

**DINÁMICA DE CAMBIO DE COBERTURA/USO DE SUELO: ESCENARIOS PROSPECTIVOS EN LA SUBCUENCA DEL RÍO CHILLAYACU**

DYNAMICS OF CHANGE COVER / SOIL USE: PROSPECTIVE SCENARIOS IN THE CHILLAYACU RIVER SUB-BASIN

Andrango Rodríguez Brigitte Estefanía<sup>1</sup>E-mail: [bandrango1@utmachala.edu.ec](mailto:bandrango1@utmachala.edu.ec)ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1264-9977>Romero Cruz Katherin Geanella<sup>1</sup>E-mail: [kromero3@utmachala.edu.ec](mailto:kromero3@utmachala.edu.ec)ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5606-2548>Maza Maza Jaime Enrique<sup>1</sup>E-mail: [jemaza@utmachala.edu.ec](mailto:jemaza@utmachala.edu.ec)ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4845-5165><sup>1</sup>Universidad Técnica de Machala. Ecuador

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Andrango Rodríguez, B. E., Romero Cruz, K. G., Maza Maza, J. E. (2022). Dinámica de cambio de cobertura/uso de suelo: Escenarios prospectivos en la subcuenca del río Chillayacu. *Revista Científica Agroecosistemas*, 10(3), 228-236. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes>

**RESUMEN**

En los últimos 20 años, Ecuador ha sufrido transformaciones en su cobertura vegetal y uso de suelo a causa del acelerado y desordenado crecimiento poblacional, han ejercido presión sobre las tierras con gran potencial. La investigación tiene como objetivo diseñar un modelo prospectivo de la Subcuenca del río Chillayacu, a partir del análisis de cambios de cobertura para el año 2030. Al procesar los datos cartográficos en el Software ArcGIS versión 10.2, se procedió al análisis de cada categoría en ambos periodos estudiados. Para el análisis de los cambios se hizo una comparación cruzada CROSSTAB en el software IDRISI selva y para el modelo prospectivo se utilizó el método de cadenas de Márkov y Autómatas Celulares de CA\_Márkov. Los resultados muestran un cambio del 24.04% de la superficie y las conversiones que más destacaron fue de bosque a tierra agropecuaria con un porcentaje de 18,56%. De tal forma para el año 2030, siguen manifestándose cambios, en la zona agrícola presenta un aumento de 1330,47 ha. Sin embargo, el bosque presenta una disminución de 1368,94 ha. Actualmente, se requiere que las autoridades tomen medidas, estrategias, planificación y gestión en el ordenamiento territorial para el adecuado uso de los recursos.

**Palabras clave:**

Cambio de uso de suelo, subcuenca hidrográfica, río Chillayacu, cobertura vegetal, mapa prospectivo.

**ABSTRACT**

In the last 20 years, Ecuador has undergone transformations in its vegetation cover and soil use due to the accelerated and disorderly population growth. They have exerted pressure on lands with great potential. The research aims to design a prospective model of the Chillayacu River Sub-basin, based on the analysis of coverage changes for the year 2030. When processing the cartographic data in the ArcGIS Software version 10.2, each category was analyzed in both periods studied. For the analysis of the changes, a CROSSTAB cross comparison was made in the IDRISI jungle software and for the prospective model the method of Markov chains and CA\_Markov Cellular Automata was used. The results show a change of 24.04% of the surface and the conversions that stood out the most were from forest to agricultural land with a percentage of 18.56%. Thus, for the year 2030, changes continue to appear, in the agricultural area there is an increase of 1330,47 ha. However, the forest shows a decrease of 1368,94 ha. Currently, the authorities are required to take measures, strategies, planning and management in land use planning for the proper use of resources.

**Keywords:**

Land use change, hydrographic sub-basin, Chillayacu river, vegetation cover, prospective map.

## INTRODUCCIÓN

En los últimos años, se han producido cambios en la cobertura y uso de suelo a causa del ser humano. Según el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), la actividad agrícola a nivel nacional refleja una superficie de 5110,54 hectáreas, donde el 16.1% representa un suelo cultivable de pasto. Esta problemática es común ver en las subcuencas hidrográficas porque dichos cambios se desarrollan cerca de un cuerpo de agua o áreas pobladas, siendo esta la principal causante de la deforestación (Galindo Aguilar et al., 2019).

La subcuenca del Río Chillayacu se caracteriza por ser una zona productiva con una superficie de 18156,92 hectáreas, sin embargo, la dinámica de la cobertura se ha ido modificando para el establecimiento de otras categorías, para el año 2018 la actividad antrópica tuvo un incremento de 30,33 hectáreas junto a la actividad agropecuaria con 3.869,80 hectáreas, reduciéndose el paisaje a fragmentos de bosque con 3.237,32 hectáreas. Este cambio puede generar alteraciones a menor o mayor escala, principalmente por el impacto del crecimiento poblacional, las tasas de deforestación, inundaciones y sequías han incrementado los procesos de cambio (Gordillo-Ruiz and Castillo-Santiago, 2017). Por lo tanto, en las zonas altas de la cuenca hídrica son las que mantienen en conservación los remanentes de bosque primario a diferencia de la zona media y baja, la existencia del mismo ha sido intervenida.

Es importante realizar una prospección de los cambios de uso de suelo, para desarrollar estrategias que nos permitan regular dichos impactos hacia un adecuado manejo de los recursos naturales. Lo prospectivo se lo define como la fase intermedia, comenzando con el diagnóstico y la propuesta, dando lugar a un conjunto de análisis e interpretación de la información generada con el objeto de explorar o predecir el futuro y tomando las decisiones correctas en el momento apropiado. Camacho-Sanabria et al., (2017) en su investigación menciona que los estudios asociados al cambio de uso de una superficie se requiere establecer mapas de las coberturas en un periodo determinado para poder saber los riesgos a futuro.

La problemática de la transformación del uso de suelo se relaciona con el crecimiento humano y la agricultura, generando un desequilibrio de los recursos naturales por la sobreexplotación, demanda de servicios, construcción de vías y viviendas. Esto sin la debida planificación del territorio ha provocado cambios significativos, como el decrecimiento de la calidad de la vegetación (Esquivel Ceballos et al., 2019). Por ello, nos hemos planteado la hipótesis que la actividad agropecuaria seguirá generando presión en la pérdida de la cobertura forestal para el año 2030. El objetivo de la Investigación consiste en diseñar un modelo prospectivo de la Subcuenca del río Chillayacu, a partir del análisis de cambios de cobertura y uso del suelo en un periodo de 18 años, lo que permitirá conocer la probabilidad de cambio de las actividades productivas y su acción acelerada para el año 2030.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de estudio

La subcuenca del río Chillayacu se localiza en la provincia de El Oro entre el cantón Chilla, las parroquias Guanazan y Abañin pertenecen al cantón Zaruma; y la parroquia Uzhcurrumi del cantón Pasaje. La superficie que abarca el área de estudio es de 18154,22 hectáreas y dentro de esta se forman afluentes que constituyen la principal fuente de suministro de agua para la población, desembocando en el Río Jubones (Figura 1).

Dentro del área de estudio se han venido desarrollando diversas actividades productivas que han llevado a cambiar la dinámica del suelo, que por sus características climatológicas se desarrolló una gran variedad de cultivos como café, cacao, maíz, árboles frutales. Por otro lado, posee dos tipos de clima, el clima Ecuatorial frío de alta montaña con una temperatura máxima de 20°C y la temperatura mínima fluctúa entre 4 a 8°C; el clima ecuatorial mesotérmico semihúmedo con una temperatura media anual de 12 a 20°C. La altitud es de 3680 m.s.n.m. hasta 440msnm, representando muchas elevaciones destacando la cordillera de Chilla.

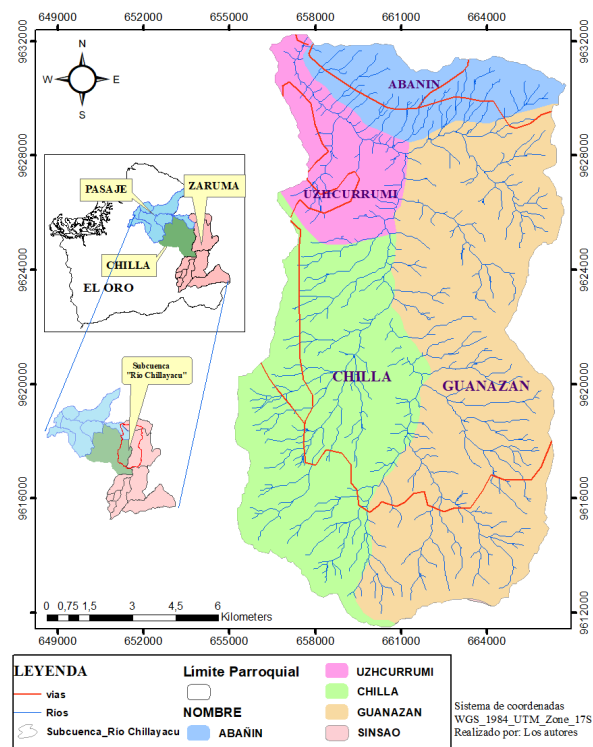


Figura 1: Localización del área de estudio

### Obtención de información cartográfica

Se obtuvo información cartográfica de la cobertura y uso de la Tierra en el portal web del Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica. En la Guía Interactiva se

seleccionó las capas de los años 2000-2018 a escala 1:100.000, donde se identificaron categorías de primer nivel que corresponde a bosque nativo, zona antrópica, Tierra agropecuaria, vegetación arbustiva y herbácea; de forma adicional se agregó vías y ríos. Estos datos cartográficos y teóricos, son fundamentales para la investigación porque permite observar la evolución de ambos periodos estudiados de acuerdo a lo suscrito por Nené-Preciado et al., (2017). Toda la información correspondiente al área de estudio se procesó y almacenó en el software ArcGIS versión 10.2, con el uso de la herramienta SIG se cortó las capas correspondientes al área de estudio identificando el área y perímetro de la subcuenca hidrográfica.

Según Pardo-Carrasco, (2017), su aplicación se basa en la selección de zonas de producción, modelos dinámicos y estudio de la relación entre variables, es decir, se agrega datos estadísticos y cartográficos, para evaluar la relación de los datos y los posibles impactos hacia el ecosistema. En base a esto se comparó los periodos de 2000-2018; 2018-2030 utilizando el método de cadena de Markov, indicado por Paegelow, et.al.,(2003). Bajo este método en el software de Excel se estableció una matriz

en donde a cada cobertura se le asignaba un código, las columnas hace referencia al segundo periodo (t2), mientras que las filas reflejan las coberturas del primer periodo (t1). Las variables que se presentan en forma diagonal son aquellas actividades que no han sufrido cambios, en cambio los que se encuentra afuera ha cambiado su uso para otra actividad (Cuadro 1). Los códigos fueron agregados en los mapas cartográficos donde se los transformó en ráster para luego importarlo (imagine) al software IDRISI selva, en módulo CROSSTAB se valora la superposición de las categorías.

Mediante la superposición cartográfica y bajo el análisis anterior; en la herramienta CROSSTAB, se generó una matriz de probabilidad de cambio asignando nuevos códigos a cada categoría en donde se selecciona una serie de categorías para luego medirlas y describirlas cada una de ellas, de acuerdo con Dávila Rodríguez et al., (2021). Este método permite identificar estadísticamente los patrones de cada variable al ser asociada con otra, para luego evaluar los posibles impactos como lo indica Pardo-Carrasco (2017), obteniendo como resultado un mapa de los cambios de uso de suelo entre el año 2000-2018 (Figura 2).

**Cuadro 1.** Matriz de códigos de la tabulación cruzada entre los años 2000-2018

Cobertura/uso de suelo		t2				
		Código	Bosque	Tierra Agropecuaria	Vegetación arb y herb	Zona Antrópica
			10	20	30	40
t1	Bosque	1	11	21	31	41
	Tierra Agropecuaria	2	12	22	32	42
	Vegetación arb y herb	3	13	23	33	43
	Zona Antrópica	4	14	24	34	44

Se realizó un análisis de pérdida y ganancia de los cambios de uso de suelo entre los años 2000-2018; 2028-2030, tomando como referencia los datos obtenidos de la matriz de transición. En base a los mapas elaborados en la fase anterior, se elaboró el mapa prospectivo para el año 2030 en el software IDRISI selva, se utilizó los módulos cadena de Márkov para la predicción de los cambios a futuro y el módulo de Autómatas Celulares de CA\_Márkov.

**RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

*Cambio de la cobertura y uso de suelo para el año 2000-2018*, en la (Tabla 1), se evidencia mayor cambio de

superficie en las coberturas de tierras agropecuarias y bosque. Para el año 2018 se presenta un aumento de la tierra agropecuaria con un cambio neto de 3869,80 hectáreas y una tasa de cambio de 37 %. Para el bosque fue todo lo contrario, la cubierta vegetal disminuye con un cambio neto 3237,32 hectáreas y con una tasa de cambio de -43%. Con respecto a la cobertura arbustiva y herbácea el cambio neto es significativo con una superficie de 662,80 hectáreas y una tasa de cambio de -67%, la zona antrópica es poco significativa con un cambio neto de 30,33 hectáreas y una tasa de cambio con un porcentaje de 55%.

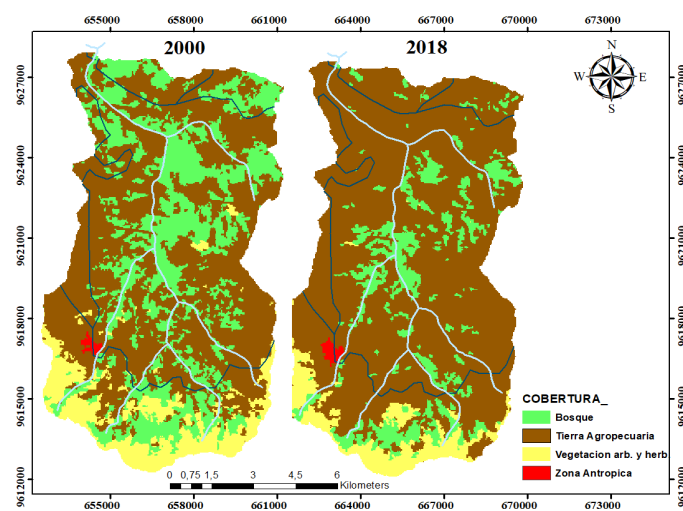
**Tabla 1.** Cobertura y cambio neto entre los años 2000-2018 en hectáreas

Categorías	Bosque	Tierra Agropecuaria	Vegetación arb y herb	Zona Antrópica
Cobertura y uso de suelo año 2000 (ha)	5638,42	10453,28	2010,40	54,81
Cobertura y uso de suelo año 2018 (ha)	2401,10	14323,08	1347,60	85,14
Cambio neto entre 2000-2018 (ha)	3237,32	3869,80	662,80	30,33
Tasa de cambio (%)	-43	37	-67	55

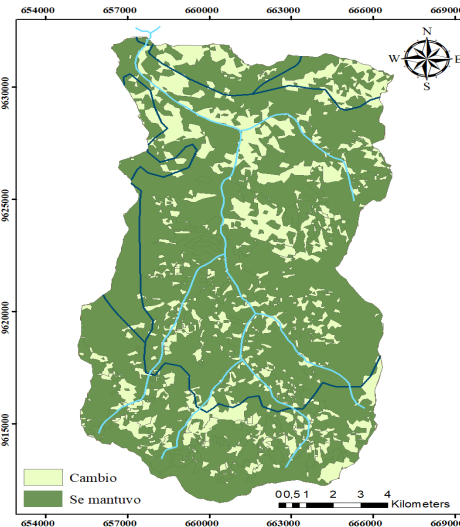
En la Figura 2, se evidenció un notable cambio de la cobertura en el uso de bosque a tierra agropecuaria, la subcuenca del río chillayacu posee un tipo de suelo arcilloso-arenoso y pedregoso, al ser un suelo fértil es considerado apto para la producción de una gran variedad de cultivos como plantaciones de ciclo corto, cacao, maíz. Sin embargo, las prácticas de conservación son inadecuadas. El bosque se ha ido reduciendo dando paso a la extensión de la zona agrícola, esto se debe a que las actividades desarrolladas dentro del área han provocado daños como: la deforestación, pérdida de la biodiversidad y desequilibrios climáticos. Es notorio observar que la producción de cultivos de ciclo corto como yuca, mandarina, naranja, café, árboles frutales y el incremento de forraje, al igual que; la expansión y abandono han dejado a los suelos desprotegidos especialmente en la zona media y baja del área, dando paso a la conversión del suelo para el establecimiento de pastizales (Escalona-Maurice et al., 2017). Ante la presión del hombre el suelo agrícola se está expandiendo de manera descontrolada producto del asentamiento desordenado de las actividades antrópicas, dando paso a la construcción de vías e infraestructuras (Guevara Romero 2017). Por consiguiente, al ser removidas cambian su composición natural para dar paso a otros usos.

Mediante el análisis de la cobertura y uso de suelo en el periodo de tiempo estudiado, se observó los cambios significativos, debido a las modificaciones tanto espacial como del uso del suelo, donde los agricultores deben adaptarse al nuevo patrón espacial; estos cambios ocasionan a que el suelo sea susceptible a la erosión, pérdida de la cubierta vegetal especialmente en zonas pronunciadas por el arrastre del suelo en tiempo de lluvia quedando un suelo de bajo potencial para el cultivo (Martínez-Sifuentes et al., 2020). En la Figura 3 se evidencia que la dinámica de transformación en la subcuenca del río Chillayacu, es considerable, es decir; ha sufrido cambios durante el tiempo determinado con un porcentaje del 24%, mientras que el 76% de la superficie no ha sufrido cambios (se mantuvo).

En la zona se identificaron 11 tipos de transiciones entre categorías donde se calculó las ganancias y pérdidas de la superficie (Cuadro 2). El cambio más significativo es la transformación de bosque a tierra agropecuaria 3369,52 hectáreas, reflejando una reducción de la cobertura forestal para fines de pastoreo, seguido de la transición de suelo arbustiva y herbácea a tierra agropecuaria con 729,81 hectáreas de superficie, mientras que 23,91 hectáreas de bosque cambiaron a vegetación arbustiva.



**Figura 2.** Mapa de la cobertura y uso del suelo del año 2000 -2018



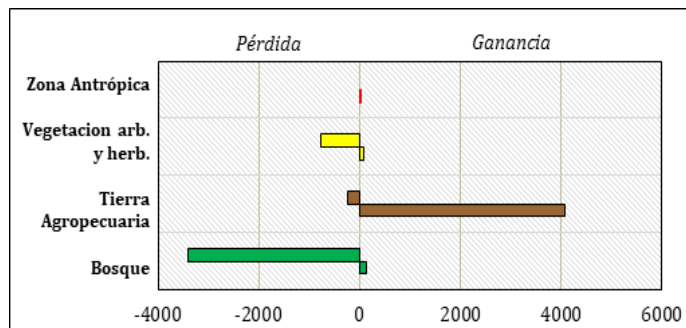
**Figura 3.** Mapa de cambio de cobertura y persistencia entre los años 2000-2018

**Cuadro 2.** Matriz de transición de las categorías de uso de suelo entre 2000- 2018

Cobertura/uso de suelo Bosque		2018					
		Tierra Agropecuaria	Vegetación arb y herb	Zona Antrópica	Total 2000	Pérdida	
2 0 0 0	Bosque	2255,2	3369,52	23,91	0	5648,6	3393,43
	Tierra Agropecuaria	124,21	10220,70	65,17	28,99	10439,07	218,37
	Vegetación arb y herb	23,49	729,81	1256,48	0	2009,7	753,30
	Zona Antrópica	0	0	0	56,71	56,71	0
	Total 2018	2402,9	14320,03	1345,56	85,7	18154,22	
	Ganancia	147,70	4099,33	89,08	28,99		

El cambio neto obtenido de la diferencia entre los dos periodos refleja un valor escaso predictivo. Por tal razón, el cálculo de la pérdida y ganancia permite conocer de forma clara el comportamiento dinámico de la cobertura. La cobertura forestal es la que mayor transformación que presentó, a diferencia de la tierra agropecuaria cuyas ganancias son las más elevadas, entre el 2000-2018. Para Müller et al., (2020), la demanda de los bienes y servicios en relación a los diferentes pisos altitudinales han producido cambios en la cobertura vegetal. En especial el crecimiento de la actividad ganadera está modificando el balance de los nutrientes, ante la falta de técnicas de conservación del suelo y control de las actividades, han llevado al abuso de los recursos naturales acabando con estos.

Con respecto al bosque se puede observar una pérdida significativa de 3393,43 hectáreas, es decir existe una disminución de los bienes y servicios ecosistémicos, teniendo en cuenta que representa un papel importante en el bienestar y desarrollo económico de la población, en cambio el suelo para uso agrícola ha ido aumentando con una ganancia de 4099,33 hectáreas, esto se debe a la creciente demanda en el consumo de alimentos de la población, sin embargo la zona antrópica refleja una ganancia poco significativa de 28,99 hectáreas (Figura 4)



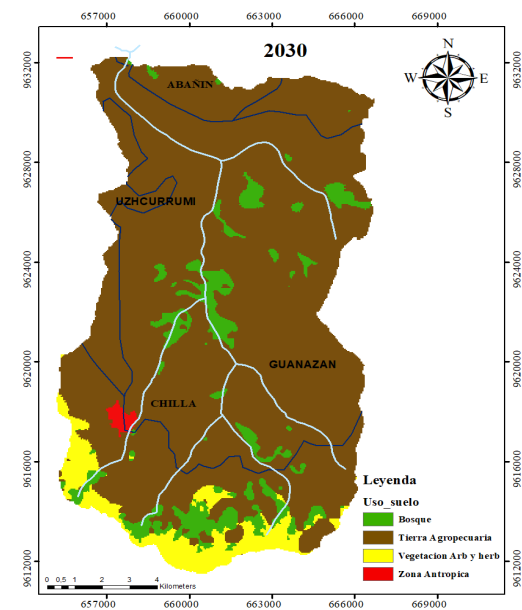
**Figura 4.** Pérdidas y Ganancias entre 2000-2018

*Mapa prospectivo para el año 2030*

Para el diseño del mapa prospectivo, se seleccionó como base capas cartográficas del periodo 2000-2018 anteriormente analizadas, de esta forma lo prospectivo, se la

define como escenarios a futuro donde la trayectoria de las variables cambia por una serie de cálculos de probabilidad de transición (Palomeque de la Cruz and et al. 2017), y con los resultados se podrá evaluar cada una de las actividades socioeconómicas dentro del área, permitiendo que las autoridades competentes conozcan el alcance de la modificación del territorio y tomen las decisiones correctas en el momento apropiado para una adecuada planificación del mismo (Escalona-Maurice et al., 2017).

En la figura 5, se observa cuatro categorías de uso de suelo correspondiente al año 2030, siendo la actividad agropecuaria la que tiene mayor demanda de uso, cubriendo un porcentaje de 86,22% de superficie, seguido el bosque con un porcentaje de 7,54%, esta categoría es de mayor importancia al brindar a la población beneficios como servicios ambientales y la disponibilidad del recurso hídrico; la vegetación arbustiva y herbácea representa el 5,76% de superficie y la zona antrópica un porcentaje bajo de 0,48 % de uso de suelo.



**Figura 5.** Modelo predictivo al año 2030 del cambio de cobertura y uso de suelo en la Subcuenca del río Chillayacú

En la proyección para el año 2030 se puede observar que la actividad agrícola sigue siendo la principal causante del cambio de uso del suelo, teniendo una extensión de 15653,55 hectáreas al contrario del bosque que durante el lapso de tiempo de estudio ha ido reduciendo su cobertura a 1368,94 hectáreas, sobre todo la sobreexplotación y el manejo insostenible de la tierra han provocado el deterioro del mismo cambiando su uso para otra actividad.

La vegetación arbustiva y herbácea cubre una superficie de 1045,28 hectáreas; mientras que la zona antrópica cubre las 87,44 hectáreas (tabla 2). Ante esta problemática la población se ve obligada a abandonar sus tierras buscando generar ingresos económicos para sustentar a sus familias, ante la falta de apoyo a iniciativas agro-productivas por parte del estado, así como programas de conservación y del uso sostenible de los recursos.

**Tabla 2.** Prospección de las coberturas para los años 2018-2030 en hectáreas

Categorías	Bosque	Tierra Agropecuaria	Vegetación arb y herb	Zona Antrópica
Cobertura y uso de suelo 2018	2401,10	14323,08	1347,60	85,14
Cobertura y uso de suelo 2030	1368,94	15653,55	1045,28	87,44
Cambio neto entre 2018-2030 (ha)	1032,16	1330,47	302,32	2,30
Tasa de cambio	-57	9	-78	3

### *Cambio de la superficie del suelo entre los años 2018-2030*

Con el modelo prospectivo se obtiene 13 tipos de transiciones (cuadro 3), donde el cambio de uso de la zona antrópica a tierra agropecuaria, así como el cambio de vegetación arbustiva y herbácea a bosque es poco significativo; al contrario del cambio de tierra agropecuaria a bosque representado una superficie de 33,27 hectáreas esta transformación es positiva, por la adecuada planificación del recurso mejorando las condiciones ambientales ante la amenaza del avance de las tierras agrícolas.

El sector agropecuario creció en los últimos años por las actividades comerciales presentando una transformación de bosque a tierra agropecuaria con una superficie de 1056,21 hectáreas, al referirse sobre este acontecimiento indica que es el sustento económico, pese que genera un

cambio significativo en la cobertura del suelo debido a que se expande a otras áreas más fértiles. Este proceso de expansión es acelerado y la ausencia de una agricultura tecnificada ha provocado la alteración de ecosistemas y erosión del suelo. Cuando la calidad del suelo es baja, la productividad se ve afectada, es decir, la tierra agrícola se ve obligada a cambiar a otro uso e incluso llegan a abandonar su tierra (Sepúlveda-Varas et al., 2019).

El aumento de la actividad agropecuaria está asociada a satisfacer las necesidades de alimento, este patrón de crecimiento es el más recurrente en el uso actual de la tierra, frente a este fenómeno han incrementado las actividades de producción, como efecto, se han disminuido los bosques naturales (nativos), además el mal manejo de los mismos a corto plazo no es el adecuado, obstruyendo el paisaje rural.

**Cuadro 3.** Matriz de transición, pérdida y ganancia entre 2018-2030

Cobertura/uso de suelo Bosque		2030					
		Tierra Agropecuaria	Vegetación arb y herb	Zona Antrópica	Total 2018	Pérdida	
2 0 1 8	Bosque	1352,96	1056,21	16,86	0,21	2426,24	1073,28
	Tierra Agropecuaria	33,27	14258,92	6,2	4,22	14302,61	43,69
	Vegetación arb y herb	36,32	292,67	1001,84	0	1330,83	328,99
	Zona Antrópica	0	5,05	0	80,4	85,45	5,05
	Total 2030	1422,55	15612,85	1024,90	84,83	18145,13	
	Ganancia	69,59	1353,93	23,06	4,43		

Bosque, esta categoría de uso obtuvo una pérdida de 1073,28 ha, resultado alarmante y no favorable porque se evidencia deforestación, producto de la tala indiscriminada junto a otros factores, por tal razón existe poco almacenamiento de carbono y erosión. Según Navarro-Garro et al., (2017) es un servicio ecosistémico beneficioso que permite regular el recurso hídrico, lamentable que al ser destruido acarrea problemas en la calidad de vida de la población. Es así que su ganancia fue de 69,59 ha, para los productores no será sustentable su economía, y se generará más presión al no satisfacer sus necesidades.

Tierra Agropecuaria, en lo que respecta a este uso del suelo se observa una pérdida de 43,69 ha, hecho que confirma que las prácticas insostenibles e intensificación, son causas significativas de la pérdida de ecosistemas. En cambio, su ganancia de 1353,93 hectáreas, equivale a que aproximadamente toda la superficie agropecuaria pasa una rápida transición, su rentabilidad es alta cuyo rendimiento productivo se enfoca en mantener su seguridad alimentaria sin importar el apoderamiento de otras coberturas de uso del suelo.

Vegetación arbustiva y herbácea, en el presente uso se obtuvo una pérdida de 328,99 ha, en la actualidad esto representa pérdidas nativas, al ser destruidas para ser reemplazada por cultivos y pastizales para ganado vacuno y otros tipos de uso, cuyos patrones espaciales se comprueba la transformación. En cuanto a la ganancia, presentó el 23,06 ha. Según Pérez et al.,(2019) la aproximadamente la arbustiva pasa por una transformación de interés al forraje, lo que ha devenido un tema muy polémico y complejo en otra parte del mundo en especial en regiones áridas dependiente de las actividades humanas para cubrir sus necesidades.

Zona antrópica, esta cobertura presentó una pérdida de 5,05 ha, siendo considerado poco significativo, durante el periodo de 12 años, estos cambios son producto de los factores subyacentes. Según Ellis et al., (2017) son procesos sociales que apoyan de forma directa al cambio, donde el crecimiento demográfico, el crecimiento del mercado y la demanda son considerados factores directos. Además, alcanzó una ganancia de 4,43 ha, demostrando que el crecimiento poblacional no reduce las coberturas.

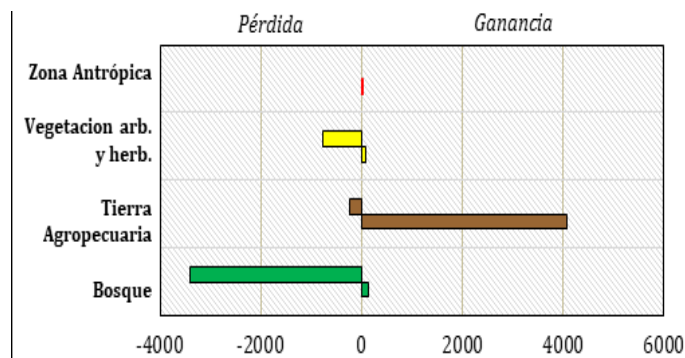


Figura 6. Ganancia y pérdida entre 2018-2030

**Pérdida de bosque en la subcuenca chillayacu**, la tierra agropecuaria continúa expandiéndose y ganando terreno sobre la cobertura forestal para considerar; el sobrepastoreo extensivo, cultivos semipermanentes (banano, caña de azúcar, maíz y papa) siendo importante para el incremento de insumos industriales, lo que contribuye a la deforestación a través de procesos de tala y quema. Al no contar con una adecuada planificación se produce la desertificación, pérdida del hábitat y debilitamiento del suelo.

Generalmente de **“bosque a uso agropecuario”** es un cambio drástico donde altera los mecanismos micro meteorológicos, cuyos efectos negativos como inundaciones, escorrentías ponen en peligro a las zonas rurales donde su temperatura y aire del suelo aumenta. A nivel de Latinoamérica es alarmante por las conversiones de coberturas boscosas a otro tipo de uso, siendo un tema discutido políticamente. Si seguimos deteriorando la biodiversidad nos perjudicamos a nosotros mismos dañando las condiciones de vida.

Según Pino, (2018) la importancia de los productores es generar ingresos y su autoconsumo, acelera sus actividades productivas sin considerar conservar el medio natural a largo plazo. Como consecuencia del desarrollo agrícola, presenta efectos negativos al medio ambiente, en las zonas media a alta (páramo) se comprueba; compactación del suelo, disminución de la retención de humedad, incremento de la densidad aparente debido a la ampliación de fronteras.

Frente a esto, se debe centrar en conservar el bosque sin perjudicar al desarrollo económico de los agricultores, buscando así la eficiencia y el progreso armónico correcto de los recursos naturales que nos brinda la tierra, tratar de mitigar y evitar daños a futuro (González et al., 2018). Con los resultados cartográficos, es posible conocer aquellas áreas que son susceptibles a producir cambios, los autores manifiestan que esta información sirve de apoyo para la elaboración de PDOT, programas y estrategias para la conservación del territorio (Ramos Reyes et al., 2019). Así como estrategias de conservación de los recursos naturales en una cuenca hídrica, para un desarrollo agropecuario sustentable, fortaleciendo las capacidades sociales locales, promoviendo mejora en la calidad del suelo, reforestando zonas graves del área. De tal forma que el interés socioeconómico sea compatible con el ambiente, para eso es necesario el apoyo y participación de las autoridades locales y la población de la zona, alcanzando reducir los conflictos por el uso de los recursos naturales.

## CONCLUSIÓN

Este trabajo ha permitido demostrar los cambios de uso del suelo, suscitados en el periodo 2000 y 2018, está la intervención de tierra agropecuaria expandiéndose sin control y se puede evidenciar en los mapas realizados y su proyección para el año 2030, muestra la tendencia del cambio que se ha dado en el territorio, confirmando que la categoría de tierras agropecuarias está presionando en

la zona media y baja de la subcuenca del río chillayacu por lo cual el manejo es acelerado notándose el interés económico, al igual que la demanda de alimentos para satisfacer otros cantones. Ante la falta de compromiso es necesario aplicar medidas de zonificación y alternativas de protección frente a los fenómenos naturales a futuro. La solución frente a esta problemática es accionar y ordenar el territorio, incorporando la dimensión ambiental en las políticas públicas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Camacho-Sanabria, R., Camacho-Sanabria, J. M., Balderas-Plata, M.Á., & Sánchez-López, M. (n.d.). *Cambios de cobertura y uso de suelo: estudio de caso en Progreso Hidalgo, Estado de México. Revista Madera bosques vol.23 no.3.* [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-04712017000300039](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-04712017000300039).
- Dávila Rodríguez, A., & Alatorre Cejudo, L. C. (2021). Análisis de la evolución espacio-temporal del uso de suelo urbano en la metrópolis de Chihuahua. *Economía, Sociedad Y Territorio vol.21 no.65*, 1-27. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-84212021000100001&lang=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-84212021000100001&lang=es).
- Ellis, E. A., Gomez, U. H., & Romero-Montero, J. A. (2017). Los procesos y causas del cambio en la cobertura forestal de la Península Yucatán, México. *Revista Ecosistemas*, 26(1), 101–111. <https://www-scopus-com.basesdedatos.utmachala.edu.ec/record/display.uri?eid=2-s2.0-85019130230&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&sid=d1b975e1fa90ed71740cd9f13144d64d&so=t=b&sdt=b&sl=96&s=TITLE-ABS-KEY%28Los+procesos+y+causas+del+cambio+en+la+cobertura+forestal+de+la+Pen%3%adnsula+Yucat%3%a1n%29&relpos=0&citeCnt=16&searchTerm>
- Escalona-Maurice, M. J., Jiménez-Moreno, M. J., & Sancho Comíns, J. (2017). Modelo cartográfico del cambio espacial de suelo por subcuencas en Texcoco, Estado de México: 1977-2000. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 8(SPE18), 3815–3824. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-09342017001003815&lang=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342017001003815&lang=es)
- Esquivel Ceballos, V. H., Alatorre Cejudo, L. C., Robles Morua, A., & Bravo Peña, L. C. (2019). Crecimiento urbano de Ciudad Juárez Chihuahua (1920-2015): Hipótesis sobre el impacto en las coberturas y uso de suelo y el abatimiento del acuífero urbano. *Acta Universitaria*, vol.29. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0188-62662019000100231](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-62662019000100231)
- Galindo Aguilar, R. E., & Pérez Hernández, M. J. (2019). Cambio de uso de suelo, fragmentación del paisaje y la conservación de *Leopardus pardalis* Linnaeus, 1758. *Revista Mexicana de ciencias forestales*, 10(52), 149-169. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-11322019000200149&lang=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11322019000200149&lang=es)
- González, Y., Leyva, A., Pino, O., Mercadet, A., Antonioli, Z. I., Arévalo, R. A., Barossuol, L. M., Lores, A., Gómez, Y., & Others. (2018). The functioning of a pre-mountain agroecosystem and its prospective orientation towards sustainability: the role of agrobiodiversity. *Cultivos Tropicales*, 39(1), 21–34. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0258-59362018000100003&lang=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362018000100003&lang=es)
- Gordillo-Ruiz, M. C., & Castillo-Santiago, M. A. (2017). Cambio de uso del suelo en la cuenca del río Sabinal, Chiapas, México. *Ecosistemas Y Recursos Agropecuarios*, 4(10), 39–49. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-90282017000100039&lang=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-90282017000100039&lang=es)
- Guevara Romero, M. L. (2017). Impacto del crecimiento urbano en zonas agrícolas: Reserva Territorial Atlixcáyotl, Puebla. *Estoa. Revista de La Facultad de Arquitectura Y Urbanismo de La Universidad de Cuenca*, 6(11), 65–84. [http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1390-92742017000200065](http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1390-92742017000200065)
- Martínez-Sifuentes, A. R., Villanueva-Díaz, J., Estrada-Ávalos, J., Vázquez-Vázquez, C., & Orona-Castillo, I. (2020). Pérdida de suelo y modificación de escurrimientos causados por el cambio de uso de la tierra en la cuenca del río Conchos, Chihuahua. *Nova Scientia*, 12(25). [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-07052020000200101&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-07052020000200101&script=sci_arttext)
- Müller, A., Olschewski, R., Unterberger, C., & Knoke, T. (2020). The valuation of forest ecosystem services as a tool for management planning – A choice experiment. In *Journal of Environmental Management* (Vol. 271, p. 111008). <https://www-scopus-com.basesdedatos.utmachala.edu.ec/record/display.uri?eid=2-s2.0-85087500087&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&sid=dfc4f5c27c66e-0ca026f63c75348ca99&so=t=b&sdt=b&sl=91&s=TITLE-ABS-KEY%28The+valuation+of+forest+ecosystem+services+as+a+tool+for+management+planning%29&relpos=2&citeCnt=4&searchTerm>
- Navarro-Garro, A., Araya-Rodríguez, F., Moreira-Segura, C., & Ruiz-Agüero, K. (2017). Uso de sistemas de información geográfica para determinar pérdida de bosque y suelo de las nacientes administradas por acueductos rurales de la Zona Huetar Norte, Costa Rica. *Revista Tecnología En Marcha*, 30(2), 75–86. [https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0379-39822017000200075&lang=es](https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0379-39822017000200075&lang=es)
- Nené-Preciado, A. J., Sansón, G. G., & Mendoza, M. E. (2017). Cambio de cobertura y uso de suelo en cuencas tropicales costeras del Pacífico central mexicano. *Investigaciones Geográficas*, no.94. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0188-46112017000300006&lang=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-46112017000300006&lang=es)



- Paegelow, M., Camacho, M. T., & Menor, J. (2003). Cadenas de Markov, evaluación multicriterio y evaluación multiobjetivo para la modelización prospectiva del paisaje. *GeoFocus. Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica*, 0(3), 22–44. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=784923>
- Palomeque de la Cruz, M. Á. (2017). Modelos geomáticos con base en transición para el análisis espacial en Villahermosa, Tabasco. *Revista Mexicana de ciencias agrícolas*, 8(2), 253-267. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-09342017000200253&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-09342017000200253&script=sci_arttext)
- Pardo-Carrasco, S. C. (2017). Uso de sistemas de información geográfica (SIG) en la valoración del potencial piscícola a nivel municipal. In *Orinoquia*, 21(2), 13-21. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0121-37092017000200013&lang=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-37092017000200013&lang=es)
- Pérez, M.R., Joseau, M.J., & Valdez, H.A. (2019). Alternativas para el manejo agroecológico de especies leñosas arbustivas en agroecosistemas ganaderos del noroeste de Córdoba, Argentina. In *AgriScientia*, 36(1), 1-14. <https://www.scopus-com.basesdedatos.utmachala.edu.ec/record/display.uri?eid=2-s2.0-85073281226&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&sid=da0f3b9ed8bd-722b75ca1014a2119c42&sot=b&sdt=b&sl=152&s=TITLE-ABS-KEY%28Alternativas+para+el+manejo+agroecol%2c%20de+especies+le%2c%20b1osas+arbustivas+en+agroecosistemas+ganaderos+del+noroeste+de+C%2c%20rdoba%2c+Argentina.%29&relpos=0&citeCnt=0&searchTerm=>
- Pino, S., Aguilar, H., Apolo, A., & Sisalema, L. (2018). Contribution of the agricultural sector to the economy of Ecuador. Critical analysis of its evolution in the period of dollarization. Years 2000-2016. *Espacios*, 39(32), 7. <https://www.scopus-com.basesdedatos.utmachala.edu.ec/record/display.uri?eid=2-s2.0-85051492045&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&sid=58e7cc762ca-d953309dd08ac2eab70ab&sot=b&sdt=b&sl=147&s=TITLE-ABS-KEY%28Contribution+of+the+agricultural+sector+to+the+economy+of+Ecuador.+Critical+analysis+of+its+evolution+in+the+period+of+dollarization%29&relpos=0&citeCnt=1&searchTerm=>
- Ramos Reyes, R., Palomeque de la Cruz, M. Á., Núñez, J. C., & Sánchez Hernández, R. (2019). Análisis geomático espacial del cambio de uso del suelo en Huianguillo, Tabasco (2000-2010-2030). *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 10(53), 118–139. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-11322019000300118&lang=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11322019000300118&lang=es)
- Sepúlveda-Varas, A., Saavedra-Briones, P., & Esse, C. (2019). Análisis de cambio de cobertura y uso de suelo en una subcuenca preandina chilena. Herramienta para la sustentabilidad productiva de un territorio. *Revista de Geografía Norte Grande*, 72, 9–25. [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0718-34022019000100009&script=sci\\_arttext&tlng=p](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0718-34022019000100009&script=sci_arttext&tlng=p)