Clasificación y Recopilación de datos de entrenamiento

Se utilizó la clasificación supervisada basada en píxeles con algoritmo de aprendizaje automático para identificar las clases de cobertura vegetal en las imágenes Landsat, los datos de las clases y etiquetas manejadas para informar al algoritmo clasificador y predecir la clase de cobertura terrestre más cercana en cada píxel de la imagen. Los pasos para recopilar los datos de entrenamiento en GEE fueron:

Lumba, Tarrillo, Mírez, Chávez, Chávez, Sánchez, Lumba y Elera-Gonzales (2023). Dinámica de la cobertura...

- Se creó una clase de objeto para cada uno de los ocho tipos de cobertura identificados en los cuales fueron almacenados los datos de entrenamiento.
- La colecta de muestras se realizó por fotointerpretación sobre las composiciones RGB falso color (SWIR 1, NIR, Red) y color verdadero (Red, Green, Blue); verificado con el mapa base de Google Earth. Fueron colectados un total de 40 muestras distribuidas aleatoriamente en toda la extensión del área de estudio. Fueron definidas ocho clases: tejido urbano continuo, tierras desnudas, cultivos transitorios, afloramiento rocoso, pastos, arbustal, bosques plantados y herbazal.
- Posteriormente, el 70% de las muestras colectadas se utilizaron para entrenar con el clasificador, *Random Forest* (RF) dentro de la plataforma GEE. El

resultado de cada clasificador generó una imagen rasterizada en formato GeoTIFF.

#### Validación y valoración

Se recopilaron datos reales del terreno mediante visitas de campo y fotointerpretación de las imágenes de satélite disponibles para el periodo en estudio disponible en el Google Earth del año en estudio.

La precisión de los clasificadores supervisados fue evaluada mediante la matriz de confusión obtenida utilizando el 30 % de las muestras colectadas como datos de validación. Los resultados de la validación fueron impresos en la Consola del Editor de Código de donde se extrajeron para elaborar el cuadro con las estadísticas de clasificación como se muestra en la Tabla 2.

**Tabla 2.** Estadísticas de clasificación Random Forest en la localidad de Chalamarca.

		Clasificación de cobertura <i>Random Forest</i>			
		2000		2020	
	Clasificación	EC	EO	EC	EO
1	Tejido urbano Continuo	75,00	25,00	83,33	16,67
2	Cultivos transitorios	100,00	0,00	83,33	16,67
3	Pastos	100,00	0,00	88,89	11,11
4	Bosques plantados	55,56	44,44	72,73	27,27
5	Herbazal	50,00	50,00	100,00	0,00
6	Arbustal	100,00	0,00	100,00	0,00
7	Afloramiento rocoso			100,00	0,00
8	Tierras desnudas			0,00	100,00

EC: Error de Comisión o de usuario, EO: error de omisión o de clasificador, en %.

Lumba, Tarrillo, Mírez, Chávez, Chávez, Sánchez, Lumba y Elera-Gonzales (2023). Dinámica de la cobertura...

Las imágenes clasificadas en GEE fueron exportadas a Google drive, posteriormente fueron descargadas, a partir de las cuales se elaboraron los mapas de cobertura de la zona de

estudio utilizando el software ArcMap 10.3. Así mismo, la mejor imagen clasificada fue vectorizada para realizar los cálculos del área de cada clase en hectáreas.

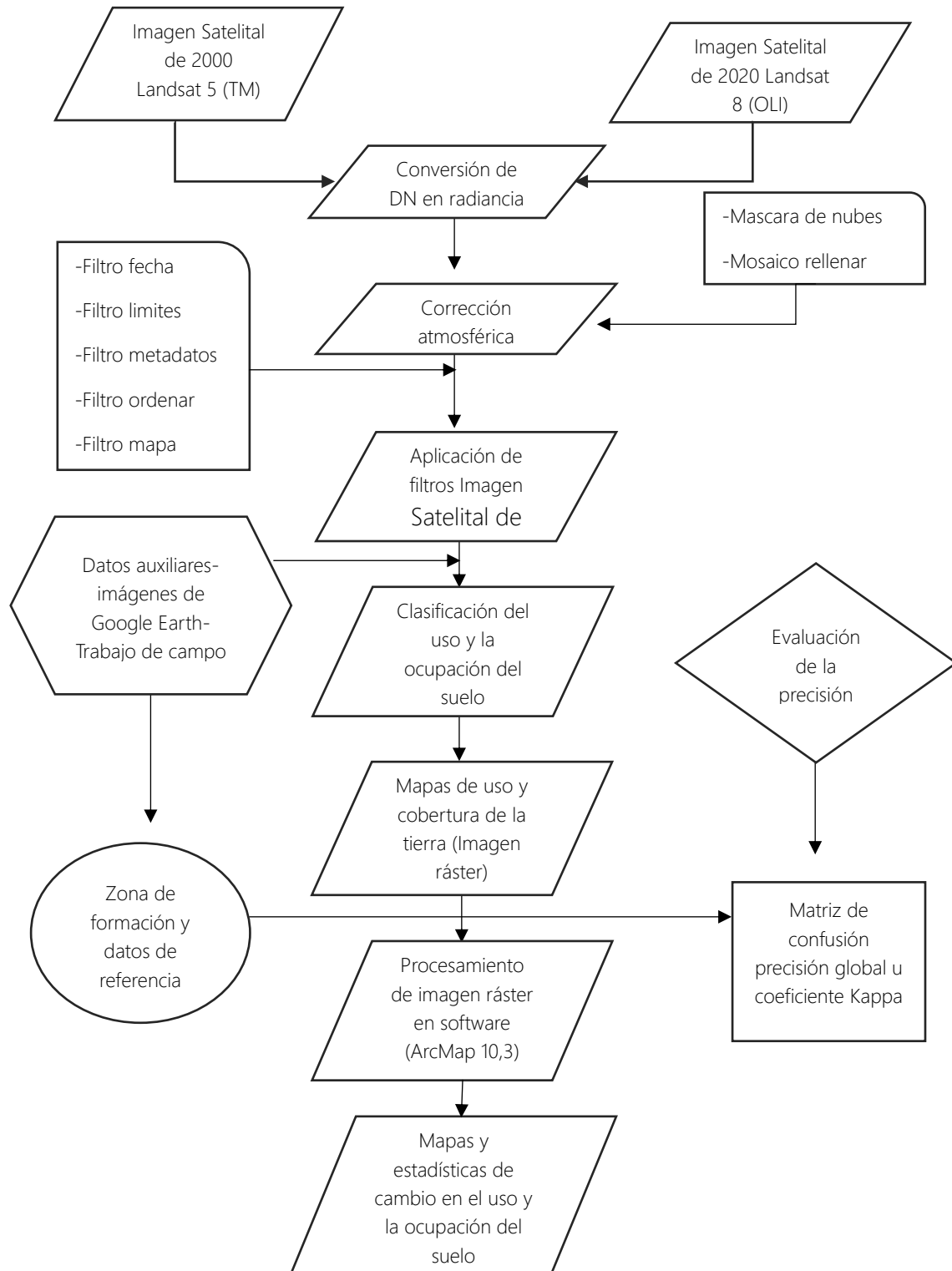
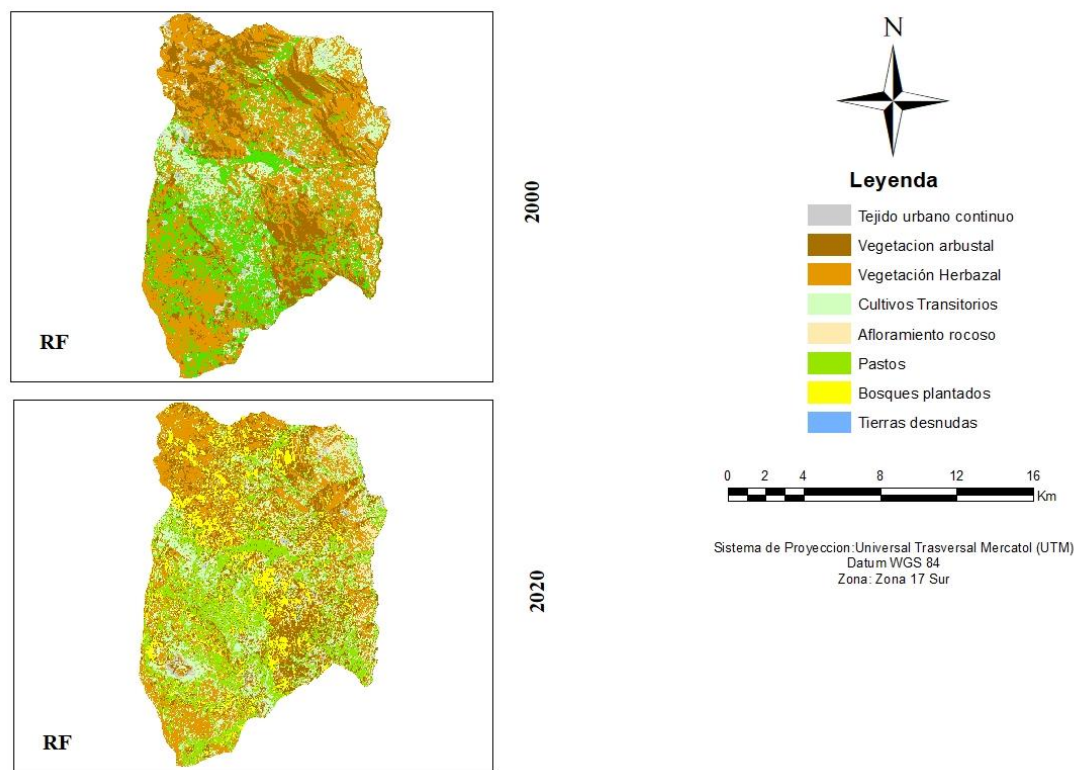


Figura 2. Esquema metodológico para determinar la dinámica de la cobertura y uso de la tierra en Chalarmarca, Chota, Cajamarca

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este estudio se analizó la dinámica del cambio de cobertura de la tierra en un total de 17 786,89 ha (177,87 km<sup>2</sup>) que corresponde a la extensión territorial del distrito de Chalamarca. Con base en la metodología CORINE Land Cover, fueron identificados ocho tipos de cobertura para el periodo 2000-2020, siendo las

coberturas "tejido urbano continuo", "cultivos transitorios", "pastos", "bosques plantados", "vegetación herbazal", "vegetación arbustal", "afloramiento rocoso" y "tierras desnudas". Del algoritmo de *Random Forest*, se obtuvo los mejores valores de índice kappa, 0,8146 para el año 2000 y 0,8146 para el año 2020, como se muestra en la Figura 3.



**Figura 3.** Cambio de cobertura de la tierra en los periodos 2000 y 2020.

Como se observa en las imágenes, la cobertura de la tierra en Chalamarca, Perú, ha experimentado cambios significativos entre 2000 y 2020. En 2000, la cobertura con mayor predominancia fue la categoría

herbazal, seguida de la categoría pastos. En 2020, la cobertura con mayor predominancia fue la categoría pastos, seguida de la categoría cultivos transitorios (Tabla 3).



**Tabla 3** Tipos de cobertura identificadas, áreas y porcentaje de ocupación del distrito de Chalamarca.

Cobertura	2000		2020		2000-2020	
	(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha)	(%)
Tejido Urbano Continuo	13,71	0,08	20,38	0,11	6,67	0,04
Cultivos transitorios	2660,72	14,96	3508,77	19,72	848,05	4,77
Pastos	4064,78	22,85	4386,92	24,66	322,14	1,81
Bosques plantados	0,00	0,00	2634,82	14,81	2634,82	14,81
Herbazal	8018,55	45,07	5091,61	28,62	-2926,94	-16,45
Arbustal	3001,56	16,87	2092,01	11,76	-909,55	-5,11
Afloramiento rocoso	31,57	0,18	40,42	0,23	8,85	0,05
Tierras desnudas	0,00	0,00	15,96	0,09	15,96	0,09
Total	17790,89	100,00	17790,89	100,00	-	

Durante el periodo analizado, los bosques plantados pasaron de 0% a cubrir el 14,81% de la superficie del distrito, la presencia de esta clase de cobertura se debe a que desde el año 2003 el gobierno regional y local impulsaron la reforestación con especies exóticas (*Pinus patula*, *Pinus radiata*, *Eucaliptos globulus*) y especies nativas (*Alnus acuminata* y *Salix alva*). Camacho et al. (2021) en Zulia de Ecuador reportaron que los bosques plantados representan el 35 % del territorio, sin embargo, Tarrillo et al.(2021) determinaron que en el distrito de Chota durante el periodo 2003-2019, esta categoría se incrementó solamente en 0,53%.

Por su parte, Gutierrez y Vilchez (2021) determinaron que en el distrito de Cajamarca en el periodo 2000 -2020 los bosques plantados se incrementaron en 0,006%, por lo que el crecimiento

significativo de esta clase en el área de estudio se debe a una intervención focalizada y que ha tenido resultados positivos en términos de incremento de área boscosa. En Turquía Aksoy et al. (2022) determinaron que entre los años 2001 a 2021 las masas forestales se incrementaron en 8% producto de la recuperación natural de las zonas degradadas, convirtiendo a la reforestación en una actividad efectiva para la recuperación de la cobertura arbórea.

Los cultivos transitorios es una de las coberturas que representa 14,96% para el año 2000, incrementando para el año 2020 en un 4,77%, haciendo un área total de 19,72%; estos incrementos se deben a que la expansión agrícola cada vez es mayor y que su ciclo de producción anual es cada vez disminuye, sus cultivos principales del distrito es la producción de tubérculos,

Lumba, Tarrillo, Mírez, Chávez, Chávez, Sánchez, Lumba y Elera-Gonzales (2023). Dinámica de la cobertura...

cereales y legumbres. Reportes del INEI (2020) determinaron que la actividad agrícola se incrementó de 0,84 ha/persona a 1,72 ha/persona y esto podría continuar paulatinamente hasta que el área de vegetación natural sea completamente suprimida. En Chota, Cajamarca Tarrillo et al. (2021) determinaron que en el periodo 2003-2019 los cultivos transitorios se incrementaron en 10,94%. Esto se debe a que los cultivos transitorios son una fuente importante de alimentos, y contribuyen a la economía de muchos países.

Los pastos se incrementaron en 22,85% para el año 2000 y para el año 2020 se incrementaron en un 1,81%, lo cual haciendo un área total de 24,66%, esto se debe a que la población ha incrementado la actividad agrícola y forestal, lo contrario se reportó para el distrito de Chota en el periodo 2003-2019 estudio realizado por Tarrillo et al. (2021) determinaron que la

categoría pastos disminuyó en -1,55%, en otros lugares también ocurre lo mismo en Caldas, Colombia Álvarez et al. (2021) establecieron que la categoría de pastos disminuyó de 4 212 ha (año 1989) a 4 838 ha (año 2022), por su parte, en Cuba Figueredo et al. (2020) reportaron que los pastos en el periodo 1986 y 2016 esta categoría disminuyó en 6,38 km<sup>2</sup>. Esto se debe a que el aumento de las temperaturas y la disminución de las precipitaciones han generado una disminución de este tipo de cobertura. Sin embargo, en Brasil Souza et al. (2020) obtuvieron un incremento significativo de esta categoría en 72% en un periodo de 32 años. En Zimbabwe-Africa Sibanda y Ahmed (2021) obtuvieron lo contrario reportó que la categoría pastos disminuyó en 4% entre los años 1984 a 2015. Valores que indican que el cambio climático está afectando los patrones de precipitación y temperatura en todo el mundo, lo que está teniendo un impacto negativo en los pastos.

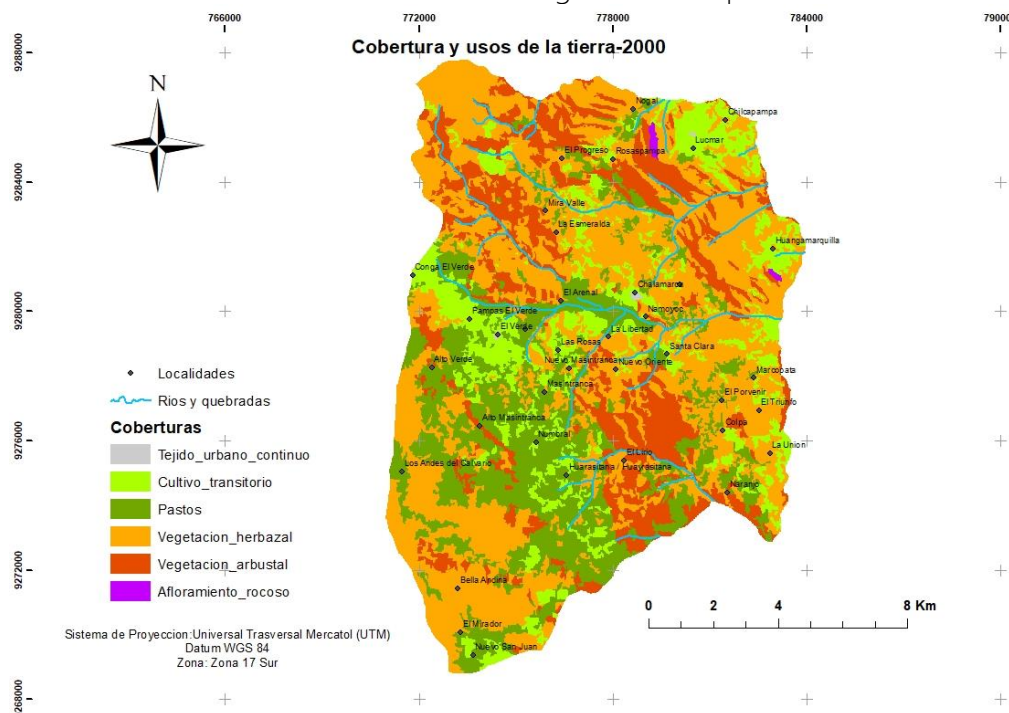


Figura 4. Cobertura y usos de la tierra para el año 2000 del distrito de Chalamarca

Lumba, Tarrillo, Mírez, Chávez, Chávez, Sánchez, Lumba y Elera-Gonzales (2023). Dinámica de la cobertura...

En la Figura 4, la vegetación herbazal es la cobertura con mayor área en el distrito de Chalamarca teniendo como especie representativa ichu (*Stipa ichu*), esta especie se encuentra en las zonas altoandinas en todo el Perú conformando los páramos y praderas de las montañas. Esta cobertura representó el 45,07% y para el año 2000 disminuyó a 28,62% generándose una reducción de -16,45%. Esto se debe al aumento de bosques plantados, pastos y cultivos transitorios, siendo los de mayor predominancia en la zona alta la 2020 la categoría herbazal disminuyó en -11,65, sin embargo, en el distrito de Chota en el periodo 2003-2019 la disminución de esta categoría fue menor -6,91 % (Tarrillo et al., 2021). Esto se atribuye a que el aumento de la demanda de alimentos ha llevado a un aumento de la superficie dedicada a los cultivos transitorios, lo que ha provocado la disminución de la superficie de herbazales.

La vegetación arbustal disminuyó en -5,11%, Esto se debió principalmente al incremento de las plantaciones forestales, resultados similares reportó Tarrillo et al. (2021) en el distrito de Chota en el periodo 2003-2019 esta categoría decreció en -4,79%; sin embargo, en Brasil la cuenca del río Taperoá Silva et al. (2020) reportaron que la vegetación arbórea entre los años 1990 y 2002 la disminución fue

*Solanum tuberosum* (papa), *Ullucus tuberosus* (olluco) y *Oxalis tuberosa* (oca) principalmente en las comunidades de Bella Andina, El Mirador, Alto Verde, Nuevo San Juan y Conga El Verde y en el valle *Zea mays* (Maíz), *Manihot esculenta* (yuca) y *Saccharum officinarum* (caña) en las comunidades de Marcopata, La Libertad, Santa Clara, La Unión, Huangamarquilla y Chilcapampa, en el distrito de Cajamarca.

Resultados similares reportaron Gutierrez y Vilchez, (2021) en el 2000 – mayor decreció en -77,56% y fue remplazada por la categoría arbustiva. La disminución de la vegetación arbustal tiene un impacto negativo en el medio ambiente y en la biodiversidad.

Lumba, Tarrillo, Mírez, Chávez, Chávez, Sánchez, Lumba y Elera-Gonzales (2023). Dinámica de la cobertura...

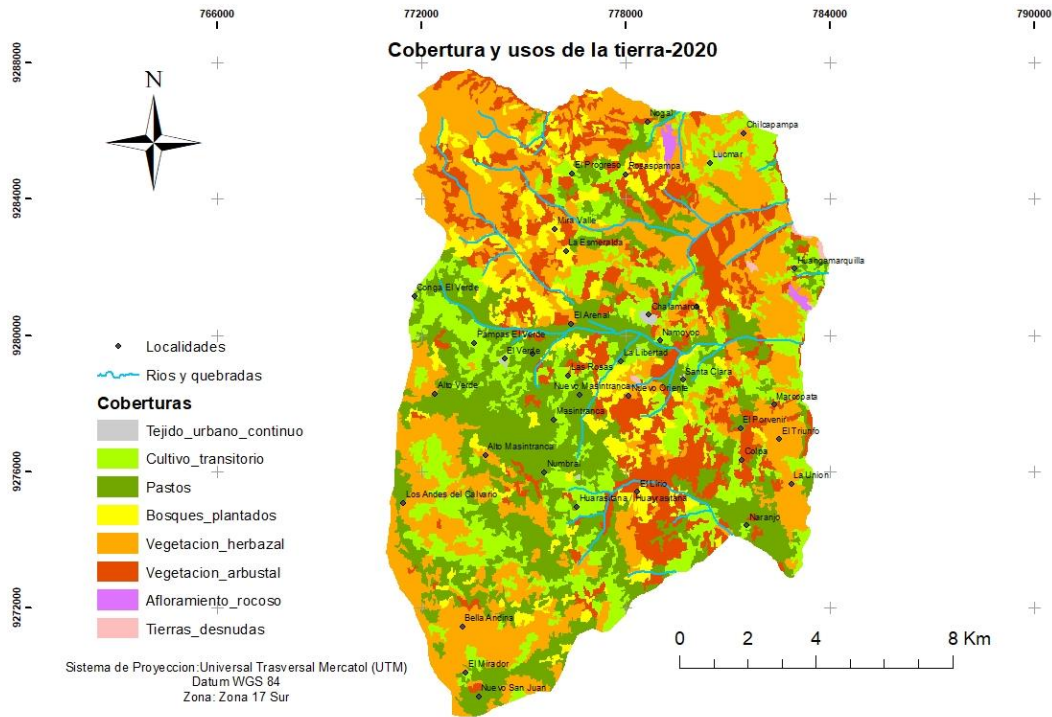


Figura 5. Cobertura y usos de la tierra para el año 2020 del distritito de Chalamarca.

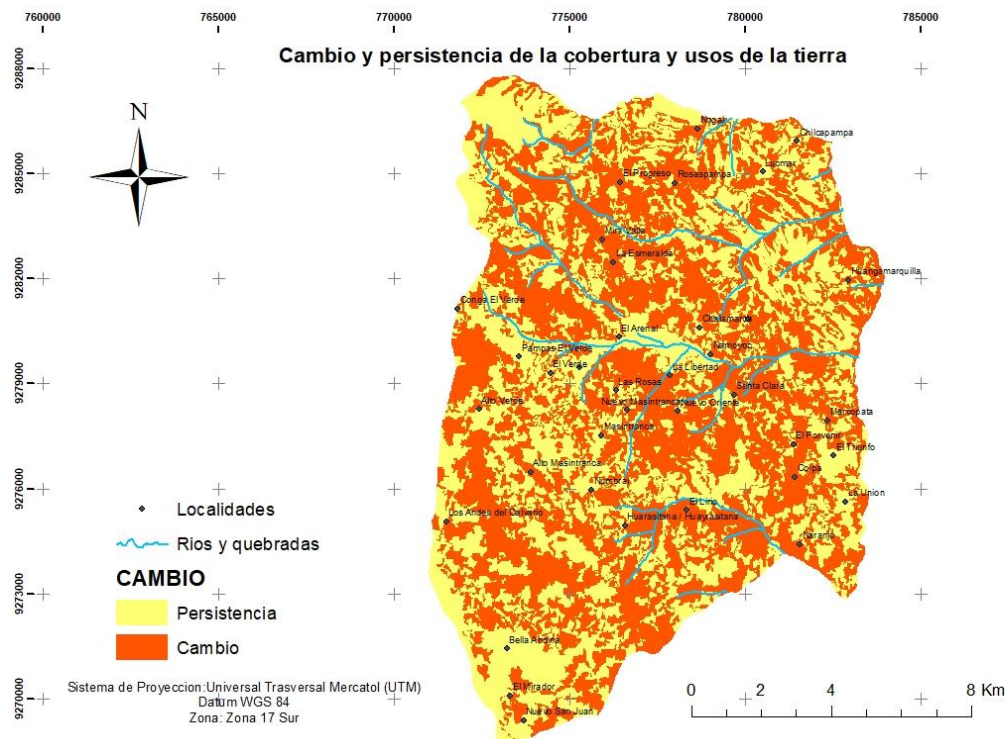


Figura 6 Cambio y persistencia de la cobertura y uso de la tierra del distrito de Chalamarca, 2000-2020

Lumba, Tarrillo, Mírez, Chávez, Chávez, Sánchez, Lumba y Elera-Gonzales (2023). Dinámica de la cobertura...

En la Figura 4 y Figura 5, las coberturas con menor extensión de áreas, que se incrementaron durante el periodo de estudio fueron las tierras desnudas, afloramiento rocoso y tejido urbano continuo, para el año 2000 se generaron dos nuevos tipos de coberturas las cuales son afloramiento rocoso y tejido urbano continuo que representaron el 0,18% y 0,08%, respectivamente; en cambio, que para el año 2020 se generó la cobertura de tierras desnudas con un 0,09%, para afloramiento rocoso de 0,23% y tejido urbano continuo de 0,11%. Lo que ha generado durante los 20 años que se ha transcurrido ha existido un incremento de 0,09% para tierras desnudas, 0,05% para afloramiento rocoso y 0,04% para tejido urbano continuo.

Resultados semejantes fueron reportados por Tarrillo et al. (2021) en el distrito de Chota en el periodo 2003-2019 la categoría tierras desnudas y afloramiento rocoso se incrementaron en 0,55% y 0,88%, Hishe et al. (2021) en Etiopia reportaron que esta categoría tierras desnudas se incrementaron en 4%. Esto se debe a que la deforestación elimina la vegetación que cubre el suelo, lo que deja las tierras desnudas y expuestas a la erosión.

## CONCLUSIONES

Durante el periodo 2000-2020, las coberturas de tierra que aumentaron su área en Chota fueron los bosques plantados (14,85%), los cultivos transitorios (4,77%) y los pastos (1,81%). Por el contrario, las coberturas que disminuyeron su área fueron la

vegetación herbácea (-16,50%) y el arbustal (-5,55%).

En el distrito de Chalamarca, el cambio de cobertura y uso de la tierra en los últimos 20 años fue significativo, afectando a más de la mitad de su superficie. Los principales factores que contribuyeron a este cambio fueron los cultivos transitorios, el sobrepastoreo y el desarrollo de plantaciones forestales, *Pinus patula*, *Pinus radiata* y *Eucaliptus globulus*.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abebe, G., Getachew, D., & Ewunetu, A. (2021). Analysing land use/land cover changes and its dynamics using remote sensing and GIS in Gubalafito district, Northeastern Ethiopia. *SN Applied Sciences*, 4(1), 30.  
<https://doi.org/10.1007/s42452-021-04915-8>
- Aksoy, H., Kaptan, S., Varol, T., Cetin, M., & Ozel, H. B. (2022). Exploring land use/land cover change by using density analysis method in yenice. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 19(10), 10257-10274.  
<https://doi.org/10.1007/s13762-021-03847-5>
- Albertus, M., Espinoza, M., & Fort, R. (2020). Land reform and human capital development: Evidence from Peru. *Journal of Development Economics*, 147, 102540.  
<https://doi.org/10.1016/j.jdeveco.2020.102540>

Lumba, Tarrillo, Mírez, Chávez, Chávez, Sánchez, Lumba y Elera-Gonzales (2023). Dinámica de la cobertura...

- Álvarez, A. J., Yustres, L. F., Ivanova, Y., Álvarez-Pulido, A. J., Yustres-Quintero, L. F., & Ivanova, Y. (2021). Estimación del cambio de la capacidad de regulación hídrica como respuesta a los cambios de coberturas de la tierra (Caso de estudio: Cuenca alta del río Chinchiná, Caldas, Colombia). *Revista EIA*, 18(35), 43-53.  
<https://doi.org/10.24050/reia.v18i35.1465>
- Beshir, S., Moges, A., & Dananto, M. (2023). Trend analysis, past dynamics and future prediction of land use and land cover change in upper Wabe-Shebele river basin. *Heliyon*, 9(9), e19128.  
<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e19128>
- Camacho López, C. O., Carrión Paqui, N. S., & Jaramillo Villa, A. F. (2021). Análisis multitemporal de la deforestación y cambio de la cobertura del suelo en Zamora Chinchipe. *Polo del Conocimiento: Revista científico - profesional*, 6(11), 1228-1241.
- Estacio, I., Sianipar, C. P. M., Onitsuka, K., Basu, M., & Hoshino, S. (2023). A statistical model of land use/cover change integrating logistic and linear models: An application to agricultural abandonment. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 120, 103339.  
<https://doi.org/10.1016/j.jag.2023.103339>
- Figueredo, J. L., Ramón, A. M., Barrero, H., Figueredo, J. L., Ramón, A. M., & Barrero, H. (2020). Análisis multitemporal del cambio de cobertura vegetal en el área de manejo «Los Números» Guisa, Granma. *Revista Cubana de Ciencias Forestales*, 8(1), 1-15.
- Fikadu, G., & Olika, G. (2023). Impact of land use land cover change using remote sensing with integration of socio-economic data on Rural Livelihoods in the Nashe watershed, Ethiopia. *Heliyon*, 9(3), e13746.  
<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e13746>
- Getachew, B., & Manjunatha, B. R. (2021). Climate change projections and trends simulated from the CMIP5 models for the Lake Tana sub-basin, the Upper Blue Nile (Abay) River Basin, Ethiopia. *Environmental Challenges*, 5, 100385.  
<https://doi.org/10.1016/j.envc.2021.100385>
- González, A., Clerici, N., & Quesada, B. (2022). A 30 m-resolution land use-land cover product for the Colombian Andes and Amazon using cloud-computing. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 107, 102688.  
<https://doi.org/10.1016/j.jag.2022.102688>
- Gutierrez, F., & Vilchez, K. I. (2021). Evaluación de cobertura vegetal en el distrito de Cajamarca

Lumba, Tarrillo, Mírez, Chávez, Chávez, Sánchez, Lumba y Elera-Gonzales (2023). Dinámica de la cobertura...

- utilizando dos técnicas espectrales del 2000 al 2020. *Universidad Privada del Norte*. <https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/3323455>
- Hishe, H., Giday, K., Van Orshoven, J., Muys, B., Taheri, F., Azadi, H., Feng, L., Zamani, O., Mirzaei, M., & Witlox, F. (2021). Analysis of Land Use Land Cover Dynamics and Driving Factors in Desa'a Forest in Northern Ethiopia. *Land Use Policy*, *101*, 105039. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.105039>
- INEI. (2020). *Estimaciones y proyecciones de población por departamento provincia y distrito, 2018-2020* (Boletín 26; Instituto Nacional de Estadística e Informática, p. 110). I Instituto Nacional de Estadística e Informática. [https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib1715/libro.pdf](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1715/libro.pdf)
- Liang, J., Chen, C., Song, Y., Sun, W., & Yang, G. (2023). Long-term mapping of land use and cover changes using Landsat images on the Google Earth Engine Cloud Platform in bay area—A case study of Hangzhou Bay, China. *Sustainable Horizons*, *7*, 100061. <https://doi.org/10.1016/j.horiz.2023.100061>
- Lippe, M., Rummel, L., & Günter, S. (2022). Simulating land use and land cover change under contrasting levels of policy enforcement and its spatially-explicit impact on tropical forest landscapes in Ecuador. *Land Use Policy*, *119*, 106207. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2022.106207>
- Mansour, S., Al-Belushi, M., & Al-Awadhi, T. (2020). Monitoring land use and land cover changes in the mountainous cities of Oman using GIS and CA-Markov modelling techniques. *Land Use Policy*, *91*, 104414. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.104414>
- Morante, D., Cornara, S., Sciarra, M., Rafano Carná, S., Imre, E., Velarde López de Ayala, C., & Centuori, S. (2022). Multi-disciplinary optimization of the low-thrust orbit raising for the hydroterra Earth Explorer mission. *Acta Astronautica*, *201*, 564-575. <https://doi.org/10.1016/j.actaastro.2022.09.030>
- Nikiema, D., Balland, P., & Sergent, A. (2023). *Study of Walls' Influence on the Mechanical Properties of 3d Printed Onyx Parts: Experimental, Analytical and Numerical Investigations* [Preprint]. SSRN. <https://doi.org/10.2139/ssrn.4329327>
- Oyague, E., Cooper, D. J., & Ingol, E. (2022). Effects of land use on the hydrologic regime, vegetation, and hydraulic conductivity of peatlands in the central Peruvian Andes. *Journal of Hydrology*, *609*, 127687.

- Lumba, Tarrillo, Mírez, Chávez, Chávez, Sánchez, Lumba y Elera-Gonzales (2023). Dinámica de la cobertura...
- <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2022.127687>
- Pino, E., & Huayna, G. (2022). Evolución espacial y temporal de cultivo del olivo por efecto del ataque de plagas, utilizando sensoramiento remoto y procesamiento de imágenes satelitales. *Scientia Agropecuaria*, 13(2), 149-157. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2022.013>
- Rodrigues, C., Garcia, N., Campos, J. C., Alírio, J., Arenas-Castro, S., Gonçalves, A., Sillero, N., & Teodoro, A. C. (2023). Time-series analyses of land surface temperature changes with Google Earth Engine in a mountainous region. *Heliyon*, 9(8), e18846. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e18846>
- Rosas, M. A. (2023). *Spatial variation in specific sediment yield along the Peruvian western Andes*.
- Segovia, J. G., Hernández, S., Cossío, E., & Sánchez, E. (2022). Tackling sustainability challenges in Latin America and Caribbean from the chemical engineering perspective: A literature review in the last 25 years. *Chemical Engineering Research and Design*, 188, 483-527. <https://doi.org/10.1016/j.cherd.2022.10.012>
- Sibanda, S., & Ahmed, F. (2021). Modelling historic and future land use/land cover changes and their impact on wetland area in Shashe sub-catchment, Zimbabwe. *Modeling Earth Systems and Environment*, 7(1), 57-70. <https://doi.org/10.1007/s40808-020-00963-y>
- Silva, L. P. e, Xavier, A. P. C., da Silva, R. M., & Santos, C. A. G. (2020). Modeling land cover change based on an artificial neural network for a semiarid river basin in northeastern Brazil. *Global Ecology and Conservation*, 21, e00811. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2019.e00811>
- Souza, C. M., Z. Shimbo, J., Rosa, M. R., Parente, L. L., A. Alencar, A., Rudorff, B. F. T., Hasenack, H., Matsumoto, M., G. Ferreira, L., Souza-Filho, P. W. M., de Oliveira, S. W., Rocha, W. F., Fonseca, A. V., Marques, C. B., Diniz, C. G., Costa, D., Monteiro, D., Rosa, E. R., Vélez-Martin, E., ... Azevedo, T. (2020). Reconstructing Three Decades of Land Use and Land Cover Changes in Brazilian Biomes with Landsat Archive and Earth Engine. *Remote Sensing*, 12(17), Article 17. <https://doi.org/10.3390/rs12172735>
- Tarrillo, D., Elera, D. G., Cieza, D. A., Sánchez, H. M., & Chávez, Y. A. (2021). Cambio de cobertura y uso de la tierra por actividades antrópicas en el distrito de Chota, periodo 2003/2019: Change of land cover and use due to anthropic activities in the district



Lumba, Tarrillo, Mírez, Chávez, Chávez, Sánchez, Lumba y Elera-Gonzales (2023). Dinámica de la cobertura...

of Chota, period 2003/2019.  
*Revista Ciencia Norandina*, 4(2),  
Article 2.  
<https://doi.org/10.37518/2663-6360X2021v4n2p14>

Veneros, J., García, L., Morales, E., Gómez,  
V., Torres, M., López-Morales, F.,  
Veneros, J., García, L., Morales, E.,

Gómez, V., Torres, M., & López-  
Morales, F. (2020). Aplicación de  
sensores remotos para el análisis  
de cobertura vegetal y cuerpos  
de agua. *Idesia (Arica)*, 38(4), 99-  
107.

<https://doi.org/10.4067/S0718-34292020000400099>

Recibido: 4-11-2023 Aceptado: 4-12-2023 Publicado:31-12-2023