

VARIABLES INCIDENTES EN EL CAMBIO DE USO DEL SUELO DE LA CUENCA DEL RÍO CANALETE, CÓRDOBA, COLOMBIA

Incident variables in the land use change of the Canalete river basin, Cordoba, Colombia

Natalia Lucía Moreno Salgado
Ingeniera Sanitaria y Ambiental
Instituto Colombiano Agropecuario
nataliamorenosalgado@hotmail.com
 <https://orcid.org/0000-0002-2008-5756>
Córdoba, Colombia.

Paula Andrea Lagares Esquivel
Ingeniera Sanitaria y Ambiental
paula.lagaresq@gmail.com
 <https://orcid.org/0000-0001-9311-1436>
Córdoba, Colombia.

Lina María García Corrales
PhD. Ingeniería Civil
Universidad del Norte
lmcorrales@uninorte.edu.co
 <https://orcid.org/0000-0003-3132-1889>
Atlántico, Colombia.

Resumen

El presente estudio, tiene como objetivo analizar el cambio de uso del suelo en la cuenca del río Canalete por medio de la identificación de variables causantes de la alteración. Para la estimación de cambio de cobertura durante el período 2001-2011 se implementó el Land Change Modeler el cual reflejó que los pastos han disminuido en un 5.39%, los cultivos y los bosques un 11.3% y 0.51% respectivamente.

Los resultados del modelo muestran que 10 875 ha de pastos se convirtieron en cultivos como resultado de la expansión de la frontera agrícola en la región. Las principales causas de los cambios identificados en el presente estudio abarcan aspectos sociales y gubernamentales como presencia de grupos armados, población, tecnologías agropecuarias, tenencia de la tierra, presencia de instituciones y condiciones de vida. En cuanto al análisis estadístico de la relación entre las variables identificadas con los usos del suelo en la cuenca, a partir de la aplicación del marco de trabajo FIPEIR (Fuerzas Impulsoras, Presión, Impacto, Respuesta), se encontró que factores como la deforestación, subutilización de los suelos en usos ganaderos, la distribución desproporcionada de la tierra y el desplazamiento forzado, afectan las condiciones socioeconómicas de las personas en las comunidades ubicadas en la cuenca.

La investigación pretende ser una herramienta que se utilice como guía para estudios posteriores de cambio de uso del suelo en cuencas, con el fin de proporcionar información a los tomadores de decisiones para la implementación de mejoras oportunas.

Palabras claves: Ordenamiento territorial, Vocación del suelo, Actores socioeconómicos, Análisis correlacional, Land Change Modeler.

Abstract

The objective of this study is to analyze the change in land use in the Canalete River Basin by identifying variables causing the alteration. For the estimate of change of coverage during the period 2001-2011, the Land Change Modeler was implemented, which reflected that pastures have decreased by 5.39%, crops and forests increased by 11.3% and 0.51% respectively. Our results subjects that 10 875 ha of pastures were changed into crops, as a result of the expansion of the agricultural frontier in the region. The main causes of the changes identified in this study include social and governmental aspects such as presence of illegal groups, citizens, agricultural technologies, land tenure, strong governability and quality of life. As for the statistical analysis of the relation between the variables identified with land use in watersheds from the application of the Impulse, Pressure, State, Impact and Response Framework (IPSIRF) found that factors like the deforestation, underutilization of the land in uses graziers, the disproportionate distribution of the land and forced displacement, they affect the socioeconomic conditions of the people in the communities situated in the watershed.

This study aims to be a tool that is used as a guide for further studies of land use in watersheds, in order to provide information to the decision makers for the implementation of timely improvements.

Keywords: Land Planning, Land Suitability, Socioeconomic Actors, Correlation Analysis, Land Change Modeler.

Introducción

El estudio del cambio de uso del suelo es un proceso complejo recientemente catalogado como una nueva ciencia, varios autores han demostrado el impacto que esta situación genera sobre los recursos hídricos (Henríquez, 2012; Díaz, Figueroa, Suarez y Vidal, 2018). Las nuevas tecnologías han dado paso a la implementación de nuevos métodos para dar una explicación a los cambios ocasionados en el suelo, es por ello que se hace necesario investigar este recurso para entender la interacción entre los seres humanos y el ambiente.

De acuerdo con investigaciones realizadas por Newman, McLaren, y Wilson (2014); Hernández, Rojas, y Sánchez (2013); Bocco, Mendoza, y Maserá (2000), la mayor parte de los cambios ocurridos en ecosistemas terrestres son resultado de diversas actividades antropogénicas como la deforestación, la reforestación, la urbanización, la conversión de tierras en agrícolas, la minería, entre otras, siendo la deforestación el mayor factor de alteración. Los cambios inducidos por el hombre a los paisajes naturales constituyen las principales fuerzas impulsoras del cambio de la cobertura del suelo a escala local, regional y global. Se ha demostrado que contribuyen al cambio climático, la pérdida de biodiversidad y la alteración de los ciclos biogeoquímicos e hidrológicos.

Los cambios de uso del suelo pueden ser analizados por medio de Sistemas de Información Geográfica (SIG) donde se evalúa la cantidad del cambio en determinados períodos de tiempo (Randhir y Tsvetkova, 2011). Por otra parte, también puede ser estudiado desde el marco FIPEIR (Fuerzas Impulsoras, Presión, Estado, Impacto y

Respuesta) el cual permite conocer las causas y efectos de los problemas ambientales que se pueden presentar en una unidad geográfica (Sarmin, et al 2016).

A nivel mundial, el aumento de los cambios en el uso del suelo de las tierras agrícolas a las urbanas ha dado como resultado la disminución de la prestación de servicios ecosistémicos y la calidad del medio ambiente (Groot, Wilson y Boumans, 2002). Cada vez hay más consenso de que los efectos ecológicos y ambientales deberían ser tomados en las decisiones de uso del suelo para mitigar la degradación ambiental y la mala asignación de los recursos (Bateman et al 2013).

Colombia es considerado uno de los países más biodiversos del mundo (Romero, Cabrera y Ortiz, 2008) y las condiciones del suelo no son iguales en todo el país, sino que varían entre sus diferentes regiones ecológicas y políticas (Romero, Cabrera y Ortiz, 2008), a pesar de su alta biodiversidad y recursos naturales hace falta información actualizada sobre las variaciones del cambio de uso del suelo y sus relaciones con los ecosistemas.

A nivel regional, en la cuenca del río Canalete, en lo referente al uso del suelo, la totalidad de sus tierras presentan mayormente uso ganadero de tipo extensivo con bajas productividades y con poca inversión de mano de obra; además, tienen conflicto de uso porque la mayoría de estos suelos poseen vocación agrícola (Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y San Jorge (CVS), 2005).

Es importante conocer las variables que han incidido en el cambio de uso del suelo en la cuenca debido a que no se han realizado muchas investigaciones; y la poca información que se tiene no está actualizada. Por lo tanto, el objetivo de esta investigación fue estimar los cambios de uso del suelo e identificar las variables y elementos que han incidido en este cambio, en la cuenca del río Canalete.

El análisis de las variables que han incidido en el cambio de uso del suelo en la cuenca en estudio es relevante porque: a) proporciona nueva información que se utiliza como guía para próximas investigaciones; b) presenta la posibilidad de analizar el cambio de coberturas utilizando el Land Change Modeler y el marco FIPEIR y por último c) incorpora en el estudio la implementación de un mecanismo de participación con los actores más representativos de la cuenca.

Desarrollo

El enfoque metodológico de la investigación fue mixto, puesto que se combinó el análisis de datos cualitativos y cuantitativos. La tipología del estudio de la investigación fue descriptiva debido a que tuvo por objeto el análisis de variables incidentes en el cambio de uso del suelo, a partir de análisis estadístico correlacional entre las actividades antrópicas y dicho cambio de uso del suelo.

Estimación de la cantidad de cambio de uso del suelo

Con el programa Land Change Modeler (LCM) se hizo para la cuenca del río Canalete el modelo de estimación de cambios de cobertura de la tierra en los períodos 2000-2002 y 2010-2012. Las coberturas clasificadas con la metodología Corine Land Cover nivel 2 adaptada para Colombia, se ajustaron a seis categorías: a) construcciones, b) pastos,

c) cultivos, d) bosques, e) arbustos y f) agua. En la **figura 1** y **tabla 1** se logra observar las principales coberturas de la tierra presentes en la cuenca del río para el periodo 2001- 2011.

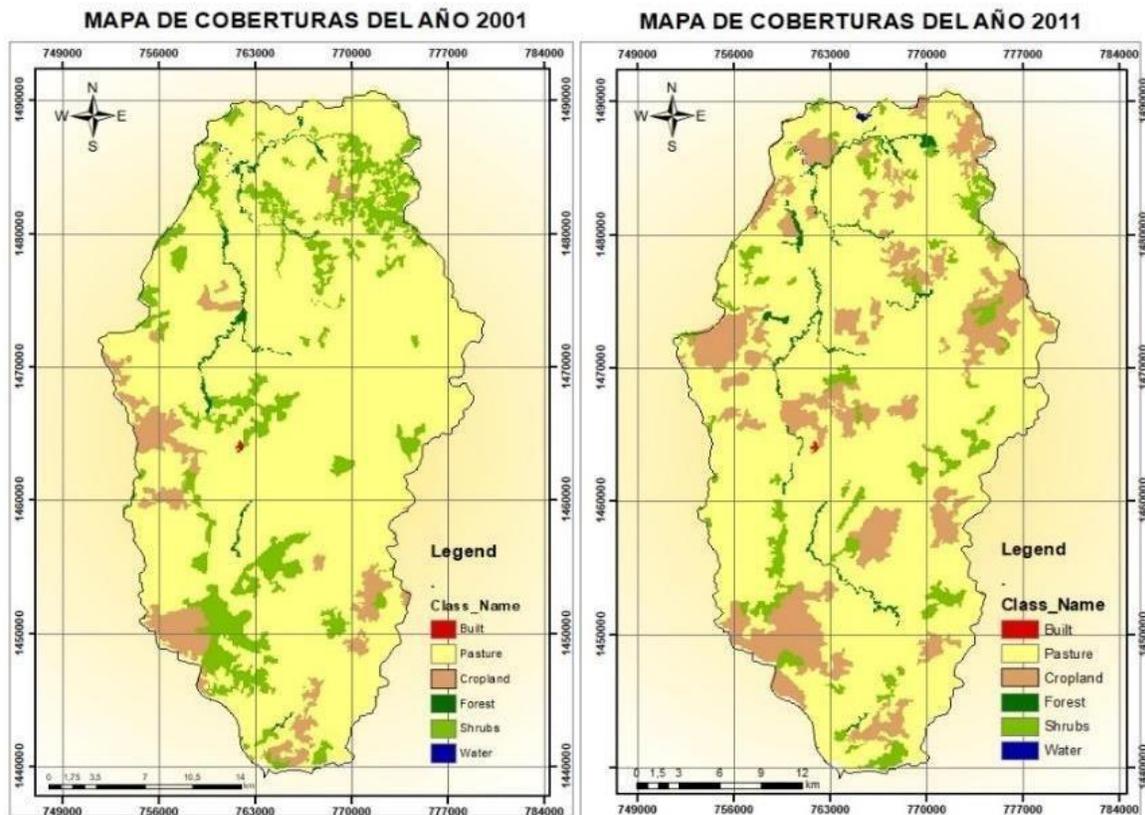


Figura 1. Mapa de principales coberturas en el periodo 2001- 2011, en la cuenca del río Canaleta. Fuente: Coberturas obtenidas de la Corporación Regional de los Valles del Sinú y San Jorge (CVS, 2012)

Tabla 1.

Coberturas de la tierra, su área y porcentaje ocupado en la cuenca del río Canaleta para el período 2001-2011

Coberturas	Año	Área (ha)	Porcentaje Cuenca (%)
Pastos	2001	74 497.05	81.03
	2011	69 539.85	75.64
Cultivos	2001	5 353.29	5.82
	2011	15 736.32	17.12
Arbustos	2001	11 116.53	12.09
	2011	5 178.78	5.63
Bosques	2001	834.39	0.91
	2011	1 303.74	1.42
Agua	2001	26.28	0.03
	2011	63.90	0.07
Construcciones	2001	31.23	0.03
	2011	36.18	0.04

Fuente: Elaboración propia

Pérdidas y ganancias entre 2001 y 2011

En la **figura 2** se observa la estimación de las pérdidas y ganancias de coberturas (agua, arbustos, bosques, construcciones, cultivos, pastos) de la tierra en la cuenca del río Canalete. Se presentaron significativos cambios y transiciones de coberturas de la tierra durante el período de estudio (2001-2011), los principales cambios y ganancias se evidenciaron en las coberturas de cultivos (13 986 ha), pastos (8 961 ha) y por último los arbustos (3 162 ha), mientras que las coberturas de construcciones, bosques y agua presentaron menores ganancias.

De igual forma, se dieron pérdidas de coberturas en pastos (-13 918 ha), arbustos (-9 099 ha) y cultivos (-3 603 ha), mientras que en las otras coberturas de agua, bosques y construcciones se evidenciaron pérdidas mucho menores a las mencionadas anteriormente.

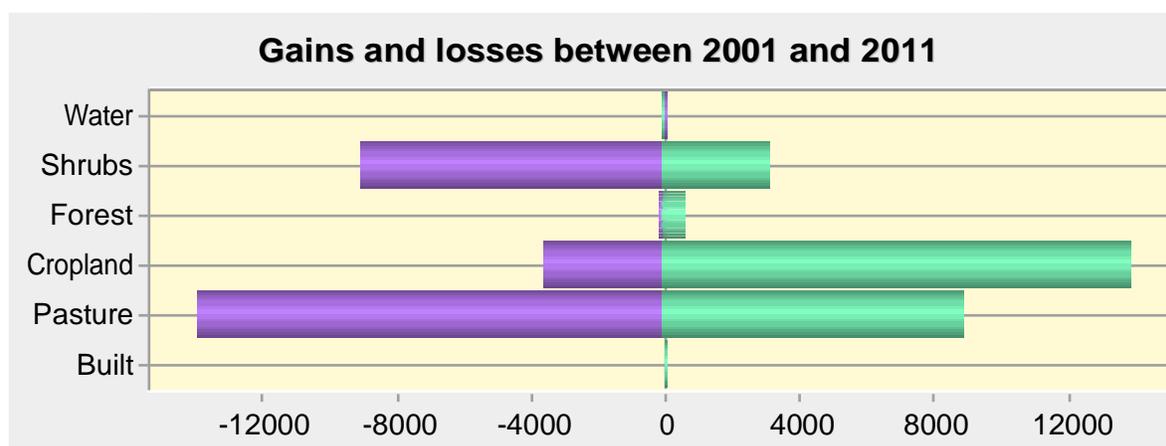


Figura 2. Pérdidas y ganancias entre 2001 y 2011. Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados obtenidos con el programa Land Change Modeler.

Cambios Netos de Coberturas

En la **figura 3**, se detallan los cambios netos de las coberturas de la tierra en la cuenca del río Canalete, siendo la cobertura de cultivos la que presentó mayores ganancias y en segundo lugar los bosques. Mientras que los arbustos presentaron mayores pérdidas netas, siguiendo los pastos. Por otro lado, las coberturas de agua, bosques y construcciones no tuvieron significativas pérdidas y ganancias.

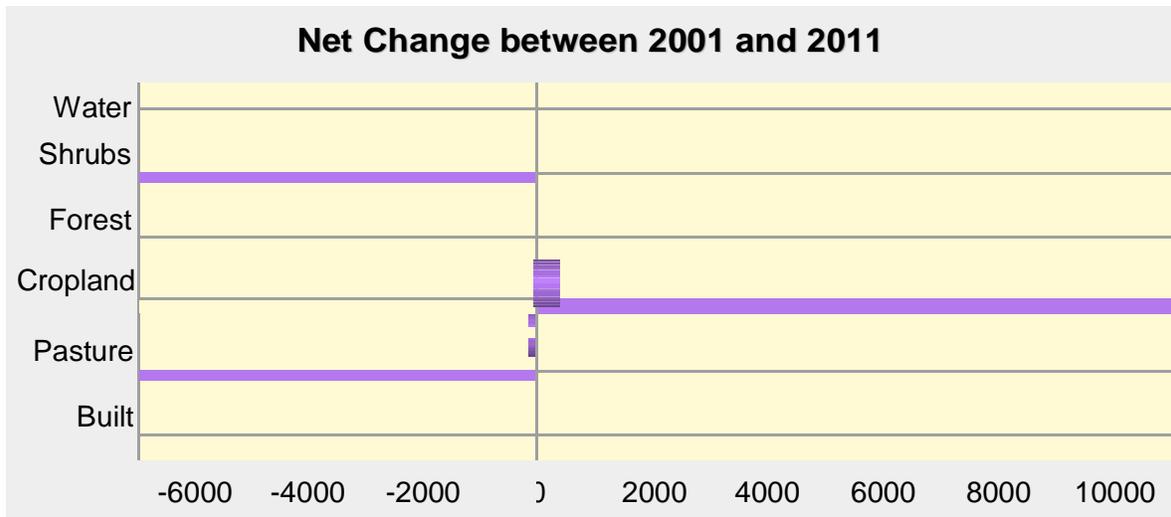


Figura 3. Cambios netos de coberturas. Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados obtenidos con el programa Land Change Modeler

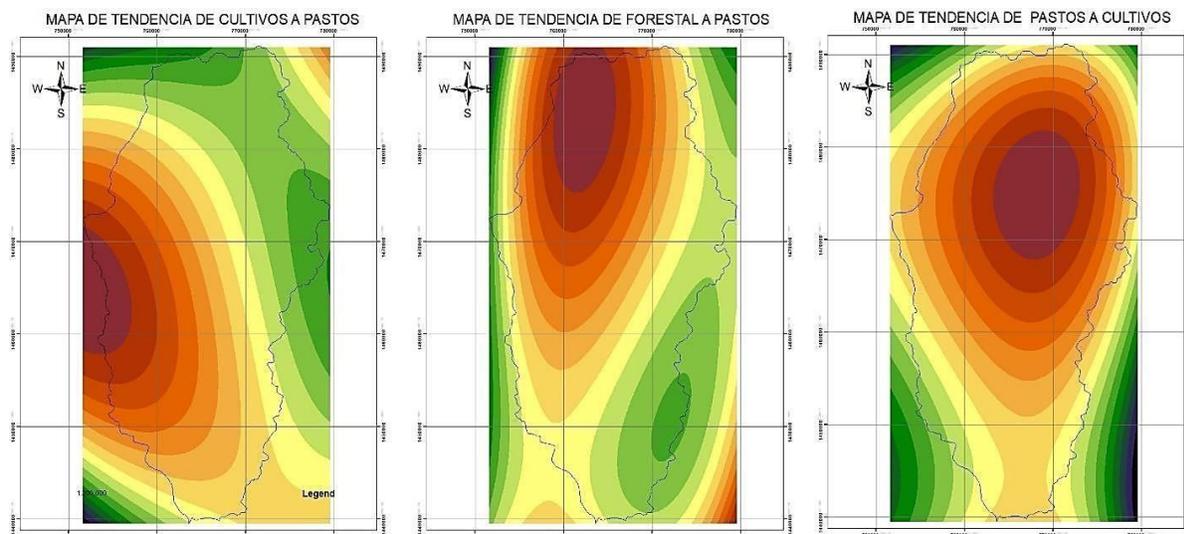
Tendencia espacial de cambios

En la **figura 4** se observan las principales tendencias espaciales de cambios, representadas en mapas, estas fueron:

a) Mapa de tendencia de cultivos a pastos: Se evidenció que en la zona oeste de la cuenca del río Canalete, tradicionalmente utilizaban los suelos para cultivos y producción bananera, hoy se convirtieron en pastos.

b) Mapa de tendencia de bosques a pastos: Se constató la tendencia de las coberturas de bosques a pastos en la zona de ecosistemas de manglar.

c) Mapa de pastos a cultivos: Se observó que la tendencia de coberturas de pastos a cultivos se presentó en casi toda la cuenca, especialmente en la zona central, cerca al municipio de Canalete.



a. Mapa de tendencia de cultivos a pastos.

b. Mapa de tendencia de forestal a pastos

c. Mapa de tendencia de pastos a cultivos.

Figura 4. Principales tendencias espaciales de cambio en la cuenca del río Canalete. Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados obtenidos con el programa Land Change Modeler

Principales transiciones de coberturas de la cuenca del río Canalete

En la **figura 5**, se aprecian las principales transiciones de coberturas de la tierra en el período 2001 – 2011, siendo la transición de cobertura de pastos a cultivos la más representativa con un área de 10 865 ha, seguidamente se encuentra la transición de arbustos a pastos con una extensión de 5698 ha, y las de menores extensiones son de cultivos a pastos (3 125 ha), de arbustos a cultivos, (3 087 ha), y de pastos a cultivos (1 683 ha).

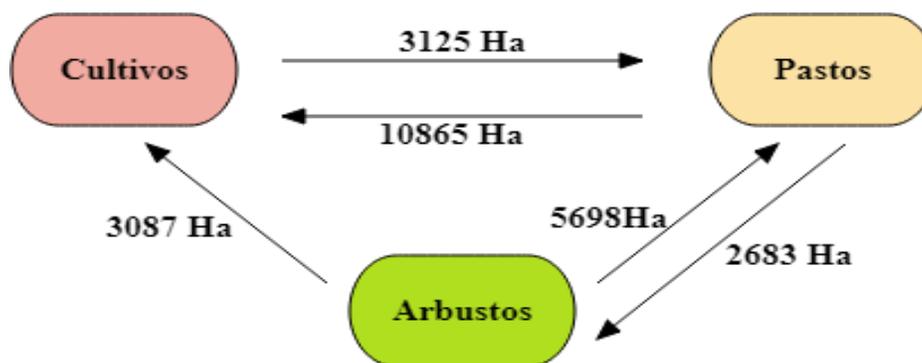


Figura 5. Principales transiciones de coberturas de la cuenca del río Canalete. Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados obtenidos con el programa Land Change Modeler

Identificación de variables incidentes del cambio de uso del suelo

La Universidad Pontificia Bolivariana, seccional Montería fue el lugar donde se llevó a cabo el taller que permitió la aplicación de métodos participativos, que constó de tres momentos. Un primer momento en el que se presentó a los participantes (14 individuos de diferentes organizaciones sociales e institucionales del departamento de Córdoba) el diagnóstico realizado de los cambios de cobertura en la cuenca. Un segundo momento donde los participantes identificaron a través de diálogos y presentaciones las variables que consideraban incidentes en los cambios de uso del suelo en la cuenca; por último, en un tercer espacio se aplicaron 14 entrevistas a los participantes relacionados con variables del estudio.

De igual forma se realizó el instrumento de recolección de información en cada uno de los municipios pertenecientes a la cuenca del río Canalete, los cuales son: Canalete, donde el actor encuestado fue el Secretario de Planeación Municipal Dimas García, Los Córdoba donde el actor fue Nadima Herrera Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural, y por último en el Municipio de Puerto Escondido, Carmen Toscano Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural.

En la **tabla 2** se observan las variables incidentes en los cambios de las coberturas identificadas por los participantes del taller.

Tabla 2.

Variables incidentes en el cambio de uso del suelo según los principales actores de la cuenca del río Canalete

N°	Coberturas		
	Pastos	Cultivos	Bosques y arbustos
1.	Cercanía al río	Clima	Erosión del suelo
2.	Productividad del suelo	Población	Clima
3.	Erosión del suelo	Condiciones de vida	Población
4.	Clima	Comercialización y precios de cosechas	Cabezas de ganado
5.	Población	Programas de gobierno	Comercialización de cosechas
6.	Comercialización de ganado	Presencia instituciones	Tamaño y valor de los predios
7.	Tamaño de predios	Tecnologías agropecuarias	Programas de gobierno
8.	Presencia de grupos armados	Construcción de carreteras	Presencia de instituciones
9.	Programas de gobierno		Extracción ilegal de maderas
10.	Tenencia de la tierra		

Fuente: Elaboración propia

Relación de las variables socioeconómicas y ambientales con los usos del suelo

El uso de la tierra es el empleo humano de un tipo de cobertura terrestre, el medio por el cual la actividad humana se apropia de los resultados de la producción primaria neta determinados por factores socioeconómicos (Briassoulis, 2000). Cada cobertura de la tierra está asociada a un determinado uso del suelo, que depende de la actividad económica que se realice como se muestra en la **figura 6**.

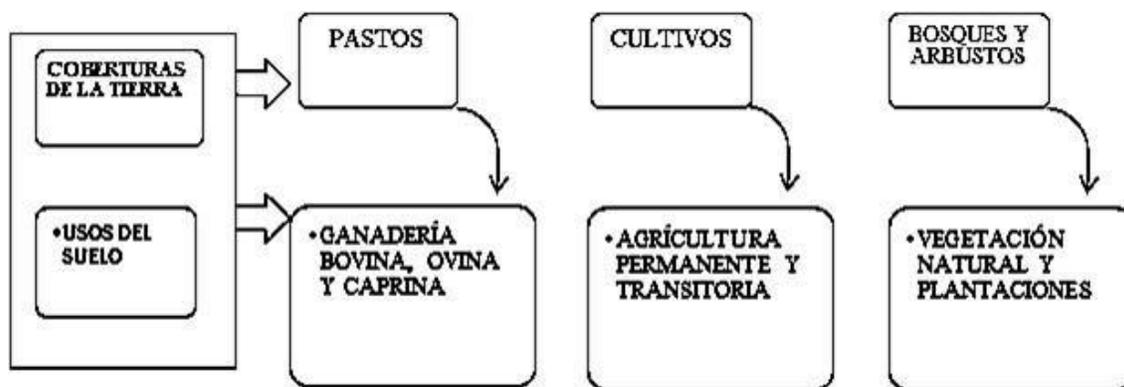


Figura 6. Coberturas de la tierra asociadas a los usos del suelo. Fuente: Elaboración propia

Análisis de cambio de la cobertura del suelo utilizando el marco de FIPEIR

Para la aplicación del marco FMPEIR se consideró: a) los resultados de la estimación de cambio de cobertura mediante el programa LCM, b) la información proporcionada por los actores en el mecanismo de participación, c) los datos obtenidos del Diagnóstico Ambiental de la Cuenca (Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y San Jorge (CVS), 2005) y d) el Plan Departamental de Adaptación al Cambio Climático para el Departamento de Córdoba 2016 - 2027 (Corporación Autónoma Regional de Los Valles del Sinú y San Jorge (CVS), 2016). Por lo tanto, para gestionar el ecosistema de la cuenca es necesario conocer las causas (fuerzas motrices y las presiones) del cambio y sus interacciones para de esta manera poder abordarlas (figura 7).

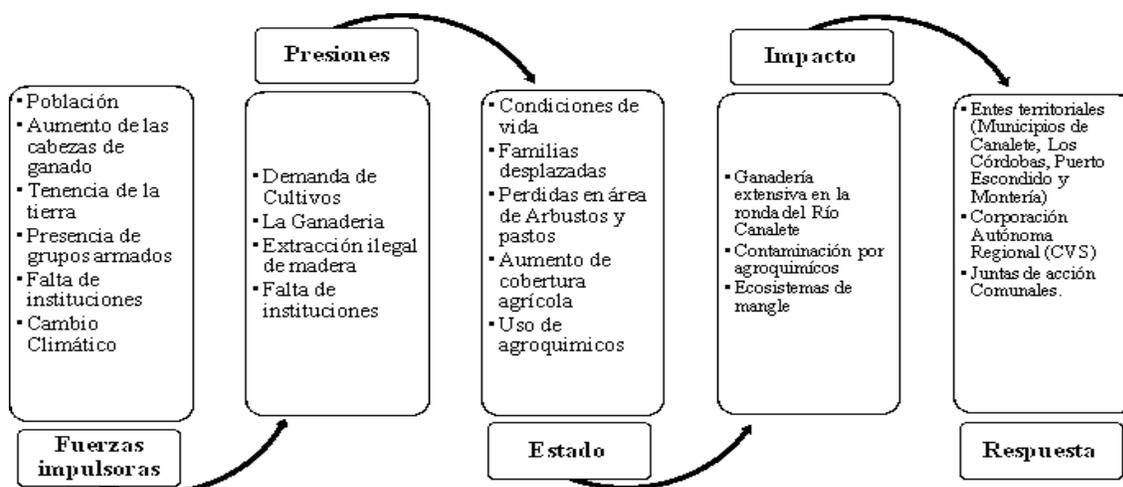


Figura 7. Marco FIPEIR para la cuenca del río Canalete. Fuente: Elaboración propia.

Análisis estadístico correlacional de variables

Los resultados obtenidos con el instrumento de recolección de información aplicada a los principales actores, referentes a los aspectos biofísicos, socioeconómicos, y demográficos, se convirtieron en la base fundamental para seleccionar las variables que se consideraron al momento de hacer las correlaciones estadísticas. Dichos indicadores fueron clave para medir la incidencia de las variables en los períodos estudiados. Lo anterior se muestra en la **tabla 3**.

Tabla 3.

Variables identificadas por los actores en el mecanismo de participación y sus respectivos indicadores.

	Variables	Indicador
Biofísicas	Cercanía al río	
	Clima	No se tuvieron en cuenta en este estudio
	Erosión del suelo	
Socioeconómicas	Presencia de grupos armados	Tasa de homicidios Personas desplazadas
	Productividad del suelo	Producción Rendimiento
	Programas de gobierno	UNIDOS ¹
	Presencia de instituciones	Cobertura educativa Índice de desempeño fiscal (IDF)
	Tamaño de predios	No se tiene información
	Tenencia de la tierra	Avalúo total Avalúo rural
	Valor de predios	No se tiene información
	Comercialización de ganado	
	Cabezas de ganado	Inventario bovino
		Comercialización y precio de cosechas
	Tecnologías agropecuarias	Valor del crédito
	Construcción de carreteras	Nivel departamental en los datos disponibles
	Extracción ilegal de maderas	No se tiene información para todos los períodos
	Condiciones de vida	No se tiene información para todos los períodos
Demográficas		Población total
	Población	Población rural

Fuente: Elaboración propia

¹ El programa Unidos es la estrategia del estado colombiano para dar una respuesta integral a la multidimensionalidad de la pobreza extrema.

VARIABLES identificadas por los actores en los municipios más representativos de la Cuenca

En la **tabla 4** se encuentran las variables según el tipo, y su indicador, al igual que la fuente de donde se obtuvo la información en los períodos 2000 - 2002, 2005 - 2009, 2010 - 2012 y 2015- 2016.

Tabla 4.

Variables consultadas en los municipios de la cuenca del río Canalete

VARIABLES	FUENTE	INDICADOR	UNIDAD	MUNICIPIO	PERÍODOS			
					2000- 2002	2005-2009	2010-2012	2015-2016
Socio-económicos	SIGOT	Tasa de homicidios	Número de muertes	Canalete	*	22	5	14
				Los Córdoba	*	103	101	92
				Puerto Escondido	*	103	101	92
				Canalete	231	190	107	62
		Personas desplazadas	Número Personas	Los Córdoba	122	116	66	45
				Puerto Escondido	107	149	84	37
				Canalete	12 263	26 091	24 802	33 214
				Los Córdoba	20 059	35 002	36 825	28 525
	SEDEA	Producción	Toneladas	Puerto Escondido	14 836	28 367	40 706	41 856
				Canalete	38	87	81	127
				Los Córdoba	42	95	315	75
				Puerto Escondido	20	56	180	122
	SEDEA	Rendimiento	Ton/ha	Canalete	38	87	81	127
				Los Córdoba	42	95	315	75
				Puerto Escondido	20	56	180	122
				Canalete	*	2 311	2 481	1 244
UNIDOS		Número Afiliados	Los Córdoba	*	2 090	2 294	1 097	
			Puerto Escondido	*		2 727	1 315	
			Canalete	*	103	101	92	
			Los Córdoba	*	89	79	68	
SIGOT	Cobertura Educativa	Cobertura	Puerto Escondido	*	88	103	81	
			Canalete	53	46	65	68	
			Los Córdoba	50	64	65	65	
			Puerto Escondido	*	60	66	70	
SEDEA	Avalúo total	\$	Canalete	*	46 857 799	116 808 233	128 265 105	
			Los Córdoba	*	26 568 401	123 828 773	138 990 575	
			Puerto Escondido	*	79 792 172	160 910 435	176 094 752	
			Canalete	*	40 825 185	108 256 510	118 192 645	
	Avalúo rural	\$	Los Córdoba	*	22 971 694	111 827 492	121 563 106	
			Puerto Escondido	*	68 974 204	145 342 680	156 866 525	
			Canalete	52 338	48 118	48 284	366 710	
			Los Córdoba	45 381	46 731	43 950	41 141	
SEDEA	Inventario Bovino	Número Bovinos	Puerto Escondido	55 381	58 081	55 533	14 289	
			Canalete	52 338	48 118	48 284	366 710	

			Escondido							
Demográficas	FINAGRO	Cantidad Créditos	Número Créditos	Canalete	11	96	143	198		
				Los Córdobas	11	77	123	209		
				Puerto Escondido	9	63	207	276		
				Canalete	194 734 500	1 275 675 108	2 265 365 648	4 503 228 130		
				Los Córdobas	327 850 000	1 180 104 400	1 595 334 321	2 203 068 497		
	DANE	Valor crédito	\$	Puerto Escondido	99 550 000	1 125 368 600	3 043 975 452	4 723 159 825		
				Población total	Hab	Canalete	16 101	18 060	19 686	21 792
						Los Córdobas	16 341	18 885	21 148	24 116
						Puerto Escondido	18 932	23 071	25 884	29 580
						Canalete	10 531	14 513	15 841	17 565
Población rural	Hab	Los Córdobas	8 010			15 342	17 101	19 428		
		Puerto Escondido	8 409	19 293	21 623	24 634				

Fuente: Elaboración propia, datos tomados de: Sistema de Información Geográfica para la Planeación y el Ordenamiento Territorial (SIGOT), Secretaría de Desarrollo Económico y Agroindustrial (SEDEA), Fondo para el Financiamiento del Sector Agropecuario (FINAGRO), Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE).

Principales coberturas en los municipios de la cuenca del río Canalete

En este estudio se elaboró para cada municipio que integra la cuenca del río Canalete, el análisis de las principales coberturas, definiéndose: a) área agrícola, b) área de pastos y c) área de bosques. En lo referente a las áreas agrícolas y pastos la información fue proporcionada por la (SEDEA) extraídas de las evaluaciones agropecuarias municipales. La información del área de bosques fue procesada por medio del programa Arcgis 10.2.1, obteniendo datos de las imágenes satelitales para los años 2000, 2005, 2010 y 2015. De acuerdo con esta información disponible se escogieron los períodos en los cuales se analizaron las variables. En la **tabla 5** se especifican las áreas de cultivos (Sembrada), pastos y bosques para los municipios más representativos de la cuenca.

Tabla 5.

Coberturas en los municipios de la cuenca del río Canalete

Áreas (ha)	MUNICIPIO	PERÍODOS			
		2000- 2002	2005-2009	2010-2012	2015-2016
Áreas sembradas	Canalete	3 998	4 671	4 100	5 672
	Los Córdobas	3 869	5 759	5 255	4 986
	Puerto escondido	2 002	3 629	3 602	4 377
Áreas de pastos	Canalete	33 360	24 500	20 400	37 650

	Los Córdoba	31 118	5 391	5 255	4 986
	Puerto escondido	21 930	25 542	11 237	9 050
	Canalete	142	187	351	359
Áreas de bosques	Los Córdoba	264	438	570	455
	Puerto escondido	1 089	1 124	1 170	590

Fuente: Tomado de las evaluaciones agropecuarias municipales y procesamiento de imágenes satelitales

Análisis correlacional según los tipos de coberturas

El análisis correlacional permitió conocer el grado de asociación entre las principales coberturas del suelo de los municipios que hacen parte de la cuenca del río Canalete, además de las variables incidentes en el cambio de uso del suelo identificadas por los actores mediante mecanismo de participación. En la **tabla 6** se muestra el significado o la fuerza de la correlación para el rango de valores comprendidos entre ± 0 y ± 1 .

Tabla 6.

Rangos de la correlación según su sentido y fuerza

\pm	\pm	Fuerza
0.96	1	Perfecta
0.85	0.95	Fuerte
0.7	0.84	Significativa
0.5	0.69	Moderada
0.2	0.49	Débil
0.1	0.19	Muy Débil
0	0.09	Nula

Fuente: Tomado de Tabachnick y Fidell (2013)

Cobertura de cultivos (área sembrada)

Las variables socioeconómicas y demográficas seleccionadas por los actores fueron medidas por medio de indicadores que se muestran en la **tabla 4**, para cada período, estos valores se asociaron a la cobertura de cultivos para así saber la fuerza y el sentido de la correlación (**tabla 7**).

Análisis de las correlaciones entre las variables socioeconómicas y las diferentes coberturas

Cobertura agrícola.

Producción: esta variable se comportó de manera similar en todos los municipios de la cuenca, en Canalete, Los Córdoba y Puerto Escondido la correlación es positiva fuerte, lo que indica que a medida que una variable aumenta, la otra también aumenta. En Montería la correlación es positiva perfecta indicando que si una variable aumenta la otra también aumenta (**tabla 7**).

Valor de crédito: en esta variable la correlación es positiva fuerte para los municipios de Canalete y Puerto Escondido, y es positiva moderada en los municipios de Los Córdoba y Montería, indicando en ambos casos que si una de las variables aumenta la otra también aumenta (**tabla 7**).

Coberturas de pastos

Programa Unidos: La correlación es negativa perfecta en el municipio de Canalete, porque a medida que las variables Unidos aumenta la variable de cobertura de pastos disminuyen. En Montería la correlación es negativa fuerte y es positiva perfecta en Puerto Escondido indicando que si la variable Unidos aumenta la cobertura de pastos aumenta (**tabla 7**).

Inventario bovino: En los municipios de Montería y Puerto Escondido la correlación es positiva moderada, algunos puntos están cerca de la línea, pero otros puntos están lejos de ella, señalando que solo existe una relación lineal moderada entre las variables de inventario Bovino y Cobertura de Pastos. En el municipio de Canalete la correlación es positiva significativa (**tabla 7**).

Coberturas de Bosques

Personas desplazadas: en esta variable la correlación es negativa, indicando que a medida que la cobertura de bosques aumenta el número de personas desplazadas disminuye, en los municipios de Canalete, Los Córdoba y Montería siendo perfecta, moderada y fuerte para cada uno. La correlación para Puerto Escondido es positiva y significativa (**tabla 7**).

Créditos: en los municipios de Canalete y Montería la correlación es positiva fuerte y para los municipios de Los Córdoba y Puerto Escondido es moderada, siendo para el primero positiva y negativa para el último (**tabla 7**).

Tabla 7.

Análisis correlacional entre el área agrícola y las diferentes variables socioeconómicas y demográficas para cada municipio de la cuenca del río Canalete

VARIABLES	INDICADOR	ANÁLISIS	MUNICIPIOS			
			Canalete	Los Córdoba	Montería	Puerto Escondido
Productividad del suelo	Producción	Correlación	0.83	0.92	0.99	0.91
		Significado	Fuerte	Fuerte	Perfecta	Fuerte
Tecnologías agropecuarias	Valor del crédito	Correlación	0.85	0.57	0.58	0.86
		Significado	Fuerte	Moderada	Moderada	Fuerte
Programas de gobierno	UNIDOS	Correlación	-0.99	-0.26	-0.87	1
		Significado	Perfecta	Débil	Fuerte	Perfecta

Com. Ganado	Inventario Bovino	Correlación	0.74	0.31	0.5	0.68
Cab. Ganado		Significado	Significativa	Débil	Moderada	Moderada
Presencia de grupos armados	Personas desplazadas	Correlación	-0.98	-0.67	-0.91	0.78
		Significado	Perfecta	Moderada	Fuerte	Significativa
Tecnologías agropecuarias	Créditos	Correlación	0.92	0.65	0.92	-0.65
		Significado	Fuerte	Moderada	Fuerte	Moderada

Fuente: elaboración propia

Conclusiones

En la cuenca del río Canalete, existen cambios en las coberturas de uso del suelo entre 2001-2011. Se evidencia claramente que los cultivos presentan mayores ganancias y los bosques mayores pérdidas, esto se debe principalmente a la expansión de la frontera agrícola en la zona media de la cuenca, sin embargo, en inmediaciones al departamento de Antioquia en la zona bananera se evidenció en los mapas de tendencia que la transición de cultivos a pastos fue la más representativa.

Además, la transición de bosques a pastos es importante mencionarla puesto que esta se presentó en una zona de gran importancia ecológica, como es el caso de la zona de manglar, que se debe principalmente a la falta de institucionalidad y autoridades que protegen este tipo de ecosistemas.

Por otra parte, el Land Change Modeler además de ayudar a comprender la dinámica de cambios de coberturas en un periodo de 11 años analizados, se convierte en una herramienta clave para los entes territoriales y autoridades ambientales locales en lo referente a la toma de decisiones en sus territorios y jurisdicción.

En los análisis de cobertura plasmados en la matriz FPEIR se evidenciaron problemas, en los aspectos sociales, económicos y ambientales ligados a la cultura de dichas comunidades, todo esto es importante analizarlo desde esos enfoques, con el fin de garantizar un desarrollo sostenible a las poblaciones que realizan sus actividades económicas en la cuenca.

Los cambios en las coberturas del suelo en los municipios de Canalete, Los Córdoba, Montería y Puerto Escondido que conforman la cuenca del río Canalete, son producto de los diferentes indicadores de cambio en el uso del suelo, en este estudio fueron identificados por los actores en el instrumento de recolección de información, con base en éstos se hicieron las correlaciones estadísticas. Para la cobertura agrícola las variables incidentes en el cambio del uso del suelo más importantes fueron la productividad del suelo y tecnologías agropecuarias.

En la cobertura de pastos las variables más significativas fueron la presencia de instituciones y programas de gobiernos, así como también las tecnologías agropecuarias. Para el caso de la cobertura de bosques las variables más significativas fueron la presencia de grupos armados y las tecnologías agropecuarias.

Recopilar información histórica para un posterior análisis de cambio de uso del suelo y predecir cómo las variables socioeconómicas y demográficas pueden ocasionar impactos globales en el mismo, es complejo; sin embargo, gracias a la utilización de instrumentos y herramientas para la evaluación de cambios de cobertura terrestre como lo son: a) Land Change Modeler, b) modelo FMPIR, c) mecanismos de participación y d) análisis estadístico correlacional, permitieron llegar a una aproximación de las variables incidentes en el cambio del uso del suelo. Lo anterior, con el fin de proporcionar información científica referente a las condiciones reales de las cuencas y que sean la base para la formulación de proyectos que ayuden a las comunidades y actores implicados en sus territorios.

Por último, es necesaria la presencia de instituciones internacionales, nacionales y locales como lo son las organizaciones no gubernamentales (ONG) y entes territoriales; que por medio de planes, programas y proyectos integrales permitan un desarrollo económico en las comunidades, garantizando a su vez la conservación del entorno.

Referencias

- Bateman, I., Harwood, A., Mace, G., Watson, R., Abson, D., Andrews, B., Binner, A., Crowe, A., D'Á, B., Dugdale, S., Fezzi, C., Foden, J., Hadley, D., Haines-Young, R., Hulme, M., Kontoleon, A., Lovett, A., Munday, P., Pascual, U., Paterson, J., Perino, G., Sen, A., Siriwardena, G., Soest, D., y Termansen, M. (2013). Bringing Ecosystem Services into Economic Decision-Making: Land Use in the United Kingdom. *Science*, 341(6141), 45-50. Recuperado de <https://science.sciencemag.org/content/341/6141/45>
- Bocco, G., Mendoza, M., y Masera, O. (2000). La dinámica del cambio del uso del suelo en Michoacán. Una propuesta metodológica para el estudio de los procesos de deforestación. *Investigaciones geográficas*, (44), 18-36. Recuperado de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-46112001000100003&lng=es&tlng=es.
- Briassoulis, H. (2000). *Analysis of Land Use Change: Theoretical and Modeling Approaches*. Virginia, Estados Unidos: Instituto de Investigación Regional, Universidad de Virginia. Recuperado de <https://researchrepository.wvu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1000&context=rri-web-book>
- Corporación Autónoma Regional de Los Valles del Sinú y San Jorge. (2005). *Diagnóstico Ambiental de la Cuenca Hidrográfica del Río Canalete*.
- Corporación Autónoma Regional de Los Valles del Sinú y San Jorge. (2016). Plan Departamental De Adaptación Al Cambio Climático Para El Departamento De Córdoba 2016 - 2027. Obtenido de http://cvs.gov.co/web/wp-content/docs/PDACC/FASE_DE_PREPARACION_y_PLANIFICACION.pdf
- Díaz, M., Figueroa, R., Suarez, M., y Vidal, R. (2018). Exploring the complex relations between water resources and social indicators: The Biobío Basin (Chile). *Ecosystem Services*, 31, 84-92. Recuperado de

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2212041617304333?via%3Dihub>

- Groot, R., Wilson, M., y Boumans, R. (2002). A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. *Ecological Economics*, 41(3), 393-408. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0921800902000897>
- Henríquez, L. (2012). *Escenarios futuros de uso del suelo para el análisis del efecto del cambio global en los recursos hídricos aplicado al acuífero de La Mancha Oriental*. (Tesis de maestría). Universidad Politécnica de Valencia, España. Recuperado de https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/15479/TFM_Lenin_Henriquez_2011.pdf?sequence=1
- Hernández, A., Rojas, R., y Sánchez, F. (2013). Cambios en el uso del suelo asociados a la expansión urbana y la planeación en el corregimiento de Pasquilla, zona rural de Bogotá (Colombia). *Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía*, 22(2), 257-271. Recuperado de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-215X2013000200014&lng=en&tlng=es
- Newman, M., McLaren, K., y Wilson, B. (2014). Long-term socio-economic and spatial pattern drivers of land cover change in a Caribbean tropical moist forest, the Cockpit Country, Jamaica. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 186, 185-200. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S016788091400053X>
- Randhir, T., y Tsvetkova, O. (2011). Spatiotemporal dynamics of landscape pattern and hydrologic process in watershed systems. *Journal of Hydrology*, 404(1-2), 1-12. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022169411001880>
- Romero, M., Cabrera, E., Ortiz, N. (2008). *Informe sobre el estado de la biodiversidad en Colombia 2006-2007*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, Colombia. Recuperado de <http://repository.humboldt.org.co/handle/20.500.11761/34293>
- Sarmin, N., Hasmadi, I., Pakhriazad, H., y Khairil, W. (2016). The DPSIR framework for causes analysis of mangrove deforestation in Johor, Malaysia. *Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management*. 6, 214-218. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2215153216300782>
- Tabachnick, B. G., y Fidell, L. S. (2013). *Using multivariate statistics*. Boston: Pearson/Allyn & Bacon.