

Análisis de Cobertura y Uso del Suelo en la Parroquia de San Antonio de Pichincha

Andrea Zotaminga¹; Teresa Palacios Cabrera²

Resumen

La parroquia de San Antonio de Pichincha, situada al norte de la ciudad de Quito, Ecuador, ha experimentado importantes cambios en su cobertura y uso del suelo en las últimas décadas. Estos cambios, impulsados principalmente por el crecimiento urbano y la expansión de la infraestructura, han tenido un impacto significativo en el paisaje y en el medio ambiente de la zona. En San Antonio de Pichincha, hay dos factores principales que causan la erosión del suelo: la erosión hídrica y la erosión provocada por la actividad minera o la deforestación. La actividad minera y la deforestación pueden dar lugar a deslizamientos de tierra y a la dispersión de material pétreo en el aire, lo que constituye una amenaza adicional. En este artículo, se analizan los principales cambios de cobertura y uso del suelo en la parroquia de San Antonio de Pichincha, con un enfoque en el periodo comprendido entre 2000- 2010 y 2010 - 2021.

Palabras claves: uso de suelo, cobertura vegetal, NDVI.

Land Cover and Land Use Analysis in San Antonio de Pichincha Parish

Abstract

The parish of San Antonio de Pichincha, located north of the city of Quito, Ecuador, has experienced significant changes in its land cover and land use in recent decades. These changes, driven mainly by urban growth and infrastructure expansion, have had a significant impact on the landscape and environment of the area.

In San Antonio de Pichincha, there are two main factors that cause soil erosion: water erosion and erosion caused by mining activity or deforestation. Mining activity and deforestation can lead to landslides and the dispersion of stony material into the air, which is an additional threat (GAD SAP, 2020). In this article, the main changes in land cover and land use in the parish of San Antonio de Pichincha are analyzed, with a focus on the period between 2000- 2010 and 2010 - 2021.

Keywords: land use, vegetation cover, NDVI.

Recibido: 27 de febrero de 2024

Aceptado: 20 de abril de 2024

¹ <https://orcid.org/0009-0007-7977-8163> ajzotaminga@uce.edu.ec; Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ingeniería en Geología, Minas, Petróleos y Ambiental, Carrera de Ingeniería Ambiental

² <https://orcid.org/0000-0001-6223-0141>; tapalacios@uce.edu.ec; Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ingeniería en Geología, Minas, Petróleos y Ambiental, Carrera de Ingeniería Ambiental

I. INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, ha habido un aumento significativo en la conciencia global y nacional sobre los problemas ambientales y la importancia de la preservación de la naturaleza para garantizar la supervivencia en nuestro planeta (Macanchi, 2019). Esta creciente atención refleja la comprensión de la interacción crucial entre la naturaleza y la sociedad, un tema central en la geografía, que integra el espacio al combinar varios elementos. Estos componentes son fundamentales para mantener un equilibrio entre las actividades humanas y el medio ambiente (Morales-Hernández et al., 2016).

La existencia de plantas en cualquier parte del mundo desempeña un papel fundamental en el ciclo hidrológico, incluyendo el almacenamiento de agua, la liberación durante la evapotranspiración y la condensación del punto de rocío (MINISTERIO DE TURISMO EC, 2015). Además, las plantas influyen en el balance de radiación y energía, así como en la dinámica de los vientos, todos estos aspectos interactúan para influir en el clima regional. Sin embargo, este complejo y delicado equilibrio natural ha sido alterado por la actividad humana, especialmente a través de la modificación del uso del suelo para el desarrollo de áreas urbanas extensas (Urbina & Martínez, 2006).

La cobertura de la tierra se refiere a los elementos físicos presentes en la superficie terrestre, como campos de cultivo, lagos y bosques, mientras que el uso de la tierra se relaciona con las actividades humanas o funciones económicas asociadas con una porción específica del suelo (MATE, 2015).

La cartografía de la tierra es una aplicación clásica de la teledetección, que utiliza fotos aéreas e imágenes espaciales de diferentes momentos en el tiempo. Mediante el uso de herramientas como las técnicas de detección de cambios, es posible identificar y representar cambios en el territorio

estudiado. Estos análisis a lo largo del tiempo permiten hacer predicciones, prevenir problemas, diagnosticar situaciones y monitorear elementos naturales, además de evaluar los cambios en los tipos de uso del territorio de manera cualitativa y cuantitativa (Luque Revuelto, 2011).

Se ha observado un aumento significativo en las herramientas disponibles y su uso para monitorear la cobertura vegetal y gestionar bosques y sistemas de vegetación natural. Estas herramientas, tanto directas como indirectas, permiten cuantificar y rastrear la cobertura vegetal de manera efectiva. En particular, el uso de imágenes multiespectrales y sistemas de información geográfica ha ganado relevancia en las últimas décadas, ya que apoyan estudios relacionados con la vegetación, la erosión y la degradación del suelo (Pacheco, et al., 2020).

Dada esta problemática y considerando lo anterior, el objetivo de este estudio fue examinar y describir los cambios en la cobertura vegetal y el uso del suelo en la Parroquia de San Antonio para los años 2000, 2010 y 2021. Se empleó el procesamiento de imágenes digitales Landsat y un Sistema de Información Geográfica (SIG) para este fin, con el propósito de crear mapas digitales que representen estas coberturas y usos del suelo en la Parroquia de San Antonio durante los años mencionados.

II. METODOLOGÍA

Delimitación de zona de estudio

San Antonio de Pichincha es una parroquia que está situada al norte de la ciudad de Quito, Ecuador, en el centro mismo de la Mitad del Mundo, cuenta con una población de aproximadamente 65.000 habitantes (San Antonio Virtual, 2019). Posee superficie de 116,26 kilómetros cuadrados y se encuentra a 2.439 metros sobre el nivel del mar. La parroquia fue creada en 1901, durante la presidencia de Leónidas Plaza (Infocentro San Antonio de Pichincha, 2019).

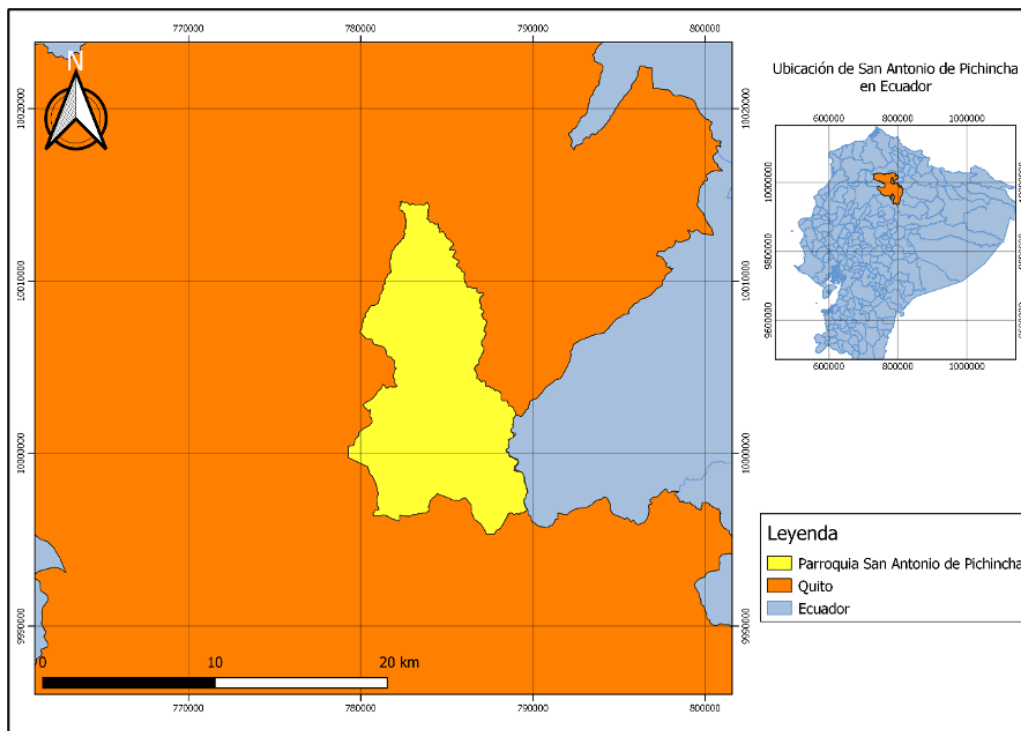


Figura 1. Ubicación geográfica parroquia San Antonio de Pichincha

Conjunto de datos

Para llevar a cabo este análisis, se utilizó información de imágenes de satélite disponibles en plataformas como Google Earth Engine y Landsat, se emplearon datos del repositorio de Google Earth Engine (GEE), una plataforma en línea que permite el procesamiento rápido de grandes volúmenes de datos de teledetección. Dentro de esta plataforma, se accedió al conjunto de datos Moderate-resolution Imaging Spectroradiometer-NDVI, del cual se obtuvieron observaciones con una frecuencia de 16 días, los cuales permitieron identificar y cuantificar los cambios en la cobertura y uso del suelo en la parroquia de San Antonio de Pichincha (Sarmiento, 2022). Los cuales permitieron identificar y cuantificar los cambios en la cobertura y uso del suelo en la parroquia de San Antonio de Pichincha. Se realizaron análisis comparativos de las imágenes de diferentes años para identificar áreas de cambio y se utilizaron técnicas de clasificación de imágenes para determinar la cobertura y uso del suelo en cada período (GISGeography, 2023).

La vegetación constituye uno de los componentes

del medio físico de la mayor importancia para el equilibrio del medio ambiente. Se trata de un recurso con un valor intrínseco (agricultura, pastos, bosques). Por otro lado, la cubierta vegetal juega un papel decisivo para el adecuado mantenimiento de otros muchos recursos (fauna, suelos, paisaje) (Alonso, 2021).

Se utilizó la información oficial para crear el mapa base que muestra los cambios en el uso del suelo. Para identificar la vegetación presente en el área de estudio, se llevó a cabo un análisis del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada Verde (NDVI).

El Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) mide el verdor y la densidad de la vegetación captada en una imagen de satélite. La vegetación sana tiene una curva de reflectancia espectral muy característica de la que podemos sacar partido calculando la diferencia entre dos bandas: la del rojo visible y la del infrarrojo cercano. El NDVI es esa diferencia expresada numéricamente entre -1 y 1 (EOS DATA ANALYTICS, 2024).

El cálculo genérico del NDVI se muestra en esta fórmula:

$$NDVI = \frac{NIR - VIS}{NIR + VIS} \quad (1)$$

Donde:

VIS = Rojo Visible

NIR = Infrarrojo Cercano

Los valores de NDVI son el reflejo de la relación de la banda roja y una banda en el infrarrojo cercano (NIR). Por lo tanto, en la vegetación la banda roja se ve influenciada por la cantidad de clorofilas, mientras que la banda NIR es influenciada por el contenido de agua (Olivares & López-beltrán, 2019)

Tabla 1. Insumos para la elaboración de mapas de cobertura y uso de suelo

| Cantidad | Insumo | Año | Resolución espacial | Fuente |
|----------|-----------------|------|---------------------|--------|
| 1 | Imagen satélite | 2000 | 30 m | GEE |
| 1 | Imagen satélite | 2010 | 30 m | GEE |
| 1 | Imagen satélite | 2021 | 30 m | GEE |

Fuente: Elaboración propia

Uso del suelo y cobertura vegetal

En concreto, seguida por la obtención de datos, el enmascaramiento de nubes y la aplicación de un método de clasificación para identificar los elementos presentes en la información geoespacial (Tamayo, 2021).

El análisis de series temporales de imágenes de satélite proporciona información clave sobre los cambios en el uso del suelo y la expansión urbana (Fernandez, 2020).

Las series temporales son un conjunto de datos u observaciones que hacen referencia a una o varias variables que están ordenadas cronológicamente, las series temporales se recogen en periodos de tiempo adyacentes, por esta razón pueden tener algún tipo de correlación. Este conocimiento es fundamental para el uso sostenible del suelo, ya que permite una configuración adecuada de diferentes usos (agricultura, silvicultura, áreas urbanas, etc.), lo que a su vez garantiza la conservación del suelo a largo plazo y el equilibrio del ecosistema. La planificación y gestión basadas en series temporales de datos satelitales pueden mejorar la urbanización, las infraestructuras en la parroquia (Cabanillas et al., 2012).

III. RESULTADOS

La cobertura vegetal representa uno de los elementos más sensibles al cambio climático, por cuanto juega un rol fundamental en el ciclo del carbono y nitrógeno, así como en el balance de masas y energía a nivel de los ecosistemas (Pacheco et al., 2014).

La dinámica de la vegetación se analizó empleando el NDVI como indicador, encontrando diferencias significativas para los años

Durante el periodo de estudio, se observaron varios cambios significativos en la cobertura y uso del suelo en la parroquia de San Antonio de Pichincha. Uno de los cambios más notables fue la expansión urbana, con un aumento en la superficie dedicada a la vivienda, comercio e infraestructura vial. Esta expansión urbana ha generado una disminución en la superficie de áreas verdes y agrícolas, así como en la cobertura vegetal natural (Tarazona, 2018).

La Parroquia de San Antonio de Pichincha tiene una población aproximada de 32,357 habitantes. El crecimiento urbano desmesurado ha provocado una distribución dispersa y no consolidada de predios en la parroquia. Según el censo de 2010 y los cálculos del GAD de San Antonio de Pichincha, se estima que hay 15,912 y 16,445 mujeres, respectivamente (Risueño, 2020).

El área del proyecto está mayormente compuesta por sedimentos de origen volcánico, principalmente partículas finas con algunas arenas de grano fino y bajos niveles de humedad debido a la infiltración y escorrentía de aguas superficiales. Estos sedimentos consisten principalmente en arenas de grano medio a fino y limos con baja plasticidad, unidos por arcillas amorfas. Estos suelos forman parte de la formación cangahua, originada por la caída de cenizas volcánicas (GAD SAP, 2020). Estos materiales contienen partículas finas, principalmente limos y arenas de diámetros

milimétricos, con varios porcentajes de lapilli en forma de granos de pómez. La presencia de materia orgánica y vegetal en la superficie y zonas de relleno es escasa.

Tabla 2. Características del suelo

| Cantidad | Insumo |
|------------------------|---|
| Areno francoso | Suelos areno francosos, drenaje excesivo, muy superficial, ph neutro, fertilidad baja |
| Franco | Suelos francos en la superficie y franco arcillosos a profundidad, de color oscuro, drenaje moderado, poco profundos, ph ligeramente ácido, fertilidad alta |
| Franco arenoso | Suelos franco arenosos en superficie y areno francosos a profundidad, presencia de grava fina, fertilidad baja |
| Franco arcillo arenoso | Suelos franco arcillo-arenosos en la superficie y a profundidad, poca pedregosidad, ph neutro, fertilidad baja |

Fuente: (IGM, s.f.)

No hay signos de inestabilidad global en el terreno, y los niveles freáticos no están cerca de la superficie en ninguna parte del área. La capa superior del suelo está compuesta por gravas y cantos de tamaños centimétricos y decimétricos en pequeñas proporciones, dentro de una matriz de arena limosa y húmeda (Plan habitacional San Antonio, 2018).

IV. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En el análisis de los resultados de la imagen satelital para el periodo evaluado, se observa que los valores predominantes se encuentran cercanos o menores a 0.1 en el índice NDVI. Estos valores indican áreas con escasa o nula vegetación, como rocas, suelo descubierto o áreas con poca cobertura vegetal.

Esto puede deberse a la presencia de vegetación baja o escasa, como pastizales dispersos o arbustos dispersos.

Por otro lado, la ausencia de valores moderados (de 0.2 a 0.3) indica una baja presencia de arbustos y praderas en el área estudiada. Esto puede ser indicativo de una vegetación poco densa o degradada en estas áreas.

Además, encontramos que estos valores bajos de NDVI se encuentran más representativos en los años 2010 a 2024 que también estaban asociados con áreas degradadas o afectadas por actividades humanas, como la deforestación, la agricultura intensiva o la urbanización. Estas áreas mostraban una pérdida significativa de biodiversidad y servicios ecosistémicos, lo que resalta la importancia de monitorear y gestionar adecuadamente el uso del suelo en la región.

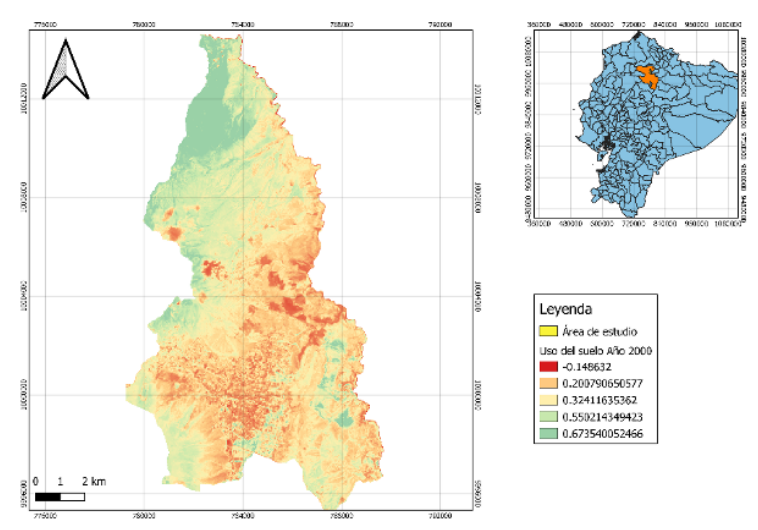


Figura 2. Uso y cobertura del suelo año 2000

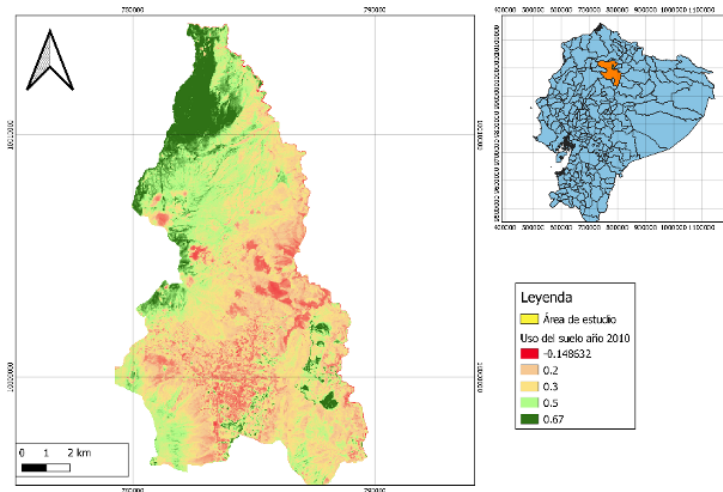


Figura 3. Uso y cobertura del suelo año 2010

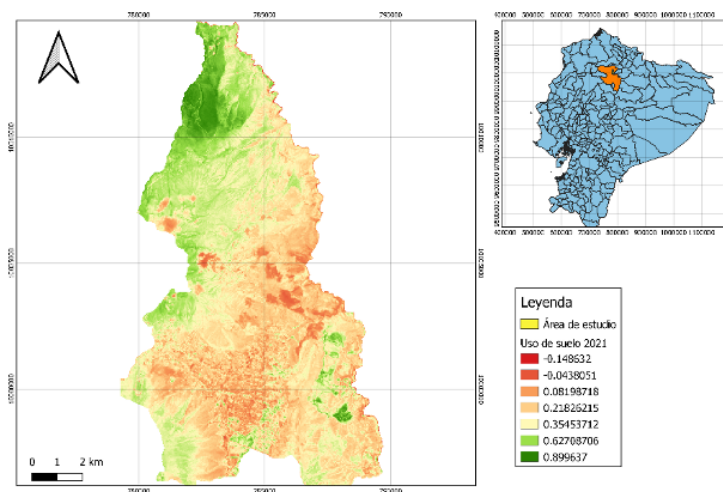


Figura 4. Uso y cobertura del suelo año 2021

Series de tiempo

Un análisis de series de tiempo del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) para San Antonio de Pichincha entre los años 2000 y 2010 revela una tendencia notable. En el año 2000, se observa un NDVI relativamente bajo en comparación con el período cercano a 2006-2008, donde se registra un aumento progresivo en los valores de NDVI. Este patrón sugiere un

incremento en la vegetación o una mejora en la salud vegetal durante la década analizada, pero a medida que aumentan los años y este se acerca a 2010 se observa que la tendencia de NDVI va disminuyendo. Es importante destacar que el NDVI es una medida sensible que puede reflejar cambios en el uso del suelo, la cobertura vegetal y la salud general del ecosistema.



Figura 5. Uso y cobertura del suelo año 2021

La serie de tiempo del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) para los años 2010 a 2024 muestra una tendencia interesante. En general, se observa que el NDVI es más bajo en comparación con el período anterior, y esta tendencia se mantiene a medida que nos acercamos a 2024. Sin embargo, se destaca un aumento

notorio en los años 2020 y 2021, coincidiendo con la época de la pandemia. Este aumento en el NDVI podría estar relacionado con una reducción en la actividad humana y una disminución en la contaminación durante ese período, lo que podría haber contribuido a una mejora en la salud de la vegetación en la zona.

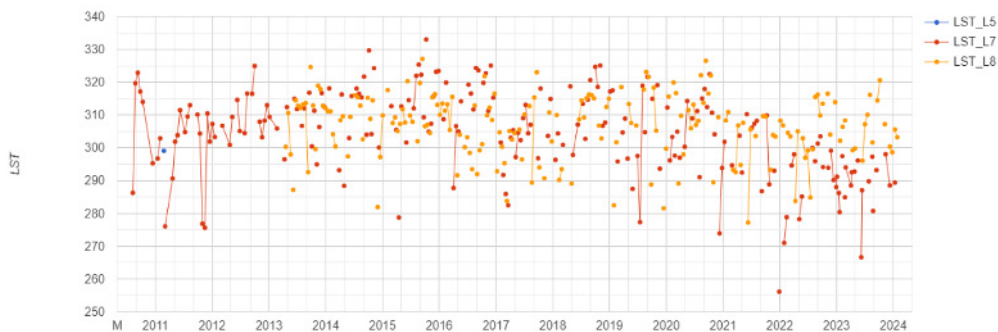


Figura 6. Serie de tiempo NDVI (2010-2024)

V. CONCLUSIONES

El análisis de los cambios de cobertura y uso del suelo en la parroquia de San Antonio de Pichincha revela una tendencia hacia la urbanización y la pérdida de áreas verdes y agrícolas. Estos cambios tienen importantes implicaciones en el medio ambiente, incluyendo la pérdida de hábitats naturales, la fragmentación del paisaje y el aumento de la temperatura urbana. Se hace necesario implementar medidas de planificación urbana sostenible que promuevan un desarrollo equilibrado y respetuoso con el medio ambiente en la parroquia de San Antonio de Pichincha.

El suelo en el área del proyecto está compuesto principalmente por sedimentos de origen volcánico, con una mezcla de partículas finas, arenas de grano fino y limos de baja plasticidad. Estos sedimentos

son parte de la formación cangahua, resultado de la caída de cenizas volcánicas, y contienen variados porcentajes de lapilli en forma de granos de pómez.

La Parroquia de San Antonio de Pichincha posee una vasta extensión de tierra y un clima seco que carece de recursos hídricos naturales. Su suelo es árido y se observa una evidente ausencia de cultivos agrícolas. A pesar de esto, se está llevando a cabo en pequeña escala la producción de plantas nativas con el propósito de reforestar. Es importante destacar que este proceso es lento, ya que las plantas solo pueden crecer en invernaderos y con agua potable. Esta actividad busca reforestar las áreas disponibles en el futuro (Aguirre, 2015).

El Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) es ampliamente empleado en estudios ambientales y, por lo tanto, es digno de un

análisis más detallado de su evolución espacial y temporal mediante la aplicación de nuevas técnicas para el análisis de series temporales de imágenes satelitales.

Los hallazgos de la investigación indican la importancia de fortalecer las acciones de mitigación y adaptación al cambio climático a nivel local en el área de estudio. Se destaca la utilidad de las imágenes multiespectrales y el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) como herramientas versátiles para medir las variaciones en la cobertura vegetal.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- Aguirre, S. (2015). PROYECTO DE CONSTITUCIÓN DE UNA EMPRESA DE TURISMO. *Universidad Central del Ecuador*.
- Alonso, D. (2021). *MappingGIS*. Obtenido de <https://mappinggis.com/2020/07/los-6-indices-de-vegetacion-para-completar-el-ndvi/>
- EOS DATA ANALYTICS. (2024). Obtenido de <https://eos.com/es/make-an-analysis/ndvi/>
- Fernandez, L. (2020). Análisis multitemporal del cambio de cobertura vegetal en el área de manejo "Los Números" Guisa, Granma. *Revista Cubana de ciencias forestales*.
- GAD SAP, G. (2020). Plan de desarrollo y ordenamiento ambiental San Antonio de Pichincha.
- GISGeography. (2023). Obtenido de <https://gisgeography.com/ndvi-normalized-difference-vegetation-index/>
- IGM. (s.f.). *Geoportal*. Obtenido de <https://www.geoportaligm.gob.ec/portal/index.php/cartografia-de-libre-acceso-escala-50k/>
- Infocentro San Antonio de Pichincha, I. S. (2019). *Infoturismo*. Obtenido de <https://pichinchasanantonio.wixsite.com/sanantonio>
- MINISTERIO DE TURISMO EC. (2015). *San Antonio de Pichincha, un singular destino turístico en el centro del planeta*. Obtenido de Turismo ec: <https://www.turismo.gob.ec/san-antonio-de-pichincha-un-singular-destino-turistico-en-el-centro-del-planeta/>
- Plan habitacional San Antonio. (2018).
- Risueño, P. M. (2020). La agricultura urbana como medida de mitigación al cambio climático en San Antonio de. *Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales, FLACSO*.
- San Antonio Virtual. (2019). Obtenido de <https://sanantoniovirtual.com/>
- Sarmiento, R. (2022). Series temporales para el índice Diferencial Normalizado de Vegetación. *IST Bolívar*.
- Tamayo, J. (2021). Análisis de cambio de cobertura es una herramienta para identificar los procesos o transformaciones. <https://mastergis.com/blog/cambio-de-cobertura-en-google-earth-engine>.
- Urbina, J., & Martinez, J. (2006). Más allá del cambio climático. *Universidad Nacional Autónoma de México*.
- Cabanillas, F. J. J., Aliseda, J. M., & Gallego, J. A. G. (2012). Cambios de cobertura y uso del suelo en la Raya Central Ibérica. *Boletín de La Asociación de Geógrafos Españoles, 60*, 507–514.
- Luque Revuelto, R. M. (2011). El uso de la cartografía y la imagen digital como recurso didáctico en la Enseñanza Secundaria. Algunas precisiones en torno a Google Earth. *Boletín de La Asociación de Geógrafos Españoles, 55*, 183–210.
- Macanchi, P. (2019). *Crecimiento demográfico - espacial y valor del suelo en el área urbanizada de la parroquia de San Antonio de Pichincha*. 593, 1–30.
- MAE. (2015). Mapa de Cobertura y Usos de la tierra. *SENPLADES/ Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo MAGAP/Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuicultura y Pesca MAE/Ministerio Del Ambiente*, 1–12. <https://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/06/Mapa-de-Cobertura-y-uso-de-la-Tierra.pdf>

- Morales-Hernández, J. C., Carrillo-González, F. M., Farfán-Molina, L. M., & Cornejo-López, V. M. (2016). Vegetation change cover in the coastal region of Bahía de Banderas, Mexico. *Caldasia*, 38(1), 17–29. <https://doi.org/10.15446/caldasia.v38n1.57831>
- Olivares, B. O., & López-beltrán, M. A. (2019). *Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada aplicado al territorio indígena agrícola de Kashaama*, Venezuela. 11(2), 112–121.
- Pacheco, D., Andrade, D., & Alvarado, A. (2014). Estratigrafía cuaternaria de la cuenca San Antonio de Pichincha. *Revista Politécnica*, 3(3), 1–9. http://revistapolitecnica.epn.edu.ec/ojs2/index.php/revista_politecnica2/article/view/98
- Pacheco Gil, H. A., Zamora-Ledezma, E., & Jarre Castro, E. J. (2020). Variaciones de la cobertura vegetal empleando el índice normalizado de diferencia de vegetación para monitorear ODS en Manabí - Ecuador. *Revista Técnica De La Facultad De Ingeniería Universidad Del Zulia*, ve2020(2), 12–18. <https://doi.org/10.22209/rt.ve2020n2a02>
- Tarazona, Y. (2018). *Predicción de tierras degradadas a partir del análisis de series temporales del índice mejorado de vegetación y temperatura de superficie de suelo mediante imágenes MODIS - caso estudio Piura*. 184. <http://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/5921>
- Cabanillas, F. J. J., Aliseda, J. M., & Gallego, J. A. G. (2012). Cambios de cobertura y uso del suelo en la Raya Central Ibérica. *Boletín de La Asociación de Geógrafos Españoles*, 60, 507–514.
- Luque Revuelto, R. M. (2011). El uso de la cartografía y la imagen digital como recurso didáctico en la Enseñanza Secundaria. Algunas precisiones en torno a Google Earth. *Boletín de La Asociación de Geógrafos Españoles*, 55, 183–210.
- Macanchi, P. (2019). *Crecimiento demográfico - espacial y valor del suelo en el área urbanizada de la parroquia de San Antonio de Pichincha*. 593, 1–30.
- MAE. (2015). Mapa de Cobertura y Usos de la tierra. SENPLADES/ Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo MAGAP/Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuicultura y Pesca MAE/Ministerio Del Ambiente, 1–12. <https://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/06/Mapa-de-Cobertua-y-uso-de-la-Tierra.pdf>
- Morales-Hernández, J. C., Carrillo-González, F. M., Farfán-Molina, L. M., & Cornejo-López, V. M. (2016). Vegetation change cover in the coastal region of Bahía de Banderas, Mexico. *Caldasia*, 38(1), 17–29. <https://doi.org/10.15446/caldasia.v38n1.57831>
- Olivares, B. O., & López-beltrán, M. A. (2019). *Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada aplicado al territorio indígena agrícola de Kashaama*, Venezuela. 11(2), 112–121.
- Pacheco, D., Andrade, D., & Alvarado, A. (2014). Estratigrafía cuaternaria de la cuenca San Antonio de Pichincha. *Revista Politécnica*, 3(3), 1–9. http://revistapolitecnica.epn.edu.ec/ojs2/index.php/revista_politecnica2/article/view/98
- Pacheco Gil, H. A., Zamora-Ledezma, E., & Jarre Castro, E. J. (2020). Variaciones de la cobertura vegetal empleando el índice normalizado de diferencia de vegetación para monitorear ODS en Manabí - Ecuador. *Revista Técnica De La Facultad De Ingeniería Universidad Del Zulia*, ve2020(2), 12–18. <https://doi.org/10.22209/rt.ve2020n2a02>
- Tarazona, Y. (2018). *Predicción de tierras degradadas a partir del análisis de series temporales del índice mejorado de vegetación y temperatura de superficie de suelo mediante imágenes MODIS - caso estudio Piura*. 184. <http://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/5921>