

Caracterización parte baja de la microcuenca del río Tacó en la ciudad de Chiquimula

Characterization lower part of the Taco River micro-basin in the city of Chiquimula

Bussy Enmanuel Aldana López

Ingeniero en Administración de Tierras
Centro Universitario de Oriente
Universidad de San Carlos de Guatemala
bussyaldana@hotmail.com

<https://orcid.org/0009-0002-2435-2046>

Recibido: 15/02/2024

Aceptado: 16/05/2024

Publicado: 15/07/2024

Jeovani Joel Rosa Pérez

Doctor en Educación
Centro Universitario de Oriente, Universidad de San Carlos de Guatemala
jeovanirs@profesor.usac.edu.gt

<https://orcid.org/0000-0002-5883-146X>

Maris Arelis España Estrada

Maestra en ciencias de la Geoinformación y observación de la tierra mención información de tierras para la planificación del territorio.

Centro Universitario de Oriente
Universidad de San Carlos de Guatemala
marisespana@cunori.edu.gt

<https://orcid.org/0009-0006-8588-2605>

Victoria María Callén Valdés

Maestra en Urbanismo
Centro Universitario de Oriente, Universidad de San Carlos de Guatemala
callen.victoria@usac.edu.gt

<https://orcid.org/0009-0006-3066-3835>

Lorena Araceli Romero Payes

Maestra en Administración de Tierras

Centro Universitario de Oriente, Universidad de San Carlos de Guatemala

laromeropayes@cunori.edu.gt

<http://orcid.org/0009-0007-1639-2634>

Karen Siomara Osorio López

Maestra Derecho Mercantil y Competitividad

Centro Universitario de Oriente, Universidad de San Carlos de Guatemala

karenosorio@cunori.edu.gt

<https://orcid.org/0009-0003-2243-298X>

Víctor José Lobos Díaz

Ingeniero en Administración de Tierras

Centro Universitario de Oriente, Universidad de San Carlos de Guatemala

Victorjose009@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0005-7947-5600>

Alan Ramiro López Solares

Ingeniero en Administración de Tierras

Centro Universitario de Oriente, Universidad de San Carlos de Guatemala

Alansolares.chiquimula@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0000-9106-6854>

Referencia del artículo

Aldana López, B. E., Rosa Pérez, J. J., España Estrada, M. A., Callén Valdés, V. M., Romero Payes, L. A., Osorio López, K. S., Lobos Díaz, V. J. y López Solares, A. R. (2024). Caracterización parte baja de la microcuenca del río Tacó en la ciudad de Chiquimula. *Revista Diversidad Científica*, 4(2), 233-246.

DOI: <https://doi.org/10.36314/diversidad.v4i2.143>

Resumen

PROBLEMA: En el municipio de Chiquimula, la contaminación de los ríos es un fenómeno cotidiano, la microcuenca del río Tacó no es la excepción. A pesar de que es un problema social alarmante, se carecen de los estudios técnicos pertinentes para la gestión del territorio y especialmente del recurso hídrico. **OBJETIVO:** Contribuir a la gestión del territorio y al mejoramiento de la calidad del recurso hídrico en la microcuenca del río Tacó, brindando para ello, información técnica y geoespacial para la toma de decisiones a nivel del gobierno municipal, promoviendo con este estudio la sensibilización de la población en general. **MÉTODO:** el estudio se realizó a través de la caracterización de un segmento representativo de la parte baja de la microcuenca del río Tacó en la ciudad de Chiquimula, del que se recopiló información técnica y geoespacial. **RESULTADOS:** Un inventario predial de la población de influencia, delimitación y el modelo de elevación del terreno, la determinación de la calidad del agua superficial y el manejo de los desechos sólidos de un segmento representativo. **CONCLUSIÓN:** La contaminación del recurso hídrico es un tema de vital importancia para las autoridades municipales y para la población. Para su mitigación se hacen necesarias medidas técnicas, regulatorias y de sensibilización, es imperante la necesidad de proponer soluciones conjuntas y participativas entre los sectores involucrados.

Palabras clave: caracterización, contaminación, recurso hídrico, microcuenca, río Tacó

Abstract

PROBLEM: In the municipality of Chiquimula, river pollution is a daily phenomenon, the Tacó River micro-basin is no exception. Although it is an alarming social problem, the relevant technical studies for the management of the territory and especially water resources are lacking. **OBJECTIVE:** Contribute to the management of the territory and the improvement of the quality of the water resource in the Tacó River micro-basin, providing technical and geospatial information for decision-making at the municipal government level, promoting with this study the awareness of the general population. **METHOD:** the study was carried out through the characterization of a representative segment of the lower part of the Tacó River micro-basin in the city of Chiquimula, from which technical and geospatial information

was collected. **RESULTS:** A property inventory of the population of influence, delimitation and the land elevation model, determination of the quality of surface water and management of solid waste of a representative segment. **CONCLUSION:** The contamination of water resources is an issue of vital importance for municipal authorities and the population. To mitigate it, technical, regulatory and awareness measures are necessary; the need to propose joint and participatory solutions between the sectors involved is imperative.

Keywords: characterization, pollution, water resource, micro-basin, Tacó River

Introducción

El proyecto de investigación realizada para determinar la caracterización de la parte baja de la microcuenca del río Tacó fue financiada por IHE DELFT, NUFFIC, Ministry of Foreign Affairs y Proyecto HWMAN, logrando un Proyecto de gran impacto en el municipio de Chiquimula en la conservación del recurso hídrico y el desarrollo del territorio.

En el municipio de Chiquimula, la protección y conservación de la microcuenca del río Tacó es incipiente, la falta de políticas, planes, proyectos, regulaciones y actividades de educación ambiental al nivel municipal, gubernamental y poblacional es evidente. Contar con consensos de los actores locales e información técnica y científica es fundamental para desarrollar estrategias efectivas en el manejo y cuidado de los recursos hídricos y la gestión territorial en la zona baja. Desde la perspectiva ambiental como parte de la planificación territorial, es esencial conocer e interpretar el sistema de administración de tierras que impera y funciona tanto en la población como en las organizaciones en general, en el uso y manejo de sus recursos naturales.

La insensibilidad e indiferencia acerca de las consecuencias de la contaminación del río ha dado lugar a prácticas perjudiciales, como la liberación de aguas residuales (sin tratamiento), la presencia de vertederos no autorizados y la utilización de productos químicos. Esto genera un impacto negativo en la calidad del agua y su biodiversidad. Esta actitud en general está enmarcada dentro de los ámbitos del gobierno municipal, la academia, organizaciones gubernamentales y no gubernamentales y la población en general.

Para fortalecer las debilidades citadas anteriormente, se proponen herramientas básicas de la administración de tierras que provean acciones participativas sectoriales e información geoespacial actualizada (Williamson et al., 2014), entre las cuales vale la pena mencionar la cartografía básica, como instrumento que permita establecer mecanismos de sostenibilidad (Forero Patiño, 2015). Es un elemento clave en el desarrollo de programas y proyectos, a través del cual se enseña a leer y a escribir en términos territoriales para identificar problemas como señala Rodríguez Villegas (2020), proponer soluciones, extraer la información necesaria para el logro de los objetivos propuestos, aplicar los conocimientos a la realidad e implicarse de manera activa y consciente en su mejora y conservación.

El mapa como representación cartográfica es una forma de expresión, de representación y de sistematización del conocimiento (Álvarez Orellana, 2002). Ha contribuido a que una gran parte de la población considere la Geografía como la disciplina que se interesa por ellos y su localización. Por otra parte, desde el punto de vista didáctico, el mapa es un importante instrumento en el proceso del aprendizaje geográfico (Piumetto, 2020), porque su uso facilita el desarrollo de las destrezas cartográficas y la comprensión de las características del espacio y del funcionamiento del territorio.

Por lo anterior, es cada vez más importante la implementación de Sistemas de Información Territorial vinculados a bases de datos digitales de calidad, ya que son piezas esenciales en la instrumentación técnica, así como la Infraestructuras de Datos Espaciales (IDE), herramientas fundamentales para la divulgación, manejo y procesamiento de los datos y la generación e información territorial oportuna para los tomadores de decisiones. De esta forma, existe la necesidad latente de reconocer y emplear herramientas participativas que permitan explorar los activos para la salud a partir del reconocimiento del territorio por parte de la comunidad (Betancurth et al., 2020), debido a que ella, es parte esencial de los habitantes y el progreso en general de los pueblos.

Por otro lado, el tema hídrico es central en esta investigación. En el año 2009 se llevó a cabo una exploración sobre la contaminación que provocan las aguas servidas en la red hidrológica superficial de la ciudad de Chiquimula, los valores obtenidos del Índice de Calidad del Agua -ICA-evidenciaron que, en la corriente superficial del río que transita y atraviesa por la ciudad, se obtuvieron niveles de alta contaminación provocados por la descarga directas de desechos en general (García Álvarez, 2009), es decir, sin ningún tratamiento básico. Asimismo, en el año 2015 se llevó a cabo una caracterización sobre la calidad del agua en la red hidrológica superficial de la microcuenca del río Tacó donde se determinó que ésta no era apta para el consumo humano (King Calderón, 2017); y que, además, podría provocar efectos negativos en la salud de sus consumidores.

Se expresa un profundo agradecimiento a IHE DELFT, NUFFIC, Ministry of Foreign Affairs y el Proyecto HWMAN por su invaluable apoyo financiero a la investigación. Asimismo, se extiende el reconocimiento a la carrera de Ingeniería en Administración de Tierras, cuyo propósito educativo, de investigación y docencia ha sido fundamental para el desarrollo y éxito del proyecto. No se puede dejar de mencionar el loable esfuerzo del Centro Universitario de Occidente, cuya dedicación en la gestión del proyecto ha sido insuperable. Asimismo, se agradece de manera especial a los actores locales, cuya colaboración fue esencial en la ejecución de las actividades.

El principal objetivo de esta investigación consiste en contribuir a la gestión municipal, al desarrollo territorial y urbanístico sostenible de la microcuenca del río Tacó, ubicada en el municipio y departamento de Chiquimula, brindando para ello, información geoespacial básica que permita mejorar la gestión hídrica y el mejor manejo de los desechos sólidos, por lo tanto, mejorar el ICA. Además, promover la participación de los actores locales y el gobierno municipal en la sensibilización de la población local sobre buenas prácticas ambientales y la responsabilidad social, en el uso adecuado y la conservación sostenible de los recursos naturales, para garantizar un futuro más saludable y sostenible.

Materiales y métodos

Se emplearon diversas herramientas y tecnologías para llevar a cabo cada etapa, inicialmente, se utilizó el software QGIS 2.18 para definir el área de estudio, se desplegó un vehículo aéreo no tripulado dron marca DJI modelo Mavic Air 2 para capturar imágenes de alta resolución para la creación de ortofotomosaicos, curvas de nivel, modelos digitales de elevación y del terreno. Además, se empleó equipo con Sistema de Posicionamiento Global utilizando la técnica NTRIP para asegurar la precisión en la corrección y orientación de las imágenes obtenidas con el dron. Se emplearon formularios diseñados para la recopilación de información del inventario predial en la zona de estudio. Se utilizaron receptores navegadores y herramientas de geolocalización para determinar la ubicación de los vertederos no autorizados. Asimismo, se utilizaron recipientes especializados para la toma y traslado de las muestras de agua con el fin de realizar análisis y obtener los resultados necesarios para calcular el Índice de Calidad del Agua, brindando así una evaluación crítica del estado del recurso hídrico.

Resultados

El proceso del inventario predial fue ejecutado en la parte baja de la cuenta del río Tacó. Esta zona de estudio abarca un área de 24.09 hectáreas, que incluye un total de 548 predios clasificados en tres categorías: 204 que proporcionaron información sobre la gestión de

desechos sólidos, 53 sin uso, debido a la ausencia de construcciones residenciales y 291 sin información. Este último grupo se subdivide en dos subcategorías: 184 incomparecientes, donde los habitantes optaron por no proporcionar información durante la encuesta por no encontrarse de acuerdo con el proceso, falta de tiempo o hallarse ocupados en actividades domésticas; y 107 ausentes, donde durante las visitas de campo no fue posible localizar al poseedor del inmueble.

El área de estudio se localiza en dos zonas dentro del área urbana del municipio de Chiquimula. En relación con la descripción de los predios en esta área, se presentan los siguientes datos: para la zona 3, se llevó a cabo un inventario de 305 predios, lo que representa un 55.66% del total de predios en el área de estudio, abarcando una extensión territorial de 11.35 hectáreas; mientras que para la zona 4, se realizó un inventario de 243 predios, correspondientes al 34.44% y que representan una superficie de 12.74 hectáreas.

El uso predominante del suelo es el habitacional (82.85%), seguido por predios sin uso (9.67%), de uso mixto (3.47%), comercial (3.10%), de uso religioso (0.73%) y para estacionamiento de vehículos (0.18%). Sobre los niveles de construcción en cada inmueble, se encontró que los de un nivel predominan significativamente con el 76.09%, seguido por las edificaciones de dos niveles con un 13.69% y de tres niveles para el 0.55%. El resto corresponde a predios sin construcción (9.67%).

La población en esta área cuenta con construcción improvisada de viviendas lo que ha llevado a que familias numerosas habiten en espacios muy reducidos. De los 548 predios se identificó sobre la distribución de habitantes en las viviendas que el rango de 1 a 5 habitantes es el más común (23.54%), seguido por el de 6 a 10 habitantes (11.68%), de 11 a 15 habitantes (1.46%) y solo una minoría para el de 16 o más habitantes por vivienda (0.55%). Cabe resaltar que no se agregaron datos acerca de los predios sin ninguna construcción (9.67%) ni de los que no se dispone de información por denominarse incomparecientes o ausentes (53.10%).

La delimitación de la zona de riesgo mediante la integración de datos provenientes de archivos vectoriales y raster ejecutados con amortiguamiento con un alcance de 50 metros lineales desde el centro de la microcuenca del río Tacó que tuvo en cuenta el Modelo Digital del Terreno y las curvas de nivel permitió identificar 157 predios que presentan vulnerabilidad ante inundaciones. El uso predominante del suelo en esta zona de riesgo es el habitacional (116 predios), de los cuales 113 corresponden a construcciones de un nivel, mientras que 3 inmuebles cuentan con 2 niveles, lo que evidencia que este escenario vulnera directamente a una estimación de 628 personas.

En cuanto al manejo de los desechos sólidos, se han identificado 171 viviendas donde los habitantes generan principalmente desechos inorgánicos (31.20%) y 33 donde se produce una mayor cantidad de desechos orgánicos (6.02%). Sobre la cantidad de bolsas de 30 litros de basura que la población del sector genera semanalmente, se encontró que 12.23% recolecta una sola bolsa de basura, 5.15% indicó recolectar dos bolsas, para 5.47% se registraron tres bolsas de basura y 4.38% mencionó que más de tres. De la práctica de clasificación de los desechos sólidos entre los habitantes, 13.50%, declaró que sí realizan la actividad de clasificación de los desechos sólidos, mientras 23.72%, reportó que no.

Dentro de los 74 predios donde se lleva a cabo la clasificación de los desechos sólidos, se observaron distintas prácticas de clasificación: 11.68% optan por clasificar los desechos en diferentes tipos de bolsas y 1.82% realizan la clasificación de desechos utilizando contenedores de colores. Además, 10.04% de los habitantes declararon que realizan procesos de producción de aboneras orgánicas con el propósito de obtener ingresos de capital en sus hogares. El servicio de tren de aseo privado realiza la recolección de desechos una vez por semana, y el día específico de recolección varía según la ubicación en el área.

Se identificó que el 30.11% de los residentes informaron que desechan sus residuos una vez por semana, 6.39% dos veces por semana y 3.36% declaró deshacerse de sus desechos diariamente. Sobre los métodos de desecho, el 6.93% informó que utilizan el servicio de recolección de basura proporcionado por el camión municipal, 20.44% opta por servicios privados para la recolección de sus desechos, 4.38% los quema como método de eliminación, 4.01% los arroja directamente al río Tacó y 1.28% la entierra, incluyendo tanto desechos orgánicos como inorgánicos. Por otra parte, 26.64% de la muestra declaró tener acceso a un servicio de drenaje adecuado, mientras que el 10.58%, manifestó no disponer de un servicio de drenaje adecuado.

En el área de estudio, se han identificado 29 puntos de contaminación que ejercen un impacto negativo en el río Tacó; de los cuales 24 corresponden a desechos sólidos inorgánicos, 3 a aguas residuales y 2 a desechos de materiales de construcción. Además, un análisis detallado de la topografía en el área de estudio reveló que la microcuenca de la parte baja del río Tacó tiene una elevación de 435 metros, mientras que en el área más alta se registra una elevación de 485 metros.

De las 7 muestras de agua, 5 de la parte baja de la microcuenca del río Tacó y 2 de la planta de tratamiento de aguas, sobre el Índice de Calidad del Agua se encontró que cuando el caudal ingresa al área urbana de la cabecera departamental de Chiquimula, se ve fuertemente afectado por la contaminación generada por la población. Aunque el resultado del ICA en la planta de tratamiento se encuentra en el rango de "Excelente" (90-100), está en el límite inferior de la categoría denominada "Levemente contaminada".

El monitoreo de la calidad del agua en la microcuenca del río Tacó revela una variabilidad significativa en los índices de calidad. En la etapa de captación, se registra un índice de 52.49, indicando una calidad considerada como regular. Sin embargo, a medida que el agua avanza hacia el Valle Nuevo, Colonia Maestro y el Cementerio, INTECAP y el punto de desfogue, los índices descienden a niveles preocupantes, oscilando entre 46.37 y 49.07, clasificados como malos según el estándar de Bronw en 1970. La situación mejora sustancialmente en la planta de tratamiento, donde la calidad se eleva considerablemente, alcanzando un índice de 77.90 en la salida sin cloración y un destacable 90.43 con el proceso de cloración, catalogándose como buena y excelente respectivamente.

Discusión

Los resultados de la vulnerabilidad ante inundaciones enfatizan la necesidad de implementar medidas de prevención y gestión de riesgos en la planificación urbana para salvaguardar a la población afectada (Cajigal Molina y Maldonado González, 2020). La identificación de predios sin uso, principalmente en las orillas de la microcuenca del río Tacó, denota la urgencia de un plan de ordenamiento territorial para una gestión sostenible, beneficiando a la comunidad y al entorno ambiental.

Además, la distribución de habitantes por tipo de vivienda arroja información esencial para la planificación urbana y el desarrollo adecuado de políticas (Pírez, 2013). Los datos detallados sobre el uso del suelo proporcionan una sólida base para decisiones informadas sobre desarrollo urbanístico y gobernanza (Glückler et al., 2019). En este contexto, la clasificación de desechos sólidos destaca la necesidad de promover prácticas de gestión más efectivas y sostenibles en la comunidad del área estudiada, contribuyendo a una mejora en la calidad de vida y al cuidado del medio ambiente.

La comparación de los resultados del Índice de Calidad del Agua en la microcuenca del río Tacó con los datos obtenidos en estudios previos realizados en los años 2009 y 2015 (García Álvarez, 2009; King Calderón, 2017) revela una preocupante tendencia a la disminución. Este deterioro se atribuye al incremento de la población y a una gestión inadecuada de los desechos sólidos y aguas residuales en la zona. Estos factores combinados están ejerciendo una presión significativa sobre la calidad del agua en la microcuenca, dejando como evidencia la urgente necesidad de implementar medidas efectivas para revertir esta tendencia y preservar el recurso hídrico para las generaciones futuras.

Conclusión

Un porcentaje significativo de predios (9.67%) no utiliza el servicio de tren de aseo ni se encuentra conectado al sistema de drenaje. Además, se detectó que un 4.38% de los habitantes queman sus desechos, mientras que un 5.29% entierra o arroja sus desechos sólidos y aguas residuales directamente al cauce del río, agravando la contaminación del recurso hídrico y el entorno ambiental. La presencia de 29 vertederos no autorizados en la zona y la contaminación notoria al ingresar al área urbana del río Tacó refuerzan la necesidad urgente de gestión adecuada de desechos. También se constató que la calidad del agua en la planta de tratamiento está en el rango de 90-100, indicando un estado excelente, pero al límite de estar levemente contaminada.

Agradecimientos

Agradecimiento a IHE DELFT, NUFFIC, Ministry of Foreign Affairs y Proyecto HWMAN: por su apoyo para la ejecución de esta investigación. Asimismo, a la carrera de Administración de Tierras del Centro Universitario de Oriente y a los actores locales de la población por su valiosa colaboración.

Referencias

- Álvarez Orellana, M. F. (2002). El mapa y la formación del profesorado, aportaciones sobre la cartografía en revistas y sugerencias bibliográficas. *Didáctica Geográfica*, (5), 11-41. <https://didacticageografica.age-geografia.es/index.php/didacticageografica/article/view/171>
- Betancurth Loaiza, D. P., Vélez Álvarez, C., y Sánchez Palacio, N. (2020). Cartografía social: construyendo territorio a partir de los activos comunitarios en salud. *Entramado*, 16(1), 138-151. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1900-38032020000100138
- Cajigal Molina, E., y Maldonado González, A. L. (2019). Metodología para el análisis de vulnerabilidad ante inundaciones. Un ejercicio emergente ante el cambio climático. *Economía, Sociedad y Territorio*, 19(61), 543-574. <https://doi.org/10.22136/est20191342>
- Forero Patiño, N. (2015). La cartografía social como herramienta de articulación entre la planeación territorial y la gestión socioambiental: caso Cuenca Río Salitre, Bogotá D.C. [Tesis de licenciatura, Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales, Facultad de Ingenierías]. Repositorio de la Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales. <https://>

repository.udca.edu.co/bitstream/handle/11158/413/LA%20CARTOGRAF%C3%A1%20SOCIAL%20COMO%20HERRAMIENTA%20DE%20ARTICULACION%20ENTRE%20LA%20PLANEACION%20TERRITORIAL%20Y%20LA%20GESTION%20AMBIENTAL.pdf;jsessionid=71AE8ADB997FEF253DFD1D08CA8888E5?sequence=1

García Álvarez, M. G. (2009). Determinación de las zonas potenciales de recarga hídrica en las subcuencas de los ríos Tacó y Shusho, municipio de Chiquimula, departamento de Chiquimula [Tesis de licenciatura, Universidad San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía]. Repositorio del Sistema Bibliotecario de la Universidad San Carlos de Guatemala. <http://www.repositorio.usac.edu.gt/2933/1/19%20A%20T-1362-690.pdf>

Glückler, J., Rehner, J., y Handke, M. (2019). Gobernanza, redes y territorio. *Revista de geografía Norte Grande*, (74), 5-20. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-34022019000300005>

King Calderón, J. N. (2017). Caracterización de la calidad del agua en la red hidrológica superficial de las microcuencas del río San José, Shutaque, Tacó y Shusho en el departamento de Chiquimula 2015 [Tesis de licenciatura, Universidad de San Carlos de Guatemala, Centro Universitario de Oriente]. Biblioteca virtual del Sitio oficial del Centro Universitario de Oriente. https://hksoluciones.sfo2.digitaloceanspaces.com/hksoluciones/tesisusac/libros/CD_2464-INGENIER%C3%8DA_EN_GESTI%C3%93N_AMBIENTAL_LOCAL.pdf?X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Credential=EDVVKX7GE6M4PQ6FC2BS%2F20230127%2Fus-east-1%2Fs3%2Faws4_request&X-Amz-Date=20230127T032327Z&X-Amz-Expires=3600&X-Amz-SignedHeaders=host&X-Amz-Signature=8a18fd1d325613e3f632e15e1bd8d64fa6a0f9aeb5786375f5b795ae4ca37580

Pérez, P. (2013). La urbanización y la política de los servicios urbanos en América Latina. *Andamios*, 10(22), 45-67. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-00632013000200004&lng=es&tng=es.

Piometto, M. (2020). La innovación como clave para la actualización de valores: el caso de la provincia de Córdoba. En H. Eguino y D. Erba (Eds.), *Catastro, valoración inmobiliaria y tributación municipal: experiencias para mejorar su articulación y efectividad* (pp. 42-56). Banco Interamericano de Desarrollo. <https://publications.iadb.org/publications/spanish/viewer/Catastro-valoracion-inmobiliaria-y-tributacion-municipal-Experiencias-para-mejorar-su-articulacion-y-efectividad.pdf>

Rodríguez Villegas, M. (2020). La cartografía temática como herramienta para la enseñanza del desarrollo sostenible [Tesis de maestría, Universidad Zaragoza, Máster Universitario en

Profesorado de Educación Secundaria Obligatoria, Formación Profesional y Enseñanzas de Idiomas, Artísticas y Deportivas]. Repositorio Institucional de Documentos de la Universidad de Zaragoza. <https://zaguan.unizar.es/record/97645/files/TAZ-TFM-2020-500.pdf>

Williamson, I., Enemark, S., Wallace, J. y Rajabifard, A. (2014). La teoría moderna de la administración de la tierra. En Administración de la tierra para un desarrollo sostenible (pp. 130-155). ESRI Press Academic. https://vbn.aau.dk/ws/portalfiles/portal/209536788/LandAdministration_Spanish.pdf

Sobre los autores **Bussy Enmanuel Aldana López**

Ingeniero en Administración de Tierras, graduado del Centro Universitario de Oriente (CUNORI). Se desempeña en el ámbito de la gestión territorial en el Registro de Información Catastral de Guatemala, donde ejerce el cargo de Supervisor de Sistemas de Información Geográfica en la Dirección Municipal de Zacapa-Chiquimula. Supervisar y coordinar actividades relacionadas con la recopilación, procesamiento y análisis de datos geoespaciales lo que implica la gestión de información catastral, generación de productos y servicios, y la aplicación de tecnologías geoespaciales para el ordenamiento territorial y la planificación urbana y rural.

Jeovani Joel Rosa Pérez

Profesor Titular del CUNORI de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Técnico en Producción Agrícola. CUNORI-USAC. Ingeniero Agrónomo, Posgrado en Administración de Tierras. FAUSAC-USAC. Posgrado en Infraestructura de Datos Espaciales. ITC-HOLANDA. Magister en Gerencia de la Agricultura Sostenible y los Recursos Naturales. Universidad Rafael Landívar de Guatemala. Licenciatura en Teología. Universidad Panamericana. Doctor en Investigación en Educación por la Universidad de San Carlos Guatemala. Especialización en complejidad y transdisciplinariedad. CIID Colombia. Coordinador de la Carrera de Administración de Tierras CUNORI-USAC. Coordinador del Doctorado en Investigación en Educación CUNORI-USAC.

Maris Arelis España Estrada

Profesor en el CUNORI de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Profesor en la Universidad Mariano Gálvez de Guatemala.

Victoria María Callén Valdés

Profesora Titular en CUNORI de la Universidad de San Carlos de Guatemala, Maestra en Urbanismo por la Universidad Nacional Autónoma de México, Arquitecta por la Facultad de Arquitectura de la Universidad de San Carlos de Guatemala, Especialista en Políticas de Suelo urbano, por la Universidad Centroamericana José Simeón Cañas, de San Salvador y el Lincoln Institute of Land Policy, Valuadora autorizada de Bienes Inmuebles, extendido por el Ministerio de Finanzas Públicas, Dirección de Catastro y Avalúo de Bienes Inmuebles –DICABI-, Experiencia profesional como docente en la Universidad Mariano Gálvez y la Universidad Rafael Landívar, Extensión Zacapa. Investigaciones sobre mercado de tierras y valor de suelo urbano; legislación y desarrollo urbano y paisajismo, Profesora Titular, en el CUNORI de la Universidad de San Carlos de Guatemala, Miembro y coordinadora para Guatemala de la Red Académica Latinoamericana de Catastro Multifinalitario –RACAM-, doctorante en Desarrollo Territorial y problemas Transfronterizos de la Universidad de San Carlos de Guatemala y la Universidad Autónoma de Chiapas.

Lorena Araceli Romero Payes

Profesora del CUNORI en la Universidad de San Carlos de Guatemala, Maestra en Administrador de Tierras para el Desarrollo Sostenibles de la FAUSAC de la Universidad de San Carlos de Guatemala, doctorante en Desarrollo Territorial y problemas Transfronterizos de la Universidad de San Carlos de Guatemala y la Universidad Autónoma de Chiapas.

Karen Siomara Osorio López

Profesora del CUNORI en la Universidad de San Carlos de Guatemala, Maestra Derecho Mercantil y Competitividad, doctorante en Desarrollo Territorial y problemas Transfronterizos de la Universidad de San Carlos de Guatemala y la Universidad Autónoma de Chiapas.

Víctor José Lobos Díaz

Ingeniero en Administración de Tierras, graduado del Centro Universitario de Oriente (CUNORI).

Alan Ramiro López Solares

Egresado de la carrera de Administración de Tierras y actualmente desempeño mi labor en el Condado La Pradera Chiquimula, donde me dedico al diseño de proyectos de urbanización. Mi formación académica y mi experiencia profesional me han brindado las habilidades

necesarias para contribuir de manera efectiva al desarrollo y ejecución de proyectos que impactan positivamente en nuestra comunidad y en el entorno urbano.

Financiamiento de la investigación

IHE DELFT, NUFFIC, Ministry of Foreign Affairs y Proyecto HWMAN

Declaración de intereses

Declara no tener ningún conflicto de intereses, que puedan haber influido en los resultados obtenidos o las interpretaciones propuestas.

Declaración de consentimiento informado

El estudio se realizó respetando el Código de ética y buenas prácticas editoriales de publicación.

Derechos de uso

Copyright (c) 2024 Bussy Enmanuel Aldana López, Jeovani Joel Rosa Pérez, Maris Arelis España Estrada, Victoria María Callén Valdés, Lorena Araceli Romero Payes, Karen Xiomara Osorio López, Víctor José Lobos Díaz y Alan Ramiro López Solares.



Este texto está protegido por una licencia [Creative Commons 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Usted es libre para compartir, copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato y adaptar el documento, remezclar, transformar y crear a partir del material para cualquier propósito, incluso comercialmente, siempre que cumpla la condición de **atribución**: usted debe reconocer el crédito de una obra de manera adecuada, proporcionar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que tiene el apoyo del licenciante o lo recibe por el uso que hace.