

ANÁLISIS A TRAVÉS DE IMÁGENES SATELITALES DEL CRECIMIENTO DEMOGRÁFICO DESCONTROLADO BARRIO PALMIRA, GUANTÁNAMO, CUBA

Data de aceite: 02/09/2024

Onel Román Quesada

MSc. Profesor Instructor, Guantánamo,
Cuba

Guillermo Lemes Mojena

MSc. Profesor Auxiliar. Guantánamo,
Cuba

Adilson Tadeu Basquerote

Dr. C. Profesor. Rio do Sul (SC), Brasil

Eduardo Pimentel Menezes

Dr. C. Profesor. Rio de Janeiro (RJ), Brasil

RESUMEN: La teledetección es la ciencia que utiliza sensores remotos para recopilar información sobre la Tierra desde el espacio. Las imágenes satelitales son un tipo de producto de teledetección que se utilizan para la toma de decisiones en una amplia gama de campos, incluidos: la Planificación urbana y regional. Las migraciones demográficas desordenadas son un tema complejo con múltiples causas y consecuencias. El análisis de estas migraciones requiere un enfoque multidisciplinario que combine la información de diversas fuentes para llegar a las causas que generan estos desplazamientos. Las imágenes satelitales

son una herramienta poderosa para monitorizar el crecimiento urbano y sus impactos en el medio ambiente. Al comparar imágenes de diferentes años, es posible observar cómo las ciudades han crecido y cambiado con el tiempo. Esta información puede ser utilizada para identificar áreas de crecimiento descontrolado, evaluar la expansión urbana sobre áreas verdes o rurales, y comprender las consecuencias ambientales de este crecimiento. Con estos estudios se logra la identificación de áreas de crecimiento desordenado: expansión urbana hacia áreas periféricas, densificación de áreas centrales; evaluación de la expansión urbana: Impacto sobre áreas verdes, rurales y recursos naturales; degradación ambiental, contaminación, congestión vehicular. Este análisis espacial permite identificar las causas y consecuencias de este fenómeno por lo que esta información puede ser utilizada para promover un crecimiento urbano más sostenible y ordenado.

PALABRAS-CLAVE: Crecimiento demográfico, imágenes satelitales, migraciones desordenadas, ordenamiento territorial.

INTRODUCCION

Las ciudades son el hogar de más de la mitad de la población mundial, y se estima que este porcentaje seguirá aumentando en las próximas décadas. Este crecimiento demográfico acelerado, **a menudo sin planificación ni ordenamiento territorial adecuado**, está generando una serie de problemas en las ciudades, como la expansión urbana descontrolada, la degradación ambiental, la congestión vehicular y la falta de acceso a servicios básicos.

Las imágenes satelitales, como Landsat y Sentinel-2, ofrecen una herramienta poderosa para **monitorear el crecimiento urbano y sus impactos en el medio ambiente**. Al comparar imágenes de diferentes años, es posible observar cómo las ciudades han crecido y cambiado con el tiempo. Esta información puede ser utilizada para **identificar áreas de crecimiento descontrolado**, evaluar la expansión urbana sobre áreas verdes o rurales, y comprender las consecuencias ambientales de este crecimiento.

En este artículo, se analizará el crecimiento demográfico descontrolado, en una ciudad a manera de ejemplo, a través del análisis de imágenes satelitales. Se discutirán las causas y consecuencias de este fenómeno, y se propondrán soluciones para promover un crecimiento urbano más sostenible y ordenado.

A continuación, se presentan algunos de los puntos clave que se abordarán en el artículo:

Técnicas para el análisis de imágenes satelitales para el estudio del crecimiento urbano.

Ejemplos de ciudades con crecimiento demográfico descontrolado en diferentes regiones del mundo.

Causas y consecuencias del crecimiento urbano descontrolado.

Propuestas para promover un crecimiento urbano sostenible y ordenado.

DESARROLLO

Desde el año 2003, comenzó a registrarse un crecimiento poblacional en el cinturón de la ciudad de Guantánamo, y como muestra trabajamos sobre el barrio 'Palmira' del municipio cabecera de la provincia del mismo nombre, asentamiento que, sin un ordenamiento establecido, fue invadiendo tierras de uso agrícola para transformarlas en áreas semiurbanas con deficiencias en las líneas vitales y los servicios básicos, así lo corroboran los datos del censo de población y viviendas del año 2012 en Cuba¹.

Este fenómeno, necesita de un entendimiento y/o tratamiento por las autoridades competentes para asumir las responsabilidades, el manejo de las migraciones desordenadas puede variar dependiendo del país y de la situación específica. En el caso específico de Cuba, las autoridades pueden manejar las migraciones desordenadas a través de políticas migratorias específicas, programas de regularización, entre otras medidas.

Es importante tener en cuenta que el manejo de las migraciones desordenadas debe realizarse de manera integral, considerando tanto la seguridad nacional como el respeto a los derechos humanos de las personas migrantes.

Técnicas para el análisis de imágenes satelitales para el estudio del crecimiento urbano

Con el desarrollo de las tecnologías de la informática y las comunicaciones (TIC), muchas son las aplicaciones en el campo de la geomática, y mediante el análisis y estudio a través de imágenes satelitales nos brindan elementos para entender el flujo de las migraciones desordenadas en los cinturones que rodean a las ciudades. Fenómeno este que pretendemos exponer mediante la propuesta de una metodología para el análisis de las migraciones internas a través de las TICs.

La geomática juega un papel crucial en el estudio e interpretación de los movimientos migratorios desordenados en los anillos de las ciudades. A través de la integración de diversas tecnologías espaciales, esta ciencia permite un análisis más profundo y preciso de estos fenómenos complejos a través del análisis y comparación de las imágenes satelitales.

METODOLOGÍA, PROPUESTA, PARA LA INTERPRETACIÓN DE LOS MOVIMIENTOS MIGRATORIOS DESORDENADOS EN LOS ANILLOS DE LAS CIUDADES EMPLEANDO LA GEOMÁTICA CON IMÁGENES SATELITALES:

Recopilación de datos

Imágenes satelitales: Seleccionar imágenes de alta resolución (menor a 1 metro) de diferentes años que cubran el área de estudio. Las imágenes pueden ser ópticas (Landsat, Sentinel-2) o radar (Sentinel-1) dependiendo del tipo de información que se desea obtener.

Datos complementarios: Incluir datos censales, encuestas socioeconómicas, información sobre infraestructura urbana, redes de transporte, etc.

Preprocesamiento de imágenes

Calibración radiométrica: Corregir las imágenes para tener en cuenta las variaciones en la reflectancia debido a la atmósfera y las condiciones de adquisición.

Corrección geométrica: Georreferenciar las imágenes para que coincidan con un sistema de coordenadas conocido.

Mejora del contraste: Aplicar técnicas de realce de bordes y contraste para facilitar la identificación de características relevantes.

Análisis de imágenes

Identificación de áreas de expansión urbana: Detectar los cambios en la cobertura terrestre a través del tiempo para identificar áreas de crecimiento urbano.

Análisis de la densidad de población: Calcular la densidad de población en diferentes áreas de la ciudad utilizando datos censales o imágenes de satélite.

Identificación de barrios marginales: Detectar áreas con características de informalidad urbana como construcciones precarias, falta de servicios básicos, etc.

Análisis de la accesibilidad: Evaluar la accesibilidad a servicios básicos como transporte, educación, salud y empleo en diferentes zonas de la ciudad.

Modelado espacial

Modelos de regresión espacial: Identificar los factores que influyen en la migración a los anillos de las ciudades.

Modelos de predicción: Predecir futuros patrones de migración en función de los factores identificados.

Visualización de la información

Mapas: Crear mapas temáticos que muestren la distribución espacial de la población migrante, las áreas de expansión urbana, los barrios marginales y la accesibilidad a servicios básicos.

Diagramas y gráficos: Mostrar la evolución de la población migrante a través del tiempo y la relación entre diferentes variables.

Realidad virtual y aumentada: Permitir una experiencia inmersiva en el espacio urbano para comprender mejor las dinámicas migratorias.

Interpretación de resultados

Identificar las causas y consecuencias de la migración a los anillos de las ciudades.

Evaluar el impacto de la migración en el desarrollo urbano.

Recomendar políticas públicas para mejorar la gestión de la migración.

Es importante destacar que esta metodología es una guía general y puede ser adaptada a las necesidades específicas de cada estudio.

Pasos a seguir para la aplicación de la metodología empleando las imágenes satelitales.

Preprocesamiento de imágenes:

- **Descarga y selección de imágenes:** Seleccionar imágenes de diferentes años con similar cobertura espacial y condiciones atmosféricas.
- **Calibración radiométrica:** Corregir las imágenes por efectos atmosféricos y de sensor para obtener valores de reflectancia precisos.
- **Georreferenciación:** Alinear las imágenes a un sistema de coordenadas común para facilitar el análisis espacial.

Extracción de características:

Clasificación de imágenes: Segmentar la imagen en diferentes clases temáticas, como áreas urbanas, vegetación, suelo desnudo, etc.

Cálculo de índices: Utilizar índices espectrales, como índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI), para caracterizar las propiedades biofísicas de la superficie.

Análisis de textura: Medir la textura de las imágenes para identificar patrones espaciales asociados a diferentes tipos de cobertura terrestre.

Análisis espacial:

Análisis de cambios: Identificar áreas de cambio entre diferentes fechas para cuantificar el crecimiento urbano.

Análisis de patrones: Identificar patrones espaciales en el crecimiento urbano, como la expansión hacia áreas periféricas o la densificación de áreas centrales.

Modelado espacial: Desarrollar modelos para predecir el crecimiento urbano futuro y evaluar diferentes escenarios de desarrollo.

Visualización de resultados:

Creación de mapas: Generar mapas temáticos para visualizar la distribución espacial de las diferentes variables analizadas.

Perfiles de tiempo: Generar gráficos para mostrar la evolución de las variables en el tiempo.

Para la toma de decisiones en el ámbito de las migraciones internas, es necesario entender las causas y consecuencias del crecimiento urbano descontrolado

Causas:

Migración rural-urbana: La búsqueda de mejores oportunidades de trabajo, educación y servicios básicos impulsa la migración a las ciudades.

Falta de planificación urbana: La ausencia de políticas públicas para controlar el crecimiento urbano y la expansión urbana conduce a un desarrollo desorganizado.

Especulación inmobiliaria: La inversión en terrenos y propiedades urbanas puede contribuir a la expansión descontrolada de las ciudades.

Desigualdad económica: La concentración de la riqueza en las ciudades atrae a más personas, exacerbando la presión sobre los recursos y servicios.

Consecuencias:

Expansión urbana sobre áreas verdes y rurales: La expansión descontrolada de las ciudades consume áreas verdes y rurales, lo que reduce la biodiversidad y aumenta la vulnerabilidad ambiental.

Degradación ambiental: La mayor densidad de población y la actividad económica urbana generan contaminación del aire, agua y suelo.

Gestión vehicular: El aumento del número de vehículos en las ciudades genera congestión vehicular, lo que aumenta la contaminación del aire y el tiempo de desplazamiento.

Falta de acceso a servicios básicos: El crecimiento urbano descontrolado puede generar déficit en el acceso a vivienda, agua potable, saneamiento, educación y salud.

Problemas sociales: La pobreza, la delincuencia y la marginalidad son problemas sociales que pueden aumentar en ciudades con crecimiento descontrolado.

Ejemplos:

Megaciudades: Las megaciudades como Tokio, Delhi o Ciudad de México son ejemplos de ciudades que han experimentado un crecimiento urbano descontrolado, con graves consecuencias ambientales y sociales.

Favelas: Las favelas de Río de Janeiro o los barrios marginales de Caracas son ejemplos de áreas urbanas con precarias condiciones de vida producto del crecimiento desorganizado.

Soluciones:

Planificación urbana sostenible: Implementar políticas públicas que regulen el crecimiento urbano y la expansión urbana, priorizando la sostenibilidad ambiental y social.

Invertir en transporte público: Fomentar el uso del transporte público para reducir la congestión vehicular y la contaminación del aire.

Promover la densificación urbana: Desarrollar ciudades compactas y eficientes que minimicen el consumo de suelo y la necesidad de desplazamiento.

Proteger áreas verdes: Preservar las áreas verdes y rurales dentro de las ciudades para mejorar la calidad ambiental y la calidad de vida.

Reducir la desigualdad económica: Implementar políticas públicas que reduzcan la desigualdad económica y mejoren las condiciones de vida de los sectores más vulnerables.

Propuestas para promover un crecimiento urbano sostenible y ordenado

Planificación urbana integral:

Desarrollar planes urbanos que consideren la dimensión social, económica y ambiental del crecimiento urbano.

Involucrar a la comunidad en la planificación urbana para asegurar que las necesidades y prioridades de los ciudadanos sean tomadas en cuenta.

Implementar instrumentos de gestión urbana como zonificación, planes de desarrollo local y estudios de impacto ambiental.

Fomentar la densificación urbana:

Promover la construcción de viviendas y edificios de mayor altura en áreas centrales de la ciudad.

Desarrollar corredores urbanos con transporte público eficiente y espacios públicos de calidad.

Implementar incentivos para la densificación urbana, como la reducción de impuestos o la flexibilización de normas de construcción.

Proteger áreas verdes y rurales:

Delimitar áreas verdes y rurales como zonas protegidas dentro del perímetro urbano.

Implementar programas de reforestación y recuperación de áreas verdes degradadas.

Fomentar la agricultura urbana y periurbana como alternativa para la producción de alimentos.

Invertir en transporte público:

Ampliar la cobertura y mejorar la calidad del transporte público.

Implementar sistemas de transporte público eficientes, como buses de tránsito rápido, tranvías o metros.

Ofrecer tarifas accesibles y subsidios para el transporte público.

Promover la movilidad alternativa:

Fomentar el uso de la bicicleta y la caminata como medios de transporte sostenible.

Implementar infraestructura para la movilidad alternativa, como ciclovías y aceras amplias.

Desarrollar programas de educación vial para promover el uso responsable de la bicicleta y la caminata.

Reducir la desigualdad económica:

Implementar políticas públicas que reduzcan la pobreza y la desigualdad económica.

Fomentar la creación de empleos en las ciudades.

Invertir en educación y capacitación para mejorar las habilidades de la fuerza laboral.

FORTALECER LA GOBERNANZA URBANA:

Fortalecer las instituciones públicas responsables de la gestión urbana.

Promover la transparencia y la participación ciudadana en la toma de decisiones.

Combatir la corrupción y asegurar el buen uso de los recursos públicos.

RESULTADOS

Existen diversos software y plataformas para el análisis de imágenes satelitales, la elección del software dependerá de las necesidades específicas del análisis y de las habilidades del usuario.

Herramientas y plataformas:

ArcGIS: Software comercial con una amplia gama de herramientas para el análisis espacial y la visualización de datos.

QGIS: Software libre con funcionalidades similares a ArcGIS.

ENVI: Software comercial especializado en el análisis de imágenes satelitales.

Google Earth Engine: Plataforma online gratuita que ofrece acceso a una gran cantidad de imágenes satelitales y herramientas para su análisis.

Ejemplos de aplicación:

Monitoreo del crecimiento urbano en ciudades de diferentes regiones del mundo.

Evaluación de la expansión urbana sobre áreas verdes o rurales.

Análisis de la densidad de población y la distribución espacial de servicios urbanos.

Para el presente trabajo escogimos un área como polígono de estudio, que analizamos en un periodo de tiempo de 18 años y que visualizamos empleando imágenes satelitales (tomadas del servidor Satélite *Google Maps*) como elemento base, además de los estudios puntuales realizados en campo en dicha zona. La Figura 1 presenta las imágenes resultado del trabajo de campo durante la investigación del área de estudio.



Figura 1. Imágenes del trabajo de campo.

Fuente: Os autores (2023).

Por otro lado, la figura 2 presenta una imagen del año 2005, en que la vocación del área era netamente agrícola.



Figura 2. Vista la zona con vocación netamente agrícola en el año 2005.

Fuente: Preparado por los autores (2023).

Pero, la Figura 3 sacada en 2010, ya demuestra que el polígono comienza a transformarse de terreno cultivable a zona de viviendas.



Figura 3. Imagen que destaca el terreno cultivable a zona de viviendas.

Fuente: Preparado por los autores (2023).

De otra parte, ya en el año 2014, sin planificación urbanística se continua la construcción de viviendas, cómo se ve en la Figura 4.



Figura 4. Ampliación de construcciones de viviendas sin planificación urbanística.

Fuente: Preparado por los autores (2023).

La Figura 5, destaca el cambio de ocupación del área en que prácticamente todo el polígono cubierto por construcciones en el año 2019.



Figura 5. Zona predominantemente ocupada por construcciones en el año 2019.

Fuente: Preparado por los autores (2023).

Al final la Figura 6, del año 2023, muestra toda el área densamente poblada y en total desorden urbanístico en que ya se presenta el total 662 viviendas.



Figura 6. Imagen sacada en el año de 2023, demuestra la área densamente poblada y en total desorden urbanístico.

Fuente: Preparado por los autores (2023).

La comparación de imágenes, sobre el polígono de estudio, muestra un crecimiento habitacional desordenado en un periodo de 18 años. Estos movimientos migratorios internos se concentran fundamentalmente en áreas cercanas a las ciudades, formando cordones donde se acentúan la falta de ordenamiento, líneas básicas y servicios vitales, como fenómeno generalizado a nivel global.

RECOMENDACIONES

Comenzar con un análisis sencillo y luego ir aumentando la complejidad a medida que se adquiera experiencia.

Documentar cuidadosamente los pasos del análisis para poder reproducirlo en el futuro.

Validar los resultados del análisis con otras fuentes de información.

CONCLUSIONES

Esta metodología propone los pasos a seguir para el análisis, a través de imágenes satelitales, de los movimientos migratorios internos desordenados. El trabajo con imágenes satelitales a través de software y plataformas como ArcGIS, QGIS, ENVI o Google Earth Engine, constituye una herramienta valiosa para el estudio del crecimiento demográfico desordenado.

Las migraciones demográficas desordenadas son un tema complejo con múltiples causas y consecuencias. El análisis de estas migraciones requiere un enfoque multidisciplinario que combine la información de diversas fuentes para llegar a las causas que generan estos desplazamientos.

REFERENCIAS

- Censo de población y viviendas del año 2012 ¹: **Oficina Nacional de Estadísticas e Información (ONEI) en Cuba.**
- **“El mundo en movimiento: Migraciones internacionales en la era global”** - Douglas S. Massey
- QGIS Desktop 3.28 User Guide, QGIS Project, 22 de diciembre de 2023. Colectivo de autores.
- **“La era de la migración: Repensar las fronteras en un mundo globalizado”** - Saskia Sassen
- Manual de ArcGIS 10 Intermedio, Departamento de Ciencias de los Recursos Naturales Renovables, versión digital. Colectivo de autores.
- Manual digital de trabajo con Google Earth.
- **“Migración y Desarrollo: Una agenda para el futuro”** - Banco Mundial: <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/23306>
- **“Migraciones: Una historia global”** - Stephen Castles y Mark J. Miller
- **“Migration Data Portal”** - Banco Mundial: <https://migrationdataportal.org/>
- **“Refugee Statistics”** - ACNUR: <https://www.unhcr.org/refugee-statistics/>