

**UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y
ARTES DE CHIAPAS**

INSTITUTO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

MONOGRAFÍA

Cambio de cobertura y uso de suelo
de la sub-cuenca del río Blanco,
Chiapas, México

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
**LICENCIADO EN BIOLOGÍA
MARINA Y MANEJO INTEGRAL
DE CUENCAS**

PRESENTA

**OSMAR ALEJANDRO VICENTE
VILLATORO**



Tuxtla Gutiérrez, Chiapas

Marzo de 2018



UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS

INSTITUTO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

MONOGRAFÍA

Cambio de cobertura y uso de suelo
de la sub-cuenca del río Blanco,
Chiapas, México

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
LICENCIADO EN BIOLOGÍA
MARINA Y MANEJO INTEGRAL DE
CUENCAS

PRESENTA

**OSMAR ALEJANDRO VICENTE
VILLATORO**

Director

DR. GUSTAVO RIVERA VELASQUEZ

INSTITUTO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS, UNICACH



Agradecimientos.

Le agradezco a dios infinitamente por a verme guiado en el largo camino de mi preparación profesional, por ser mi fortaleza en momentos de debilidad, por haberme permitido una vida llena de bendiciones, de aprendizajes, experiencias y sobre todo felicidad.

Le doy gracias a mis padres por haberme guiado desde pequeño inculcándome valores que hoy me representan, por brindarme la mejor educación en casa y por permitir recibirla en las mejores instituciones, por la confianza que me han brindado y sobre todo el ejemplo que me dan que nunca debo darme por vencido nunca hay que rendirse por ser mis ejemplo a seguir dedicándoles este trabajo.

Agradezco a mi princesa hermosa, mi pequeña Alexa Itzama, por ser el motivo más fuerte en mi vida por se el motor para seguir adelante y terminar la carrera.

A mi amada esposa por brindarme amor y comprensión cada día de su vida y hacerme feliz, por saber esperarme, por su apoyo incondicional en las buenas y en

las malas, por el ánimo que me que me da para alcanzar nuevos logros tanto profesionalmente como personales también.

Le doy gracias a mi hermana quien ha sido mi consejera, uno de mi ejemplos a seguir, por cada llamada de atención, por cada diversión a su lado.

Agradezco al centro de investigaciones costeras, como a sus docentes e investigadores por los conocimientos brindados en mi formación y el tiempo dedicado durante la carrera en especial a doctor José Reyes Gallegos por sus consejos y amistad.

Al doctor Gustavo Rivera Velázquez del instituto de ciencias biológicas de mi casa de estudios UNICACH por ser mi asesor durante la elaboración de este documento, agradeciendo su tiempo dedicado para la revisión y sus observaciones para poder culminar el documento.

ÍNDICE

	PAG.
I. INTRODUCCIÓN.....	1.
II. OBJETIVOS.....	3.
2.1. OBJETIVO GENERAL.....	3.
2.2. OBJETIVO PARTICULARES.....	3.
III. MÉTODOS.....	4.
3.1. ÁREA DE ESTUDIO.....	4.
3.2. DELIMITACIÓN DE LA SUB CUENCA.....	6.
3.3. USO DE SUELO.....	7.
3.4. TASA PROMEDIO ANUAL DE DEFORESTACIÓN (TMAD).....	8.
IV RESULTADOS.....	9.
4.1. DELIMITACIÓN DE LA SUB CUENCA.....	9.
4.2. USO DE SUELO.....	11.
4.3. TASA PROMEDIO ANUAL DE DEFORESTACIÓN (TMAD).....	26.
V. CONCLUSIONES.....	27.
VI. PROPUESTAS Y RECOMENDACIONES.....	28.
VII. REFERENCIAS DOCUMENTALES.....	29.

ÍNDICE DE FIGURAS**PAG.**

1	Ubicación de la sub cuenca del río Blanco, Chiapas.....	5
2	Delimitación de la sub cuenca río Blanco, Chiapas en google earth.....	6
3	Portal de US Geological Survey.....	7
4	Red hidrológica de la sub cuenca río Blanco.....	10
5	Mapa temático de uso de suelo y vegetación del año 1974.....	12
6	Mapa temático de uso de suelo y vegetación del año 1992 de la base de datos de CONABIO.....	14
7	Mapa temático de uso de suelo y vegetación del año 1998 de la base de datos de CONABIO.....	16
8	mapa temático de uso de suelo y vegetación del año 2005 de la base de datos de CONABIO.....	18
9	Mapa temático de uso de suelo y vegetación del año 2017.....	20
10	Comportamiento de los bosques en la sub cuenca en los últimos 43 años.....	23
11	Comportamiento de la sub cuenca en los últimos 43 años.....	25

ÍNDICE DE CUADROS**PAG.**

1	Usos de suelo estandarizados para el análisis para las cuatro fechas de estudio.....	11
2	Usos de suelo y vegetación en el año 1974 y áreas en hectáreas.....	13
3	Usos de suelo y vegetación en el año 1992 y áreas en hectáreas.....	15
4	Usos de suelo y vegetación en el año 1998 y áreas en hectáreas.....	17
5	Usos de suelo y vegetación en el año 2005 y áreas en hectáreas.....	19
6	Usos de suelo y vegetación en el año 2017 y áreas en hectáreas.....	21
7	Área en hectáreas de bosques y sus frecuencias.....	22
8	Área en hectáreas de usos de suelo y sus frecuencias.....	24

RESUMEN

Este trabajo intenta contribuir a mejorar la comprensión de los procesos de cambio de cobertura vegetal y uso del suelo en el tiempo, en la sub cuenca del río Blanco, Chiapas México. Para ello fue necesario apoyarse de herramientas importantes como es el sistema de información geográfica. Delimitando la sub cuenca del río Blanco que está ubicada en la Región Hidrológica 30 Grijalva-Usumacinta. Incluye parte de los municipios de Venustiano Carranza, Las Rosas, Teopisca y Amatenango del Valle con una extensión territorial de 416.703 km². Se recopilaron imágenes de satélite del U.S. Geological Survey y la base de datos de CONABIO de los años 1974, 1992, 1998, 2005 y 2017 con los que se crearon mapas temáticos para el estudio del cambio de uso de suelo. Como resultado se tiene que el uso agrícola fue el predominante, con mayor extensión territorial en todas las fechas y los bosques disminuyeron a causa de la actividad agrícola. La tasa de deforestación anual promedio de la sub cuenca es de 106.98 hectáreas/año equivalente al 25% de pérdida de la vegetación total de cada año en la sub cuenca de estudio con resultados negativos para la misma y sin posibilidades de regeneración y riesgo de pérdida de los recursos hídricos por la deforestación.

Palabras claves: sistema de información geográfica, imágenes de satélite, deforestación.

I. INTRODUCCIÓN

El cambio de coberturas y uso del suelo es un proceso dinámico, originado por acción del hombre, que cada vez es más evidente en las cuencas hidrográficas, (Corponariño, 2008). Para tener claro tenemos que saber el significado de los dos conceptos, la cobertura del suelo (land cover) es el estado biofísico de la cubierta de la Tierra y su inmediata sub cubierta; es el tipo de vegetación, la presencia de agua, rocas, etc. El uso del suelo (land use) incluye tanto la manera en la cual los atributos biofísicos del suelo son manipulados por el hombre y la intención que fundamenta esa manipulación, el propósito para el cual se utiliza el suelo (Di Gregorio y Jansen, 2002).

A lo largo de la historia, el hombre ha sido pieza clave para la transformación de los ecosistemas en los que habitamos. Los cambios de cobertura y uso de suelo, son parte de procesos históricos globales de transformación del paisaje que tienen consecuencias a varias escalas (Viotousek *et al.*, 1997). Se ha comprobado que la destrucción de la biodiversidad y los bosques tropicales y templados puede perturbar el clima global y poner en riesgo una fuente importante de captura de carbono. Cada vez es más evidente la transformación que sufre el territorio. Los cambios del uso del suelo ya sean legales o ilegales son cada día más frecuentes. Lo cual genera huellas negativas en el funcionamiento de los ecosistemas para incrementar el desarrollo económico y calidad de vida, pero afectando de manera directa a los ecosistemas (Orozco *et al.*, 2004).

Estos cambios repercuten tanto a escala regional, en el cual se ve afectada la estructura y funcionamiento de los ecosistemas, modificando los ciclos hidrológicos y los regímenes climáticos; como el local, el cual se acelera la pérdida del hábitat y la diversidad biológica, así como la degradación de los suelos (Reyes *et al.*, 2003; Mas *et al.*, 2009). Ejemplo de ello es la sub cuenca del río Blanco, en su parte media y baja, existe la deforestación a causa del mono cultivo extensivo de la

caña de azúcar, siendo la actividad principal de ingresos económicos de la región pero a costa del ecosistema. En ese lugar no únicamente se ve afectada la cubierta vegetal, también se ve afectada la fauna silvestre del lugar, red hidrográfica que es modificada y cambiada de su curso normal para el riego del cultivo. Para poder analizar el cambio de uso de suelo se requiere de herramientas precisas y consistentes. Los sensores remotos y los Sistemas de Información Geográfica son una opción, para cuantificar los cambios ocurridos en un territorio.

Desafortunadamente esta sub cuenca no cuenta con una evaluación de los cambios ocurridos hasta la fecha. El objetivo de este trabajo fue caracterizar el proceso de cambio de cobertura vegetal y usos de suelo en la sub cuenca del río Blanco, Chiapas en los últimos 43 años, mediante la comparación de mapas temáticos creados a partir de imágenes de satélite obtenidas del U.S. Geological Survey y la base de datos de CONABIO.

II. OBJETIVOS

General

- Determinar los procesos de cambio de cobertura y usos de suelo de la sub-cuenca del río Blanco, Chiapas en los últimos 43 años

Particulares

- Delimitar y elaborar la red hidrográfica de la sub-cuenca del río Blanco, Chiapas
- Estimar la tasa anual promedio de deforestación en la sub-cuenca del río Blanco, Chiapas.
- Describir los cambios del uso de suelo en la sub-cuenca del río Blanco, Chiapas.
- Describir cambios en la cobertura vegetal en la sub-cuenca del río Blanco, Chiapas.

III. METODOS

3.1. ÁREA DE ESTUDIO

La sub cuenca del río blanco, Chiapas, México, está ubicada en la Región Hidrológica 30 Grijalva-Usumacinta (SRH, 1971) Incluye parte de los municipios de Venustiano Carranza, Las Rosas, Teopisca y Amatenango del Valle con una extensión territorial de 416.703 km² (Figura 1). Es una cuenca hidrográfica naturalmente endorreica.

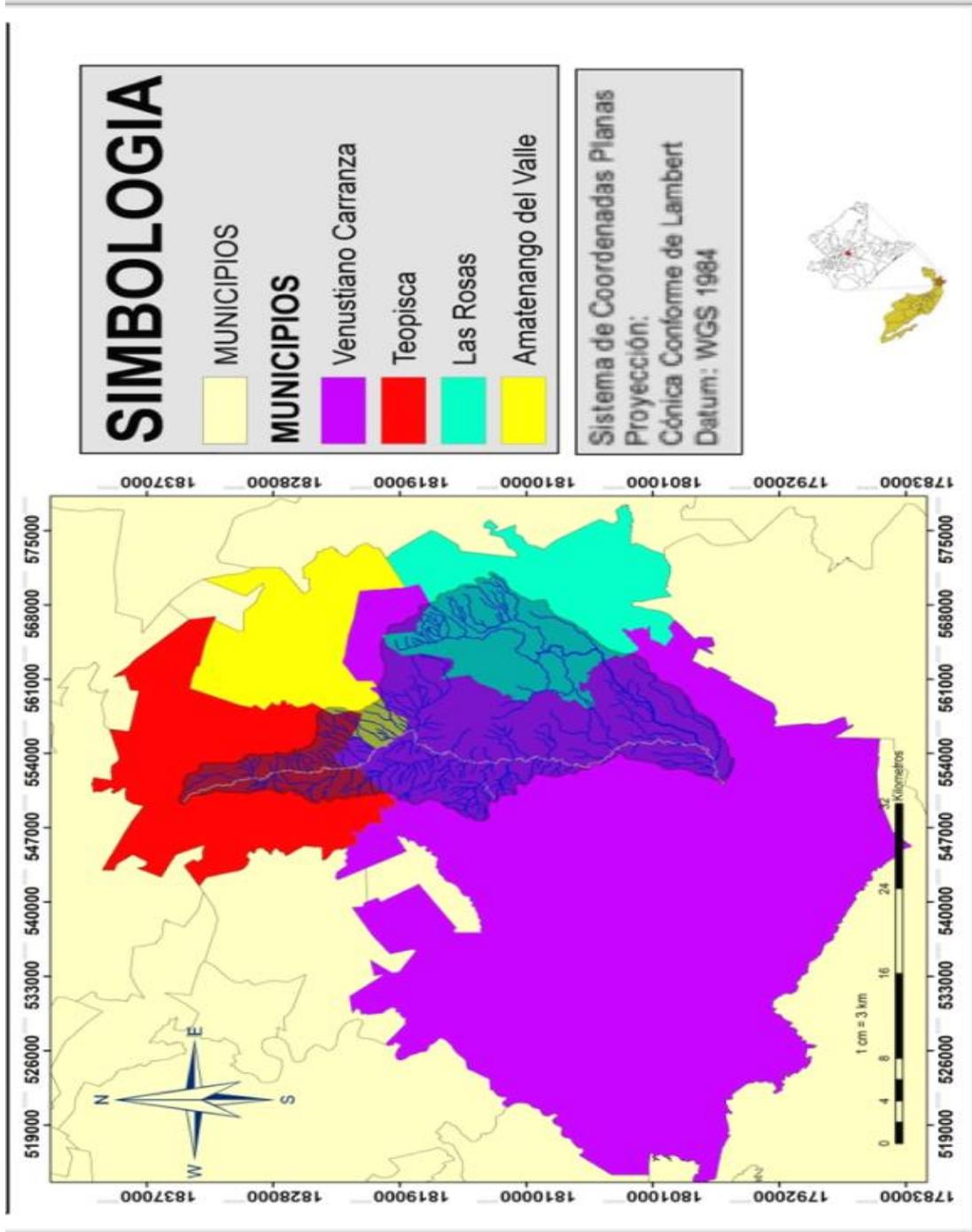


Figura 1. Ubicación de la sub cuenca del río Blanco, Chiapas.

3.2. DELIMITACIÓN DE LA SUB CUENCA

Para delimitar la red hidrográfica o red de drenaje de manera digital, la sub cuenca río Blanco, se utilizó el programa Google Earth; primero se delimitó el cauce principal marcándolo con una ruta en color rojo a una altura de ojo de 1km. De la misma manera mediante rutas en color azul se delimitó la red de drenaje. Posteriormente se creó un polígono en color morado desde la parte baja de la sub cuenca iniciando en la desembocadura subiendo hasta la parte alta sin cortar ningún drenaje ni de la cuenca de estudio ni de las cuencas vecinas, y cerrando nuevamente en la desembocadura (Figura 2). Con esta información se crearon archivos de tipo (kml) para ser procesado para crear el mapa de la red hidrográfica con ayuda del software ArcMap. De la misma manera se consultó el simulador de flujos de agua de cuencas hidrográficas de la base de datos de INEGI para corroborar los datos obtenidos.

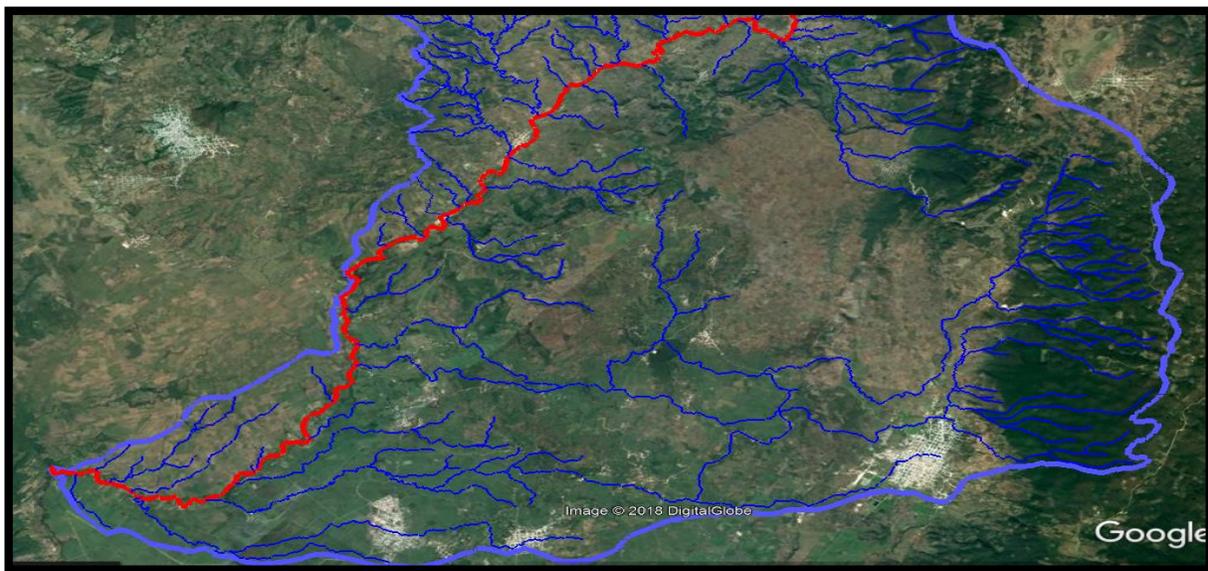


Figura 2. Delimitación de la sub cuenca río Blanco, Chiapas en Google Earth.

3.3. USO DE SUELO

Para obtener los mapas de uso de suelo se usaron imágenes de satélite: Landsat MSS de 1974, Landsat TM de 1992, 1998, 2005 y Landsat 8 para 2017. Las imágenes se obtuvieron del U.S. Geological Survey (<http://glovis.usgs.gov/>) y de la base de datos de CONABIO 2017. Para la elección de imágenes se tomó en cuenta la coincidencia de los meses y el porcentaje de nubosidad. Las cinco imágenes fueron referenciadas al sistema de coordenadas UTM-15n correspondiente a Chiapas (Figura 3).

La clasificación no supervisada de las imágenes de satélite se realizó con el software ArcMap10.3 ya que esta investigación únicamente fue trabajo de gabinete. La clasificación no supervisada se trata de un método iterativo que requiere relativamente poca intervención humana, el método crea agrupamientos espectrales o clusters y el analista debe intentar asociar una clase temática a cada uno de dichos grupos, siendo usual que el analista deba especificar cuantas clases (Duda y Hard, 1973)

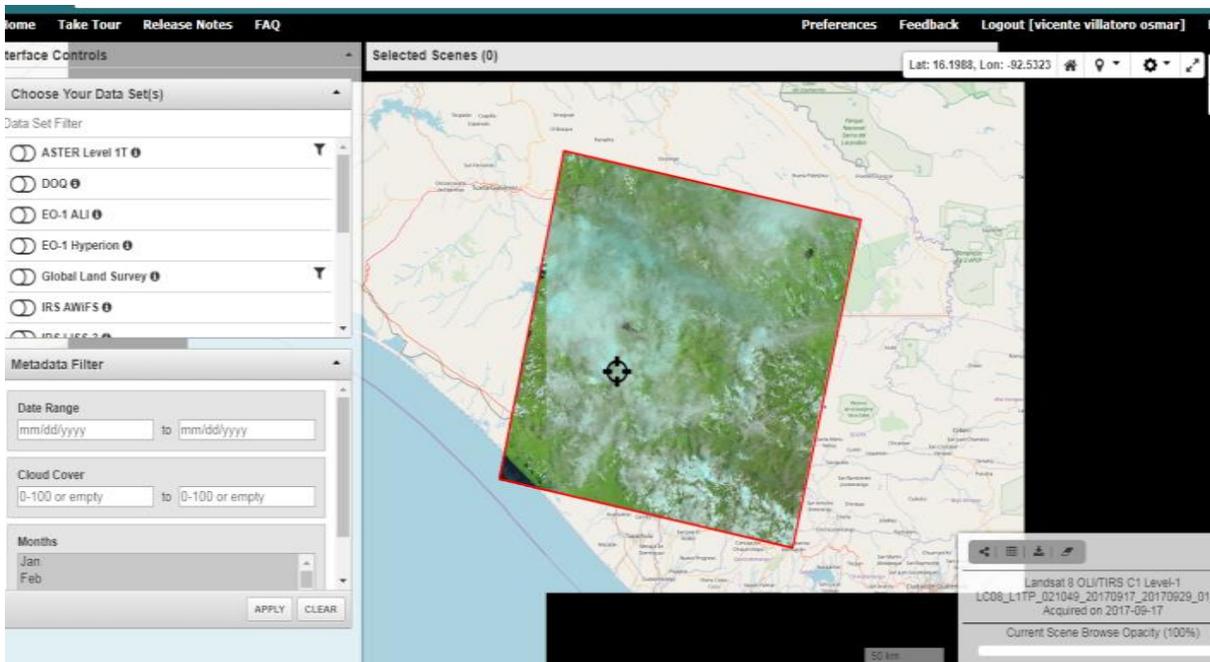


Figura 3. Portal de US Geological Survey.

3.4. TASA PROMEDIO ANUAL DE DEFORESTACIÓN (TMAD)

Para calcular la superficie vegetal, que en términos promedio, se ha perdido anualmente entre dos instantes de tiempo determinados. La unidad de medida es hectáreas por año (ha/año). Para el caso específico del presente trabajo se calculó a partir de los datos de superficie de la sub cuenca del río Blanco, Chiapas entre los años 1974 y 2017.

La fórmula de cálculo es:

$$TMAD_{jt1-t2} = \frac{(AB_{jt1} - AB_{jt2})}{n}$$

Dónde:

TMAD $jt1-t2$, es la tasa promedio anual de deforestación de la sub cuenca j , entre los momentos $t1$ (1975) y $t2$ (2017). AB_{jt1} , es la superficie cubierta vegetal en la sub cuenca j , en el momento $t1$ (1974). AB_{jt2} , es la superficie cubierta vegetal en la sub cuenca j , en el momento $t2$ (2017), n es la diferencia de años entre el momento $t1$ y el momento $t2$, en este caso 43.

IV. RESULTADOS

4.1. DELIMITACIÓN DE LA SUB CUENCA

Una cuenca son aquellas depresiones o formas geográficas que hacen que el territorio vaya perdiendo altura a medida que se acerca al nivel del mar, drenado por un único sistema de drenaje natural, es decir, que tiene un cauce o río principal que este a su vez se le unen corrientes o tributarios. Las cuencas por su tamaño están conformadas por sub cuencas y estas a su vez conformadas por micro cuencas.

La sub cuenca del río Blanco, Chiapas, México, está ubicada en la Región Hidrológica 30 Grijalva-Usumacinta (SRH, 1971) es parte de los municipios de Venustiano Carranza, Las Rosas, Teopisca y Amatenango del Valle con una extensión territorial de 41 670.3 hectáreas. Es una cuenca hidrográfica naturalmente endorreica su cauce principal cuenta con una extensión de 59 Km y se unen a él 250 corrientes o tributarios que forman su red hidrográfica o de drenaje (Figura 4).

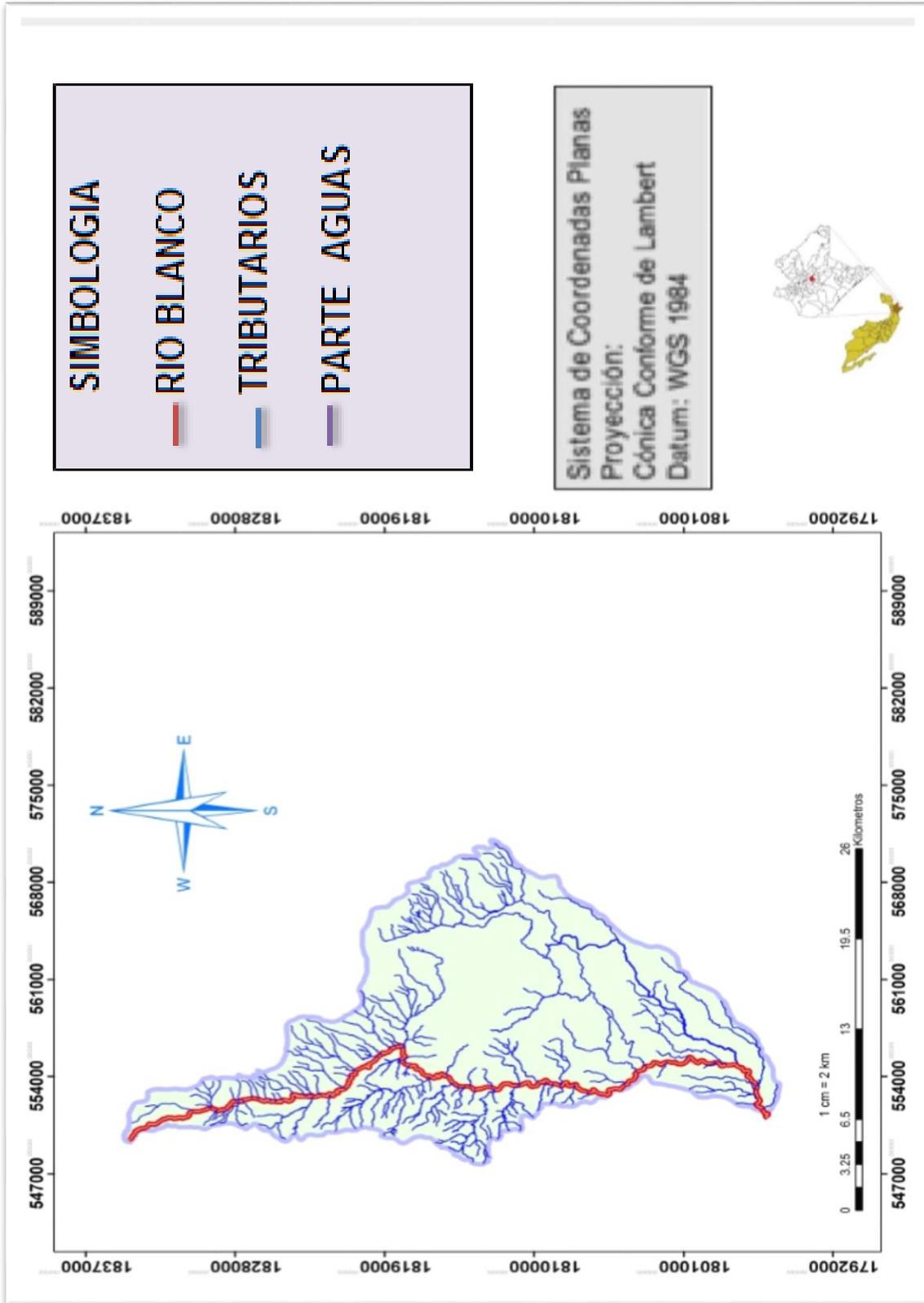


Figura 4. Red hidrológica de la sub cuenca Rio Blanco.

4.2. USO DE SUELO

En las cuencas, la parte humana es la más beneficiada ya que a partir de esta desarrolla sus actividades diarias, y con ello se ve modificado la cobertura del suelo, al talar los árboles de manera desmedida para los diversos usos de suelos.

A partir de la clasificación no supervisada de las imágenes de satélite se crearon cinco mapas temáticos de uso de suelo y vegetación para los escenarios 1974, 1992, 1998, 2005 y 2017 (Figuras 5, 6, 7, 8 y 9) fueron la base para el análisis de los cambios de cobertura y uso de suelo.

Los usos de suelo para los escenarios 1974, 1992, 1998, 2005 y 2017 que obtuvieron se estandarizaron en 10 usos de suelos para su análisis (Cuadro 1).

Cuadro 1. Usos de suelo estandarizados para el análisis para las cuatro fechas de estudio

Uso de suelo	1974	1992	1998	2005	2017
Áreas perturbadas	11329.69	12116.93			
Bosque de coníferas			2014.13	104.39	
Bosque fragmentado		16.83			
Bosque de latifoliadas	10059.97	13156.16	10756.02	720.91	10349.82
Bosque mixto		78.57		4410.48	
Pastizal			1099.16	796.97	6439.55
Selva caudosifolia			8639.48		
Suelo en descanso					5957.99
Uso agrícola	20280.64		19161.51	35609.55	15001.86
Uso no forestal		16301.88			3921.99

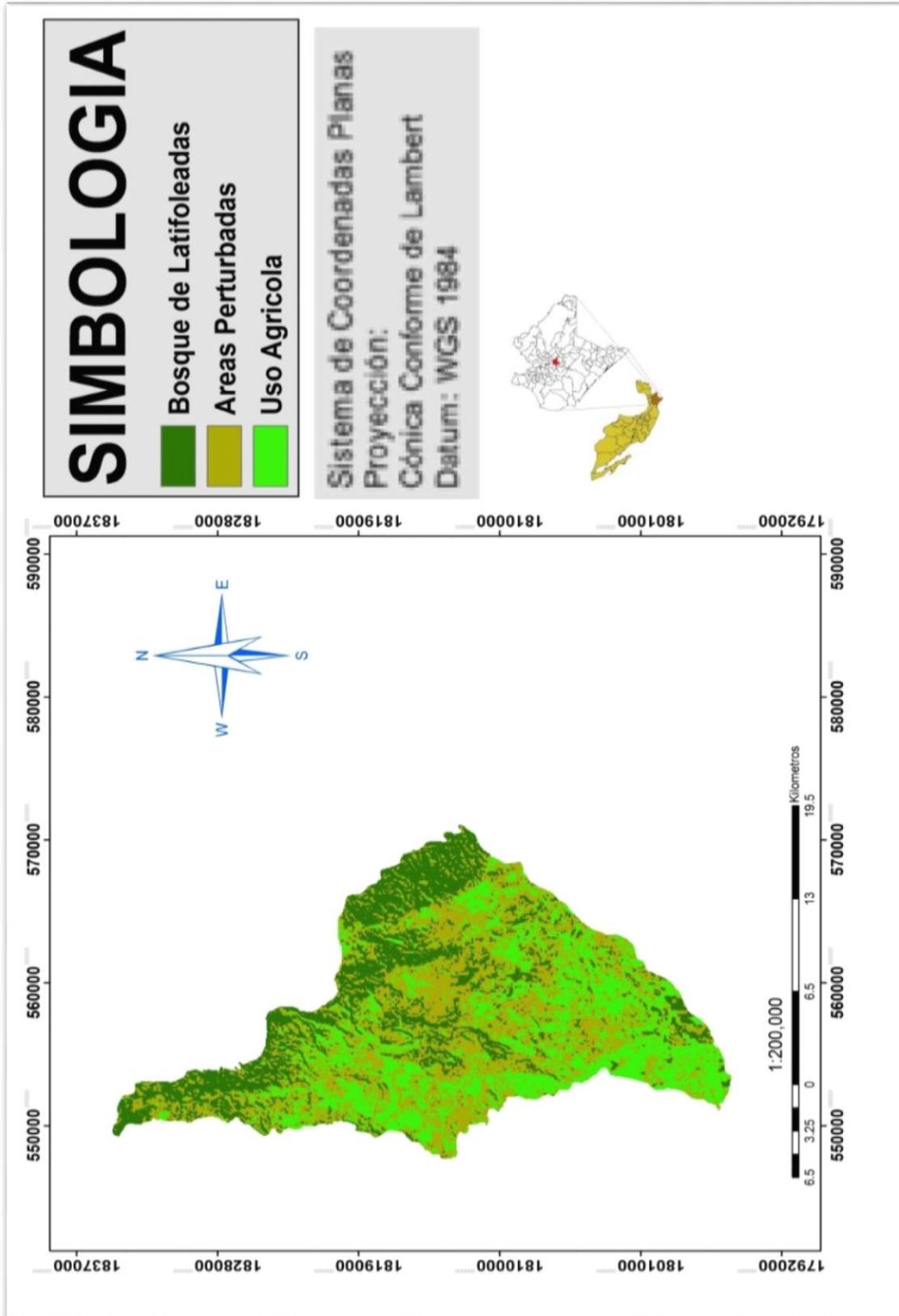


Figura 5. Mapa temático de uso de suelo y vegetación del año 1974.

Para el año 1974 el área de la sub cuenca estaba dividida en tres tipos de uso de suelo y vegetación, el cual se encuentra predominante el uso agrícola seguido, de las áreas perturbadas y bosques de latifoliadas (Cuadro 2).

Cuadro 2. Usos de suelo y vegetación en el año 1974 y áreas en hectáreas.

USO DE SUELO	ÁREA EN H.
ÁREAS PERTURBADAS	11329.69
BOSQUE DE LATIFOLIADAS	10059.97
USO AGRÍCOLA	20280.64

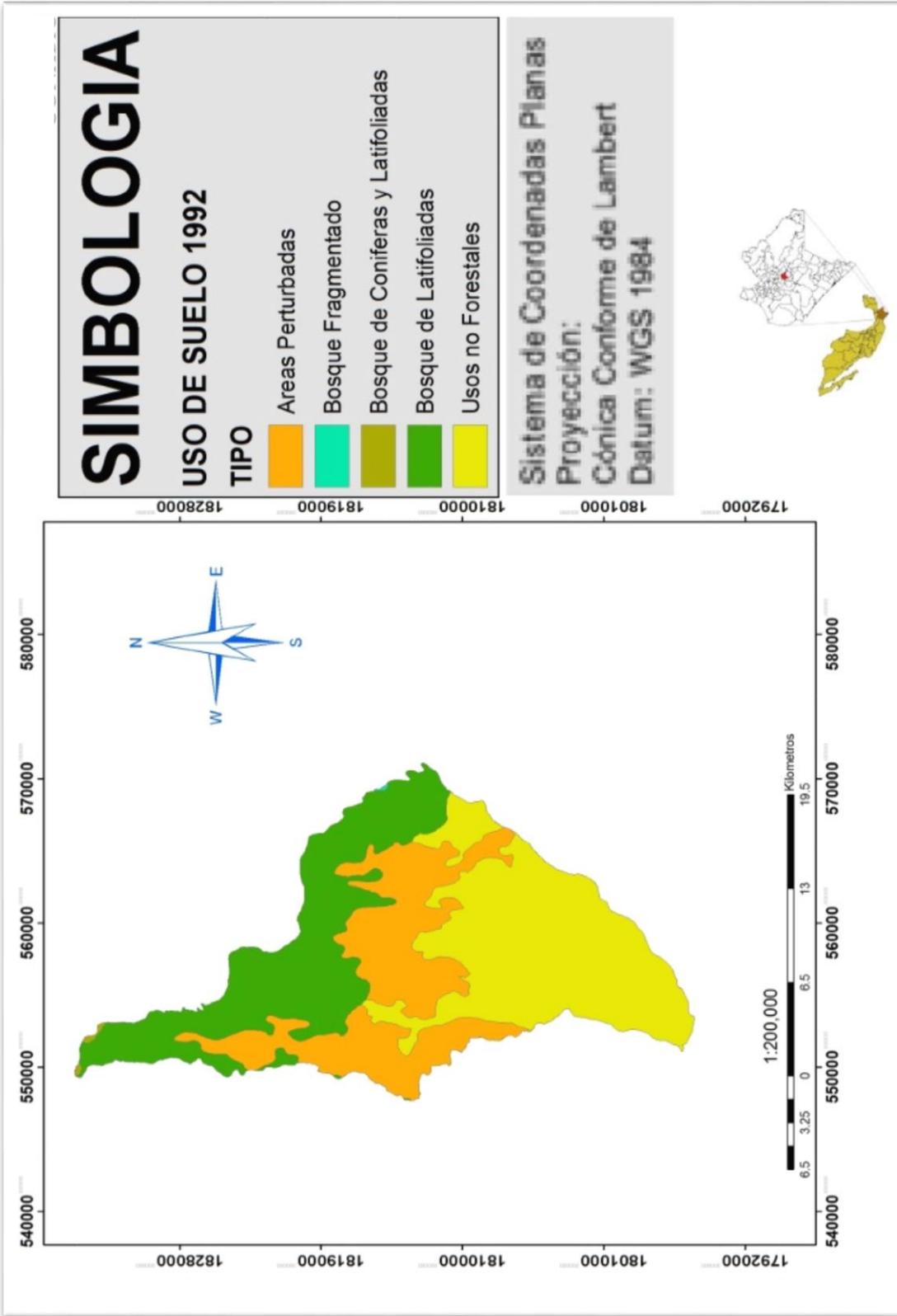


Figura 6. Mapa temático de uso de suelo y vegetación del año 1992 De la base de datos de CONABIO.

Para el año 1992 se obtuvieron 5 usos de suelo registrados en la base de datos de CONABIO, en el cual predomina el uso no forestal, seguido de bosque de latifoliada donde se encontró un incremento en su área de 3 096.19 hectáreas, seguido de áreas perturbadas de igual manera se registró incremento de 787.24 hectáreas, seguido de bosques mixtos y por ultimo bosque fragmentado (Cuadro 3).

Cuadro 3. Usos de suelo y vegetación en el año 1992 y áreas en hectáreas.

USO DE SUELO	ÁREA EN H.
Usos no Forestales	16 301.88
Bosque de Latifoliadas	13 156.16
Áreas Perturbadas	12 116.93
Bosque Mixto	78.57
Bosque Fragmentado	16.83

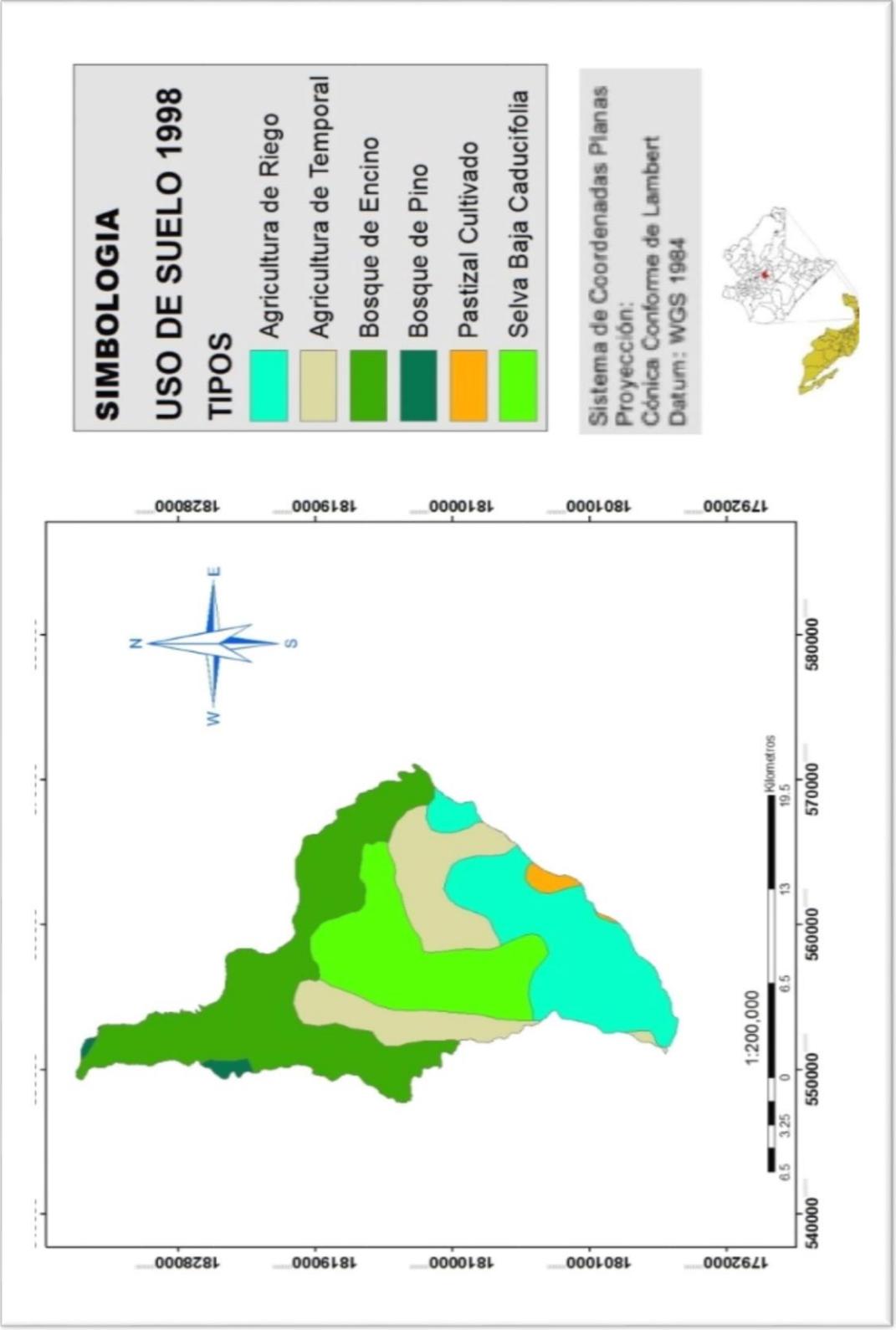


Figura 7. Mapa temático de uso de suelo y vegetación del año 1998 De la base de datos de CONABIO.

Para el escenario de 1998 se registra nuevamente 5 usos de suelo en la base de datos de CONABIO donde el uso que predomina es agrícola con una extensión de 19 161.02 hectáreas pero disminuye 1 119.13 hectáreas en comparación del año 1974. Seguido del uso bosque de latifoliadas donde existe una disminución en extensión de 2 399.65 comparado al año 1992, le sigue selva caducifolia, seguido de bosque de coníferas y por último se registra pastizal (Cuadro 4).

Cuadro 4. Usos de suelo y vegetación en el año 1998 y áreas en hectáreas

USO DE SUELO	ÁREA EN H.
BOSQUE DE LATIFOLEADAS	10 756.02
USO AGRÍCOLA	19 161.51
SELVA CADUCIFOLIA	8 639.48
PASTIZAL	1 099.16
BOSQUE DE CONÍFERAS	2 014.13

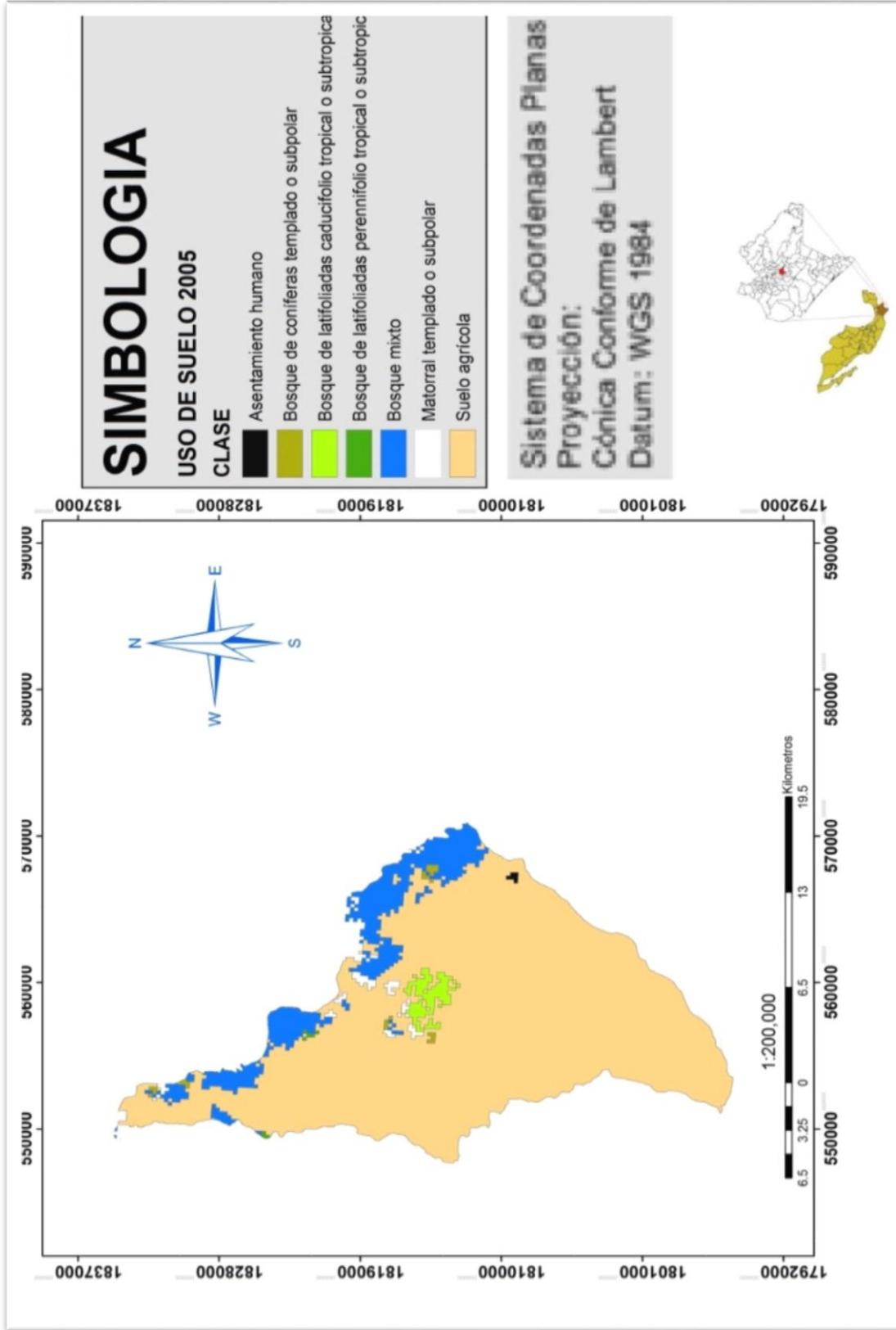


Figura 8. Mapa temático de uso de suelo y vegetación del año 2005 De la base de datos de CONABIO.

Para el año 2005 se registraron 6 usos de suelo en la base de datos de CONABIO de los cuales el uso agrícola es el que predomina con una extensión de 35 609.55 hectáreas y 15 328.91 hectáreas de aumento en comparación del año 1974, lo sigue los bosques mixtos que incrementa su área 4 331.91 hectáreas a comparación del año 1992, seguido de pastizal que disminuye su área 302.19 hectáreas a comparación al año 1 998, seguido de bosque de latifoliadas que de la misma manera se registra una disminución en su área de 10 035.6 hectáreas en comparación al año 1998, seguido de bosque de coníferas con disminución en su área de 1 909.74 en comparación del año 1998 y por último el uso no forestal disminuye su área 16 273.88 hectáreas (Cuadro 5).

Cuadro 5. Usos de suelo y vegetación en el año 2005 y áreas en hectáreas

USO DE SUELO	ÁREA EN H.
BOSQUE MIXTO	4 410.48
PASTIZAL	796.97
BOSQUE LATIFOLIADAS	720.91
USO NO FORESTAL	28
BOSQUE DE CONÍFERAS	104.39
USO AGRÍCOLA	35 609.55

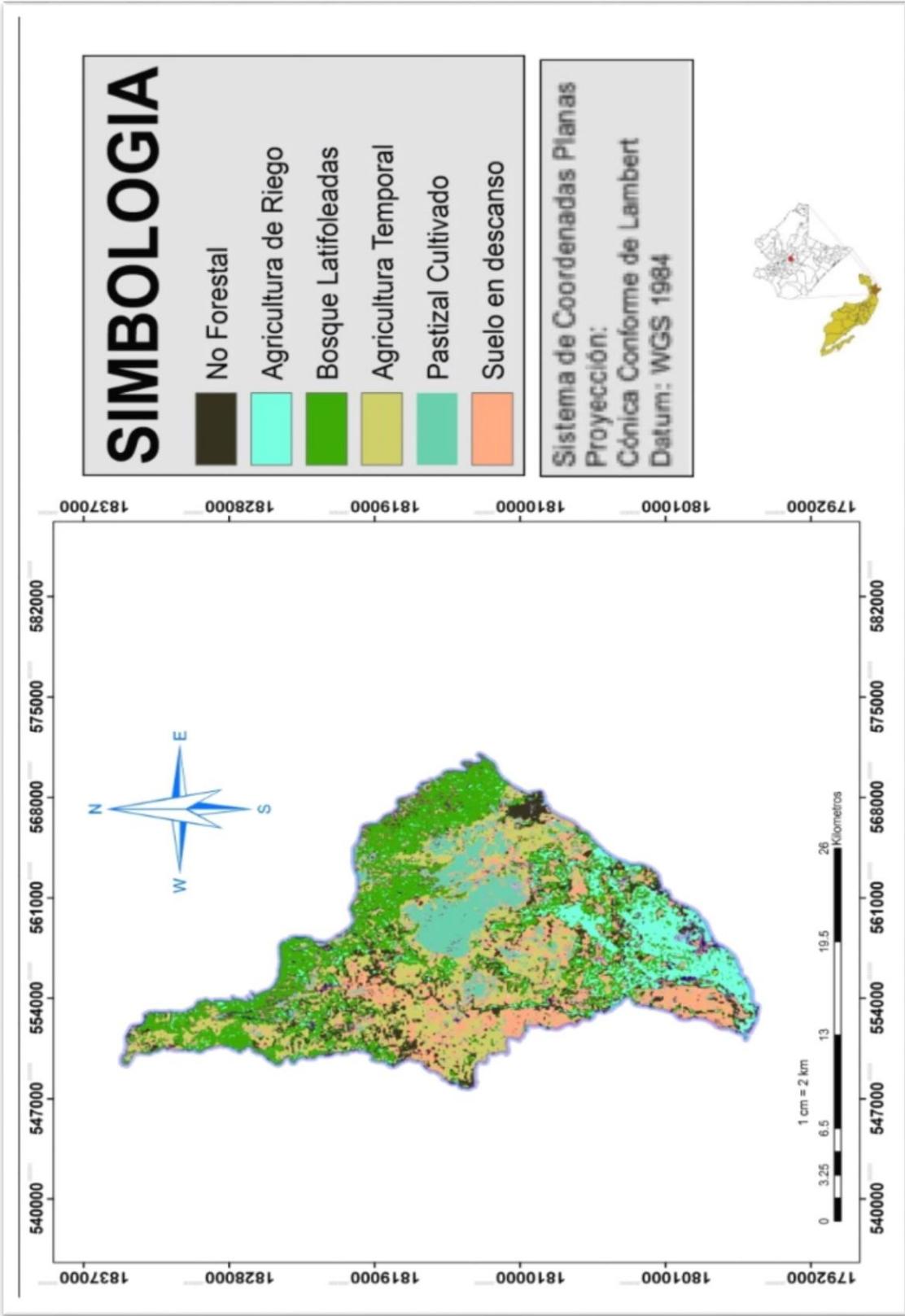


Figura 9. Mapa temático de uso de suelo y vegetación del año 2017.

Para el año 2017 se registran 5 usos de suelo en el que predomina el uso agrícola, con una extensión de 15 001.86 y 20 607.69 hectáreas en disminución en comparación al año 2005, lo sigue bosque de latifoliada con un incremento en su área de 9 628.91 hectáreas en comparación al 2005, seguido de pastizal con incremento respecto al 2005 de 2 029.07, seguido de suelo en descanso y por último el uso no forestal incremento 3 893.08 hectáreas con respecto al 2005 (Cuadro 6).

Cuadro 6. Usos de suelo y vegetación en el año 2017 y áreas en hectáreas

USO DE SUELO	ÁREA EN H.
PASTIZAL	6 439.55
BOSQUE DE LATIFOLIADAS	10 349.82
USO NO FORESTAL	3 921.08
SUELO EN DESCANSO	5 957.99
USO AGRÍCOLA	15 001.86

En las cinco fechas de estudio se encontraron cuatro tipos de bosques, donde el bosque que más estuvo presente, fue el bosque de latifoliadas y el menos frecuente con sólo una fecha, es el bosque fragmentado (Cuadro 6 y Figura 10). El área del bosque de latifoliadas en 1974 en comparación al 2017 incrementa 289.85 hectáreas con resultado favorable para la sub cuenca, para los otros tipos de bosque desaparecen en el 2017 que resulta negativo para la sub cuenca por pérdida de vegetación y hábitad de distintas especies.

Cuadro 7. Área en hectáreas de bosques y sus frecuencias.

TIPO	BOSQUE DE LATIFOLIADA	BOSQUE DE CONIFERAS	BOSQUE FAGMENTADO	BOSQUE MIXTO
AÑO	AREA EN HECTÁREAS			
1974	10 059.97	0	0	0
1992	13 156.16	0	16.83	78.57
1998	10 756.02	2 014.13	0	0
2005	720.91	104.39	0	4 410.48
2017	10 349.82	0	0	0

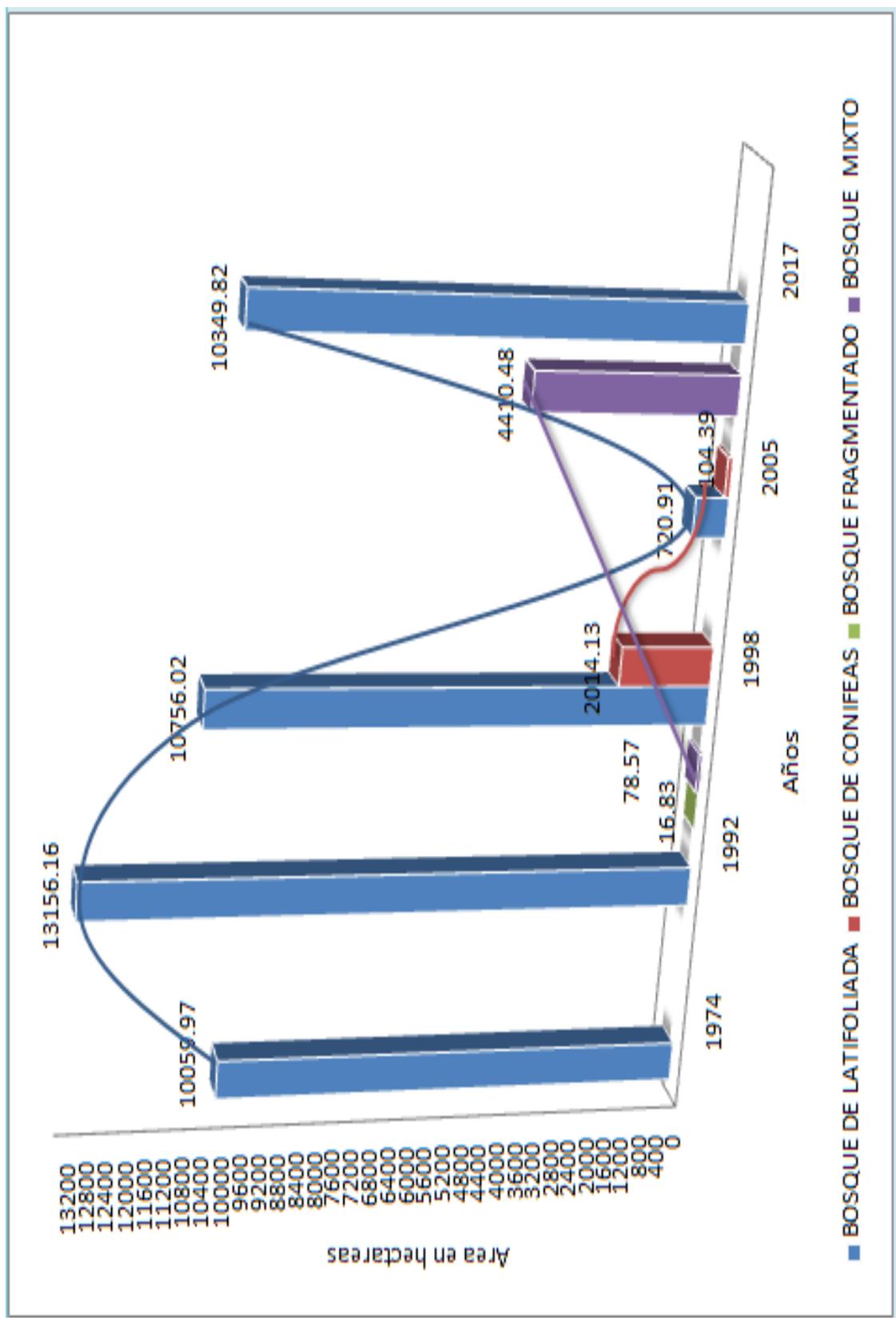


Figura 10. Comportamiento de los bosques en la sub cuenca en los últimos 43 años.

Cuadro 8. Área en hectáreas de usos de suelo y sus frecuencias

TIPO	ÁREAS PERTURBADAS	AGRÍCOLA	NO FORESTAL	PASTIZAL	SELVA CADUCIFOLIA	SUELO EN DESCANSO
AÑO	ÁREA EN HECTÁREAS					
1974	11 329.69	20 280.64	0	0	0	0
1992	12 116.93	0	16 301.88	0	0	0
1998	0	19 161.51	0	1 099.16	8 639.48	0
2005	0	35 609.55	28	796.97	0	0
2017	0	15 001.86	3 921.08	6 439.55	0	5 957.99

De los usos de suelo restantes que se obtuvieron en el estudio el uso más constante en las fechas es el uso agrícola el cual en el año 2005 (Cuadro 7 y Figura 11) se registró con mayor extensión territorial equivalente al 85% del total de la sub cuenca que es un efecto negativo, para el año 2017 reduce al 30% que le favorece, además de aparecer los suelos en descanso que le favorece a la sub cuenca.

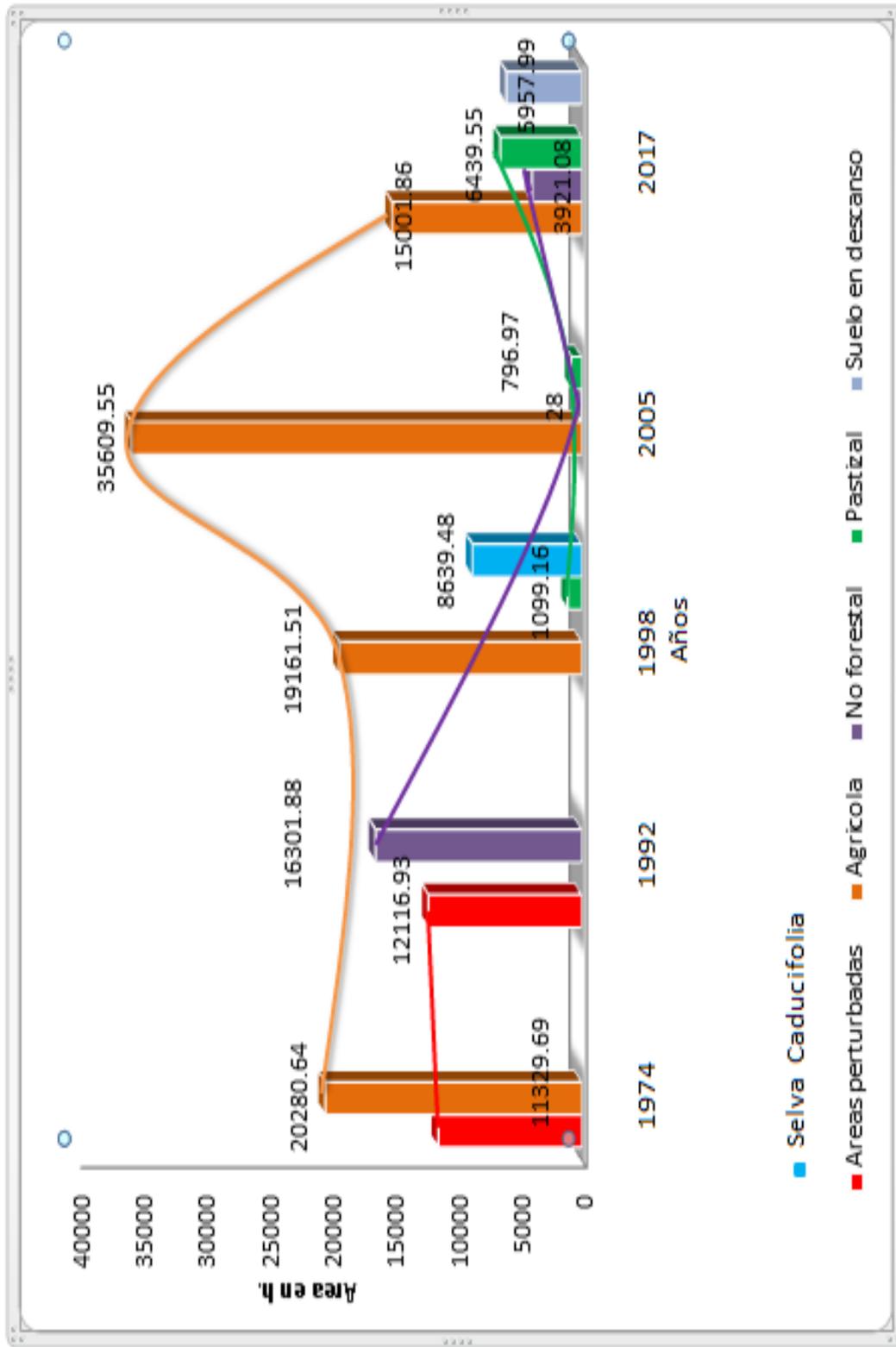


Figura 11. Comportamiento de la sub cuenca en los últimos 43 años.

4.3. TASA PROMEDIO ANUAL DE DEFORESTACIÓN (TMAD)

$$\text{TMAD} = \frac{(21\,389.66 - 16\,789.37)}{43} = 106.98$$

43

En la sub cuenca del río Blanco para la primer fecha de estudio 1974 se toma una superficie vegetal de 21 389.66 hectáreas – 16 789.37 hectáreas de la superficie en el año 2017 dividido ente los 43 años de estudio se presenta una tasa anual promedio de deforestación de 106.98 hectáreas/año equivalente al 25% de pérdida de la vegetación total de cada año en la sub cuenca de estudio.

La cifra obtenida es elevada a comparación de estudios realizados en otros lugares, la tasa de deforestación reportada para los bosques tropicales secos del sureste de México en el periodo de 1993 a 2007 es de 2.24% (Kolb y Galicia, 2011), mientras que en la cuenca de San Cristóbal una región densamente poblada, también se observó un decremento en la tasa de deforestación anual de 0.19% desde 1975 a 2009 (Figueroa *et al.*, 2011), mientas que en la cuenca del Sabinal en el periodo de 1992 a 2009 es de 0.5% (Gordillo *et al.*, 2017).

V. CONCLUSIONES

El análisis de cambio de uso de suelo y vegetación realizado a la sub cuenca del río Blanco, Chiapas, ocurrido de 1974 al 2017 genera información valiosa para saber la transformación del ecosistema.

La tasa anual promedio de deforestación de la sub cuenca calculada es de 106.98 hectáreas/año equivalente al 25% del área total, siendo una cifra negativa para la misma. En el año 1998 se registró una extensión de 12 770.15 hectáreas de bosques y para el año 2017 reduce 2 420.33 hectáreas equivalente al 19% con pérdida tanto de flora como de fauna de la sub cuenca.

En la subcuenca es difícil que se regeneren los usos de suelo por el crecimiento en el uso agrícola al ser la actividad primaria para generar ingresos económicos tanto en la sub cuenca baja y media, con la probabilidad de pérdida de los recursos hídricos al ser deforestada la subcuenca y al ser modificada la red hidrográfica para el sistema de riego de las plantaciones agrícolas.

VI. PROPUESTAS Y RECOMENDACIONES

- Crear proyectos de reforestación de recursos maderables en la zona alta junto con las dependencias, autoridades pertinentes y pueblos aledaños. Para mejorar el desempeño de la sub cuenca hidrográfica, protegiendo al mismo tiempo el suelo de la erosión y disminuyendo las emisiones de dióxido de carbono.
- Según el artículo 1 de la ley forestal, regular la tala de aboles que son utilizados para hacer carbón o para otras actividades que genera ingresos económicos para la población, que sean arboles adultos y sean remplazados por plantas nuevas apoyados con los proyectos de reforestación.
- En la parte media y baja de la sub cuenca no es posible regenerar los usos que son agrícolas a uso forestal, ya que esta es la actividad principal para los ingresos económicos. Por lo tanto para mejorar la calidad del ambiente y suelo es necesario que la empresa Zucarmex S.A. de C.V. de talleres con los productores para usar fertilizantes e insecticidas orgánicos en los cultivos de caña de azúcar, también evitar la quema de la siembra para la cosecha. Además seguir extendiendo contratos para la misma.

VII. REFERENCIAS DOCUMENTALES

- Asociación Geoinnova. 2009. Geofascículo 29: Generación de Zonas de Influencia Mediante la construcción de Polígonos de Thiessen en ArcMAP
- Comisión Nacional del Agua (CNA). 2000. Norma Oficial mexicana NOM-011-CNA-2000: Conservación del recurso agua. Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales. México
- CONABIO. Portal de Geoinformación. Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad. Disponible en <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/#>
- Corponariño. 2008. Actualización del plan de ordenamiento y manejo del río Pasto.
- Di Gregorio, A., Jansen, L.J.M. 2000. Land Cover Classification System: Classification Concepts and User Manual. FAO. Rome.
- DUDA R. O. and HART, P. Pattern classification and scene analysis. New York: John Wiley and Sons, 1973. 189 p.
- Figuroa- Jáuregui ML, Ibáñez- Castillo LA, Artega- R, Arellano- Monterrosas JL, Vazquez-Peña M (2001) Cambio de uso de suelo en la cuenca de San Cristóbal de las Casas, México. *Agrociencia* 45: 531-544.
- Gordillo-Ruiz, M. y Castillo-Santiago, M. 2017. Cambio de uso del suelo en la cuenca del río Sabinal, Chiapas, México. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, [en línea] 4(10), pp.39-49. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=358649676005>
- Kolb M, Galicia L .2012. Challenging the linear forestation narrative in the Neo- tropic: regional patterns and processes of deforestation in southern Mexico. *The Geographical Journal* 178: 147- 161.

- Linke, J. Betts, M. G. Lavinge, M. B. Franklin, S. E. 2007. Structure, function, and change of forests landscapes. In Understanding Forest Disturbance and spatial pattern: Remote sensing and GIS approaches. Edited by M.A. .. Boca Raton, FL, USA: Taylor and Francis. pp. 1-29
- Mas, J.F, A. Velasquez and S. Couturier, 2009, La evolución de los cambios de cobertura / uso de suelo en la república mexicana. Investigación ambiental
- Reyes, J, G. Garcia, O. Castillo, Investigaciones geográficas, Boletín del instituto de geografía . UNAM. Num 44, 203, pp 39-53
- Secretaría de Recursos Hidráulicos (SRH). 1971. Boletín hidrológico 38. Tomo 1. México, D.F. 298 p.
- SIATL. Simulador de Flujos de Agua de Cuencas Hidrográficas disponible en:
http://antares.inegi.org.mx/analisis/red_hidro/siatl/
- Vitousek PM, Money Ha, Lubchenco J, Melillo JM (1997) Human domination of Earth's ecosystem science 227-499
- Wischmeier W., H., and D. D. Smith. 1978. Predicting rainfall erosion losses. Agriculture Handbook 537. United States Department of Agriculture. Washington. 58p.