



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COSTA RICA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y EL MAR
ESCUELA DE CIENCIA GEOGRÁFICAS

***PRÁCTICA PROFESIONAL SUPERVISADA COMO REQUISITO PARA OPTAR
POR EL BACHILLERATO EN CIENCIAS GEOGRÁFICAS CON ÉNFASIS EN
ORDENAMIENTO DEL TERRITORIO.***

TEMA:

*Gran Área Metropolitana: Estudio espacio-temporal de la transformación en la
cobertura urbana, para los años 2000 y 2020.*

Realizada por:

Ana Gladys Piedra Vásquez

Evy Carolina Delgado Mora

Profesor: M. Sc Guillermo Calderón Ramírez.

Código: GEI 427

Ciclo: I Ciclo 2020

Heredia, 2020

Agradecimientos

En primer lugar, queremos agradecer la oportunidad brindada por el Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos, por integrarnos a este proyecto, y un reconocimiento a nuestros tutores Marcial Rivera y Dennis Chavarría por el apoyo para cumplir con cada uno de los procesos, asimismo, por la confianza, disponibilidad de su tiempo y atención para el desarrollo de esta práctica.

De igual manera, agradecemos a la Universidad Nacional por ser parte de nuestra formación académica y profesional durante un arduo proceso en el área de ciencias geográficas y brindarnos profesores de grato valor, a quienes se les agradece la paciencia brindada al compartir de sus conocimientos y los consejos brindados. En este caso expresamos nuestros agradecimientos hacia Guillermo Calderón por ser parte fundamental en la asesoría para la elaboración de esta Práctica Profesional Supervisada.

Queremos reconocer el apoyo incondicional de nuestras familias, principalmente a nuestros padres por ser nuestra base fundamental para seguir con cada proceso de esta PPS, a Rosa Piedra Vásquez, Dunia Mora Herrera y Carlos Delgado Madrigal.

Por último, agradecemos a nuestros amigos Mariam Mora Álvarez, Jackson Jiménez Camacho, Luis Vargas Sibaja, David Ramírez, Shirley Méndez, María José Elizondo, Dahian Herrera por el apoyo mutuo en nuestra formación profesional, así como por ser participe en momentos gratos y desilusiones a lo largo de nuestra formación universitaria.

Limitaciones

Dada la naturaleza del presente estudio, se dirigía a ser realizado en un periodo de tiempo comprendido entre los años 2000 al 2020, según quinquenios, mediante la utilización de imágenes satelitales como base principal para obtener la información de los cambios en la cobertura urbana de la GAM; sin embargo, en la primera etapa de la investigación de la búsqueda de imágenes se presentaron dificultades para obtener algunas de las imágenes, específicamente de los años 2005 y 2010, ya que dentro de las plataformas que se utilizan para la descarga de estas se encuentran en mal estado, sumado a esto la situación de emergencia nacional sobre la pandemia por el virus COVID-19, imposibilitaron el acceso por otros medios.

Dado a lo anterior, se procede a realizar un recorte temporal, con tan solo los años 2000 y 2020, evidenciando de igual forma los cambios en la cobertura urbana del área de estudio, pero, para un periodo de 20 años; puntuando en factores sobresalientes dentro del proceso de expansión urbana, en ciertos años de los cuales fueron descartados complementado por información bibliográfica, esto mediante el análisis de tipo espacio temporal.

Por otro lado, al Estado declarar la emergencia nacional también dificulta tener un acercamiento más eficaz con los tutores de la Práctica, esto provocó que las reuniones se realizarán por medio de la modalidad virtual, generando que al momento de aclarar las dudas que fueron surgiendo a medida que avanzaba el proyecto dificulta en cierta medida la comunicación profesor-estudiante, a su vez se volvió un obstáculo para visitar el sitio de la Práctica con el motivo de evacuar dudas con los tutores de la empresa con respecto al procesamiento de las imágenes satelitales. Sin embargo, ante tales limitaciones de acceso a la información requerida para continuar con la Práctica Profesional Supervisada no imposibilita su avance y lograr cumplir a la medida de lo posible los objetivos planteados.

Índice

Lista de acrónimos	5
1. Introducción	6
2. Planteamiento del problema	7
3. Objetivos.....	9
3.1. General.....	9
3.2. Específicos	9
4. Justificación	9
5. Marco teórico.....	11
6. Metodología y materiales	13
6.1. Área de estudio	13
6.2. Enfoque.....	14
6.3. Búsqueda de imágenes satelitales	15
6.4. Preprocesamiento de las imágenes	166
6.5. Clasificación supervisada	16
6.6. Visualización y análisis de la información generada.....	17
7. Resultados.....	18
8. Análisis de los Resultados	21
9. Conclusiones.....	255
10. Bibliografía	256

Lista de acrónimos

Listado de los acrónimos utilizados en el desarrollo de la Práctica Profesional Supervisada.

CFIA Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos.

DOS Subtraction dark objects.

ESA Agencia Espacial Europea.

GAM Gran Área Metropolitana.

INVU Instituto Nacional de Vivienda y Urbanismo

PIB Producto Interno Bruto.

PRUGAM Plan Regional Urbano del Gran Área Metropolitana.

SCP Semi Automatic Classification Plugin.

SIG Sistemas de Información Geográfica.

TIG Tecnologías de Información Geográfica

USGS Servicio Geológico de los Estados Unidos.

1. Introducción

Los asentamientos humanos con sus actividades antrópicas pasan a formar parte de la cobertura de la tierra, generando una transformación al espacio natural, es el caso del origen de las ciudades, donde, parte del crecimiento demográfico es el aumento de la infraestructura, apropiándose del espacio natural para desarrollar las diferentes actividades, modificando la estructura de la cobertura. Es importante recalcar que, la cobertura de la tierra representa la superficie terrestre tomando en cuenta variables físicas y antrópicas, además de la estructura geomorfológica y cuerpos de agua (IDEAM. s.f).

De acuerdo a lo anterior, existe un hecho que está marcando cambios abruptos en la cobertura de la tierra a escala mundial relacionado a la densidad de las edificaciones y la forma de apropiación del espacio de una población que presenta un crecimiento constante (Ferrelli et al, 2015), en otras palabras, la urbanización y expansión de los espacios urbanos. Este genera un efecto dinamizador de diversas variables interactuando entre sí, como lo son los fenómenos sociales, económicos y culturales, que expresan las principales características de las áreas urbanas que se van asignando de acuerdo a las demandantes necesidades de la población. (Urriza & Garriz, 2014).

Ciertamente, a partir de los usos del Sistema de Información Geográfica (SIG) se puede apreciar la cobertura de la tierra desde la “Percepción Remota” (Lamprea, F. 2017. pp.4-5) como método de análisis de la misma desde el cual se puede identificar los procesos de transformación. Por ello, para obtener información exhaustiva, precisa, periódica y de fácil actualización, es necesario resaltar la implementación del uso de imágenes satelitales, en este caso para conocer el crecimiento urbano en temáticas asociadas a la dirección, comportamiento y relación con indicadores económicos, asimismo, sectores del área de estudio se han visto arraigados a éste, permitiendo visualizar a lo largo de un periodo de tiempo cuáles y cómo han sido esos cambios de la cobertura urbana.

Por lo que, en la presente investigación, se considera el estudio de la GAM, en evidencia del importante crecimiento urbano que se ha dado a lo largo del tiempo, considerando como base los años 2000 y 2020. Con el objetivo de generar un estudio espacio temporal, mostrando la relación de la transformación urbana con indicadores socioeconómicos, como principales motores del crecimiento urbano y las dinámicas urbanas y a su vez brindar información de insumo en la toma de decisiones para el CFIA.

2. Planteamiento del problema

El ser humano dejó de ser nómada o migrante de acuerdo a su naturaleza para cambiar su ideología a establecerse o asentarse en lugares con la condición de que se garantizara los mayores beneficios de su nueva forma de vida y que además con la llegada del comercio, le permitiera realizar el intercambio de suministros y otros insumos necesarios para su supervivencia; en consecuencia, esta condición les exigía agruparse de manera tal que las ventajas de la actividad agrícola y su seguridad fueran primordiales (Soto, 2015). Esto conlleva a que las dinámicas de la población se vieran definidas por la búsqueda de las mejores condiciones de vida, construyendo comunidades, pueblos pequeños y por último ciudades contiguas, con la máxima congregación de facilidades de vida.

Lo anterior, muestra las ciudades como un conjunto único de economías de escala, es decir, ofrece a la población el intercambio de bienes y servicios como también la opción de elegir entre una variedad de empleos, siendo entonces un punto de localización donde la producción y el consumo se desenvuelven de manera óptima (Aguilar & Vázquez, 2000), que han de complementar y permitir su desarrollo y renovación.

Por consiguiente, las dinámicas de la población como agente de cambio en el territorio, ha mostrado a escala mundial la urbanización o la constante expansión urbana como un proceso territorial y socioeconómico implicado en la transformación de la cobertura urbana (Weber & Puissant, 2003: citado por Merlotto et al, 2012. pp 31), de esa manera, se han enfocado los estudios desde las variaciones constantes en la producción económica y la calidad de vida de la población, por lo que, generan retos considerables para muchos de los países de ingresos medios y bajos (Henríquez, 2014).

En Costa Rica, lo que respecta a la GAM, como el sistema urbano de mayor importancia por su escala, población y localización estratégica interoceánica, siendo un caso similar a lo que sucede a escala mundial con la presencia de un crecimiento urbano desproporcionado, principalmente cuando es evidente un límite de ley sobre la expansión de la mancha urbana conocido como anillo de contención, que pretende no exceder el uso urbano hacia zonas de protección, de manera tal que, no se provoquen daños a los mantos acuíferos. (Chacón, 2017). En cuanto al cambio en la cobertura urbana, la ubicación de actividades, la concentración de comercio y servicios en el centro urbano excedidos ha generado el establecimiento de dichos sectores en suelos no aptos, para el desarrollo urbano. (Plan GAM 2011 –2030)

La diversidad de variables presentes en las dinámicas urbanas en el país, así como el hecho de que actualmente el 75% de la población se encuentra ubicada en las áreas urbanas (CFIA,2016), considerándose a su vez a la población como agente dinamizador de los espacios urbanos, presenta retos considerables para muchas instituciones del Estado que deben velar por el mejor funcionamiento de los diversos espacios urbanos, en busca de las mejores condiciones, una mejor gestión tanto política, ambiental, social y económicamente y de los beneficios óptimos para cada uno de los agentes presentes tomando en cuenta información veraz, actual y precisa para la toma de decisiones.

Sin embargo, muchas de estas instituciones no conocen o no cuentan con información vinculada a los factores que han generado los cambios o transformaciones en la cobertura urbana, por lo que se les imposibilita la comprensión de las diferentes dinámicas dentro de estos espacios e inclusive visualizar de manera clara la transformación urbana a lo largo del tiempo. Asimismo, se debe considerar la poca gestión en cuanto a la toma de decisiones para establecer aquellas soluciones a futuro, en aspectos como la mitigación hacia zonas de protección de acuerdo a lo establecido por ley, creación de políticas para la gestión del uso del suelo, formulación de propuestas para la regeneración de estos espacios, entre otras, puesto que, las decisiones tomadas se entrelazan para desacelerar el crecimiento de forma expandida y de baja densidad, que se ha venido dando en la GAM en los últimos años.

3. Objetivos

3.1. General

Analizar los cambios en la cobertura urbana en la Gran Área Metropolitana, utilizando imágenes satelitales Landsat y Sentinel, en busca de las implicaciones de transformación urbana, para los años 2000 y 2020.

3.2. Específicos

- Realizar una clasificación supervisada, utilizando imágenes satelitales Landsat y Sentinel del área de estudio, permitiendo una visualización clara de los cambios en la cobertura urbana.
- Generar un análisis espacial de los cambios en la cobertura urbana, a partir de material cartográfico, en relación con sus implicaciones en el de crecimiento urbano de la GAM.

4. Justificación

La GAM está definida por un conjunto de variables que establecida por la dinámica demográfica influye en la economía y el modo vida, es decir, se aglomera una sociedad conformada por residenciales, acceso a servicios, espacios de recreación y fuentes de empleo, generando lo que se conoce como una mancha urbana que está sujeta a transformaciones por su expansión. En Costa Rica la conforma 31 cantones de cuatro provincias siendo estas San José, Heredia, Cartago y Alajuela, de acuerdo a sus condiciones de infraestructura vial, densidad de población y posición geográfica que las establece como nodos importantes de la economía (INVU. pp.4).

La GAM ha crecido exponencialmente durante las últimas décadas, esto se podría deducir con respecto a que

las dinámicas económicas y sociales nacionales y regionales han incentivado la expansión de la ciudad. La población de la región ha aumentado significativamente (pasó de 1,35 millones de personas en el ejercicio censal 1984 a 2,08 millones en el censo del año 2000; para el año 2011, la población

regional había alcanzado los 2,27 millones de personas) (Pujol & Pérez, 2012; p.1)

Dicho crecimiento ha superado el límite dentro del anillo de contención, así mismo, la falta de planificación del territorio ha sido escaso o nulo por parte del Estado dado que el “descontrolado y rápido crecimiento, ha provocado desequilibrios importantes en la ubicación de actividades, como la concentración de comercios y servicios” (Rosales, L. s.f. p.4) y residenciales que modifican el espacio natural de las periferias o que pone en riesgo las áreas protegidas y el manto acuífero.

Ante lo expuesto, surge la necesidad de tener conocimiento visual, por medio de la teledetección, dado a que se ha presentado un crecimiento urbano difuso con expansión hacia la periferia de los cantones que forman parte de la GAM, de manera que el CFIA la pueda utilizar como una herramienta que les permita considerar en la toma de decisiones futuras. Con respecto a la poca eficiencia que ofrece la ciudad en cuanto a movilidad e infraestructura (MIVAH. s.f. p5), urge tomar medidas que ordenen el espacio urbano con el principio de regular el crecimiento horizontal de la ciudad.

Con base a lo anterior, desde la práctica se desarrollará por medio de la teledetección, material cartográfico con imágenes satelitales a las cuales se les aplicará el proceso de clasificación supervisada para observar los cambios en la cobertura urbana en los años 2000 y 2020. Con la intención de preparar un estudio espacio temporal que permita identificar aquellas implicaciones que llevaron a una transformación significativa durante este periodo lo cual toma en consideración las dinámicas del espacio urbano de acuerdo al comportamiento de la población y las necesidades que de esta han surgido, como agente dinamizador de lo mencionado.

Asimismo, para el CFIA es importante generar información que respalde las labores que realizan, ya que son los principales ejecutores en temas asociados a la urbanización como lo son, permisos de construcciones y demás desarrolladores. Su enfoque se fundamenta en prevenir que el comportamiento de la mancha urbana siga abarcando otras zonas no aptas para construcciones como es el caso de las áreas protegidas o inclusive sobrepasar los límites del anillo de contención ya establecido. Dado a esto, se espera que la información generada en esta práctica funcione de insumo para la toma de decisiones, es decir, que de acuerdo a la visualización de los límites de crecimiento urbano permita

generar nuevas propuestas de infraestructura que se adapten a una ciudad más ordenada y eficiente.

5. Marco teórico

Dada la naturaleza de esta práctica, se aplicará conocimientos básicos en teledetección por medio de imágenes satelitales Landsat 5 y Sentinel 2b para la identificación de los cambios en la cobertura urbana y su proceso evolutivo en la GAM, a partir de los años 2000 y 2020, con la finalidad de generar material cartográfico que colabore en el planteamiento de un análisis espacio temporal. Dado lo anterior, se realiza una búsqueda bibliográfica que evidencie de manera teórica el proceso de dicha práctica.

En virtud a lo anterior, se parte por conocer las Tecnologías de Información Geográfica (TIG), constituyen un valioso instrumento que permite integrar espacialmente diversidad de fuentes, que van desde aquellas referidas a bases de datos estadísticos oficiales, sobre empresas y espacios de actividad, hasta otras sobre la propia morfología urbana o el planeamiento vigente, y cartográficamente representar esa amplia gama de información. (Michelini & García, 2008). Por otro lado, para la UNIBE (2007) los TIG, representan una difusión e intercambio de conocimiento, es decir, que partir de análisis espacio temporales con datos relacionados a aspectos naturales, y características socioeconómicas u otras variables de una zona, se genera una amplia capacidad de visualización de la información, tanto de manera clara como precisa.

Dentro, de los TIG, se presentan herramientas necesarias para obtener la información para distintos estudios, tal es el caso de la teledetección, conocida como una técnica que permite la adquisición de imágenes satelitales de la superficie terrestre con sensores remotos instalados en plataformas espaciales (Chuvienco, 1990: 27) que según Pérez & Muñoz (2006), puntualizan en el hecho de ser una herramienta que permite el acceso al estudio del territorio obteniendo así información necesaria sin necesidad de tener contacto físico, con el propósito de identificar y analizar las diferentes dinámicas que transforman al territorio.

Los SIG, son parte fundamental también de estas tecnologías, ya que como lo muestra el INEGI (2014); es un conjunto de herramientas para reunir, introducir en el ordenador, almacenar, recuperar, transformar y cartografiar; asociados principalmente en la

aplicación y gestión de datos espaciales. Mientras que Sáenz (1992; p.3) “identifica a los SIG, como una nueva tecnología que introduce una serie de posibilidades orientadas hacia el análisis multicriterio de dicha información, con el fin de convertirla en elementos de juicio para ayudar a la toma de decisiones”.

Desde la teledetección como ciencia, las *imágenes satelitales* cumplen un papel fundamental ya que según el (INEGI, s.f)

Es una representación visual de los datos reflejados por la superficie de la tierra que captura un sensor montado en un satélite artificial. Los datos son enviados a una estación terrena en donde se procesan y se convierten en imágenes, enriqueciendo nuestro conocimiento de las características de la Tierra en diferentes escalas espaciales (p.2)

Así mismo, como lo mencionan Mieza et al, (2012), el hecho de ser una herramienta que agiliza procesos de extracción de datos de una actividad específica, sin incurrir en elevados costos, y de manera precisa, como ocurre en las metodologías tradicionales, en trabajo de campo y demás.

Lo anterior, sugiere conocer la diversidad de utilidades que se le pueden brindar a las mismas, tal es el caso, de obtener información de la transformación de la cobertura urbana, considerada por López et al (2001), como los procesos dinámicos y continuos en el tiempo de los espacios urbanos en constante crecimiento, comprendiendo de igual forma sus áreas metropolitanas; a su vez se puede entender como todo aquello que cubre la superficie de la tierra, que puede originarse a partir de ambientes naturales o de ambientes artificiales creados y mantenidos por el ser humano (Fuentes, 2009). Para el MAG (2013) estos ambientes artificiales creados por las actividades del ser humano, son espacios que poseen edificaciones y todo aquello que se encuentre adyacente a la infraestructura edificada; como las vías y superficies cubiertas artificialmente, asimismo, zonas verdes ubicadas de manera dispersa. Dentro del área de estudio estas transformaciones han sido contundentes, con un crecimiento acelerado en los últimos años, es decir, la GAM ha manifestado un crecimiento de ambiente artificial donde la dinámica social que es la de mayor dominio ha transformado el espacio natural para abastecer su necesidad de supervivencia.

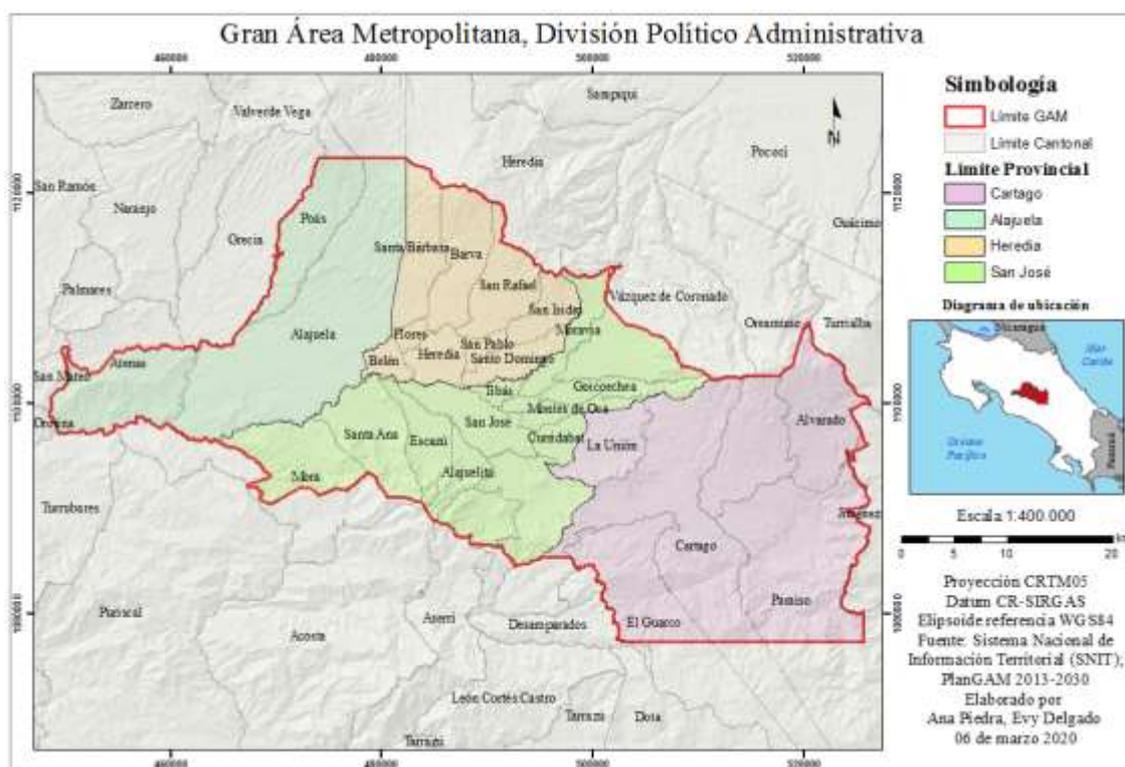
Actualmente el desarrollo tecnológico con la utilización de estos sensores remotos, permiten más allá de la generación de material cartográfico, sino que a su vez, es implícita la incorporación de una perspectiva analítica desde estudios espacio temporales, es decir, la forma dinámica de los fenómenos, requiere la variable temporal y el contexto espacial donde se desarrolla; donde la variable temporal concentra las escalas de tiempo, la gradualidad y el comportamiento cíclico de algunos eventos, mostrando un periodo de inicio y otro final (García, Urrutia & Poveda, 2014). En lo que respecta al espacio Campos et al (2016) mencionan que se debe apreciar al mismo como contingente e intercambiable, podemos decir, por ejemplo, que las variables económicas, sociales, políticas, territoriales ejercen una presión para que se den cambios a lo largo de un tiempo determinado. Permitiendo una observación más puntual de los diferentes procesos urbanos, que conllevan a la transformación de la cobertura urbana.

6. Metodología y materiales

6.1. Área de estudio

Esta práctica comprende como área de estudio a la Gran Área Metropolitana, dado que es la región más urbanizada, poblada y económicamente activa de Costa Rica, cuenta con una extensión de 1779 km, la conforma parte de las provincias de San José con 13 municipios: San José, Escazú, Desamparados Santa Ana, Aserrí, Mora, Alajuelita, Goicochea, Vásquez de Coronado, Curridabat, Moravia y Tibás; Heredia con sus nueve municipios: Heredia, Santo Domingo, Barva, Santa Bárbara, San Isidro, San Pablo, Flores, Belén y San Rafael; Cartago y sus seis municipios: Cartago, Alvarado, Paraíso, la Unión, Oreamuno y El Guarco, por último, Alajuela con sus tres municipios: Alajuela, Poás y Atenas, es decir, la GAM representa el 3,84% del territorio nacional en la que habita casi el 50% de la población del país (Plan GAM, 2014).

Figura 1. Área de estudio



Fuente: Elaboración propia, datos Plan GAM 2013-2030.

6.2. Enfoque

Dada la naturaleza de esta investigación se parte desde un enfoque mixto, es decir, permitiendo un proceso de recolección y análisis, que vincula datos cuantitativos y cualitativos. Desde una base cuantitativa se considera participe el proceso de recolección, sistematización y análisis de datos, en este caso, el procesamiento de imágenes satelitales para determinar la cobertura urbana de la GAM; a su vez, siguen de manera ordenada y precisa una variedad de pasos para obtener los resultados deseados.

Asimismo, respecto a los resultados obtenidos en el procesamiento, se inicia la etapa de análisis del estudio, en cuanto a las implicaciones en la transformación de dicha cobertura, por lo se incluyen los métodos inductivos, generalmente asociados con la investigación cualitativa” (Fernández & Díaz, 2002. pp.1), donde se observan, se clasifican, se describen, y se interpretan dichos resultados mediante un análisis espacial con bibliografías complementarias, para brindar respuestas y desarrollar la teoría de la investigación.

6.3. Búsqueda de imágenes satelitales

En este trabajo se presenta una aplicación del procesamiento digital de imágenes satelitales Landsat 5 para el año 2000, cuya resolución es de 30 m, que se obtiene por medio de la plataforma virtual del Earth Explorer de la USGS de dominio público; mientras que para el año 2020, se trabaja con imágenes Sentinel 2b, para ello se utiliza la plataforma virtual COPERNICUS de la ESA asociada a una mejor resolución de 10 m. Con el principal objetivo de identificar el cambio en la cobertura urbana para estos años generando material cartográfico.

La búsqueda de imágenes, requiere de ciertos parámetros que permitan identificar una mayor calidad en las imágenes seleccionadas, para que al momento de realizar los procesos correspondientes no existan dificultades o errores significativos; uno de ellos y el principal para este caso, es tomar en cuenta la cantidad de nubes que presenta una imagen, ya que estas generarían vacíos de información, y distorsión al momento de realizar los procesos; por lo que, se precisó considerar los meses donde es posible menor presencia de nubes según condiciones meteorológicas como se muestra a continuación las imágenes seleccionadas para este estudio:

- **Año 2000:**

Se trabaja con una imagen Landsat 5, de recuperada del 13 de febrero del 2000, asociado a la época seca, donde la cantidad de nubes es mínima, esto para una mejor aproximación a los datos.

- **Año 2020:**

Se trabajan tres imágenes Sentinel 2b, una del mes de enero y dos para el mes de febrero 2020, asociado a la época seca a los meses transcurridos del presente año, donde la cantidad de nubes es mínima, esto para una mejor aproximación a los datos.

6.4. Preprocesamiento de las imágenes

Según el punto anterior, a las imágenes seleccionadas se le debe realizar una serie de procesos, para llegar al producto final. Dado que se obtienen de plataformas distintas, y que su resolución no es la misma, como el modo de preparar el área de estudio, se deben trabajar desde ámbitos diferentes; la imagen Landsat 5, al ser única se le realiza una corrección atmosférica de primera mano, mientras que, las imágenes Sentinel, deben ser unificadas por medio de un mosaico para obtener el área de estudio. Para ambas se le realiza el método de corrección atmosférica DOS, consiste en la extracción de objetos oscuros y brindar una mejor reflectancia a la imagen; básicamente, la corrección atmosférica elimina los ruidos causados por la señal del satélite luego de traspasar la atmósfera.

6.5. Clasificación supervisada

Parte del procesamiento de dichas imágenes es aplicar una clasificación supervisada también llamada “clasificación semi-automática” (Congedo, L. 2020). Esta consiste en establecer un cluster de píxeles para identificar y clasificar el área de estudio por medio de la Fragmentación urbana (Furb) para categorizar lo Urbano y lo No urbano (Flores, Botero, Jiménez, & Ochoa, 2014), con el fin de comprobar el cambio en el uso de la tierra, a partir del año 2000 y 2020.

Dicho procesamiento se procede a realizar con la herramienta Semi Automatic Classification Plugin (SCP) que se encuentra dentro del programa QGIS el cual es un software libre, como herramienta tecnológica facilita la elaboración de mosaicos utilizando la fórmula (Congedo, L. 2020. Pp. 119):

$$R G B = Br Bg Bb$$

dónde: R= rojo, G= verde y B= azul

Br es el número de banda asociado al color rojo.

Bg es el número de banda asociado al color verde.

Bb es el número de banda asociado al color azul.

Lo anterior permite el procesamiento de las imágenes satelitales que cuentan con bandas reflectoras, estas captan detalles de la cobertura de la tierra, al utilizar la herramienta SCP

se deben cumplir una serie de parámetros, como la selección de las muestras lo más homogéneas posibles para que posibiliten la agrupación de píxeles, asimismo, la distancia que depende del valor a utilizar se acerca o se aleja del píxel seleccionado, el tamaño mínimo tiene como función abarcar los píxeles seleccionados tengan similitud al píxel semilla, de manera que, lleve a cabo la digitalización del área de estudio que dará paso a la clasificación que se pretende representar en la cartografía.

6.6. Visualización y análisis de la información generada

En este caso, a partir de los procesos anteriores, se va a generar un mapa para cada uno de los años de estudio del 2000 y 2020, considerando la guía de elaboración de mapas de la Escuela de Ciencias Geográficas, de la Universidad Nacional. El objetivo de cada uno de los mapas generados, es mostrar el cambio en la cobertura urbana para dichos años.

Finalmente, se aplica un análisis espacio-temporal, que permita la comprensión de los procesos dinámicos ocurridos dentro de la GAM en su transformación urbana, para los años 2000 y 2020; para lo cual se considera la ejecución del mismo desde variables socioeconómicas.

Esto siempre que se pueda dar respuesta a preguntas generadoras básicas del Dónde y Cuándo, de tal manera que puedan verse las implicaciones que genera la transformación en la cobertura urbana, en la GAM (García, Urrutia & Poveda, 2009) y como se muestra a continuación:

- Cuándo + Dónde → Qué: Para mostrar las variables socioeconómicas que han estado presentes en el cambio de la cobertura urbana de la GAM, en el tiempo determinado.
- Cuándo + Qué → Dónde: Principalmente en que sectores de la GAM, se ha visto el mayor cambio en la cobertura urbana.
- Dónde + Qué → Cuándo: Para identificar los cambios en los años 2000 y 2020.

Dado lo anterior se pretende desde la consulta de fuentes bibliográficas, y/o plataformas virtuales de diversas instituciones del Estado que posean información de estudios realizados sobre dichas dinámicas urbanas y que aporten conocimiento a la investigación

7. Resultados

Bajo los procesos mencionados anteriormente y considerando las variables urbanas y no urbanas en la clasificación supervisada para el área de estudio, obtuvimos dos mapas principales en los que visualmente se evidencia la cobertura urbana tanto para el año 2000 como para el año 2020. Asimismo, se genera un tercer mapa, en el que se superponen ambas coberturas para destacar así el comportamiento y las diferencias apreciables del crecimiento urbano que ha tenido la GAM en el periodo en estudio.

Figura 2.

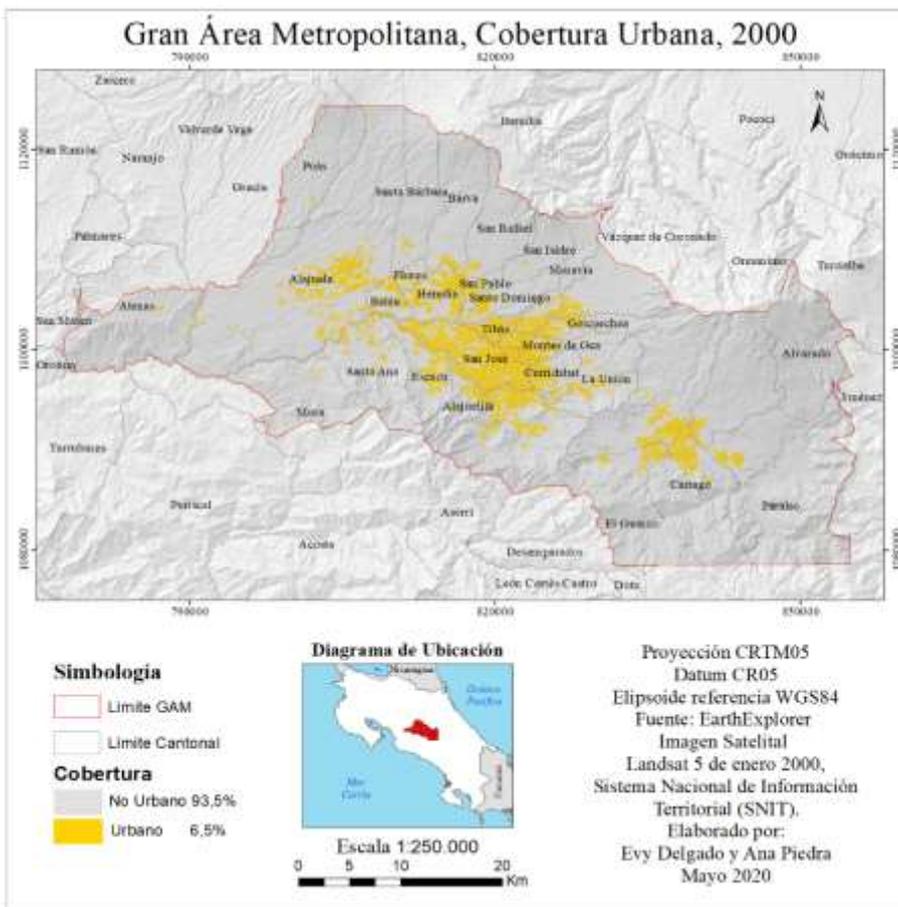


Figura 2: Se puede observar la cobertura urbana de la GAM para el año 2000, considerándose como el periodo inicial para realizar el análisis de crecimiento urbano para dicho año; y a su vez ser comparada con la del año 2020 analizando el comportamiento y las transformaciones de la misma para el periodo en estudio

Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.

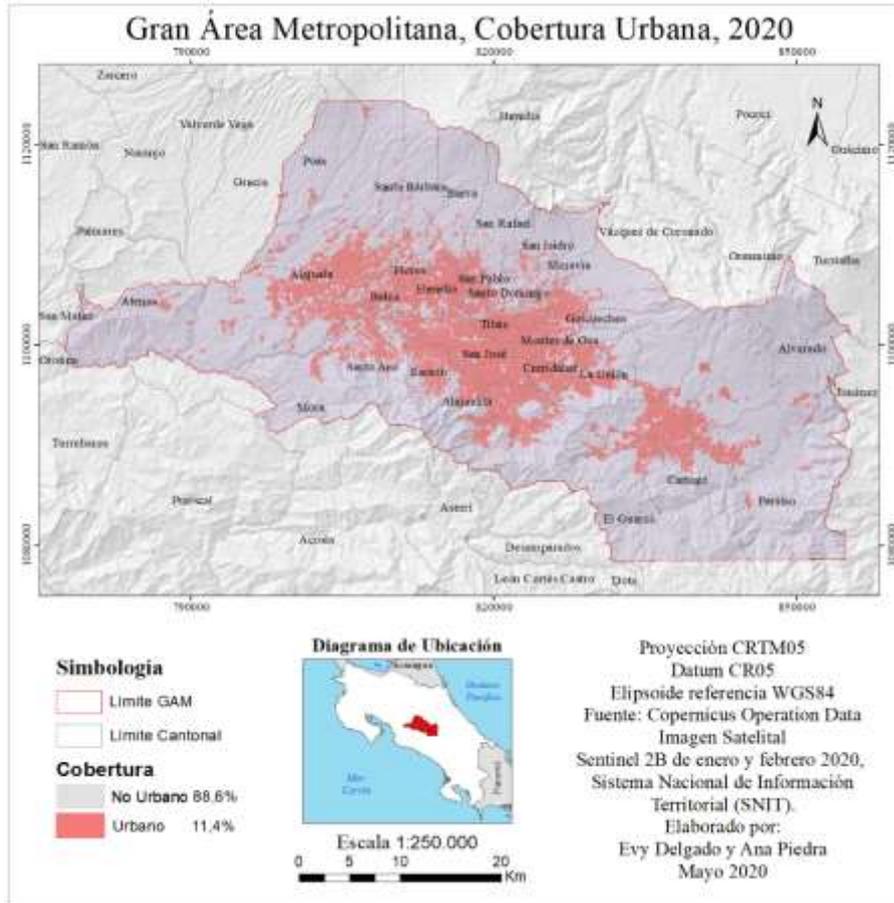


Figura 3: Se puede observar la cobertura urbana de la GAM para el año 2020, considerando el crecimiento urbano para el presente año; y a su vez ser comparada con la del año 2000, analizando el comportamiento y las transformaciones de la misma para el periodo en estudio

Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.

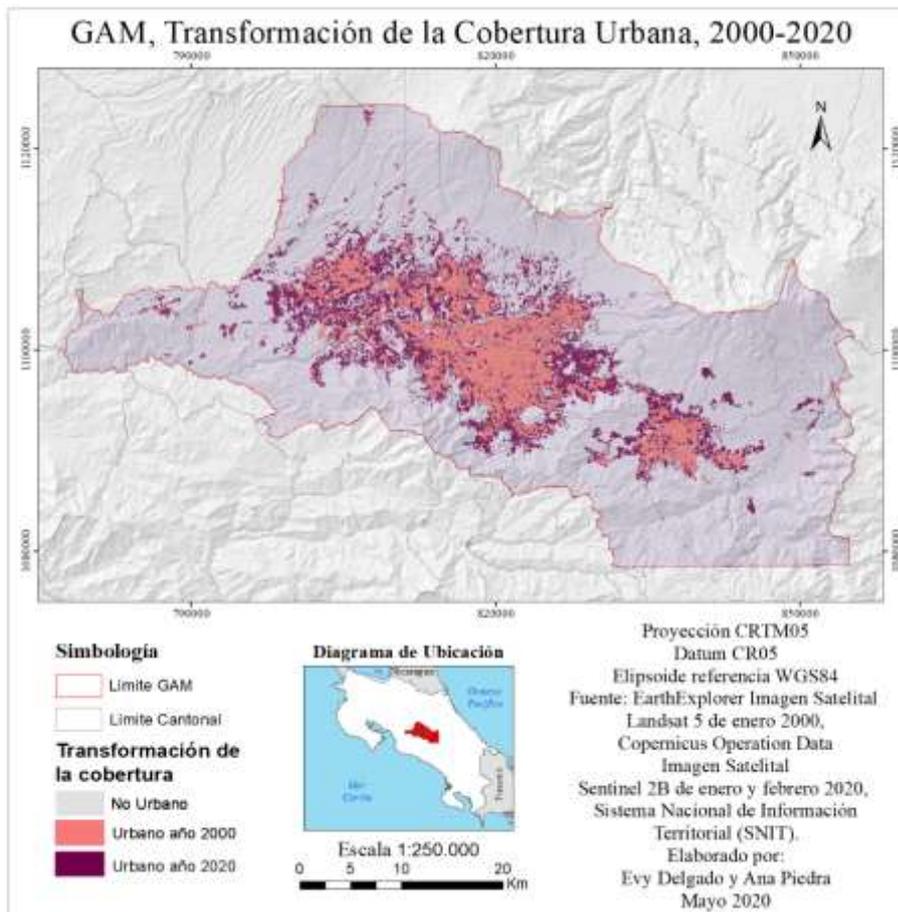


Figura 4: En este se muestra la superposición de ambas coberturas urbanas tanto del año 2000 y 2020, en el que evidencia los principales cambios del crecimiento urbano que presenta la GAM para el periodo en estudio.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 1.

GAM, Cobertura urbana en Ha		
Año	2000	2020
Urbano	11654,5	20256,4
No urbano	166800,6	157491,7
Porcentaje	73,80%	

Tabla 1: Presenta el área en Ha que se obtuvo a partir del proceso de la clasificación supervisada para cada una de las coberturas, asimismo, el porcentaje de crecimiento durante el periodo en estudio.

Fuente: Elaboración propia.

8. Análisis de los Resultados

Los resultados obtenidos muestran el cambio significativo que presenta la GAM en cuanto a su cobertura urbana a lo largo del periodo en estudio, considerado la figura 2 se visualiza la cobertura urbana para el año 2000 con un área de 11 654.5 ha, mientras que para el año 2020 con un área de 20 256.4 ha (Fig.3). Indicando de esta forma el crecimiento urbano que presenta el área de estudio. Como consecuencia de este análisis, es importante destacar algunas de las variables económicas que han sido motivo para dicha transformación.

Contando desde sus inicios la GAM fue definida a partir de los asentamientos urbanos pertenecientes al Valle Central complementando las zonas rurales que se ubicaban a los alrededores del centro urbano, a su vez fue delimitada por características topográficas (INVU, 1983). Dentro de esta delimitación, es necesario destacar la creación del anillo de contención determinado así para salvaguardar las aguas subterráneas, y las zonas preparadas para la producción agrícola, generando un límite para el establecimiento de zonas urbanas, a causa del crecimiento urbano acelerado que perjudica y pone en riesgo la protección de las mismas.

Por otra parte, es evidente la importancia económica de la GAM para el país, puesto que, como se menciona en el PRUGAM (2011), ha representado el 76% de las exportaciones y el 70 % del PIB, además, el 54.70% de la población nacional vive en esta área. Más aún, la demanda vehicular ha generado el traslado de una gran parte de la población desde los principales centros de GAM hacia sus periferias (p.73).

Partiendo de lo anterior y conociendo que el principal centro urbano de la GAM es San José se tiene que la concentración poblacional, la producción y los servicios de las principales actividades económicas se ubican en lo que va siendo la capital del país; por lo que como lo menciona el MIVAH (2013) la GAM “se enfrenta a varios factores negativos como la baja residencia en el centro de San José, la congestión vial, los altos costos de la tierra, la contaminación acústica, atmosférica, entre otros. (p8).

Dado a lo anterior, un aspecto relacionado a un centro urbano conglomerado sin oportunidades de nuevas formas de desarrollo, o incluso un alto costo inmobiliario, sin considerar el funcionamiento urbano circundante, va a generar la promoción de desarrollos horizontales cada vez más lejos de los centros urbanos (MIVAH,2013). Por

esa razón, se encuentra como una variable ajustada a lo anterior la renta del suelo agrícola, es decir, el dueño de terrenos de uso agrícola tendrá mejores oportunidades y beneficios económicos si acceden sus terrenos al uso urbano, una vez que la presión urbana siga en aumento todo aquel paisaje rural que se encuentren dentro de los límites de la GAM formarán parte de la mancha urbana. (Pujol & Pérez, 2012).

Figura

4.



Fuente: Pujol, Pérez & Sánchez, 2013.

La figura anterior muestra el comportamiento que tienen los precios de los terrenos en los principales centros y como estos disminuyen conforme se acercan a los límites urbanos, reflejando la renta agrícola con valores más bajos y mucho más alejada del centro urbano como fenómeno actual en la GAM.

Tal es el caso del crecimiento hacia las demás provincias de la GAM donde el uso urbano está sobrepasando los límites de cada uno de sus centros urbanos, tanto en Heredia, Alajuela y en menores proporciones Cartago (Fig. 4). Como lo menciona Sánchez L. (2018. pp.9) ese crecimiento dirigido hacia la periferia a partir de la densidad de población ha visualizado un cambio poco considerable debido a iniciativas de crecimiento vertical a partir del año 2010, sin embargo, tiene como punto principal el hecho de que el centro de la GAM carezca de espacio para su expansión. Se destaca entonces que, “el desarrollo de estas zonas fuera del anillo de contención constituye una oportunidad de desarrollo tanto para los propietarios de los terrenos (con la intención de alejarse de la ciudad) como para las desarrolladoras privadas” (Solano, F; Aguilar, J. 2016. p.103) implicando la desintegración del anillo de contención (p.107).

A partir de lo anterior, Rosales, L. et al (s.f) menciona que, esa expansión se convierte en barrios dormitorio, es decir, la concentración de servicios en el centro de la GAM traslada hacia la periferia a la población residente, la cual debe ejercer tiempos de viaje al centro

para trabajar. Parte también de las irregularidades que el crecimiento difuso provoca, es la distribución de la infraestructura, tal y como se muestra en el siguiente gráfico

Figura 6



Fuente: Informe Estado de la Nación, 2018

La infraestructura está sujeta a la distribución por m² entre los distritos de la GAM, la distribución de viviendas y condominios se encuentra en mayor porcentaje hacia las provincias de Alajuela y Heredia, con un crecimiento acelerado durante las últimas décadas. Así mismo, el sector industrial ha presentado un incremento entre algunos distritos de Cartago, San José y Alajuela, este último cuenta con una potencial aglomeración debido a que todavía cuenta con espacio de baja plusvalía. A la distribución de infraestructura se suma además comercios oficinas y bodegas que están cumpliendo un patrón de crecimiento hacia las zonas con espacio disponible buscado dirección de compacidad hacia el centro de los distritos (Sánchez, L. 2018). Es importante destacar que los porcentajes están sujetos a cambios con respecto a crecimiento acelerado que presenta la GAM.

El acceso del centro hacia la periferia de la GAM se ha constituido por un medio de transporte público que, a partir del año 2007, éste empezó a perder fuerza a raíz del incremento de una flota vehicular dirigida al uso privado (Castro, 2007 citado por Incofer. s.f. p.2). Este aumento se ha disparado de forma desmedida por el hecho de la necesidad de planificación dirigida hacia el crecimiento de la ciudad, parte de este déficit lo complementa la infraestructura vial, la duración de los tiempos para trasladar al usuario

del transporte público debido a la saturación de las vías produciendo a su vez gases contaminantes emitidos por los mismo (Estado de la Nación. 2018. p.231).

Con lo anterior, el costo del transporte con respecto a la renta del suelo ha modificado la movilidad ya que este no satisface la demanda que requiere los diferentes sectores de la población que se encuentran distribuidos dentro del crecimiento disperso de la ciudad, es decir, según el contexto histórico de Costa Rica, el medio de transporte público era constituido por un modelo concéntrico eficiente para una mayor cantidad de población sin medio de transporte propio, sin embargo, la aglomeración que presenta actualmente la GAM define un medio de transporte público deficiente (Koepff, J. 2015. p. 4).

Debido a lo anterior, el aumento de la flota vehicular con alrededor de un 70% en tan solo la GAM ha generado gastos económicos exuberantes, tanto en consumo de combustible, el tiempo de viajes, incluso los accidentes viales (Koepff, J. 2015. pp. 5), a esto se une, “la estructura de ciudad lineal, dispersa y de bajas densidades” (Estado de la Nación. 2018. p.232). Por lo tanto, el desarrollo urbano se ha visto en una encrucijada en los últimos años con respecto a la movilidad, tal como se puede observar en la figura 4, en donde ese crecimiento disperso y alejado de los principales centros urbanos demandan este tipo de dinámicas.

La GAM demanda políticas que brinden mayor eficiencia en el transporte público e infraestructura que disminuya la segregación espacial y el manejo adecuado de los recursos naturales, así como la disminución de la emisión de gases contaminantes producto de la excesiva flota vehicular que satura la red vial, la calidad de vida del 50% de la población que reside en la GAM depende de la planificación que satisfaga la demanda.

La GAM ha perdido su crecimiento natural, dado a una alta demanda económica que rige su estructuración, asimismo, el aumento de la mancha urbana se enmarca en el rol que toma la población urbana en establecerse en sus periferias de acuerdo a lo antes mencionado, es decir, la transformación se ve reflejada en un sector residencial, dado el en los últimos años solo el 40% del área de construcciones pertenecen al sector habitacional, asociado a ese incremento de la población urbana (CFIA, 2016).

9. Conclusiones

De acuerdo, a lo expuesto anteriormente, se percibe que la transformación de la cobertura urbana de la GAM, no se viene dando de una forma homogénea de acuerdo a las características geográficas considerando variables como distancia o recorrido, movilidad y plusvalía, es decir, puede descifrarse un sector más industrializado, como por ejemplo para Cartago, algunos cantones de San José, como Escazú y Santa Ana, se ve más comprometido a un sector residencial, asimismo, ocurre para la provincia de Heredia, mientras que en Alajuela se está dando en mayor proporción un crecimiento industrial, buscando aquellos espacios para aglomerarse generando el desplazamiento de las residencias hacia su periferia.

De igual forma, tenemos que la expansión urbana fuera del anillo de contención traerá fuertes repercusiones, primeramente, para aquellas zonas destinadas a la producción agrícola en el que la plusvalía está fomentando la pérdida significativa de estas; asimismo, la amenaza hacia las zonas de protección, tal como es el caso del principal objetivo de este límite, el salvaguardar los mantos acuíferos presentes en la GAM.

Considerando lo anterior, la GAM representa la dificultad que ha tenido el país en temas de planificación y gestión del territorio, ya que así se refleja en su crecimiento lineal y poco denso. Lo que, a su vez, generan dinámicas complejas que, en lugar de mostrar un desarrollo equitativo y equilibrado, muestra las deficiencias y el retroceso de su composición. Entonces, sin duda se puede determinar que, en un principio, algunas medidas como los límites de la expansión de la mancha urbana, algunas zonificaciones especiales para el posicionamiento del sector urbano, entre otras, estaban pensadas para aportar en el ordenamiento del territorio de la GAM, sin embargo, no se ha observado una adecuada gestión e implementación de dichas medidas, esto puede relacionarse a la debilidad de una normativa y deficiente regulación urbano territorial.

Es así, que con este tipo de propuestas desde la geografía campo profesional se pueden generar instrumentos de planificación urbana y ordenamiento territorial, en el que se pueda observar la estructuración del tejido urbano, y a su vez, se puede aportar en iniciativas orientadas al desarrollo equitativo y sustentable tomando en cuenta la integración del sector social, económico y ambiental, contribuyendo a la calidad de la dinámica urbana.

10. Bibliografía

- Aguilar, A; Vázquez, M (2000). “*Crecimiento urbano y especialización económica en México. Una caracterización regional de las funciones dominantes*” Instituto de Geografía, UNAM, Cd. Universitaria, Coyoacán, México. Recuperado de: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-461120000200007
- Campos, F & Campos, L (2016). “*Estructuras, Regímenes Y Arreglos Espacio-Temporales. Diálogos Con La Teoría De La Aceleración De Hartmut Rosa*” Recuperado de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0186602816000050>
- CFIA (2016). “*Cómo afectará el crecimiento urbano al sector construcción?*”. *Revista Construir América Central y el Caribe.*” San José. Costa Rica. Recuperado de: <https://revistaconstruir.com/como-afectara-el-crecimiento-urbano-al-sector-construccion>
- Chuvieco, E. (1990). “*Fundamentos de la Teledetección Espacial*”. Ed. Rialp. Madrid. España. Recuperado de: <http://pdfhumanidades.com/sites/default/files/apuntes/FUNDAMENTOS-DE-TELEDETECCION-EMILIO-CHUVIECO.pdf>
- Chacón, M. (2017). “*Mancha urbana de la GAM crece a ritmo acelerado*”. Semario Universitario. San José, Costa Rica. Recuperado de: <https://semanariouniversidad.com/pais/mancha-urbana-la-gam-crece-ritmo-acelerado/>
- Congedo, L. (2020). “*Semi-Atomic Classification Plugin Documentation.*” pp. 119. Versión 6.4.0.2
- Fernández, P, & Díaz, P. (2002). “*Investigación cuantitativa y cualitativa.*” Unidad de Epidemiología Clínica y Bioestadística. Complejo Hospitalario-Universitario Juan Canalejo. España. Recuperado el 02 de 2020, de https://31343ca0-a-62cb3a1a-sites.googlegroups.com/site/edgarivanarizmendigomezab/classroom-news/asignaciondetareavirtualopsecuixtapansabado15dejunio/cuanti_cuali2%20F

ern%C3%A1indez.pdf?attachauth=ANoY7crREK_XxMOTAv0o4DUmNfzoRdL
PV5RnB1P6yE3meLEfofbyAQvDa

- Ferrelli, F; Bustos, M; Huamantínco, M & Piccolo, M (2015) “*Utilización de imágenes satelitales para el estudio de la distribución térmica en distintas coberturas del suelo de la ciudad de Bahía Blanca (Argentina)*”
- Flores, L., Botero, V., Jiménez, J., & Ochoa, A. (2014). “*Determinación de la fracción urbana a partir de imágenes satelitales para la modelación del clima en ciudades.*” Sociedad Latinoamericana en Percepción Remota y Sistemas de Información Espacial. Retrieved 02.2020, from: <https://selper.org.co/papers-XVI-Simposio/Fotogrametria-PDI-Fusion-de-datos/FP12-Determinacion-de-la-fraccion-urbana-a-partir-de-imagenes-satelitales.pdf>
- Fondo para el Medio Ambiente Mundial (2012). “*Actividades sobre uso de la Tierra, Cambio del uso de la tierra y silvicultura (UTCUTS)*”. Recuperado de: https://www.thegef.org/sites/default/files/publications/LULUCF_-_Spanish_0.pdf
- Fuentes C. (2009). “*Evaluación socio-ambiental de los efectos de la variación en la escorrentía superficial derivada del proceso de urbanización en la cuenca de Macul, entre 1975 – 2007.*” Universidad de Chile. Recuperado de: <http://repositorio.conicyt.cl/handle/10533/188898>
- García, M; Urrutía, A & Poveda, M. (2009). “*Diseño de herramientas de análisis espacio-temporales para el estudio de bases de datos históricas*”. Universidad Politécnica de Madrid. España. Recuperado de: https://www.ideo.es/resources/presentaciones/GTIDEE_Murcia_2009/ARTICULOS_JIDEE2009/Articulo-60.pdf
- Estado de la Nación (2018). “*Transporte y Movilidad.*” Recuperado de: http://repositorio.conare.ac.cr/bitstream/handle/20.500.12337/2983/capitulo_6_transporte_movilidad_2018.pdf?sequence=10&isAllowed=y
- Henríquez, C. (2014) “*Modelando el crecimiento de las ciudades medias. Hacia un desarrollo urbano sustentable.*” Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile.

- Incofer (s.f). “*Construcción, equipamiento y puesta en operación de un sistema de tren rápido de pasajeros (T.R.P) en la Gran Área Metropolitana (GAM).*” INCOFER. Recuperado de: <http://www.incofer.go.cr/wp-content/uploads/2017/05/PERFIL-PROYECTO-TRP-INCOFER-espanol.pdf?x28024>
- INEGI. (2014). “*Sistema de Información Geográfica*”. México. Recuperado de: <https://www.inegi.org.mx/inegi/spc/doc/internet/sistemainformaciongeografica.pdf>
- Instituto Nacional de Vivienda y Urbanismo (INVU) (1983). “*Plan Regional de la GAM. Dirección de Urbanismo.*” Oficina de Planeamiento del Área Metropolitana (OPAM) San José. Costa Rica.
- IDEAM (s.f). “*Coberturas de la tierra.* “Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Retrieve from: <http://www.ideam.gov.co/web/ecosistemas/coberturas-tierra>
- INEGI. (s.f). “*Imágenes de satélite. Elementos de percepción remota*” Recuperado de: http://www3.inegi.org.mx/contenidos/temas/mapas/imagenes/imgsatelite/metadatos/elem_per_rem.pdf
- INVU. “*Plan de Ordenamiento Territorial de la Gran Área Metropolitana 2011–2030*”. Recuperado el 5 de 2020
- Koepff, J (2015). “*El Transporte Público en la Gran Área Metropolitana de Costa Rica*”. Friedrich-Ebert-Stiftung (FES). Recuperado de: <http://library.fes.de/pdf-files/bueros/fesamcentral/12310.pdf>
- Lamprea, F (2017). “*Zonificación de las Coberturas de la Tierra mediante la aplicación de herramientas de SIG para la revisión y ajuste del P.O.T en el marco del crecimiento urbano y la conurbación norte: caso Municipio de Zipaquirá.*” Universidad Distrital Francisco José, Bogotá. Recuperado de: https://ciaf.igac.gov.co/sites/ciaf.igac.gov.co/files/files_ciaf/Lamprea-Avellanea-Ferdy.pdf
- López, E; Bocco, G & Mendoza, M. (2001). “*Predicción del cambio de cobertura y uso del suelo. El caso de la ciudad de Morelia.*” Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía UNAM México.

- MAG (2013). “*Manual para la interpretación de imágenes de sensores remotos de las principales Coberturas y Usos de la tierra de Costa Rica*” Departamento de Servicios Técnicos. San José. Costa Rica. Recuperado de: <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/U40-10538.pdf>
- Michelini, J & García, J. (2008) “*Tecnologías de la información geográfica en estrategias de promoción de territorios innovadores: aplicaciones en la ciudad de Madrid.*” Departamento de Geografía Humana. Madrid. España. Recuperado de: <http://www.biblioteca.unlpam.edu.ar/pubpdf/huellas/n12a09michelini.pdf>
- Mieza, M; Kovac, F & Martínez, D. (2012) “*Imágenes satelitales y aéreas en aplicaciones sitio específicas*”. Universidad de la Pampa. Argentina. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/318710942_Imagenes_satelitales_y_aer_eas_en_aplicaciones_sitio_especificas
- MIVAH (s.f). “*Competitividad y eficiencia territorial.*” Ministerio de Vivienda y Asentamientos Humanos. Retrieve from: <https://www.mivah.go.cr/Documentos/PlanGAM2013/01-DIMENSIONES/Competitividad.pdf>
- Pérez, C., & Muñoz, Á. (2006). “*Teledetección: Nociones y Aplicaciones*”. Recuperado de: <https://books.google.co.cr/books?id=SfrGxbO1DT0C&pg=PA1&lpg=PA1&dq=modo+gen%C3%A9rico,+cualquier+procedimiento+o+t%C3%A9cnica+de+adquisición+de+información+sin+tener+contacto+directo+con+ella&source=bl&ots=pEmfTD-hEV&sig=ACfU3U1cCBoZkBYddRIeU7VW>
- PlanGAM. (2014). Recuperado 02 2020, de: <https://tecdigital.tec.ac.cr/servicios/gam/?q=node/11>
- Pujol, R; Pérez, E. (2012). “*Crecimiento urbano en la región metropolitana de San José, Costa Rica. Una exploración espacial y temporal de los determinantes del cambio de uso del suelo, 1986-2010.*” Recuperado de: <https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/geografica/article/download/13177/18410?inline=1>

- Pujol, R, Pérez, E & Sánchez, L (2013). “*Estimaciones del Impacto del Límite de Crecimiento (Anillo De Contención) sobre los valores del suelo en el Norte de Heredia, 1997-2007.*” *Ciencias Económicas* 31-No.2: 2013 / 117-134 / ISSN: 0252-9521. San José, Costa Rica.
- PRUGAM (2011). “*Plan Regional Urbano de la Gran Área Metropolitana de Costa Rica: Avances y desafíos.*” Instituto Tecnológico de Costa Rica. ISSN 2027–2103. Vol. 5, No. 9. p.73. San José. Costa Rica.
- Rosales, L. et al. (s.f.). “*Plan de Ordenamiento Territorial de la Gran Área Metropolitana 2011 – 2030.*” San José. Costa Rica
- Sánchez, L (2018). “Tendencias y patrones del crecimiento urbano en la GAM, implicaciones sociales, económicas y ambientales y desafíos desde el ordenamiento territorial. Informe Estado de la Nación en Desarrollo Humano Sostenible” San José. Costa Rica. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/20.500.12337/2982>
- Sáenz, N. (1992). “*Los sistemas de Información Geográfica (SIG) una herramienta poderosa para la toma de decisiones*”. *Ingeniería e Investigación*. vol. 0, no. 28, pp. 31-40. ISSN 0129-5608. Recuperado de: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4902930&info=resumen&idioma=SPA>.
- Solano, F; Aguilar, J (2016). “*Informe Nacional. Situación de la Vivienda y Desarrollo Humano*”. Fundación Promotora de Vivienda (FUPROVI). Recuperado de: <https://www.fuprovi.org/wp-content/uploads/2018/02/situacion-del-sector-vivienda-y-desarrollo-urbano-costa-rica-2016.pdf>
- Soto, J. (2015). “*El crecimiento urbano de las ciudades: enfoques desarrollista, autoritario, neoliberal y sustentable*”. Universidad Autónoma Metropolitana–Unidad Iztapalapa. México.
- UNIBE (2007). “*Tecnologías de Información Geográfica para el para el Manejo de los Recursos Naturales*” Suiza. Recuperado de: https://boris.unibe.ch/71064/3/focus07_3_s.pdf

Urriza, G & Garriz, E. (2014) “*¿Expansión urbana o desarrollo compacto? Estado de situación en una ciudad intermedia: Bahía Blanca, Argentina*”. Revista Universitaria de Geografía. Argentina. Recuperado de: <http://bibliotecadigital.uns.edu.ar/pdf/reuge/v23n2/v23n2a03.pdf>

Weber, C. & Puissant, A. (2003). “*Urbanization pressure and modeling of urban growth: example of the Tunis Metropolitan Area.*” Remote Sensing of Environment. N° 86, p. 341-352.