



Instituto Costarricense de Turismo
(fran1993piedra@gmail.com)



Organización para Estudios Tropicales
(marijo1221.mje@gmail.com)



Consultor independiente
(marlon.alfaro@cfia.or.cr)

Aspectos metodológicos, conceptuales y resultados del MOCUPP-Urbano

Francini Acuña Piedra
María José Elizondo Campos
Marlon Alfaro Cordero

El Monitoreo del Cambio de Uso y Cobertura de la Tierra en Paisajes Productivos Urbanos (MOCUPP Urbano) es una herramienta tecnológica enfocada en la generación de datos geoespaciales, independiente y de acceso abierto (gratuito), que se basa en el análisis y monitoreo de las coberturas de la tierra. Su objetivo es gestionar el territorio urbano mediante datos que sirven de referencia para la toma de decisiones, así como para futuros estudios y procesos de planificación.

Esta herramienta ha generado datos desde el año 2018 y surge del trabajo del Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) en el proyecto “*Conservando la biodiversidad a través de la gestión sostenible de los paisajes de producción en Costa Rica*”, conocido como proyecto Paisajes Productivos. Este esfuerzo contó con el apoyo del Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE) y del Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF, por sus siglas en inglés), así como con la colaboración de diversas instituciones nacionales y municipales, destacando el apoyo del Corredor Biológico Interurbano María Aguilar (CBIMA), que fue el área piloto que dio origen al trabajo metodológico de la herramienta.

En 2022, mediante el proyecto *“Transición a una economía verde urbana y la generación de beneficios ambientales globales”* (conocido como proyecto TEVU), se replicó la metodología y se amplió a 20 cantones del Gran Área Metropolitana (GAM) de Costa Rica. Se contó nuevamente con el apoyo del Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE) y del Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF, por sus siglas en inglés).

El MOCUPP Urbano monitoreó 20 cantones del GAM, de los cuales siete pertenecen a la provincia de San José: Alajuelita, Curridabat, Desamparados, Goicoechea, Montes de Oca, Tibás y San José. Además, se incluyeron ocho cantones de la provincia de Heredia: Barva, Belén, Flores, Heredia, San Rafael, Santa Bárbara, Santo Domingo y San Pablo. En Cartago se trabajó en cuatro cantones: Cartago, La Unión,

Oreamuno y Paraíso; y en la provincia de Alajuela, el cantón del mismo nombre. Estos cantones suman un área de 118 615 ha, lo que representa el 2 % de la superficie terrestre de Costa Rica (**Figura 1**).

Los conceptos clave con los que trabaja el MOCUPP Urbano para ejecutar el monitoreo se fundamentan en analizar la trama verde, que corresponde a las áreas verdes naturales dentro del tejido urbano y responde al concepto de infraestructura verde. Este se define como una red de espacios verdes y otros elementos naturales de alto valor, planificada y desarrollada desde una perspectiva estratégica en la ciudad (Natural England, 2010, como se citó en Toribio y Ramos, 2017).

En Costa Rica, la trama verde se analiza desde los espacios de Corredores Biológicos Interurbanos (CBI), los cuales buscan que el territorio urbano proporcione

conectividad entre paisajes, ecosistemas y hábitats modificados o naturales, que interconectan microcuencas y tramos verde de las ciudades. El objetivo es que estos espacios contribuyan a la conservación y generen beneficios para la biodiversidad (Decreto Ejecutivo 40043-MINAE, 2017).

Respecto a los usos de la tierra, estos se definen como el uso

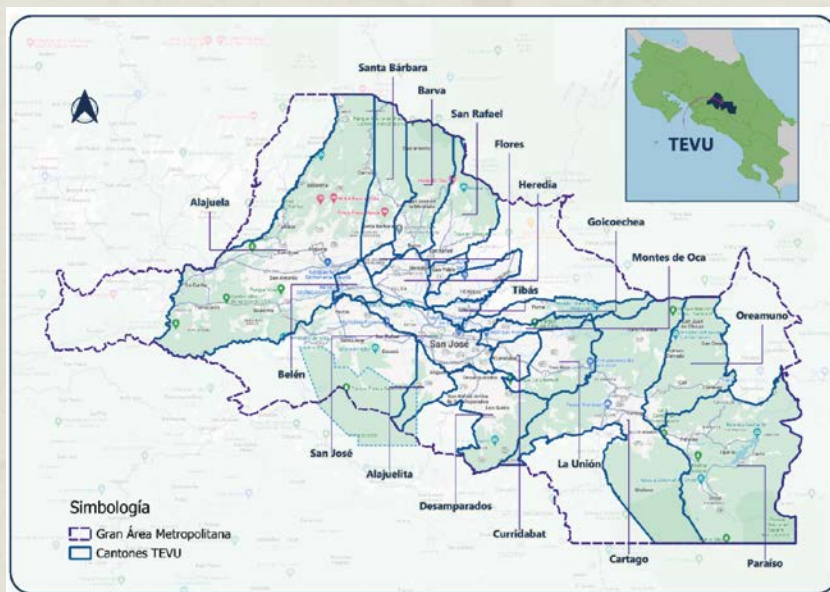


Figura 1. Área de trabajo del MOCUPP Urbano.

funcional de un sitio, considerando elementos biofísicos y culturales. Su determinación requiere una perspectiva humana y la interpretación de las actividades realizadas sobre la cobertura de la tierra en un sitio determinado y está asociado a un área mínima (SIMOCUTE, 2023).

Para realizar el mapeo sobre los usos y cobertura de la tierra se aplicaron técnicas de observación de la superficie terrestre, mediante la utilización de Sistemas de Información Geográfica (SIG) y apoyados en el mapeo enfocado en la teledetección. La teledetección permite capturar información a distancia de los objetos terrestres (Chuvieco, 2010). Al aplicar distintas metodologías de interpretación y clasificación digital de los píxeles de una imagen se pueden extraer los tipos de coberturas de la superficie terrestre.

El procesamiento de las imágenes satelitales se llevó a cabo utilizando SIG, específicamente los *software QGIS y ArcGIS*. El programa *QGIS*, un *software* de código abierto se empleó junto con el complemento *Semi-Automatic Classification Plugin* (SCP, por sus siglas en inglés). Por otro lado, *ArcGIS*, un *software* comercial ampliamente utilizado, se usó en combinación con la herramienta *Iso Cluster Unsupervised Classification*. Para el análisis se utilizaron principalmente imágenes satelitales de alta resolución de los sensores comerciales *WorldView-2* y *WorldView-3*, así como imágenes de algunas áreas obtenidas con el sensor *GeoEye-1*.

Para clasificar el tipo de trama verde presente se utilizaron las clases citadas

en el *Decreto Ejecutivo 40043-MINAE (2017)*, que identificaron tres categorías y 17 clases. Para los usos de la tierra se aplicaron la contextualización y adaptación del *Corine Land Cover* versión para Costa Rica (Rosales, 2016) y el Sistema de Clasificación de la Cobertura y Uso de la Tierra para Costa Rica, elaborado por el SIMOCUTE (SIMOCUTE, 2023) y se utilizaron ocho categorías y 13 clases (Figura 2).

La validación del mapeo se llevó a cabo mediante trabajo de campo, visitando los diferentes tipos de trama verde y usos de la tierra presentes en el área de estudio. Se recolectó la información en puntos de control utilizando un instrumento de Sistemas de Posicionamiento Global (GNSS, por sus siglas en inglés). Además, se emplearon imágenes de alta resolución para la obtención de la información de estos puntos. Para establecer la cantidad de puntos de validación se calculó el tamaño de la muestra de puntos de control para cada tipo de trama verde y usos de la tierra mapeado y, mediante una fórmula estadística, se determinó la cantidad de aciertos del mapeo en relación con la realidad (Chuvieco, 2010). Se aprobaron los resultados a partir de un 90 % de acierto. Este proceso permitió que los resultados obtenidos de la herramienta del MOCUPP Urbano se caractericen por tener estándares metodológicos de alta calidad, garantizando así la precisión de los datos.

Entre los principales hallazgos se destaca que el 49 % del área analizada se clasifica como trama verde, para un total



Figura 2. Categorías de trama verde, usos y coberturas de la tierra, MOCUPP Urbano.

de 58 508 hectáreas (**Figura 3**). Dentro del área de trabajo del MOCUPP Urbano se encuentran Áreas Silvestres Protegidas (ASP), como las Zonas Protectoras Cerros de Escazú, Cerros de La Carpintera y Río Tiribí, Río Navarro-Río Sombrero, así como los Parques Nacionales Volcán Irazú, Braulio Carrillo y Tapantí-Macizo de la Muerte y la Reserva Forestal Cordillera Volcánica Central. Todas estas ASP suman más de 10 000 ha que representan el 9 % el área del proyecto, aportando una importante extensión de trama verde.

La extensión de estos espacios naturales en la ciudad es crucial por los servicios ecosistémicos que brindan, por lo tanto, contar con esta gran extensión de trama verde en la GAM trae múltiples beneficios para la ciudad (González, 2011; Martínez et al., 2016). Sin embargo, es necesario continuar estudiando estos espacios de trama verde para conocer más sobre su estado de conservación, conectividad, características espaciales, entre otros (Núñez, 2021).

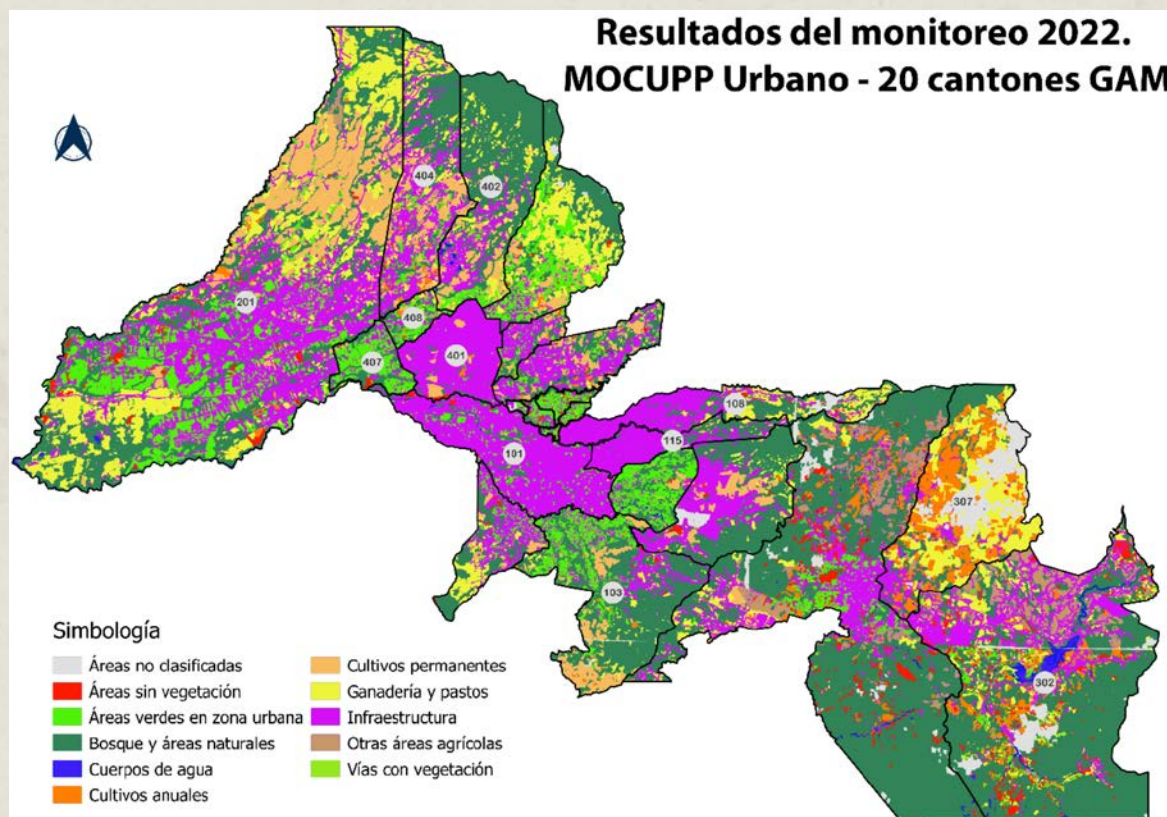


Figura 3. Resultados del monitoreo de MOCUPP Urbano 2022 en 20 cantones de la Gran Área Metropolitana (GAM).

Los tres cantones con mayor porcentaje de área verde son Cartago, San Rafael y Barva. El cantón de Cartago encabeza la lista con un 67 %, seguido de San Rafael con un 65 % y Barva con un 59 % (**Figura 4**).

Los cantones que reportan los menores porcentajes de trama verde en su territorio son San José, Tibás y Oreamuno. San José presenta un 30 %, Tibás un 25 % y Oreamuno un 23 % (**Figura 4**). A pesar de ser los cantones que tienen menos espacios de trama verde, los datos de MOCUPP Urbano permite contar con información para la toma de decisiones y promover el aumento o conservación de los espacios verdes que aún están presentes. Según [Sandoval \(2021\)](#), “los procesos de ciudades resilientes y sostenible, así como la planificación urbana, actualmente están orientando a las ciudades a promover el aumento y conservación de la infraestructura verde”.

Los resultados correspondientes a la categoría de infraestructura indican que 20 % del área analizada pertenece a

esta categoría, con un total de 24 092 ha (**Figura 3**). Este dato muestra la significativa proporción del territorio dedicada a construcciones y edificaciones, lo cual responde a los procesos de urbanización que ha experimentado la GAM. La urbanización en la GAM se dio de forma espontánea, desordenada y no planificada, los suelos agrícolas y ganaderos fueron sustituidos por paisajes urbanos a partir de 1960, primero por un proceso paulatino y, a partir de 1980, de forma explosiva, fenómeno que se extiende hasta nuestros días ([Pujol & Pérez, 2012](#), como se citó en [Acuña-Piedra y Miranda, 2021](#)).

Los cantones con mayor porcentaje de infraestructura son Tibás, San José y Heredia. Tibás tiene un 70 %, San José un 67 % y Heredia un 59 %. Cabe resaltar que estos últimos cantones son cabeceras de provincia. Estos porcentajes reflejan una alta concentración de desarrollo urbano y también registran una mayor densidad de poblacional. Desde el año 2011, el cantón de Tibás se ubicada en el primer puesto de mayor densidad de población

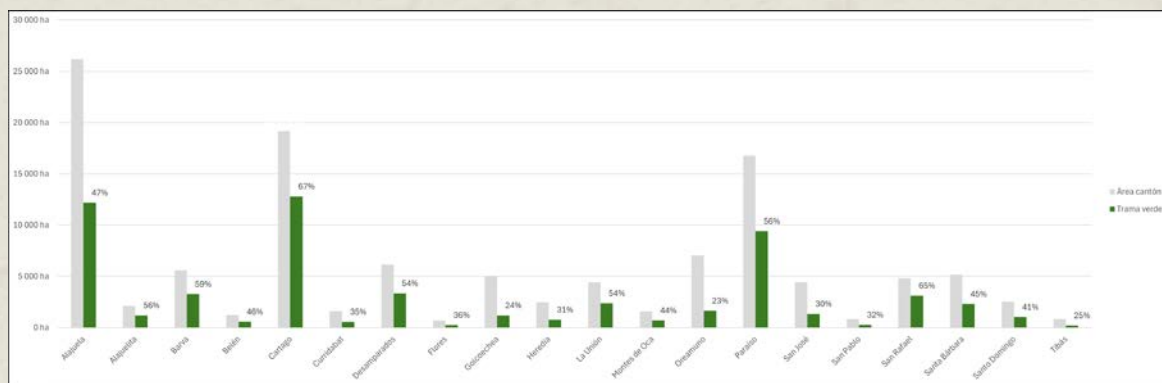


Figura 4. Distribución Trama verde por cantón.

en la GAM con más de 7 000 habitantes por kilómetro cuadrado; en el cantón de San José, se registraron de 6 000 a 7 000 habitantes por kilómetro cuadrado y en Heredia más de 5 000 habitantes por kilómetro cuadrado (Plan GAM, 2013).

Los cantones con menor porcentaje de infraestructura son Paraíso, Oreamuno y Santa Bárbara, con un 3 %, 8 % y 9 % respectivamente (Figura 5). Estos cantones destacan por ser unos de los territorios con mayor área dentro de la GAM. Paraíso tiene una extensión de 16 795 ha, Oreamuno de 7 066 ha y Santa Bárbara de 5 165 ha. Otra característica de estos territorios es que se encuentran en la periferia de la GAM, por lo que la densidad poblacional no supera los 1 000 habitantes por kilómetro cuadrado (Plan GAM, 2013). Aunado a esto, son cantones que dedican gran parte de su área en la producción agropecuaria; en el caso de Paraíso y Oreamuno a hortalizas y Santa Bárbara al cultivo de café (Wei-Salas y Durán-Quirós, 2015).

En el análisis de la categoría de paisajes productivos se identificó que el 25 % del área analizada se clasifica en esta categoría, lo que equivale a un total de 30 232 ha (Figura 3). El cantón con mayor porcentaje de paisajes productivos es Oreamuno con un 56 % de su superficie dedicada a actividades agrícolas, seguido por Santa Bárbara con un 46 % y Alajuela con un 34 % (Figura 6). Estos cantones se destacan por su producción agrícola, ganadera y de cultivos permanentes, como el café. El cantón de Oreamuno reportó más de 2 400 ha de hortalizas, Santa Bárbara alrededor de 1 600 ha de café y más de 500 ha de hortalizas y Alajuela tiene una fuerte actividad de siembra de hortalizas con más de 3 000 ha y el cultivo de café supera las 4 000 ha (Wei-Salas y Durán-Quirós, 2015).

Los paisajes productivos predominan en el área periurbana de la GAM. Morera *et al.* (2013) indican que “los sectores periurbanos en la ciudad implican un territorio que expresa una situación

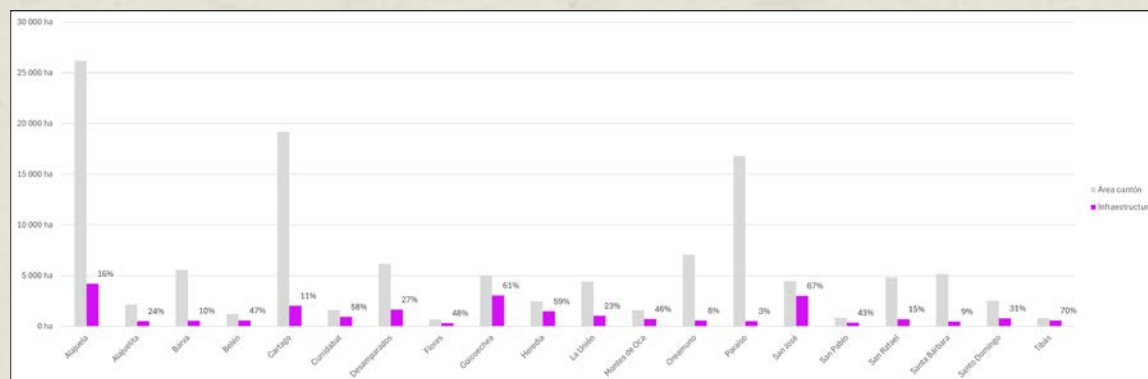


Figura 5. Distribución Infraestructura por cantón.

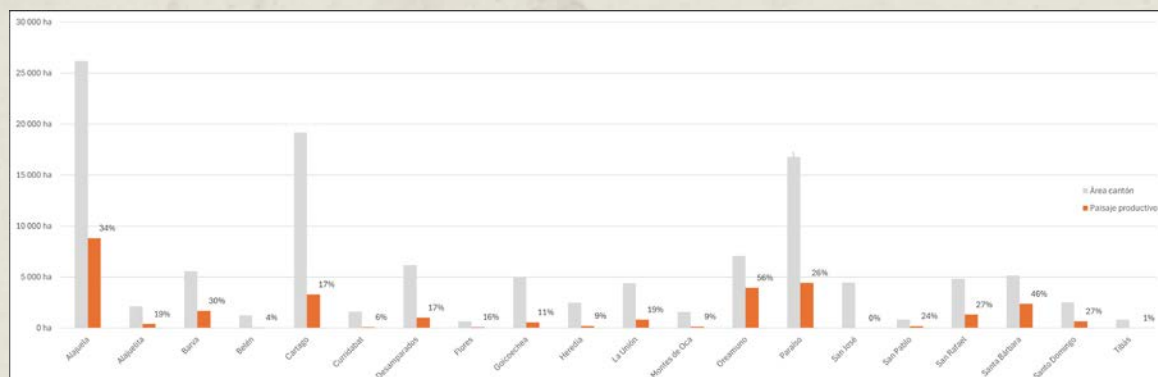


Figura 6. Distribución Paisaje productivo por cantón.

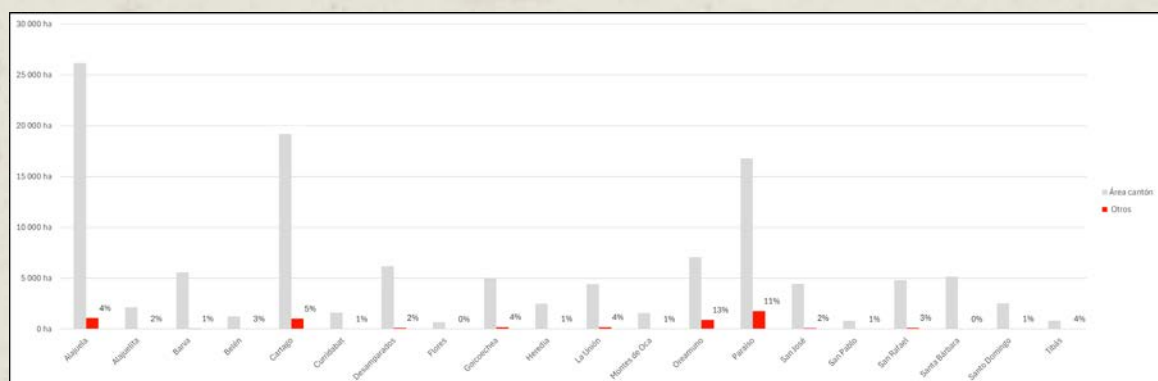


Figura 7. Distribución de otras categorías por cantón.

de interface entre el campo y la ciudad”. Estos espacios son importantes porque representan usos de la tierra, actividades económicas propias de un territorio. Además, estos paisajes permiten la conservación de la cubierta vegetal y los suelos, evitando su impermeabilización. También brindan algunos servicios ecosistémicos al entorno; sin embargo, son los sitios que tienen un alto potencial de enfrentar los cambios de usos de la tierra, ya que son terrenos orientados a ser urbanizados. A su vez, son espacios que se ven afectados muchas veces por factores

económicos relacionados con altibajos en los precios del sector agropecuario, lo que conlleva a la modificación de los usos de la tierra.

Las clases correspondientes a cuerpos de agua, áreas sin vegetación y las áreas no clasificadas, cubren un área de 5 782 ha, que equivale al 5 % del área total de estudio (**Figura 3**). Los cantones que tienen más área registrada con estas categorías son Oreamuno con un 13 %; Paraiso con el 11 % y Cartago con un 5 % del cantón (**Figura 7**). En el caso de las áreas no clasificadas es importante considerar

que, cuando se realicen próximos mapeos, se puedan encontrar imágenes satelitales que permitan observar el usos o cobertura de la tierra presentes, para un estudio completo de los territorios.

Los próximos pasos de la herramienta se centran en capacitar a las personas funcionarias de los municipios en el uso de la información generada por MOCUPP Urbano y en fortalecer sus conocimientos para que puedan crear sus propios datos, con el objetivo de contar con información actualizados para la toma de decisión en sus territorios.

Además, se puede concluir que la información geoespacial generada por MOCUPP Urbano marca un paso significativo hacia una transición efectiva a la economía verde urbana. Esta herramienta se perfila como un instrumento innovador y tecnológico, que permite brindar datos de los usos y cobertura de la tierra en el área urbana de Costa Rica. También, con estos datos, se pueden diseñar estrategias más efectivas para la conservación de áreas verdes, la promoción de infraestructuras sostenibles, la generación de procesos de renovación urbana y la mejora de la calidad de vida en las ciudades costarricenses.

Finalmente, es importante enfatizar que es una herramienta de acceso abierto y transparente, gracias a la publicación de los datos en la plataforma GeoExplora del Ministerio de Vivienda y Asentamientos Humanos (OET-PNUD-GEF, 2024).

Referencias

- Acuña-Piedra, J. F. y Miranda, M. (2021). Monitoreo de los cambios en el uso y cobertura del suelo paisaje urbano. *Ambientico*, (276), 20-25. <https://www.ambientico.una.ac.cr/revista-ambientico/monitoreo-de-los-cambios-en-el-uso-y-cobertura-del-suelo-del-paisaje-urbano/>
- Acuña-Piedra, J. F. y Padilla, C. (2023). Experiencias en el monitoreo de la trama verde con herramientas geoespaciales y reverdecimiento en el Corredor Biológico Interurbano María Aguilar (CBIMA). *Ambientico*, (284), 30-42. <https://www.ambientico.una.ac.cr/revista-ambientico/experiencias-en-el-monitoreo-de-la-trama-verde-con-herramientas-geoespaciales-y-reverdecimiento-en-el-corredor-biologico-interurbano-maria-aguilar-cbima/>
- Chuvieco, E. (2010). *Teledetección ambiental: La observación de la Tierra desde el espacio*. Editorial Ariel.
- Decreto Ejecutivo 40043-MINAE. (2017). [Ministerio de Ambiente y Energía]. *Regulación del Programa Nacional de Corredores Biológicos*. Diario Oficial La Gaceta, n.º 20, 27 de enero de 2017. http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=83609&nValor3=107552&strTipM=TC
- González, C. (2011). Áreas verdes en las ciudades: nuevas formas de entender la naturaleza urbana. *Ambienta: La revista del Ministerio de Medio Ambiente*, (97), 46-65. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3800774>
- Martínez, J., Montero, M., López, L. y De la Roca Chiapas, J. (2016). Efectos psicoambientales de las áreas verdes en la salud mental. *Interamerican Journal of Psychology*, 50(2), 204-2014. <https://www.redalyc.org/journal/284/28447010004/>
- Morera, C., Romero, M. y Sandoval, L. (2013). *Geografía, paisaje y conservación*. Universidad Nacional.
- Núñez, J. M. (2021). Análisis espacial de las áreas verdes urbanas de la Ciudad de México. *Economía, sociedad y territorio*, 21(67), 803-833. <https://doi.org/10.22136/est20211661>

- OET-PNUD-GEF. (2024). *MOCUPP Urbano en bibliografía*. Proyecto Transición a una economía verde urbana (TEVU). <https://geoexplora-mivah.opendata.arcgis.com/datasets/MIVAH::mocupp-urbano-2022/about>
- Plan GAM. 2013. *Mapa de densidad poblacional 2011*. Secretaría Técnica del Plan Nacional de Desarrollo Urbano 2013-2030. https://www.mivah.go.cr/Documentos/PlanGAM2013/03-CARTOGRAFIA/2_Vivienda_y_Equipamiento_Social/Densidad_Poblacional.pdf
- Rosales, A. (2016). *Leyenda CLC-CR para la generación de mapas de uso y cobertura de la tierra de Costa Rica (Leyenda Corine land cover versión Costa Rica v 1.0)*. Instituto de Innovación y Transferencia de Tecnología Agropecuaria (INTA), Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG). <https://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/P32-10829.pdf>
- Sandoval Rodríguez, D. I. (2021). *Identificación y análisis de los espacios verdes en el planeamiento urbanístico: aportes para la creación de un sistema ambiental* [Tesis de maestría no publicada]. Universitat Politècnica de Catalunya. <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/357237>
- Sistema Nacional de Monitoreo de la Cobertura y Uso de la Tierra y Ecosistemas (SIMOCUTE). (2023). *Sistema de Clasificación de la Cobertura y Uso de la Tierra para Costa Rica: versión 2.0*. San José, Costa Rica. H. Acevedo y Y. Villalobos (Eds.). https://simocute.go.cr/assets/documents/Sistema_de_Clasificaci%C3%B3n_Cobertura_y_Uso_v2.pdf
- Toribio, F. y Ramos, S. (2017). Naturaleza y ciudad. Perspectivas para la ordenación de la infraestructura verde en los planes territoriales metropolitanos en España. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, (74), 117-141. <https://doi.org/10.21138/bage.2447>
- Wei-Salas, S. y Durán-Quirós, A. (2015). Caracterización del uso del suelo en las principales áreas agrícolas de la Gran Área Metropolitana (GAM) de Costa Rica. *Agronomía Costarricense*, 39(1), 151-160. https://www.mag.go.cr/rev_agr/v39n01_149.pdf