

# Cambio del uso de suelo en el periodo 1986-2018 en el municipio de Cochabamba

<sup>1</sup> Julio Villarroel; <sup>1</sup> Jhonny Torrez; <sup>2</sup> Javier Burgos; <sup>2</sup> Ramiro Iriarte

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias - Universidad Mayor de San Simón

<sup>2</sup> Centro de Investigaciones y Servicios en Teledetección (CISTEL), FCAyP-UMSS

*E mail:* jrmapa@gmail.com

**Resumen.** Una de las consecuencias del acelerado crecimiento poblacional, es la expansión de la mancha urbana, esta causa un efecto en áreas agrícolas ocasionando la degradación definitiva del suelo productivo, así como áreas de preservación natural. Este estudio analiza la dinámica de transformación y el cambio de uso del suelo, en el municipio de Cochabamba, en base a la técnica de teledetección y sistemas de información geográfica, para lo cual se utilizó imágenes de satélite (Landsat 5 y Landsat 8), posteriormente se realizó un previo análisis de la combinación de bandas más adecuadas para el estudio, que fueron las bandas 1, 5 y 7 del sensor landsat 5 y 4, 6 y 7 del landsat 8. Los resultados obtenidos en la dinámica de crecimiento, para un periodo de 32 años (1986 a 2018), muestran que se tiene un incremento de 6.911,84; el análisis del estudio con la imagen del año 1986, donde la superficie de la mancha urbana, era de 4.831,83 ha. En el año 2018 se cuenta con una área urbana de 11.743,67 ha, lo cual muestra la superficie hasta ese año (2018) de la mancha urbana del municipio de Cochabamba.

**Palabras clave:** Sistemas de Información Geográfica; Dinámca poblacional; Cobertura urbana

**Summary: Land use change from 1986 to 2018 in Cochabamba municipality, Bolivia.** One of the consequences of the accelerated population growth, is the expansion of urban settlements, this causes a negative effect in agricultural areas due to the definitive degradation of productive land, as well as natural preservation areas. This study analyzes the dynamics of transformation and land use change at the Municipality of Cochabamba, applying remote sensing techniques and geographic information systems, for which Landsat satellite images were used. According to the objective of the research, the most suitable bands were combined to identify urban settlements, which are 7, 5 and 1 for Landsat 5 and 4, 6 and 7 for Landsat 8. The results of the analysis of the annual growth dynamics shows that the urban area for the year 1986 had 4.831.83 ha and for the year 2018 it expanded to 11.473,67 ha, which is the current area.

**Keywords:** Geographic Information Systems; Population dynamics; Land cover

## Introducción

La expansión de las coberturas urbanas tiene serias consecuencias para las áreas aledañas a las ciudades, debido principalmente al cambio en el uso de la tierra.

Las zonas límites a la ciudad, que solían tener una vocación rural, se convierten en urbanas mediante el establecimiento de la infraestructura correspondiente (Alig *et al.* 2004).

Una de las consecuencias del acelerado crecimiento poblacional, es el crecimiento urbano. Dentro de las consecuencias de dicho suceso, se encuentra la extensión de las áreas urbanas en paisajes rurales, con la consecuente pérdida de tierras para cultivo y áreas naturales.

Este estudio analiza la dinámica de transformación de la cobertura en una zona, mediante el análisis multitemporal de imágenes satelitales, mostrando el proceso de crecimiento urbano en la zona, la creación de mapas de cobertura que indican el cambio en el área urbana y finalmente, mediante un modelo de regresión logística, se identifica las variables explicativas más relevantes en el crecimiento urbano en la zona de estudio.

El *Ordenamiento Territorial* (OT) se constituye en el proceso de organización de dos factores:

#### *Uso del Suelo*

##### *Ocupación del Territorio*

en función de sus características biofísicas, socioeconómicas, culturales y político institucionales, con la finalidad de promover el desarrollo sostenible (Vargas 1999).

El *Plan de Uso del Suelo* (PLUS), es un sistema amplio de información sobre la aptitud del uso potencial de la tierra para cada unidad de gestión, el cual toma como base los estudios de la aptitud biofísica de las tierras, las disposiciones legales vigentes, tales como la *Ley de Manejo de Áreas Protegidas*, *Ley INRA*, *Ley General del Medio Ambiente*, *Ley General Forestal* y políticas específicas que regulan el manejo del *Parque Nacional Tunari* (CLAS 1999).

El poder transformador del hombre sobre el paisaje se da en escalas temporales de décadas (Etter y Mendoza 2002), y dicho poder está representado por prácticas específicas de manejo o por factores sociales, políticos y económicos, que controlan dichas prácticas de uso de la tierra y están usualmente mediados por políticas gubernamentales de desarrollo (Abdullah y Nakagoshi 2006).

Cuando hay un crecimiento económico, el uso de la tierra cambia por intereses económicos, y se produce entonces una modificación del paisaje que altera la dinámica y la estructura del paisaje (Abdullah y Nakagoshi 2006).

En conclusión, los cambios temporales inducidos por el hombre en el paisaje, mediante las formas en que el hombre usa la tierra, determinan el patrón y los procesos del paisaje, de tal manera que el cambio regional del mismo está relacionado con las decisiones de los seres humanos en el territorio, y tienen una gran variedad de efectos, tanto en los procesos bióticos como abióticos, dentro del paisaje (Forman 1995; Farina 1998).

## **Materiales y métodos**

El municipio de Cochabamba se halla ubicado en el sector Sur - Oeste del departamento, limita al Este con la provincia Chapare, al Oeste con la provincia Quillacollo y al Sur con las provincias de Capinota y Esteban Arze; tiene una altura promedio de 2558 msnm.

Para la elaboración del estudio, se realizaron las siguientes tres fases:

**Fase I:**

En esta fase se recopiló información y seleccionó las imágenes satelitales, de las cuales se seleccionaron 14 imágenes, tomando en cuenta los meses y el tipo de estudio que se quería desarrollar (mancha urbana).

**Fase II:**

En esta fase se realizó las correcciones y los recortes a las imágenes, tomando como base el límite del municipio, para posteriormente trabajar en el área de estudio.

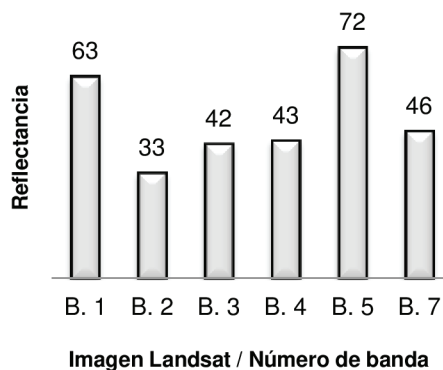
**Fase III:**

En esta fase se realizó la clasificación supervisada y se definió dos clases (área urbana y no urbana), se aplicó un filtro para eliminar el efecto sal y pimienta y de esta manera hacer más nítidas las clases en la imagen. Por último se realizó la impresión de los mapas mostrando el crecimiento de la mancha urbana de cada año.

**Resultados y discusión**

Se realizó el análisis de 14 imágenes satelitales 13 LANDSAT 5 TM y 1 de LANDSAT 8, corregidas bajo una base de geo referenciación, tomando como mapa base, imágenes de *Google Earth*; las bandas se eligieron en base al estudio de reflectancia, el resultado fue Landsat 5 (1, 5,7) y para Landsat 8 (7,6,4), como indica la Figura 1.

Utilizando la clasificación supervisada, se realizó el análisis de imágenes de satélite de 14 años, obteniendo áreas de cobertura urbana de 1986 al 2018. Para el cálculo del crecimiento en %, se tomó en cuenta el área total de municipio de Cochabamba (31498,793 ha), como se muestra en el Cuadro 1.



**Figura 1.** Prueba de reflectancia

**Cuadro 1.** Tasa de expansión urbana en el municipio de Cochabamba para el periodo 1986 a 2018

Año	Área (ha)	Crecimiento (%)
1986	4831,83	15,3
1989	5380,97	17,1
1990	5453,17	17,3
1994	6258,33	19,9
1996	6985,10	22,2
1998	7395,71	23,5
2000	7473,53	23,7
2003	7637,89	24,2
2004	8248,63	26,2
2005	8439,03	26,8
2007	8514,7	27,0
2009	9447,38	30,0
2011	10338,36	32,8
2018	11743,67	37,3

Se observa que el año 1986, muestra un 15,3 % de la mancha urbana y en el año 2018 muestra una cobertura de mancha urbana del 37.3%.

Con relación al área total del municipio, se puede indicar que del año 1986 al año 2018, el área urbana ha tenido un incremento del 22%.

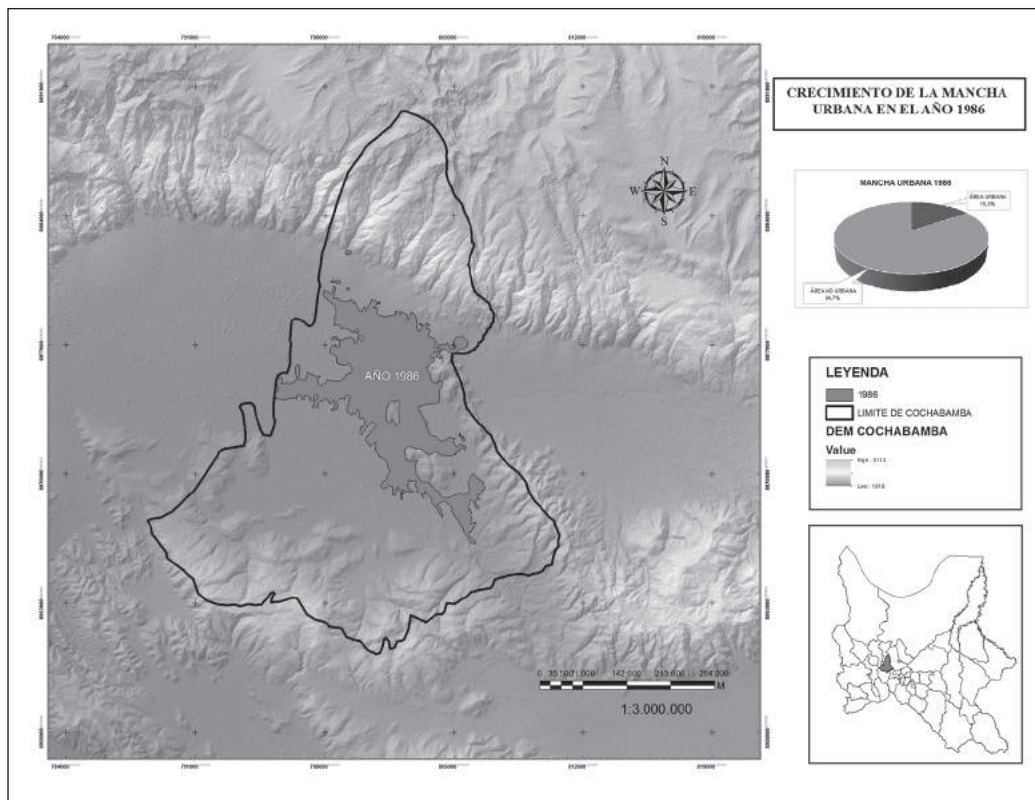
La cobertura urbana en el año 1986 alcanza una superficie de 4831,83 y en el año 2018 de 11743,67 ha; haciendo una comparación con el área no urbana (rural) alcanza una superficie de 26666,95 ha en el año 1986 y en el año 2018 cuenta con una superficie de 19755,12 ha (Cuadro 2).

La dinámica de crecimiento de 1986 a 2018, se observa en los mapas que se presentan en las figuras 1 a 3.

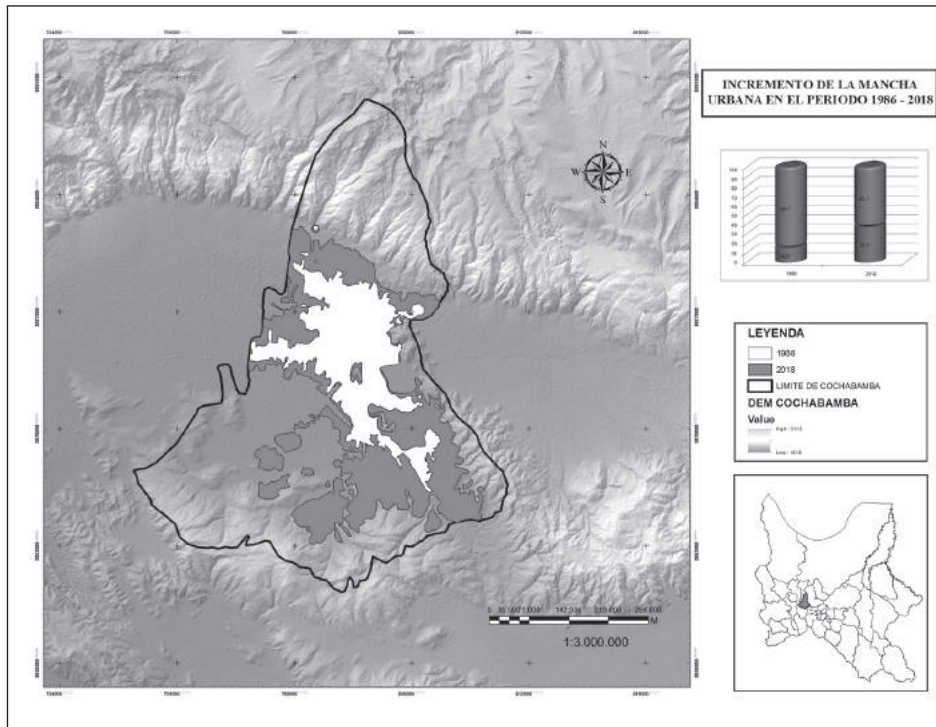
El análisis estadístico de la información obtenida del periodo de 32 años, y el resultado obtenido es el que se presenta en la Figura 4.

**Cuadro 2.** Matriz general de cambio del área urbana general (1986-2018)

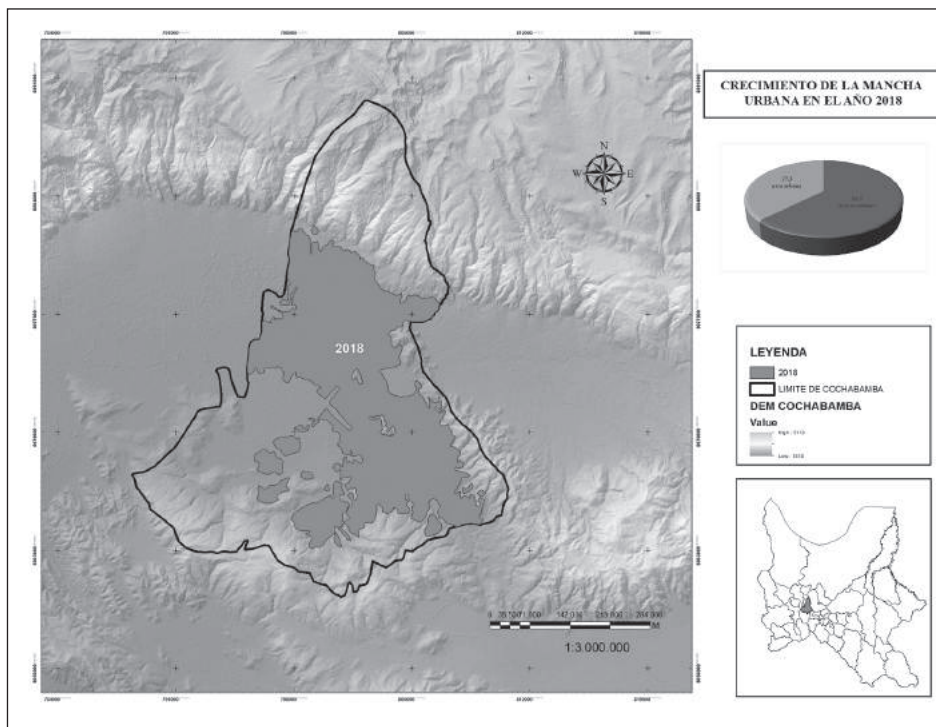
Año	Urbana	No urbana
1986	4831,83	26666,95
1990	5453,17	26045,61
1996	6985,10	24513,68
2000	7473,53	24025,26
2005	8439,03	23059,75
2011	10338,36	21160,42
2018	11743,67	19755,12



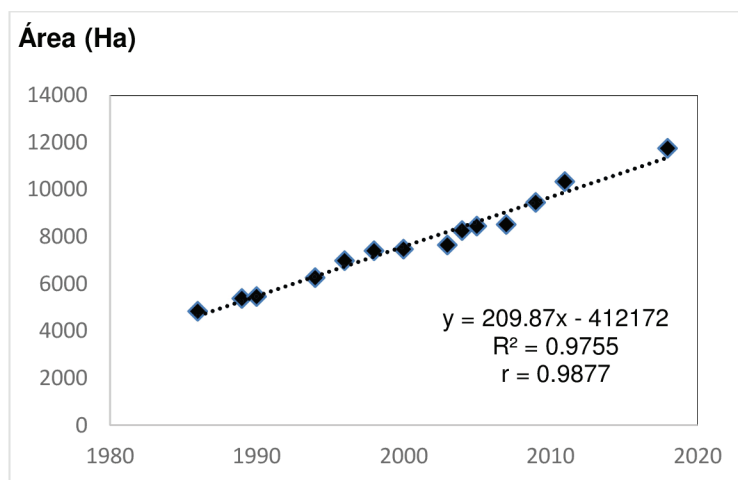
**Figura 1.** Mapa de la mancha urbana en el año 1986



**Figura 2.** Mapa de incremento periodo 1986 al 2018



**Figura 3.** Mapa de uso actual año 2018



**Figura 4.** Expansión urbana de Cochabamba para los años 1986 a 2018

## Conclusiones

- El análisis multitemporal de la cobertura urbana del municipio de Cochabamba, para los años de 1986 a 2018, evidencia un aumento del área urbana, mostrando en un periodo de 32 años, un incremento de la superficie de la mancha urbana de 164.4%, en este periodo.
- En este análisis se trabajó solo con dos parámetros: *mancha urbana* y *mancha no urbana*, sin considerar ni discriminar otras variables como cobertura vegetal, cuerpos de agua áreas de cultivo, etc., las cuales se los asoció a la cobertura no urbana.
- De acuerdo al análisis estadístico realizado se concluye que el crecimiento de la mancha urbana del municipio de Cochabamba tiene una tendencia lineal lo cual nos indica que tiene una pendiente de crecimiento que ha sido constante durante el periodo del estudio, con una correlación de 0.9877.
- Se cuenta con un mapa de uso actual urbano del municipio de Cochabamba, el cual muestra una superficie de 12.408,49 ha, ocupadas por la mancha urbana del municipio.

## Recomendaciones

- Del análisis de crecimiento urbano del municipio de Cochabamba, se incide que este crecimiento afectará a futuro, sobre áreas colinosas (al Sud) y áreas de protección del Parque Nacional Tunari (al Norte), por lo que se recomienda que el municipio debe prever estas situaciones, complementando con ordenanzas municipales o normas de manejo de áreas periurbanas y protegidas.
- Para realizar un estudio con imágenes satelitales, realizando la sinergia del Landsat 5, Landsat 7 y Landsat 8, deberá realizarse un previo análisis de las bandas y sus rangos espectrales y también para un estudio más detallado, se debe tomar en cuenta otras variables, tales como mancha urbana, áreas agrícolas con diferentes tipos de cobertura vegetal, agua, etc. Se debe

realizar un análisis a nivel espectral, para calibrar y correlacionar las bandas de estos sensores, para obtener buenos resultados.

- Para contar con información más precisa, se debe utilizar imágenes de satélite de alta resolución o fotografías aéreas, para determinar y categorizar las zonas urbanas.
- Se debe realizar una correlación del crecimiento de la mancha urbana del municipio de Cochabamba con los factores sociales económicos e incluso culturales, para explicar la expansión de la mancha urbana en decremento - en algunos casos- del sector productivo agropecuario.
- Es recomendable que el municipio incentive la conservación de áreas productivas urbanas, para mitigar las urbanizaciones que eliminan estas áreas, por factores de rentabilidad económica. En este sentido se podría dar ventajas en pago de impuestos, energía y otras medidas, que incentiven a tener áreas agrícolas urbanas, que además ayuden al equilibrio ambiental.

## Referencias citadas

Abdullah S., Nakagoshi N. 2006. Changes in landscape spatial pattern in the highly developing state of Selangor, peninsular Malaysia. *Landscape and Urban Planning* (77) 263-275.

Alig R., Kline J., Lichtenstein M. 2004. Urbanization on the US landscape: looking ahead in the 21<sup>st</sup> century. *Landscape and Urban Planning* (69) 219-234.

CLAS (Centro de Levantamiento Aeroespaciales y Aplicaciones de SIG para el Desarrollo Sostenible de los Recursos Naturales). 1999. En línea. Disponible en: <http://www.clas.umss.edu.bo/consul/tunari/parque4.htm>. Consultado: 20 de octubre de 2018.

Chuvieco E. 1995. *Fundamentos de Teledetección Espacial*. 2da. ed. Madrid, España. p. 120-126.

Etter A., Mendoza J. 2002. Multitemporal analysis (1940-1996) of land cover changes in the southwestern Bogotá highplain (Colombia). *Landscape and Urban Planning* (59) 147-158.

Farina A. 2000. *Principles and methods in landscape Ecology*. Netherlands: Kluwer Academic Publishers. 146 p.

Forman R. 2006. *Land Mosaics. The ecology of landscapes and regions*. United Kingdom. Cambridge University Press. p. 86-95.

Gutiérrez J., Gould M. 1994. *SIG: Sistemas de Información Geográfica*. Madrid. 46 p.

Vargas J. 1999. *Sistema de gestión y ordenamiento territorial a través de la teledetección y sistemas de información geográfica para el municipio de Cercado-Cochabamba*. Tesis de grado. Ing. Agr. FCAYP. UMSS. Cochabamba, Bolivia. p. 54-65.

*Trabajo recibido el 8 de mayo de 2019 - Trabajo aceptado el 25 de junio de 2019*