

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y EL MAR

ESCUELA DE CIENCIAS GEOGRÁFICAS

Transformación de las coberturas de la tierra en Área de Conservación Arenal
Tempisque mediante Sistemas de Información Geográfica (1990 - 2020).

María José Durán Salazar

Dalia Sáenz Espinoza

Práctica Profesional supervisada como cumplimiento de los requisitos para el
bachillerato en CIENCIAS GEOGRÁFICAS CON ÉNFASIS EN ORDENAMIENTO
DEL TERRITORIO

Institución: Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC)

Junio, 2023.

Heredia, Costa Rica

Índice de contenidos

Lista de acrónimos	3
Introducción.....	5
Problema.....	7
Objetivos	9
• Objetivo General:	9
• Objetivos Específicos:.....	9
Justificación.....	10
Metodología	11
• Delimitación y contextualización del área de estudio	11
• Enfoque de la investigación	12
• Materiales y métodos.	13
• Comportamiento de las coberturas de la tierra.....	14
• Transformaciones en las coberturas de la tierra.	16
Resultados y discusión.....	21
• Comportamiento de las coberturas de la tierra.	21
• Transformaciones en las coberturas de la tierra.	26
- Comportamientos y transformaciones espaciales.	26
- Densidad poblacional	26
- Causas de los cambios espaciales	32

Conclusiones.....	33
Bibliografía	34

Índice de figuras:

Figura 1. Mapa base ACAT.....	12
Figura 2. Clasificación Supervisada Landsat 5. ACAT. Enero 1990.....	24
Figura 3. Clasificación Supervisada Landsat 8. ACAT, Febrero 2020.....	25
Figura 4. Mapa de Cantones ACAT.	27
Figura 5. Influencia ASP en los cantones.....	29
Figura 6. Densidad poblacional 1990	30
Figura 7. Densidad poblacional 2020	31

Índice de tablas

Tabla 1. Metodología. Matriz de variables.....	20
Tabla 2. Puntos de entrenamiento para la realización de la clasificación supervisada.....	15
Tabla 3. Parámetros de densidad poblacional.	17

Índice de gráficos

Gráfico 1. Comportamiento de las coberturas de la tierra 1990 y 2020. .	21
Gráfico 2. Densidad poblacional 1990 y 2020.....	28

Lista de acrónimos

AC: Área de Conservación.

ACAT: Área de Conservación Arenal - Tempisque.

ASP: Área Silvestre Protegida.

ENAHU: Encuesta Nacional de Hogares.

FAO: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación

INEC: Instituto Nacional de Estadística y Censo.

SIG: Sistemas de Información Geográfica.

SINAC: Sistema Nacional de Áreas de Conservación.

SNIT: Sistema Nacional de Información Territorial.

Introducción

La presente investigación se refiere al tema de la transformación de las coberturas de la tierra en el Área de Conservación Arenal Tempisque mediante Sistemas de Información Geográfica. En las últimas décadas, los cambios socioeconómicos han causado considerables alteraciones ambientales, que han modificado la estructura y funcionamiento de los ecosistemas y dañado con gran rapidez la biodiversidad (Molina y Albarran, 2013).

Para analizar esta problemática es necesario considerar que “el manejo de la tierra puede ser una de las formas de promover la interacción ambiental sostenible de las actividades socioeconómicas, con la naturaleza (y los componentes del subsistema natural)” (Braz et al., 2020, p. 71).

La investigación de esta problemática se realizó por el interés de conocer y analizar la transformación de la tierra ya que esta tiene lugar en numerosas ramas del conocimiento, debido a que genera información básica para la formulación de planes y proyectos en el área de planificación responsable de la ordenación y organización del territorio y del manejo de los recursos naturales. Minimizando los impactos negativos e impulsando los positivos, para promover un ordenamiento ambiental sostenible (Briceño, 2003).

Siendo así que la geografía, al igual que otras ciencias, evoluciona conforme las necesidades de la sociedad y al grado de conocimiento acumulado, de esta manera, han surgido abordajes inquietantes por las transformaciones de las coberturas de la tierra y actualmente, los desafíos sobre variaciones aceleradas que

presenta el territorio, precisa a monitorear continuamente las condiciones ecológicas para difundir modelos para pronosticar el comportamiento y efectos de las coberturas. Por lo tanto, la geografía enfrenta el desafío de crear métodos para monitorear los cambios en los ecosistemas naturales con el fin de identificar acciones que permitan su preservación (Morera y Sandoval, 2016).

La metodología incluye la identificación de las coberturas de la tierra, la descarga de las imágenes aéreas del año 1990 y 2020, del satélite Landsat 5 y 8 para el procesamiento digital de dichas imágenes y así realizar la generación de mapas de clasificación supervisada por categorías empleando Sistema de Información Geográfica. Asimismo, a través de las proyecciones poblacionales en los años de estudio, se permite visualizar el crecimiento de la población y el crecimiento urbano dentro del área de conservación para realizar un análisis de la variación a lo largo del tiempo relacionado con las transformaciones espaciales. Como objetivo principal es evidenciar las transformaciones que ha sufrido el área de estudio en los periodos 1990 y 2020.

Problema

En Costa Rica el espacio geográfico urbano, Quesada, M. (2000) indica que “muestra un escaso ordenamiento territorial, ya que los núcleos urbanos emergen y se expanden de forma espontánea” (p. 45), lo cual deja claro que existen diferentes asentamientos que emergen sin algún tipo de planificación o supervisión de las autoridades correspondientes, así como espacios agrícolas sustituidos con vivienda no planificada. Así mismo, la importancia del ordenamiento territorial incide directamente en las Áreas de Conservación (AC) del país, y directamente la toma de decisiones de los Gobiernos locales.

Los cambios en la cobertura de la tierra se han dado principalmente por causa del avance de la frontera agrícola. Según la FAO (2020), en los últimos años ha aumentado la deforestación, especialmente en los trópicos, pese a eso la tasa de pérdida de bosques ha disminuido considerablemente. Se aprecia que desde 1990 se han perdido 420 millones de hectáreas de bosque en todo el mundo debido a la deforestación.

Por esta razón, Costa Rica ha realizado varios esfuerzos en cuanto a la restauración de los espacios deforestados. “En la década de los 80, cerca del 25% del territorio nacional estaba cubierto por bosque, mientras que al año 2013 el porcentaje de cobertura aumentó a 52,38%; es decir que las áreas boscosas se duplicaron en las últimas dos décadas” (León, 2015, p.1).

En el ACAT se ha desarrollado una intensa actividad agrícola y ganadera, siendo así que esta área ha tenido una de las tasas de deforestación más altas a nivel

nacional en el pasado. No obstante, según Morera y Sandoval para el año 2000 se evidencia la presencia de una alta proporción de la cobertura boscosa y el AC con mayor superficie de bosque es el ACAT, con un 51% (125,252 ha), de los cuales 51,865 ha (29%) corresponde a cobertura boscosa de alta densidad y 73,387 ha (30%) corresponde a baja densidad (2016).

Los cambios en la cobertura de la tierra desde una perspectiva ecológica, puede traer consigo consecuencias de reducción o desaparición de los hábitats naturales, la destrucción del hábitat disminuye las poblaciones de flora y fauna, aumenta el riesgo de extinción local de las especies típicas de plantas y animales ya que son expuestas a una disminución de la humedad (Bermúdez, 2018). Por lo cual la teledetección y los sistemas de información geográfica son herramientas importantes para evaluar las tendencias en la degradación ambiental y sus vínculos con las fuerzas socioeconómicas (Arroyo et al, 2005).

Las transformaciones tienen una trascendencia en el uso de los recursos naturales, como se percibe con los conflictos por el uso del agua, debido a la intensificación del riego en la agricultura y a la alta demanda de agua por desarrollos turísticos e inmobiliarios. (Tapia, 2016, p.5).

Al ser una región primordialmente rural, las actividades económicas abarcan principalmente el sector primario. Algunas de las partes de esta área se están transformando en unos de los principales atractivos turísticos del país. Se ha notado un gran incremento en el sector de la construcción resultante de la aparición de complejos hoteleros y casas para vacacionar. Provocando una alta visitación y

además estos espacios se catalogan como principales destinos turísticos, los cuales se centran en los alrededores del Volcán Arenal, El Parque Nacional Volcán Tenorio y el Río Celeste, Santa Elena y Monteverde (Lladonosa y Llauradó, 2011 p. 20).

Por último, es posible que la carencia de estudios desde la perspectiva espacial en dicho espacio geográfico haya permitido la realización de estudios incompletos o poco precisos sobre la evolución de las coberturas de la tierra, su impacto en la conservación y el uso sostenible de los recursos naturales en el área. El análisis de esta problemática puede contribuir a mejorar el conocimiento sobre la situación actual, a establecer estrategias de gestión efectivas para garantizar una mayor protección y restauración de los ecosistemas terrestres en el futuro.

Objetivos

Objetivo General:

Analizar la transformación de las coberturas de la tierra con el uso de los Sistemas de Información Geográfica en el ACAT (1990 - 2020).

Objetivos Específicos:

- Identificar el comportamiento espacial de las coberturas de la tierra del ACAT en los periodos (1990 - 2020).
- Describir los patrones y posibles cambios de transformación en las coberturas de la tierra del ACAT en los periodos (1990 - 2020).

Justificación

La presente práctica profesional supervisada está dirigida al análisis de la transformación de las coberturas de la tierra con el uso de los Sistemas de Información Geográfica en el ACAT en los períodos de 1990 y 2020. La carencia de mapeos y de análisis espacial en el área de estudio ha sido la motivación principal para la realización de esta investigación.

Es importante mencionar que este tipo de estudios permiten a las AC reconocer la necesidad de los análisis espaciales para su oportuno ordenamiento territorial y aprovechamiento sostenible de los recursos naturales. En el caso de las AC el instrumento utilizado en el ordenamiento territorial son los Planes de Manejo. Este instrumento permite:

Orientar la gestión de un área silvestre protegida hacia el cumplimiento de sus objetivos de conservación a largo plazo. Se fundamenta en líneas de acción estratégicas a mediano plazo y en objetivos de manejo para los elementos naturales y culturales incluidos dentro del área, así como en la relación de estos últimos con su entorno socio ambiental. Es la base para el desarrollo de otros instrumentos de planificación y reglamentación de las Áreas Silvestres Protegidas (Reglamento a la Ley de Biodiversidad N.º 34433, 1998 p. 4)”

De manera que, desde un punto de vista teórico, el estudio permitirá profundizar por medio de revisión bibliográfica, el análisis de la dinámica de los ecosistemas terrestres y en la relación entre la cobertura de la tierra, la biodiversidad

y los servicios ecosistémicos en el área. Por otra parte, la investigación podrá ser de gran utilidad práctica para la toma de decisiones en materia de conservación y uso sostenible de los recursos naturales, permitiendo identificar los principales desafíos y oportunidades para la gestión efectiva y sostenible en el ACAT, con el fin de lograr una mayor protección y restauración de los ecosistemas terrestres y asegurar un desarrollo sostenible (Moreno, et al, 2010).

Metodología

Delimitación y contextualización del área de estudio

El Área de Conservación Arenal Tempisque forma parte de una de las 11 áreas de conservación que conforman el Sistema Nacional de Áreas de Conservación. Constituida en 1991, abarca aproximadamente 395,046.14 hectáreas; que equivale el 7.73% del territorio nacional (SINAC, 2023). Políticamente, según el SINAC, abarca parte de 10 cantones y 32 distritos de las provincias de Guanacaste, Alajuela y Puntarenas; de toda la extensión territorial del área; actualmente el 24,84% lo constituyen las áreas silvestres protegidas, 28,81% a corredores biológicos y el porcentaje restante corresponde al área de influencia (p. 1).

Dentro del Área de Conservación se encuentran 10 Áreas Silvestres Protegidas como lo son los Parques Nacionales: Palo Verde, Volcán Tenorio, Miravalles - Jorge Manuel Dengo, así como el Refugio Nacional de Vida Silvestre Cipancí, Reserva Forestal Taboga, Reserva Biológica Lomas Barbudal, Zona Protectora Arenal - Monteverde y la Zona Protectora Abangares (figura. 1).

El ACAT se extiende desde las cordilleras volcánicas de Guanacaste y Tilarán hasta alcanzar tierras bajas de Guanacaste en el Pacífico de Costa Rica (Chacón, 2016). Su variación altitudinal que va desde los 0 hasta los 2.028 metros sobre el nivel del mar, esta particularidad crea una gran variedad de paisajes como las populares llanuras guanacastecas. Debido a estas singularidades es que en el ACAT se encuentran ocho zonas de vida, una gran diversidad de flora y fauna (MINAE, 2017).

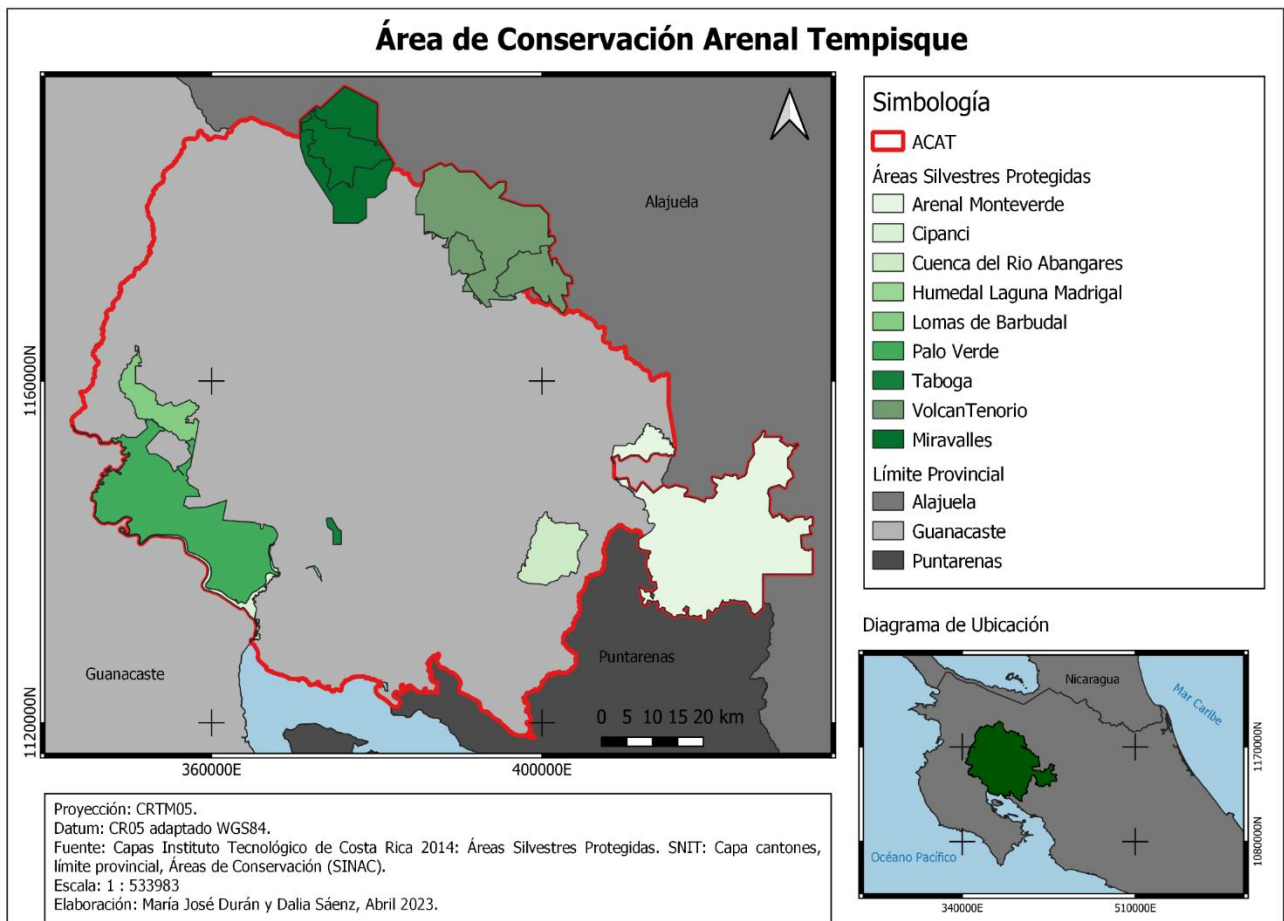


Figura 1. Mapa base ACAT.

Enfoque de la investigación

Esta investigación se realizará bajo un enfoque mixto, el cual proporciona una perspectiva más amplia y profunda del problema que se está estudiando. Según

Sampieri, R., et. al (2014) “se enriquece de la investigación cualitativa proporcionando profundidad a los datos, dispersión, riqueza interpretativa, contextualización del ambiente o entorno, detalles y experiencias únicas” (p. 16).

Además el autor agrega que “se beneficia de la investigación cuantitativa, la cual ofrece la posibilidad de centrarse en puntos específicos de los fenómenos estudiados y análisis de datos numéricos, además de que facilita la comparación entre estudios similares” (Sampieri, R., et. Al, 2014, p.15).

Materiales y métodos.

Para la elaboración del presente trabajo, se indagaron diferentes fuentes de información, con el objetivo de comprender de manera teórica las variables y las categorías (ver tabla 1) que encierran el tema de investigación. Del mismo modo, se realizó la identificación de las coberturas de la tierra como: suelo desnudo, bosque, infraestructura, cuerpos de agua, cultivos y nubes, mediante el análisis de imágenes aéreas obtenidas desde la página de Earth Explorer. Lo anterior, con el fin de generar categorías desde una clasificación supervisada, proceso que se llevó a cabo con el software QGIS3.18.

Además, para describir y sustentar las transformaciones de las coberturas de los usos de la tierra se realizará una recopilación de información bibliográfica y cartográfica, basada en proyecciones poblacionales en los años de estudio. Lo cual permite realizar el análisis relacionado con las transformaciones espaciales, como el aumento o decrecimiento de la población, reconociendo la cantidad de habitantes por kilómetro cuadrado dentro de los principales cantones del ACAT y así poder explicar

de una mejor manera la variación a través de los años y las posibles causas de estos cambios, basándose en los antecedentes relacionados con la aplicación de las técnicas utilizadas. Comportamiento de las coberturas de la tierra.

- *Comportamiento de las coberturas de la tierra.*

Para la realización del primer objetivo específico se procede a descargar las imágenes aéreas desde la herramienta de Earth Explorer, del Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS) "permite la obtención de datos geospaciales desde colecciones extensivas. Los usuarios pueden navegar interactivamente por el mapa o texto para buscar y obtener imágenes de las diferentes misiones del satélite Landsat" (USGS, 2023, p. 1).

Con los datos descargados, se procede a incluirlos en un nuevo proyecto de Qgis, este software libre de Sistemas de Información Geográfica permite crear y realizar análisis espacial de información geoespacial Qgis (2023).

Con la descarga de las imágenes aéreas del año 1990 y 2020, del satélite Landsat 5 y 8, respectivamente, se inicia el proceso de cortes según el área de conservación así como la coloración de las imágenes para el análisis espacial del espacio. Estas imágenes presentan una gran cantidad de nubosidad al norte del AC, por lo cual se crea una máscara la cual permite eliminar parcialmente las nubes de la imagen original.

A partir de esta imagen se inicia el proceso de clasificación supervisada del AC. El mismo inicia tomando puntos de entrenamiento claves dentro del AC que permitan determinar la existencia de espacios similares dentro de la misma.

Una vez escogidos los puntos de entrenamiento se procede a colorear los puntos de entrenamiento presentes en la tabla 2.

Tabla 2. Puntos de entrenamiento para la realización de la clasificación supervisada.

Nombre	Abreviatura	Color
Suelo desnudo	S1	Café
Bosque	B1	Verde
Infraestructura	I1	Gris
Cuerpos de agua	A1	Azul
Cultivos	C1	Verde claro
Nubes	N1	Celeste claro

Con estos puntos de entrenamiento se busca facilitar el análisis espacial del ACAT e identificar el comportamiento espacial de las coberturas de la tierra por medio de una clasificación supervisada. Esta clasificación cataloga cada cuadrado de un mapa ráster, y por medio de un análisis estadístico multivariado (y según el criterio propio) se obtiene un mapa descriptivo con las actividades y espacios principales del área clasificados. A diferencia de la clasificación no supervisada el sistema

automáticamente elige por color de ráster intuitivamente, por lo que podría tener errores al momento de analizar la información.

Para calcular el aumento porcentual de las coberturas de la tierra, para cada punto de entrenamiento antes descrito, se utilizó la siguiente fórmula:

$$\text{Porcentaje cobertura de la tierra} = \frac{\text{Área km}^2 \text{ 2020} - \text{Área km}^2 \text{ 1990}}{\text{Área km}^2 \text{ 2020}} \times 100$$

Aplicando esta fórmula a los resultados obtenidos mediante la clasificación supervisada, obtendremos resultados tanto positivos como negativos. Si los resultados son positivos se dice que hubo aumento en la cobertura boscosa, mientras si el resultado es negativo porque hubo una disminución en lugar de un aumento.

- *Transformaciones en las coberturas de la tierra.*

En el caso de la descripción de los patrones y posibles causas de transformación y de usos de la tierra del ACAT se utilizarán las herramientas antes descritas, y por medio de un análisis espacial se podrá determinar cuáles han sido las causas por las cuales se ha dado la transformación del uso de la tierra, además se podrá identificar si ha existido un patrón de crecimiento urbano y de transformación de uso del suelo dentro del AC.

Por medio de las proyecciones poblacionales, además se usó las capas del SNIT y la clasificación supervisada ya realizada anteriormente, se podrá visualizar el crecimiento de la población en los principales cantones así como el crecimiento urbano dentro del área de estudio.

La densidad poblacional es un indicador que determina el promedio de habitantes que habitan por kilómetro cuadrado (INE, 2023, p. 1), la fórmula que se utiliza para calcular la densidad de la población que se utilizará para esta investigación es la siguiente:

$$Densidad\ poblacional = \frac{Población}{Superficie}$$

El resultado de la fórmula anterior indicará cuántas personas habitan por km² durante los periodos estudiados y por medio de los resultados obtenidos se determinará si un espacio posee alta, media o baja densidad poblacional. Para determinar si la densidad poblacional es alta, media o baja se utilizará el siguiente parámetro (tabla 3)

Tabla 3. Parámetros de densidad poblacional.

Densidad promedio	Parámetro
9 – 25 habitantes por km ²	Baja
26 – 54 habitantes por km ²	Media
55 - 92 habitantes por km ²	Alta

Para la realización de este objetivo, se utilizarán las proyecciones poblacionales para los años 1990 y 2020, esto porque para los años escogidos para este estudio en específico no había censos recientes. Es importante resaltar que para este análisis se tomaron únicamente los cantones con mayor densidad poblacional y que abarcan más área dentro del ACAT. Esto debido a que los cantones incompletos

por lo general se ubican dentro de algún espacio con alguna categoría de manejo de conservación (ya sea Parque Nacional o Zona protectora), y además su densidad poblacional es baja en comparación con los otros cantones que sí tienen más influencia dentro del ACAT.

Finalmente, mediante un análisis se revisarán los resultados de las imágenes recolectadas de la clasificación supervisada, así como los gráficos generados de la densidad poblacional y se realizará una descripción de los cambios espaciales ocurridos por el aumento – decrecimiento de la población en los principales cantones así como una descripción los comportamientos y transformaciones espaciales y su posibles causas.

Matriz de Variables

Categoría	Nombre de Variable	Indicador	Fuente de investigación	Instrumento	Proceso de recolección y análisis de datos
Comportamiento de las coberturas de la tierra	Cambios de uso de la tierra	Suelo descubierto	EarthExplorer Qgis	Shape ACAT. Imágenes aéreas obtenidas de EarthExplorer.	Visualización y descarga de imágenes aéreas del área de estudio. Identificación y análisis de cambios espaciales y cambios de las coberturas de la tierra.
		Bosque			
		Infraestructura			
		Cuerpos de agua			
		Terrenos de cultivos			
		Nubes			

Transformaciones territoriales por las coberturas de la tierra	Comportamientos y transformaciones espaciales	Diversidad o densidad de la cubierta vegetal	EarthExplorer / Qgis	Imágenes aéreas	Análisis de la Clasificación Supervisada. Transformación del espacio del área de estudio
		Crecimiento urbano	INEC - ENAHO	Censo	Análisis de imágenes recolectadas y el análisis de la encuesta nacional de hogares (2000, 2011, 2022)
	Densidad poblacional	Habitantes	INEC - ENAHO	Proyecciones poblacionales	Cantidad de habitantes por kilómetro cuadrado dentro de los principales cantones del ACAT. Proyecciones poblacionales INEC,
		Área	INEC	Capas SNIT	
	Causas de los cambios espaciales	Aumento o decrecimiento de área urbana	EarthExplorer / Qgis	Imágenes aéreas y capas del SNIT	Análisis de imágenes recolectadas, análisis de la clasificación supervisada. Descripción de los cambios espaciales ocurridos por el aumento – decrecimiento de la población.

Tabla 1. Metodología. Matriz de variables.

Resultados y discusión.

- **Comportamiento de las coberturas de la tierra.**

Mediante la aplicación de sistemas de información geográfica y teledetección se facilita el análisis de imágenes aéreas obtenidas por medio de diferentes misiones de satélites espaciales. Con estas herramientas se logra identificar los comportamientos espaciales de las coberturas de la tierra del ACAT en los años 1990 y 2020. En el gráfico 1, se puede observar cómo fue el comportamiento de las coberturas de la tierra durante los años 1990 y 2020.

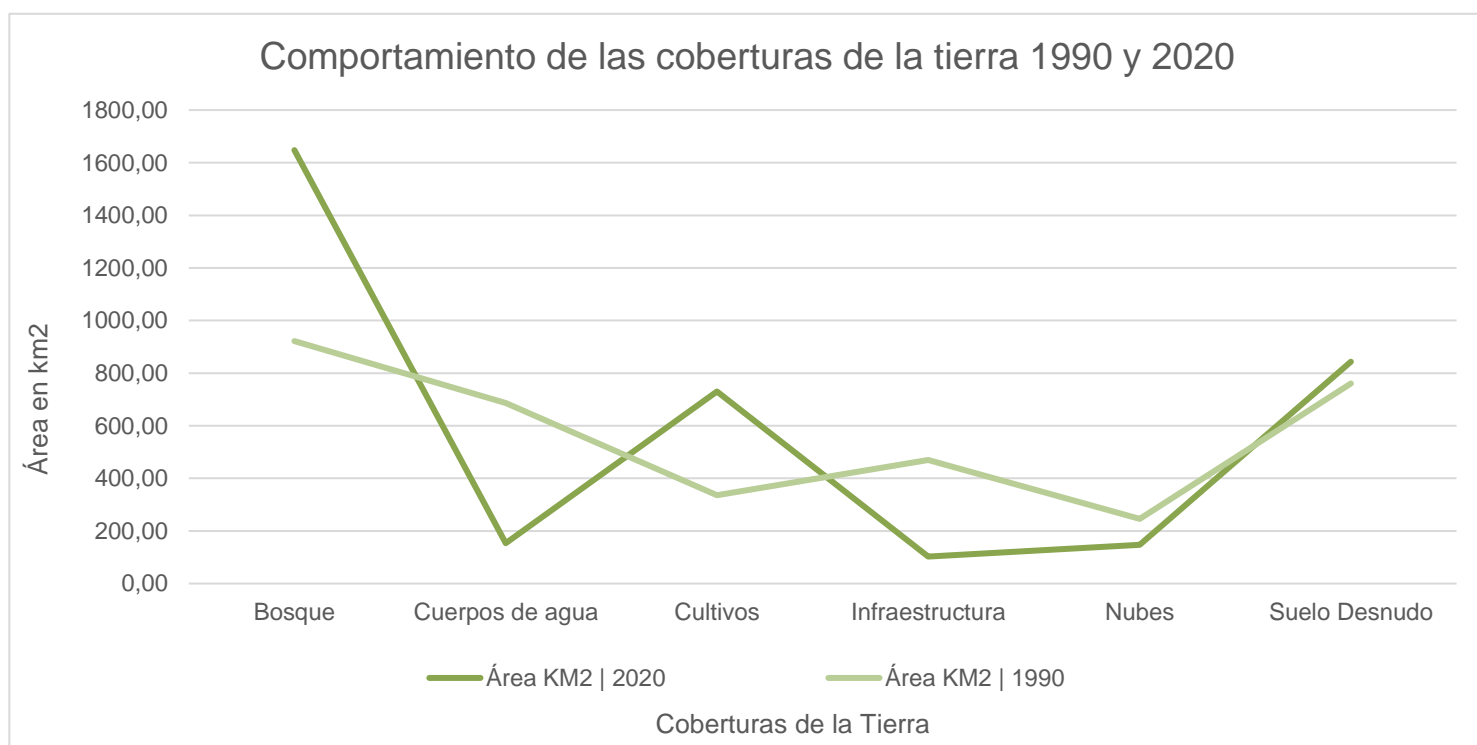


Gráfico 1. Comportamiento de las coberturas de la tierra 1990 y 2020.

En el caso de la cobertura boscosa, hubo un aumento en el porcentaje en las coberturas de la tierra del 78,32%. Es importante mencionar que las sombras

generadas por las nubes la interpretación que se realiza por medio de la clasificación supervisada es de cuerpos de agua, entre los años 1990 y 2020 hubo un decrecimiento significativo en esta cobertura.

Los cultivos representaron un aumento porcentual de un 117,47%, lo que quiere decir que en algunos cantones decidieron dedicarse más a actividades agrícolas. Entre los años 1990 y 2020 se observó una disminución porcentual del 78.10% en la cobertura de infraestructura. Esto podría deberse a cambios en el desarrollo urbano o a la eliminación de infraestructuras existentes.

Así mismo, se registró una disminución porcentual del 40.00% en la cobertura de nubes. Esto podría deberse a condiciones climáticas específicas durante el periodo analizado y la cantidad de nubes que había en el momento que el satélite capturó las imágenes aéreas. Además, hubo un aumento porcentual del 10.92% en la cobertura de suelo desnudo. Esto podría indicar una mayor exposición de la tierra sin cobertura vegetal o una reducción en la vegetación existente.

A partir del análisis espacial, se identifican cambios importantes entre las coberturas del ACAT. Según la clasificación supervisada realizada para la figura 2 del año 1990, en el mapa se puede observar una gran cantidad de suelo desnudo, muy poca presencia de asentamientos urbanos y una baja densidad de cobertura boscosa en toda el AC.

El comportamiento de las coberturas de la tierra para el año 2020 muestra una disminución del suelo desnudo, aumento en la cobertura boscosa así como el aumento de los asentamientos urbanos. Además, la extensión de los cultivos se

amplió para el año 2020 (figura 3). Según el Plan de Manejo del Parque Nacional Palo Verde (2014 - 2024), las principales actividades agroeconómicas que se destacan dentro del AC son cultivos como el arroz, sandía, melón, así como la producción de tilapia y pasturas para ganado (p. 80)

El aumento en la reforestación del ACAT responde a una necesidad ambiental, pero principalmente legal, ya que a partir del año 1996 se deroga la anterior ley forestal e ingresa una nueva ley, más severa, que garantiza y responsabiliza al Estado de “conservar, proteger y administrar los bosques naturales para la producción, el aprovechamiento, la industrialización y el fomento de los recursos forestales del país destinados a ese fin, de acuerdo con el principio de uso adecuado y sostenible de los recursos naturales renovables” (Ley Forestal, 1996, p.1) .

Es importante mencionar que parte de la transformación de las coberturas de la tierra ha sido causada por el aumento de los asentamientos humanos y el avance de la frontera agrícola. Estas prácticas se intensifican con acciones que involucran la deforestación, y la plantación de especies maderables exóticas, provocando un aumento en la escorrentía, reduciendo la infiltración y aumentando la amenaza de fenómenos hidrometeorológicos.

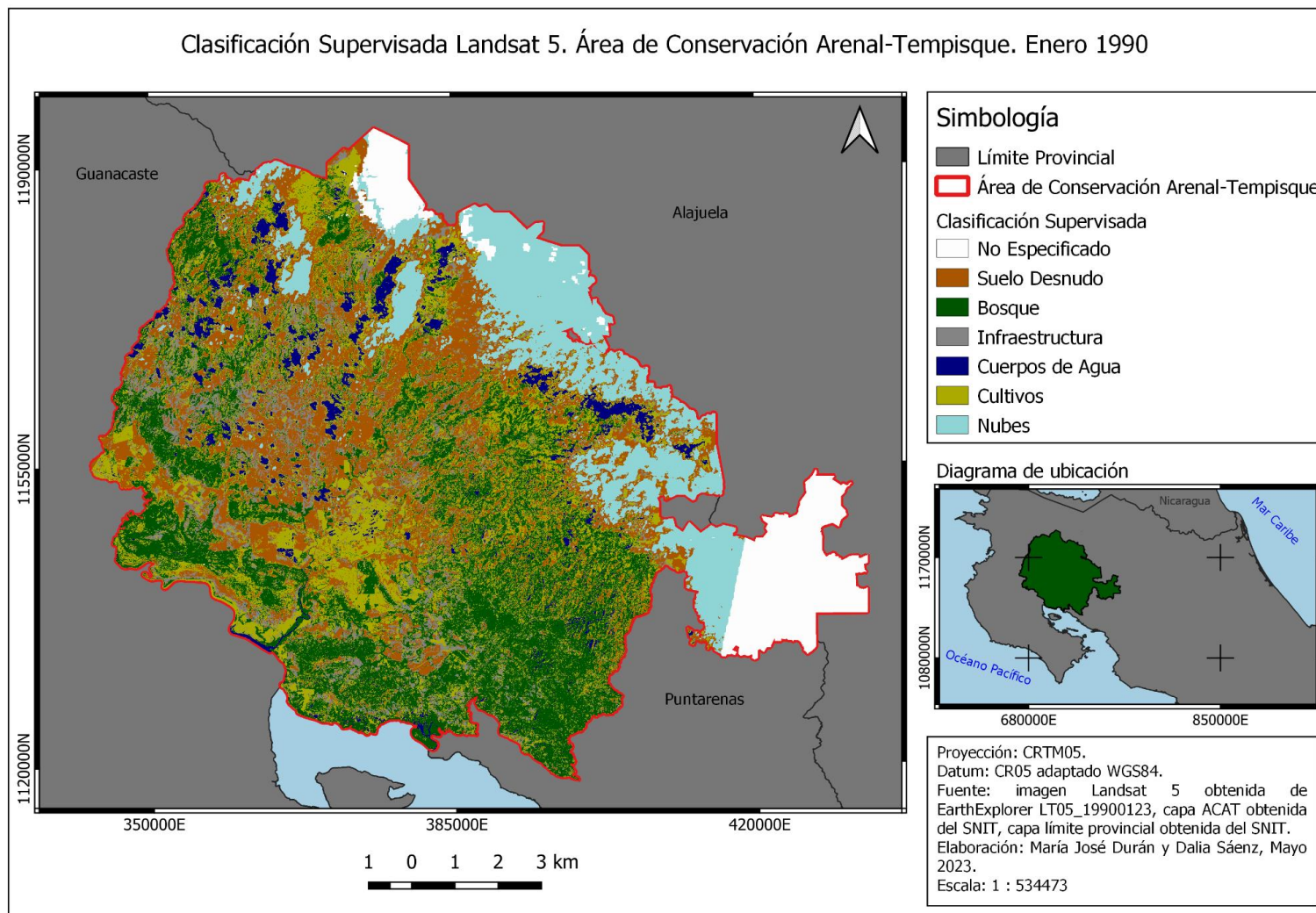


Figura 2. Clasificación Supervisada Landsat 5. ACAT. Enero 1990

Clasificación Supervisada Landsat 8. Área de Conservación Arenal-Tempisque. Febrero 2020

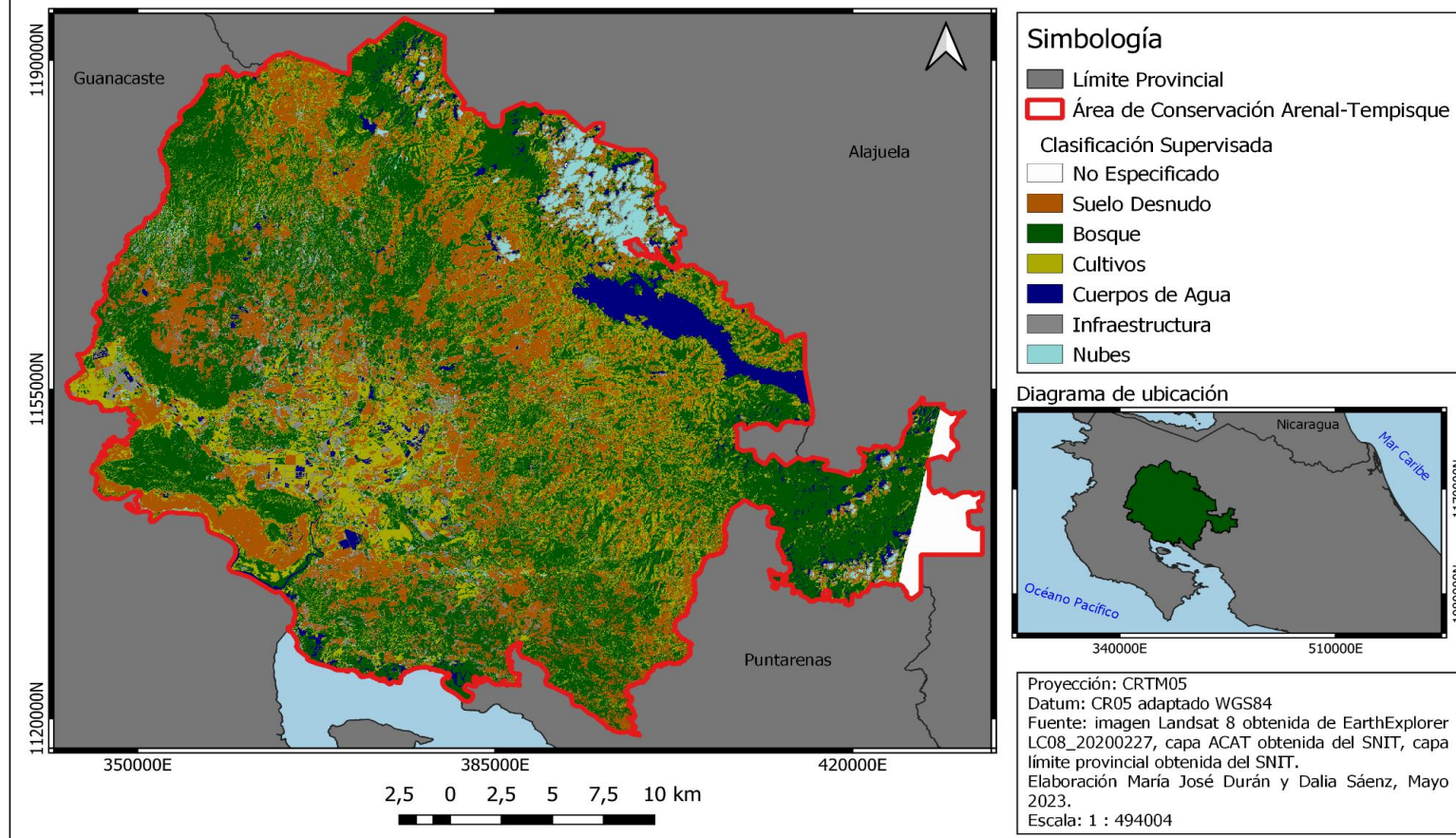


Figura 3. Clasificación Supervisada Landsat 8. ACAT, Febrero 2020.

- **Transformaciones en las coberturas de la tierra.**

- *Comportamientos y transformaciones espaciales.*

Los resultados obtenidos a partir del análisis de la clasificación supervisada, se logra visualizar el aumento en la densidad de la cobertura vegetal a partir del año 1990, esto debido al fortalecimiento obtenido después de regir las leyes de Biodiversidad (7788) y Forestal (7575). El crecimiento urbano según la clasificación supervisada obtenida para ambos años muestra que el crecimiento de la población se va generando a las cercanías de la carretera Interamericana Norte.

Parte de las transformaciones espaciales que se han dado dentro del ACAT han sido directamente influenciadas por la reforestación y la extensión de cultivos, tal y como se observó en las clasificaciones supervisadas realizadas anteriormente. La creciente disponibilidad de tierras para desarrollar actividades propias del sector primario dentro del ACAT ha beneficiado a familias productoras, pero también perjudicado algunos espacios y recursos naturales por la falta de planificación y análisis espacial realizado en el área de estudio.

- *Densidad poblacional*

Dentro del ACAT se ubican 11 cantones (figura 4), de los cuales nos enfocaremos en 4 municipios (Abangares, Cañas, Bagaces y Tilarán) los cuales poseen mayor influencia dentro del ACAT. Así mismo son los cantones que ocupan mayor cantidad de espacio geográfico dentro del área de estudio y además son los que poseen información más detallada y completa de las proyecciones poblacionales.

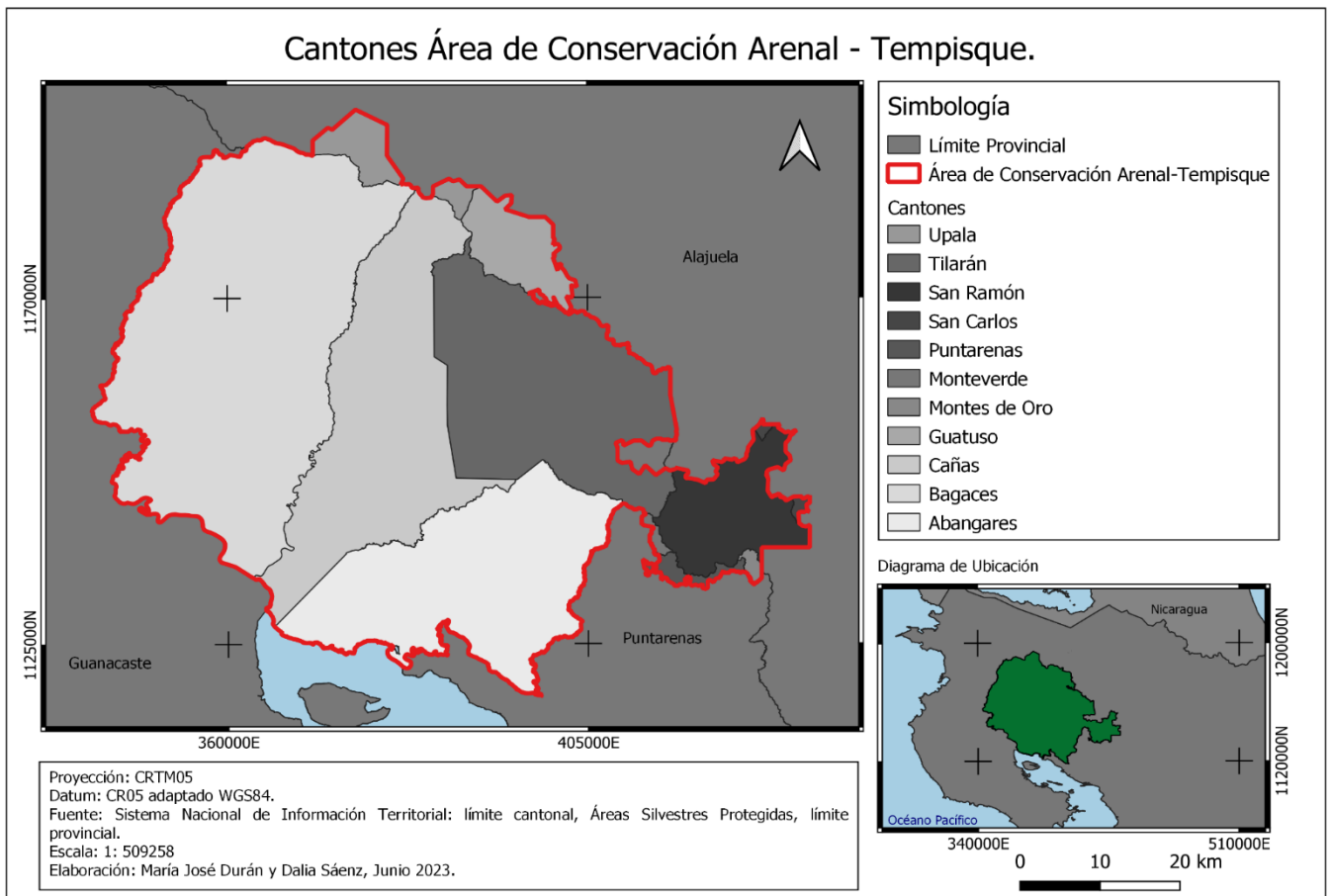


Figura 4. Mapa de Cantones ACAT.

Según se observa en el gráfico 1, para los 4 cantones se observa un incremento poblacional, en el caso de Abangares hubo un aumento de 1990 al año 2020 de 8,6 habitantes por km², en Bagaces para los mismos años aumentaron aproximadamente 9,3 habitantes por km². Por otra parte Cañas obtuvo el mayor incremento poblacional según las proyecciones estadísticas con un aumento de 16,6 habitantes por km² y finalmente Tilarán aumentó 6,4 habitantes por km² durante los años mencionados.

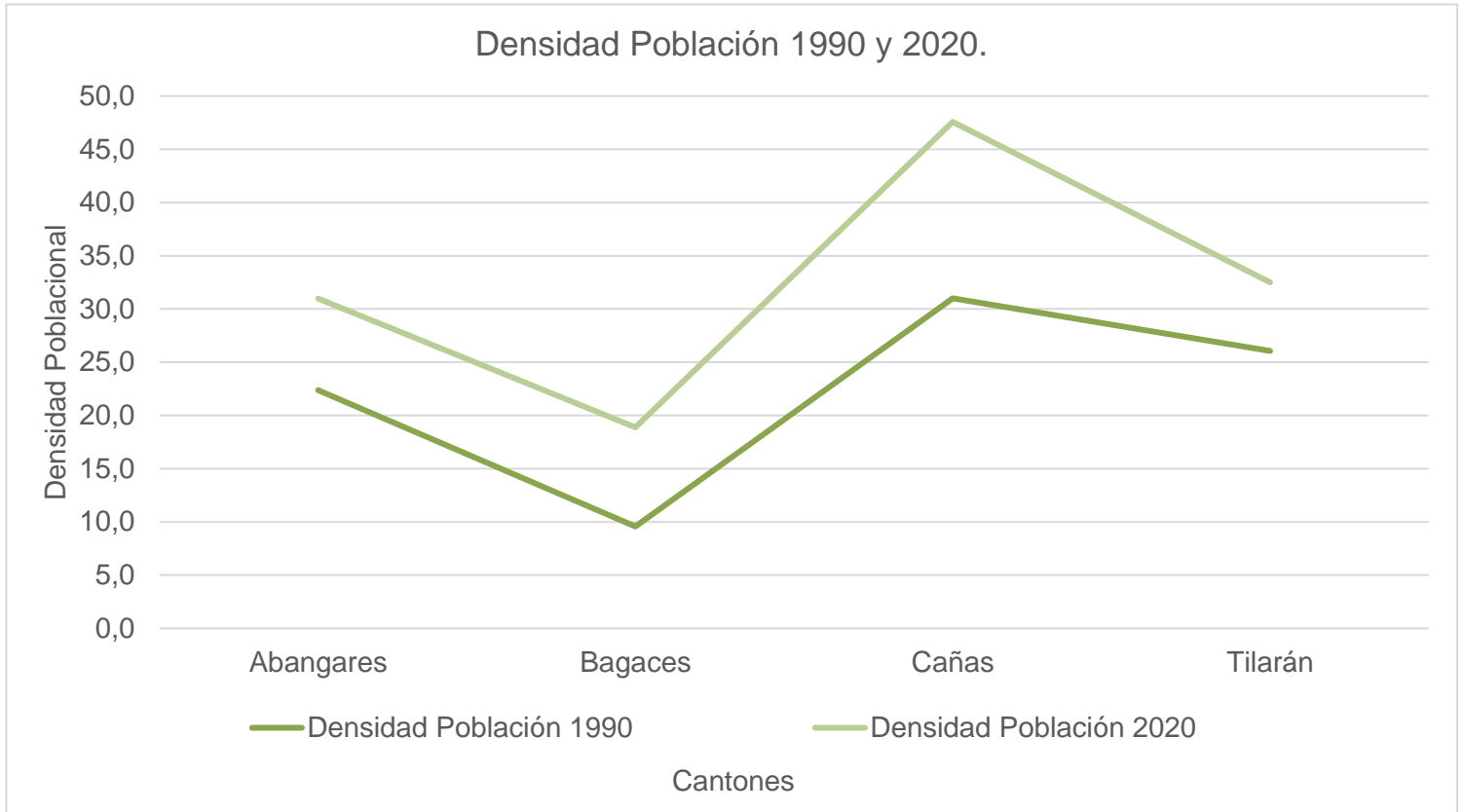


Gráfico 2. Densidad poblacional 1990 y 2020.

Para el caso de los de los demás cantones, dentro de la clasificación supervisada antes realizada y el análisis previo de las imágenes aéreas, se evidencia la baja densidad poblacional en estos espacios. Esto se da a que estos cantones se ubican en su mayoría dentro de las principales categorías de manejo, las cuales se pueden mencionar los Parques Nacionales Volcán Arenal, Volcán Tenorio, Volcán Miravalles y la Zona Protectora Arenal – Monteverde (figura 5).

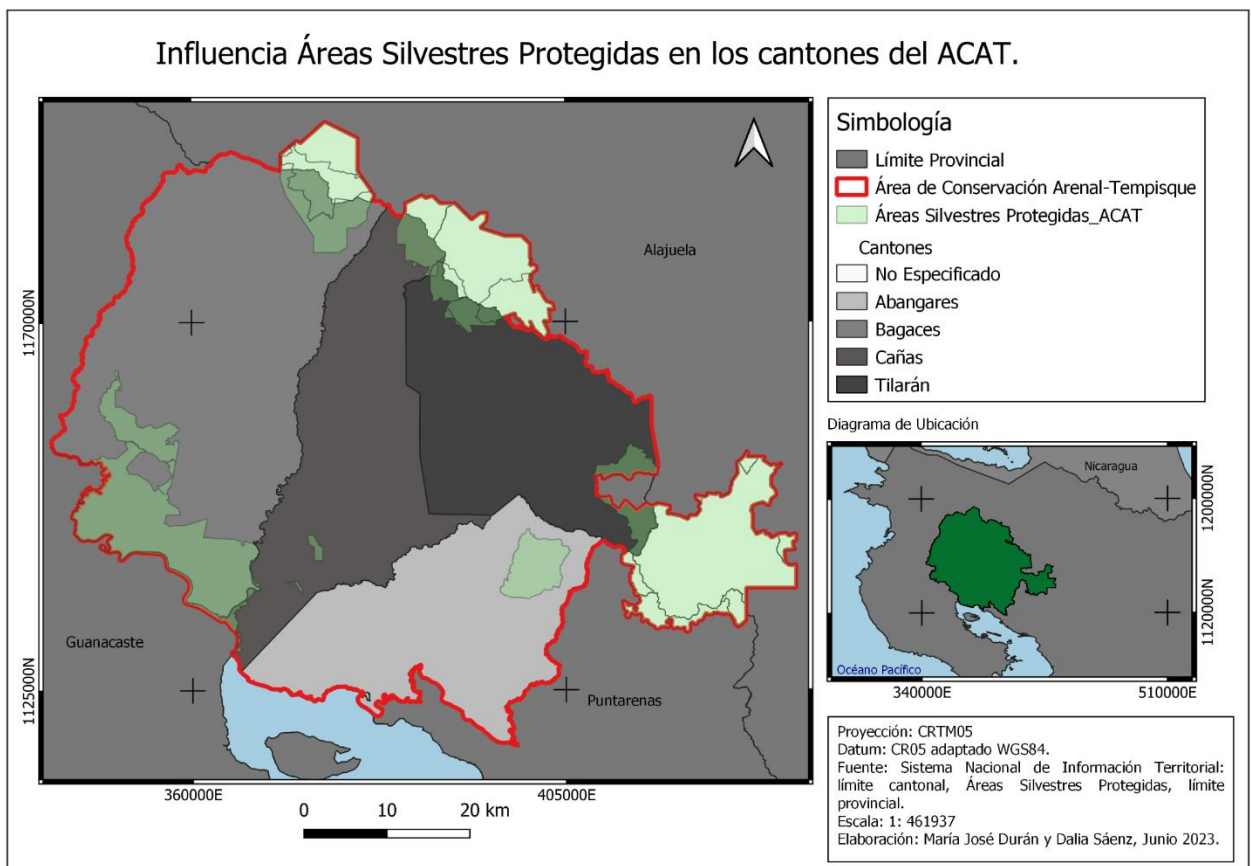


Figura 5. Influencia ASP en los cantones

La densidad poblacional se basó en las proyecciones de los años 1990 y 2020, en este caso para el año 1990 se observa en la figura 6, que el cantón de Cañas presentó mayor densidad con 31,0 habitantes por km², esto podría derivarse a que las áreas silvestres protegidas abarcan poco territorio, puesto que cuenta con dos ASP, las cuales son la Reserva Forestal Taboga que cuenta con 297 ha y el Humedal Laguna Madrigal.

De lo contrario el cantón de Bagaces muestra una densidad más baja con 9,6 habitantes por km², el cual cuenta con el Parque Nacional Palo Verde con 19,800 ha,

la Reserva Biológica Lomas de Barbudal con 2,646 ha y una parte considerable del Parque Nacional Miravalles.

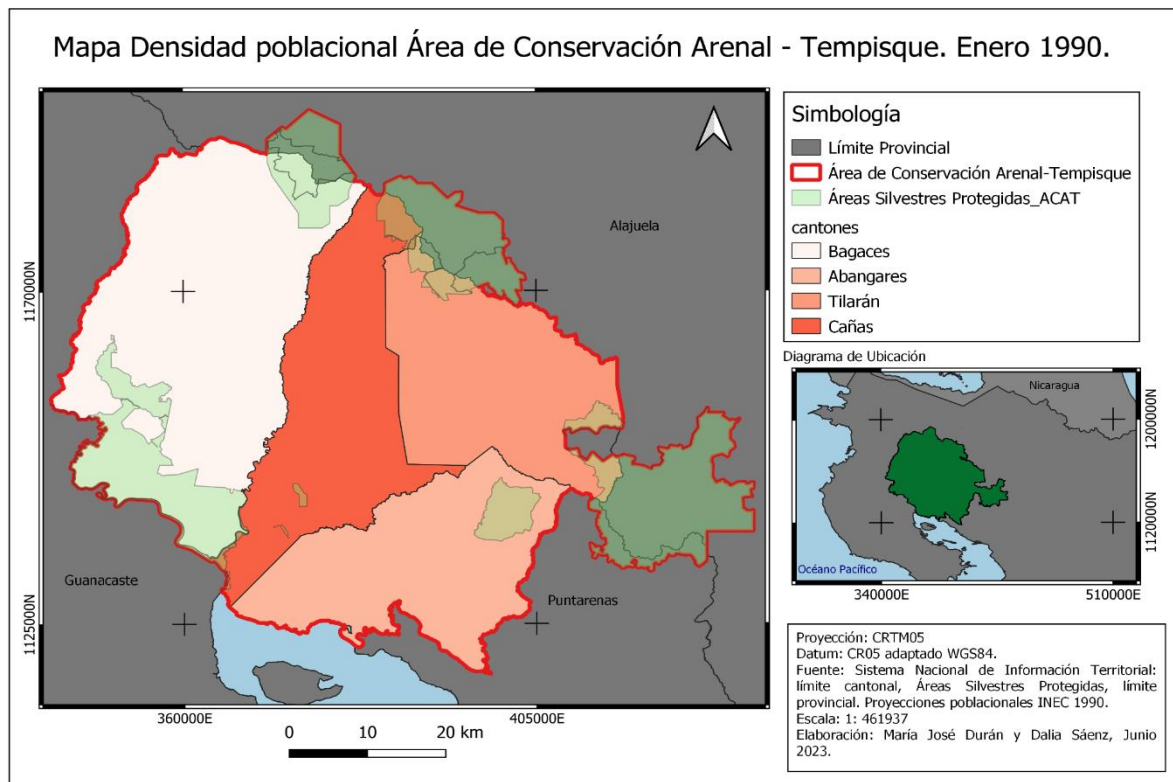


Figura 6. Densidad poblacional 1990

Para el año 2020, las proyecciones aumentaron notoriamente en comparación con el año 1990, sin embargo, Cañas se mantiene con la densidad más alta de los cuatro cantones, con 47,6 habitantes por km².” La población del Cantón de Cañas seguirá aumentando de forma constante, tal como muestran las estadísticas del INEC, en las cuales para el 2025 se registrarán aproximadamente 35,000 personas y un 80% de estas estarán ubicadas en la zona urbana” (Martín, 2016., p.75).

Según Bonilla y Rosero, el aumento de la población está asociado con la deforestación ya que Costa Rica presenta altas probabilidades de ser deforestada en

consecuencia a la presión demográfica existente en combinación con factores geofísicos e institucionales (2004).

Además el cantón de Cañas cuenta con tierras fértiles y tienen abundancia de recurso hídrico, especialmente en la zona alta, cerca del volcán Tenorio, siendo la agricultura su actividad principal y los sectores productivos más importantes son la caña de azúcar, el arroz y el ganado bovino. La densidad poblacional de Cañas da una idea que este cambio puede estar ligado a su dinámica demográfica, la migración o con su carácter urbano o rural , lo cual tanto la actividad agrícola y el desarrollo comercial atrae población (Martín, 2016).

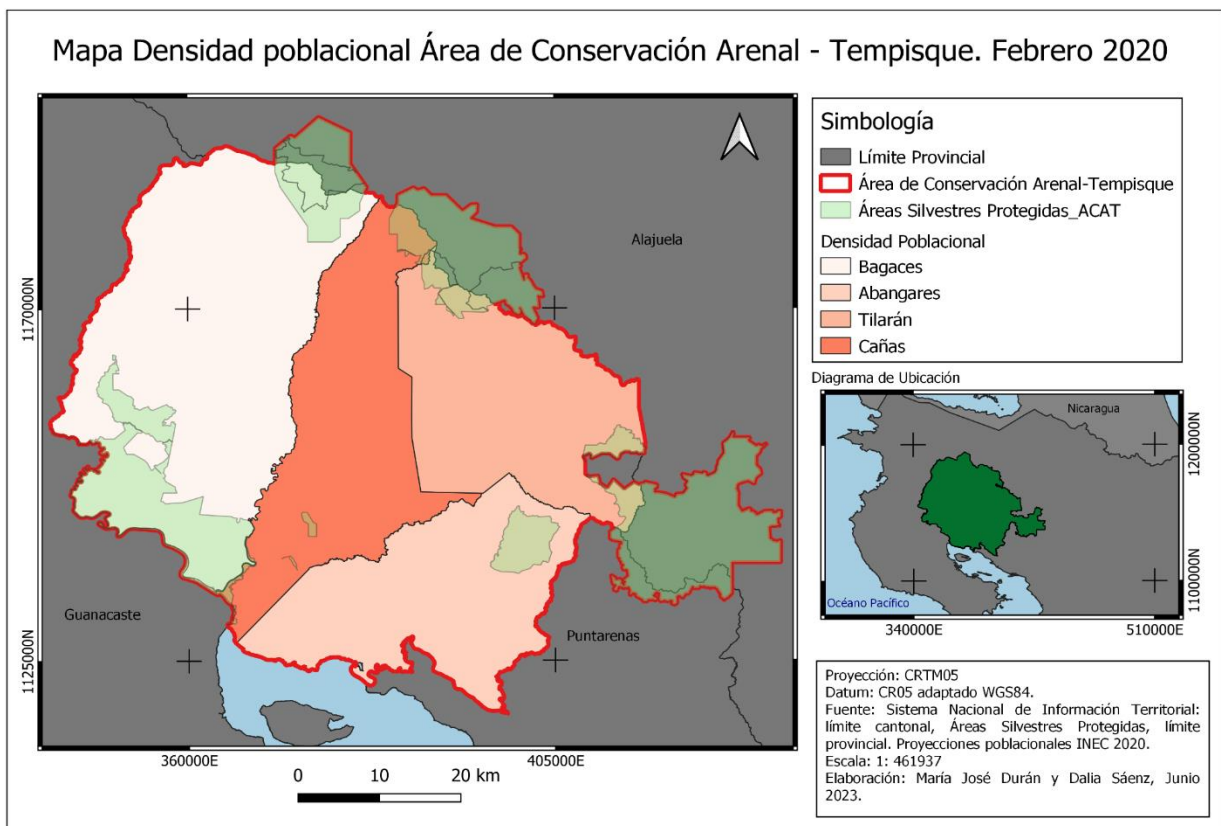


Figura 7. Densidad poblacional 2020

- *Causas de los cambios espaciales*

El 37% de los bosques actuales tienen altas probabilidades de ser deforestados en el corto plazo. El noroeste del país (Guanacaste) es la zona más crítica, casi el 60% de los bosques tiene altas probabilidades de ser deforestados (Bonilla y Rosero, 2004).

Deficiencias en el mercado de créditos y capitales, y en las instituciones de tenencia de la tierra; la pobreza, mala distribución de la propiedad de la tierra (Bonilla y Rosero, 2004).

Hábitos de consumo, particularmente en las naciones industrializadas, ciertas acciones de las compañías multinacionales y la ignorancia del colonizador de la frontera agrícola. Los mercados internacionales y las políticas locales de crédito favorecen la ganadería y los monocultivos, son ejemplos costarricenses de estos otros factores (Bonilla y Rosero, 2004).

Aumento en la densidad de la cobertura vegetal a partir del año 1990, esto debido a las leyes de Biodiversidad (7788) y Forestal (7575). La recuperación del bosque en Guanacaste también se debe por el cambio en la industria de la carne y la introducción de políticas de conservación (Calvo-Alvarado et al., 2009).

Conclusiones

La dinámica temporal evaluada muestra que el Área de Conservación Arenal Tempisque, en el periodo de 1990 y 2020, muestra una dinámica muy variada en todo el periodo de estudio, en principio se percibe muy poca densidad boscosa. Sin embargo en el último año se nota un aumento en la cobertura boscosa, y se presenta una sobresaliente tendencia al surgimiento de espacios residenciales, lo que demuestra claramente el crecimiento desacelerado que se está produciendo en Costa Rica.

Es importante recalcar la importancia que han tenido las leyes en los procesos de reinserción y conservación de especies forestales que permiten fortalecer los ecosistemas a los alrededores así como mejorar el paisaje y mitigar futuras problemáticas relacionadas a procesos hidrometeorológicos.

Es además necesario mencionar la importancia de los planes de manejo implementados dentro del ACAT que han logrado desarrollar de una manera sostenible diferentes actividades económicas que benefician a los diferentes cantones que se encuentran dentro del AC.

Por último, las proyecciones poblacionales evidenciaron un incremento en la cantidad de habitantes por km², destacando el cantón de Cañas lo que demostró la importancia de las Áreas Silvestres Protegidas ya que dicho cantón cuenta con pocas hectáreas de protección y es donde más se nota el aumento de infraestructura y cultivos extensivos.

Bibliografía

Arroyo, P; Sánchez-Azofeifa, A; Rivard, B; Calvo-Alvarado, J and D. Janzen. (2005). Dynamics in landscape structure and composition for the Chorotega region, Costa Rica from 1960 to 2000. *Agriculture, Ecosystems and Environment* Vol (106) 27–39

Bermúdez, G. R. (2018). Evaluación del cambio de uso de la tierra y fragmentación de la cobertura forestal en el corredor biológico Lago Arenal Tenorio, mediante técnicas de teledetección, Costa Rica. Universidad Nacional. <https://repositorio.una.ac.cr/handle/11056/14282>

Bonilla, R. Rosero, L. (2004). Presión demográfica sobre los bosques y áreas protegidas, Costa Rica 2000. <http://www.biblioteca.ccp.ucr.ac.cr/handle/123456789/1258>

Braz, A. M., Garcia, P. H. M., Pinto, A. L., Chávez, E. S. y Oliveira, I. J. de. (2020). Manejo integrado de cuencas hidrográficas: posibilidades y avances en los análisis de uso y cobertura de la tierra. *Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía*, 29(1), 69–85. <https://doi.org/10.15446/rcdg.v29n1.76232>

Briceño, F., (2003). Cambios de cobertura de la tierra en el Valle del Río Momboy, Estado Trujillo. *Geoenseñanza*, 8(1), 91-100. <https://www.redalyc.org/pdf/360/36080108.pdf>

Calvo-Alvarado, J; et al. 2009. Deforestation and forest restoration in Guanacaste, Costa Rica: Putting conservation policies in context. *Forest Ecology and Management*. No. 258: 931-940.

FAO. (2020). *Global Forest Resources Assessment 2020: Main report*. Rome.
<https://doi.org/10.4060/ca9825en>

Google (2022). Google Earth Engine. Obtenido de:
https://www.google.com/intl/es_ALL/earth/education/tools/google-earth-engine/

Instituto Nacional de Estadísticas, Chile (2023). Densidad de población. Obtenido de: <https://www.ine.gob.cl/ine-ciudadano/definiciones-estadisticas/poblacion/densidad>

León, F. R. (2015, 5 junio). Cobertura forestal del país se duplicó en 30 años. *Semanario Universidad*. <https://historico.semanariouniversidad.com/pais/cobertura-forestal-del-pais-se-duplico-en-30-anos/>

Ley 7575 (1996). Ley Forestal. Obtenido de:
<https://www.oas.org/dsd/EnvironmentLaw/Serviciosambientales/Costarica/Ley7575de1996,ley%20forestal.pdf>

Ley N° 4240. Planificación Urbana. Obtenido de:
<https://www.invu.go.cr/documents/20181/32857/Ley+de+Planificaci%C3%B3n+Urbana/70124ec8-6383-4a2e-b071-afb1f4c4d12a>

Lladonosa, D., Llauradó, G.,(2011). Análisis de la dimensión ambiental de la tenencia de la tierra. El caso de la Zona Protectora y Parque Nacional Volcán Tenorio

de Costa Rica.
https://ddd.uab.cat/pub/trerecpro/2011/hdl_2072_179304/PFC_Lladonosa_Llaurado.pdf

Martín, B. (2016). Análisis crítico de las estrategias de adaptación al cambio climático en el cantón de Cañas, Guanacaste, Costa Rica. CATIE.
https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/8587/Analisis_critico_de_las_estrategias_de_adaptacion.pdf?sequence=1

Ministerio de Ambiente y Energía, Sistema Nacional de Áreas de Conservación. (2017). Experiencia de manejo participativo de la biodiversidad en Costa Rica: tomo 1 y 2 / SINAC, JICA. - - San José, Costa Rica: MINAE, SINAC, 2017
<http://copa.acguanacaste.ac.cr:8080/handle/11606/1434?show=full>

Molina, Gladys Z., & Albarran, Anderson J.. (2013). Análisis multitemporal y de la estructura horizontal de la cobertura de la tierra: Parque Nacional Yacambú, estado Lara, Venezuela. Cuad. Geogr. Rev. Colomb. Geogr. [online]. 2013, vol.22, n.1, pp.25-40. ISSN 0121-215X.
http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-215X2013000100003

Moreno, M. Salas, F. Otoyá, M. González, S. Cordero, D & Mora, C. (2010, 1 julio). *Análisis de las contribuciones de los Parques Nacionales y Reservas Biológicas al desarrollo socioeconómico de Costa Rica*. 2009.
<https://repositorio.una.ac.cr/handle/11056/23050>

Morera-Beita, C., & Sandoval-Murillo, L. (2016). EVALUACIÓN DE LA COBERTURA BOSCOSEA EN COSTA RICA: UN ANÁLISIS A NIVEL DE ÁREAS DE CONSERVACIÓN EN EL AÑO 2000. *Revista Geográfica De América Central*, 1(56), 163-182. <https://doi.org/10.15359/rgac.1-56.7>

Qgis (2023). QGIS. Obtenido de: <https://www.qgis.org/es/site/>

Quesada, M. (2000). *Transformación en el uso de la tierra: un estudio de la microcuenca quebrada Estero, San Ramón*. *Revista Geográfica De América Central*, 1(38), 43-59. Obtenido de: <https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/geografica/article/view/1722>

Reglamento a la Ley de Biodiversidad N° 34433 (2023). Obtenido de: <https://www.mag.go.cr/legislacion/2008/de-34433.pdf>

Ros Sempere, M., & García Martín, F. M. (2012). Análisis de la transformación de usos del suelo en la Huerta de Murcia: etapas, patrones de transformación y causas. Congreso Nacional de Medio Ambiente.

Sampieri, R., Fernández, C., & Baptista, L. (2014). Definiciones de los enfoques cuantitativo y cualitativo, sus similitudes y diferencias. RH Sampieri, *Metodología de la Investigación*, 22.

SINAC (2023). Plan de Manejo del Parque Nacional Palo Verde (2014 - 2024). Obtenido de: [https://www.sinac.go.cr/ES/planmanejo/Plan%20Manejo%20ACAT/PN%20Palo%20Verde%20\(2014\)/PM%20Palo%20Verde%20Volumen%20I.pdf](https://www.sinac.go.cr/ES/planmanejo/Plan%20Manejo%20ACAT/PN%20Palo%20Verde%20(2014)/PM%20Palo%20Verde%20Volumen%20I.pdf)

Soto, F. R., Ramírez, G. C., & Murillo, L. S. (2022). Transformación espacio temporal de la cobertura de la tierra entre el período 1979-2019, y su proyección al 2038, para la Gran Área Metropolitana (GAM), Costa Rica. *Cadernos de Geografía*, (46), 19-34.

Tapia, C. A. (2016). Análisis del cambio de cobertura forestal 2005-2015 en Guanacaste, Costa Rica. Instituto Tecnológico de Costa Rica, Escuela de Ingeniería Forestal, 2016. <https://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/6735>

Tendencias en la transformación del uso de suelo y la vegetación aledaña. El Sistema Ecológico de la Bahía de Chetumal/Corozal: Costa Occidental del Mar Caribe. El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR), Chetumal, México, 226-237.

USGS (2023). Educational Resources; Earth Explorer. Obtenido de: <https://www.usgs.gov/educational-resources/earth-explorer>

Venezuela. *Cadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía*, 22(1), 25-40. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-215X2013000100003&lng=en&tlng=es.](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-215X2013000100003&lng=en&tlng=es)

Anexos

Cronograma



Práctica Profesional Supervisada - Cronograma de trabajo.															
SINAC. ACAT															
Mes	Marzo			Abril				Mayo				Junio			
Semana	S.2	S.3	S.4	S.1	S.2	S.3	S.4	S.1	S.2	S.3	S.4	S.1	S.2	S.3	S.4
Revisión bibliográfica															
Revisión de imágenes aéreas															
Descarga de imágenes aéreas															
Reuniones con profesionales en Teledetección															
Conceptualización de metodología															
Digitalización información															
Análisis de resultados															

Figura 4. Cronograma de trabajo PPS