

Comunicación

Monitoreo y seguimiento de las transformaciones urbanas del AMBA. Mediante herramientas tecnológicas de libre acceso

De Pietri, Diana; Dietrich, Patricia; Carcagno, Alejandro; Boglioli, Silvia; Igarzábal, María Adela.

dianadepietri@fadu.uba.ar; pdietr@fadu.uba.ar;

acarcagno@yahoo.com.ar; cimmai@fadu.uba.ar;

silvia.boglioli@fadu.uba.ar

Universidad de Buenos Aires, Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, Instituto Superior de Urbanismo, Centro de Información Metropolitana. Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Argentina.

Línea temática 2. Categorías, clasificaciones y métodos

Palabras clave

Uso de la tierra, Cobertura del suelo, Áreas urbanas”, Herramientas tecnológicas, Imágenes satelitales

Resumen

En el marco del objetivo general del proyecto de analizar los procedimientos operativos relacionados con la cobertura y el cambio de uso de suelo; se seleccionó como caso de estudio: las transformaciones urbanas del Área Metropolitana Buenos Aires” para ser evaluado a través de las herramientas proporcionadas por *Open Foris* y *Google Earth Engine*.

Los resultados esperados contribuirán con los inventarios de zonificaciones urbanas a partir de la clasificación de los elementos geográficos observados en el territorio mediante imágenes satelitales. Se evaluarán la transformación del uso urbano desde el 2005 hasta el 2022 en base al período de mayor transformación, la superficie involucrada en dicha transformación, y la categoría de los usos de la tierra que intervienen por la transformación.

Introducción

Los cambios en la cobertura del suelo son un fenómeno natural que ha forjado nuestro planeta. Sin embargo, la humanidad en las últimas décadas ha generado cambios de gran extensión y velocidad sin precedentes históricos. Estos pueden modificar el funcionamiento de los ecosistemas e incluso el clima a nivel mundial. De aquí se desprende la importancia de conocer la dinámica de las coberturas de suelo en un área para entender la actual configuración del paisaje, utilizando esta información para proyectarse en el futuro y estudiar cómo guiar el desarrollo de una región.

En la bibliografía existen antecedentes que están dirigidos a valorar el potencial y las restricciones naturales para el desarrollo de una actividad o cambios de coberturas de suelo en un territorio. El análisis espacio-temporal de los cambios de coberturas de suelo requiere del desarrollo de un procedimiento que integre la información sobre el estado del ambiente, el ecosistema y la población residente. Dentro de este contexto, los sistemas de información geográfico "SIG" representan la herramienta para combinar información elaborada según el concepto de patrones espacio-temporales de la cobertura del suelo en relación con los usos de la tierra (Britos ,A. & Barchuk, A.,2013).

La teoría del cambio del paisaje desde el enfoque "*Land-Use & Land-Cover-Change*" (LUCC) explica la relación que existe entre las actividades humanas y la evolución del paisaje, a partir de dos procesos: la agriculturización y la urbanización. Para su análisis se requiere estudiar dos dinámicas que se generan a partir de la interacción entre los procesos humanos y los biofísicos; a saber: el cambio en el uso de la tierra y el cambio en la cobertura del suelo y su relación con el cambio ambiental global.

La cobertura del suelo se define como el estado biofísico de la superficie de la tierra o las características del terreno; y el uso de la tierra, como la manera en que la sociedad utiliza el suelo para desarrollar actividades económicas. El cambio en la cobertura del suelo esta representado por la transformación de la

aparición física de un paisaje determinado y el cambio en el uso de la tierra, expresa los cambios en su manejo y atributos.

Estos procesos de cambio ocurren en una dinámica compleja asociada a múltiples variables e interacciones ecológicas con el ambiente físico, las actividades socioeconómicas y el contexto social. Algunos de estos procesos pueden ser predecibles, pero otros son de naturaleza estocástica.

Existen modelos espacialmente explícitos que evalúan tales transformaciones que permiten entender las dinámicas espacio-temporales, mitigar sus impactos negativos y contribuir a la conservación de especies. Los escenarios prospectivos de los cambios en la cobertura del suelo y uso de la tierra, permitirán el desarrollo de acciones con dirección a la planificación, ordenamiento del territorio y a la ejecución de programas que mitiguen el impacto a los recursos naturales y contribuyan al uso racional de los ecosistemas en una región. No obstante, los enfoques de modelado del paisaje basados en escenarios para producir estudios futuros del paisaje siguen siendo un desafío.

Objetivo

Analizar las tendencias de cambios en la cobertura del suelo y tipos de uso de la tierra en el Área Metropolitana de Buenos Aires "AMBA", utilizando el método propuesto por FAO (*Open Foris*) para el monitoreo de las transformaciones del espacio geográfico en áreas urbanas.

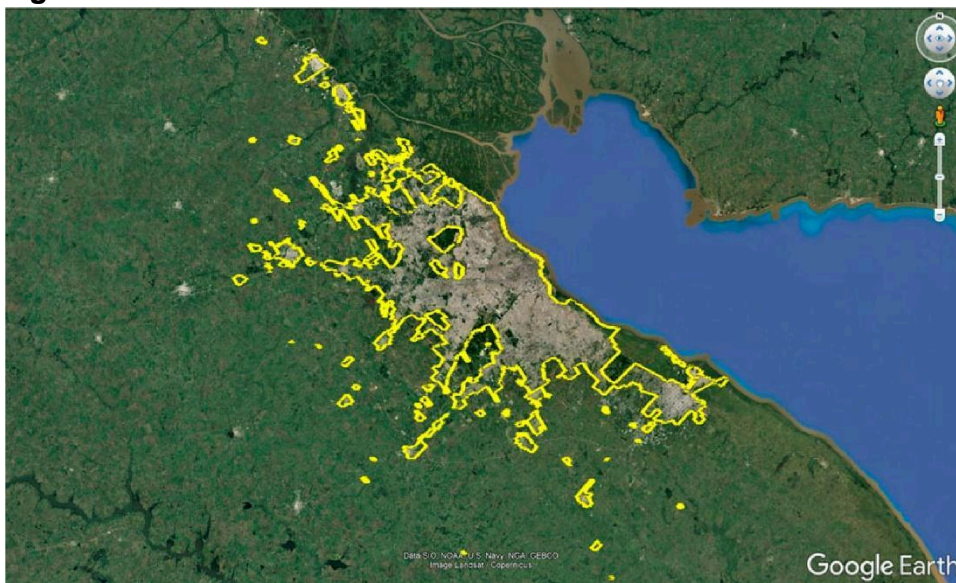
Metodología

Ajuste de los instrumentos.

En la primera etapa se analiza la oferta de las herramientas desarrolladas en *Open Foris* y *Google Earth Engine*, articulando el funcionamiento de los procedimientos, programas y bases de datos de acceso abierto al área de estudio y sistematizando el proceso de cambio según la escala espacial y temporal.

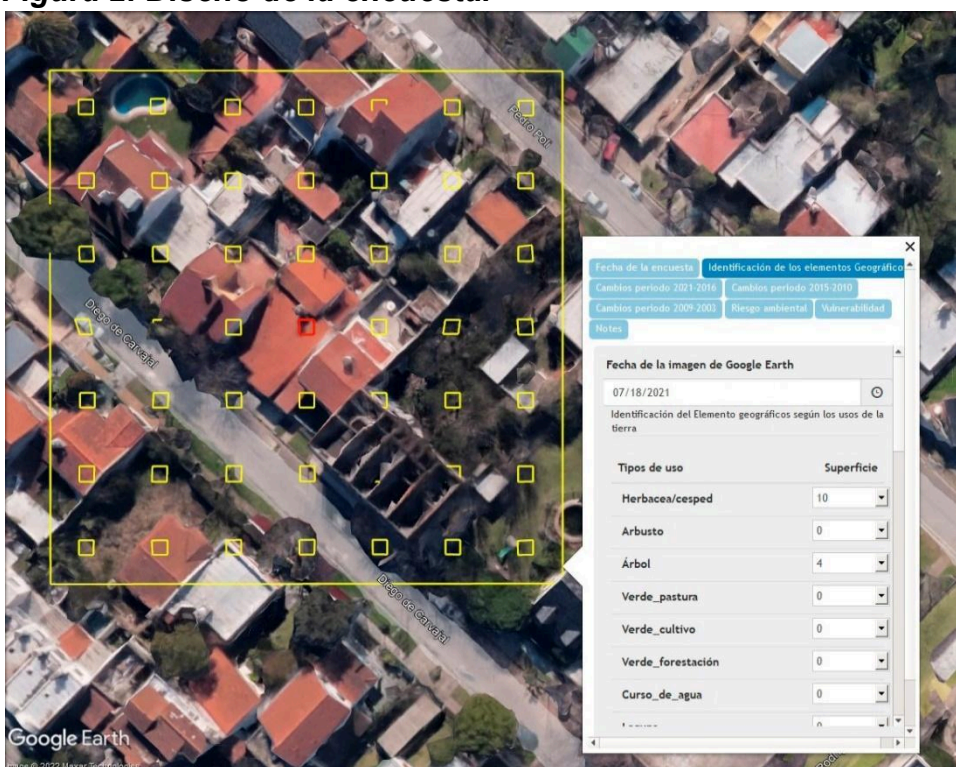
En segundo lugar se delimita el área de estudio para generar una distribución aleatoria de 100 puntos de muestras dentro del polígono que representa la mancha urbana del AMBA. (Figura 1). Simultáneamente se diseña la encuesta para el relevamiento de información vía imágenes satelitales. Cada muestra corresponde a 0,50 hectáreas y contiene 49 puntos. La superficie de cada objeto geográfico identificado dentro de cada muestra satelital se estima a través del número de puntos de la grilla superpuestos (Figura 2).

Figura 1: Area de estudio “Mancha urbana del AMBA”



Fuente: Elaboración propia

Figura 2: Diseño de la encuesta.



Fuente: Elaboración propia.¹

¹ Muestra satelital de 0,50 hectáreas con grilla de 49 puntos para estimación de la cobertura del objeto geográfico.

A partir del diseño de muestreo se relevan los diferentes datos requeridos para el análisis de las tendencias de cambio y se exporta dicha información a una base de datos geográfica para su análisis.

Análisis de información estratégica

A partir del análisis de los datos mediante diferentes herramientas (gráficos de barra, gráfico de tortas, diagramas xy, curvas de regresión) se identifican objetos geográficos utilizables como referencia para el análisis de tendencias de cambio.

Resultados

Inventario de objetos geográficos

A partir del relevamiento de las 100 muestras, distribuidas en forma aleatoria sobre la mancha urbana del AMBA, pudieron identificarse los objetos geográficos sobre la imagen satelital correspondiente a *Google Earth Pro-7.3.48642 (64 bits)* de mayo de 2022.

Sí bien 100 muestras es un número relativamente pequeño para extrapolar los resultados obtenidos por el muestreo a toda el área urbana del AMBA, el análisis resultó muy apropiado para ajustar la herramienta de muestreo, e identificar 30 objetos geográficos apropiados para el análisis de tendencias de cambio de acuerdo a la finalidad del trabajo.

La figura 3 lista los objetos geográficos utilizables como referencia de las transformaciones de los tipos de cobertura / usos de la tierra agrupados por componentes.

Figura 3: Listado de objetos geográficos

Cobertura	Uso
Componente Verde	
Verde	Herbácea/cesped
	Arbusto
	Árbol
	Verde pastura
	Verde cultivo
	Verde bosque
Agua	Cursos de agua
	Lago/ laguna
Tierra	Suelo desnudo
	Suelo anegado
	Tierra/residuos sólidos
Componente Antrópico	
Construído	Casa
	Edificio
	Establecimiento industrial
	Establecimiento colectivo
	Estacionamiento
	Patios
	Canchas deportivas
	Galpón
	Otro
	Infraestructura para circulación
Vehicular autopista/ruta	
Peatonal vereda/otro	
Ferroviaria	
Aérea	

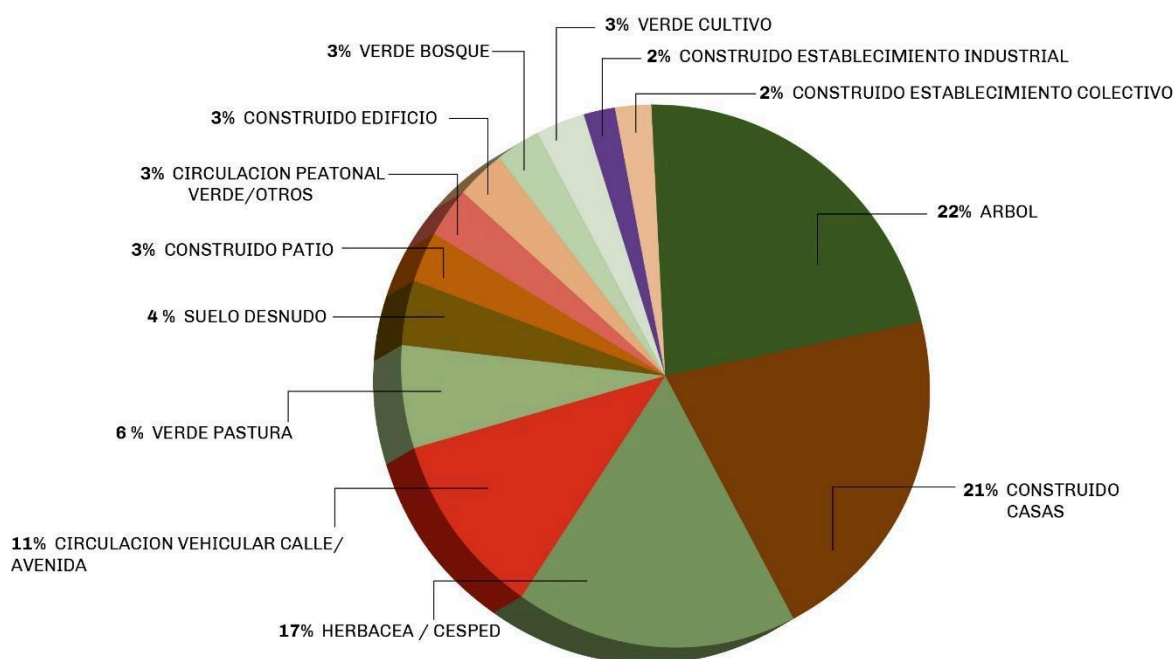
Fuente: Elaboración propia

Los cinco componentes de cobertura considerados (vegetación, agua, tierra y construido, infraestructura para la circulación) y sus subcategorías según el uso de la tierra urbana tuvieron diferente representación según la cobertura estimada en la encuesta realizada.

De los diferentes objetos geográficos, los más relevantes para el análisis de los tipos de cobertura fueron 2 pertenecientes al componente Verde (“Árbol”; y “Herbácea/césped”) y 2 al componente antrópico (“Construido casa” y “Circulación vehicular calle/avenida”). Representan el 71 % de los elementos identificados. “Verde pastura” y “Suelo desnudo” tuvieron una relevancia media

a baja acumulando una representación mayor del 80%. El resto de los objetos geográficos fueron poco relevantes para el análisis de tendencias. La figura 4 muestra la contribución relativa a los objetos geográficos de la encuesta realizada sobre imagen satelital.

Figura 4: Contribución de los objetos geográficos para el análisis de la tendencia de cambio de los tipos de cobertura y uso del suelo.



Fuente: Elaboración propia

Las diferentes predominancias en el paisaje urbano de estos objetos geográficos determinaron el agrupamiento en dos grandes categorías en relación a la infraestructura verde y antrópica

- Infraestructura verde está conformado por todos los tipos de vegetación (Herbácea/césped, árboles, cultivos y bosque)
- Infraestructura antrópica está conformada por todos los tipos de construcción (casas, edificios, establecimientos industriales, galpones, estacionamientos, patios, canchas deportivas, entre otros) y la infraestructura para los tipos de circulación.

Tendencia de cambio y transformación entre tipos de cobertura

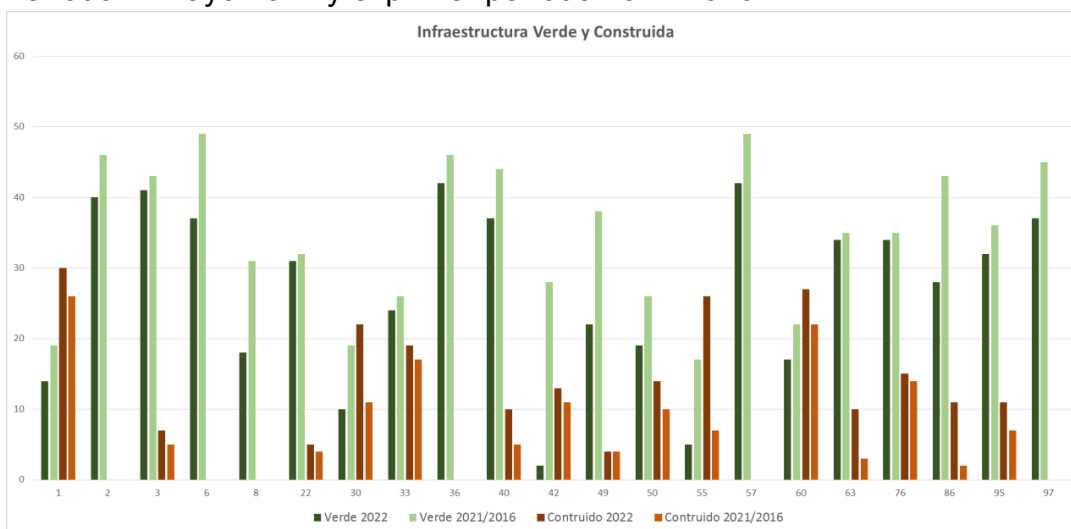
El diagrama de barras muestra los totales de infraestructura verde e infraestructura antrópica comparando la fecha actual (mayo 2022) con el primer período de análisis (2021-2016). En la totalidad de las muestras la cobertura verde disminuye y lo construido incrementa con el paso del tiempo. Figura 5.1 Período 1: mayo 2022 y el primer período 2021-2016

Comparando la fecha actual (mayo 2022) con el segundo período (2015-2010), en la mayoría de las muestras se observa una significativa disminución de la cobertura verde al igual que el incremento de la cobertura de lo construido con el paso del tiempo. Figura 5.1 Período 2: Entre mayo, 2022 y el segundo período 2015-2010

La comparación con el tercer período (2009-2003) en la mayoría de las muestras se observa una significativa disminución de la cobertura verde y en la totalidad de las muestras la cobertura de lo construido incrementa con el paso del tiempo. Figura 5.1. Período 3: Entre mayo, 2022 y el tercer período 2009-2003

Figura 5.1 Comparación de la infraestructura verde y la infraestructura antrópica en los diferentes períodos analizados.

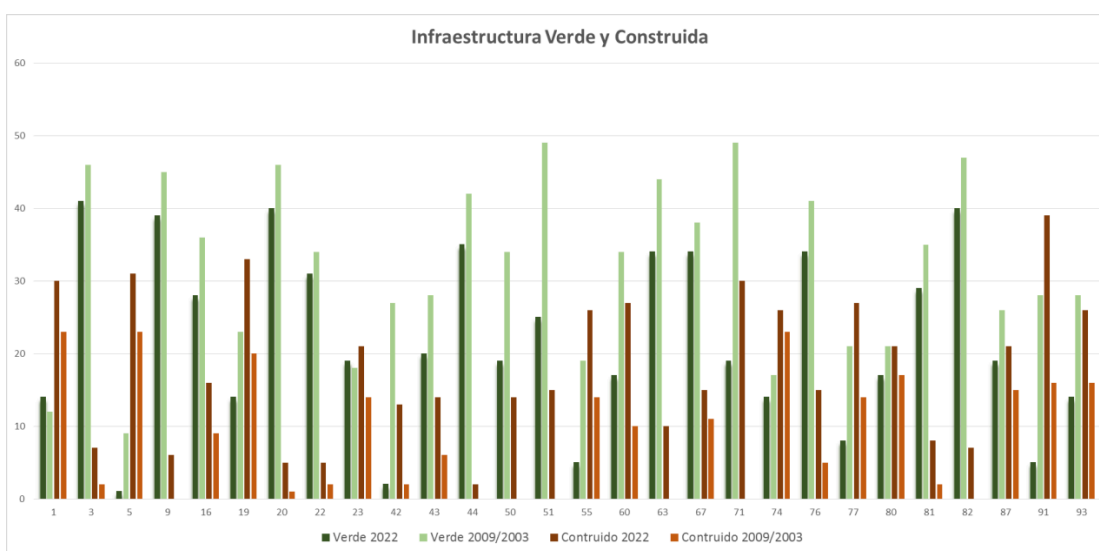
Período 1: mayo 2022 y el primer período 2021-2016



Período 2: Entre mayo, 2022 y el segundo período 2015-2010



Período 3: Entre mayo,2022 y el tercer período 2009-2003



Fuente: Elaboración propia

Las tendencias de los valores de las encuestas entre fechas fueron analizadas mediante gráficos X Y. La figura 5.2 muestra los totales de infraestructura verde e infraestructura antrópica para el período actual (2022) comparado con los tres períodos. Cabe señalar que las muestras donde se verifican cambios en la cobertura son diferentes y por tanto las curvas correspondientes a 2022 frente a los períodos 1, 2 y 3 difieren.

En todos los casos la cobertura de vegetación correspondiente a mayo del 2022 es menor con respecto a los períodos previos. El período 1: 2021 a 2016

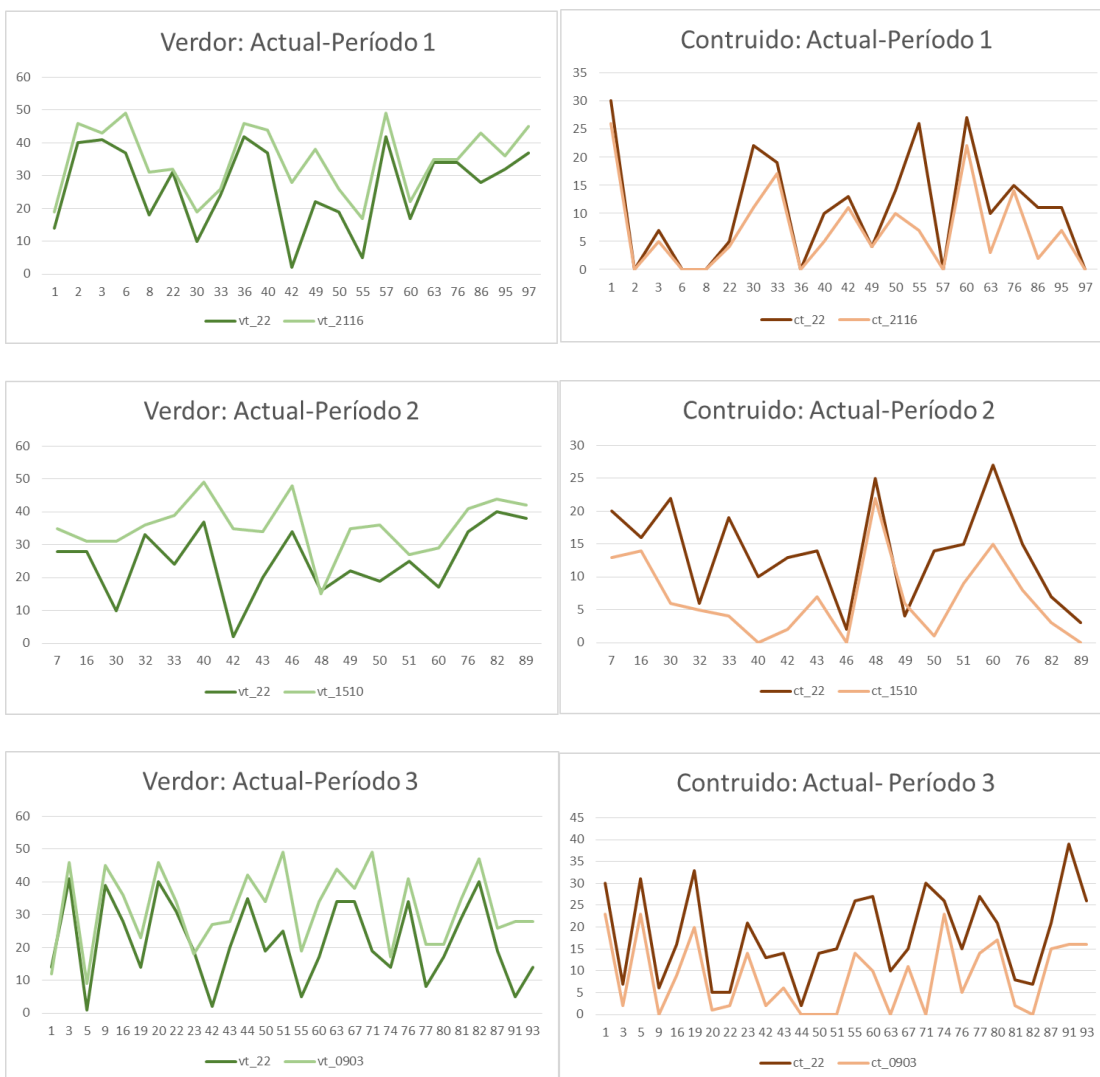
esta comparación muestra una disminución de vegetación en el 2022 para la totalidad de las muestras, no obstante, en algunos casos, la magnitud de la diferencia de verdor entre las fechas es reducida. En el período 2: 2015 a 2010 presenta la misma tendencia a excepción de 1 muestra (número 48), en la mayoría de los casos la magnitud de la diferencia de verdor entre las fechas es mayor en relación al período 1. En el período 3: 2009 a 2003 se observa una relación similar que en el período 1

En la mayoría de las muestras la cobertura de construido correspondiente a mayo del 2022 es mayor con respecto a los períodos previos. No obstante, la magnitud de la diferencia es mayor en el período 2.

La distribución espacial de los valores de la encuesta se muestra en la figura 5.3. El mapa de la izquierda muestra las variaciones por período en la vegetación mientras que el mapa de la derecha la cobertura de lo construido. Los umbrales de corte fueron establecidos mediante terciles en cada período. Los círculos de mayor tamaño representan el 25 % de las muestras con los valores mas altos de cobertura mientras que los pequeños indican el 25 % de las muestras con los valores más bajos de cobertura.

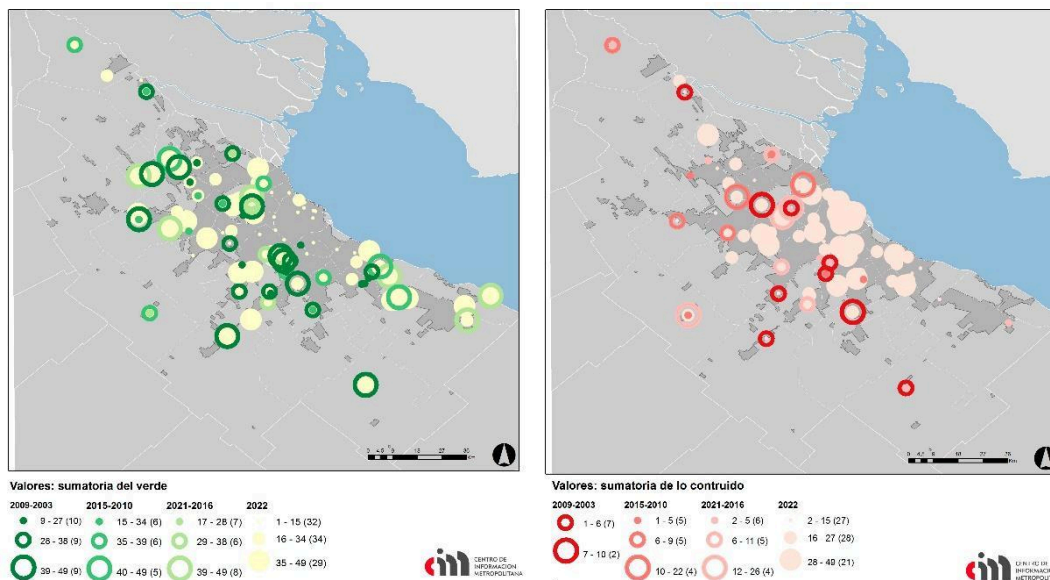
El alcance territorial o extensión de las diferentes coberturas fue analizado por la extrapolación de los valores de la encuesta del período actual (mayo 2022) (figura 5.4), utilizando procedimientos de interpolación espacial. La clasificación obtenida siguió el método de media y desvío estándar. Los tonos mas oscuros indican las áreas donde los valores de cobertura son más altos que el valor promedio, mientras que los más claros indican valores de cobertura más bajos. De esta forma, se observa la coincidencia geográfica de los valores más bajos de vegetación con los valores mas altos de construido y viceversa.

Figura 5.2 Tendencias de los valores de las encuestas entre fechas



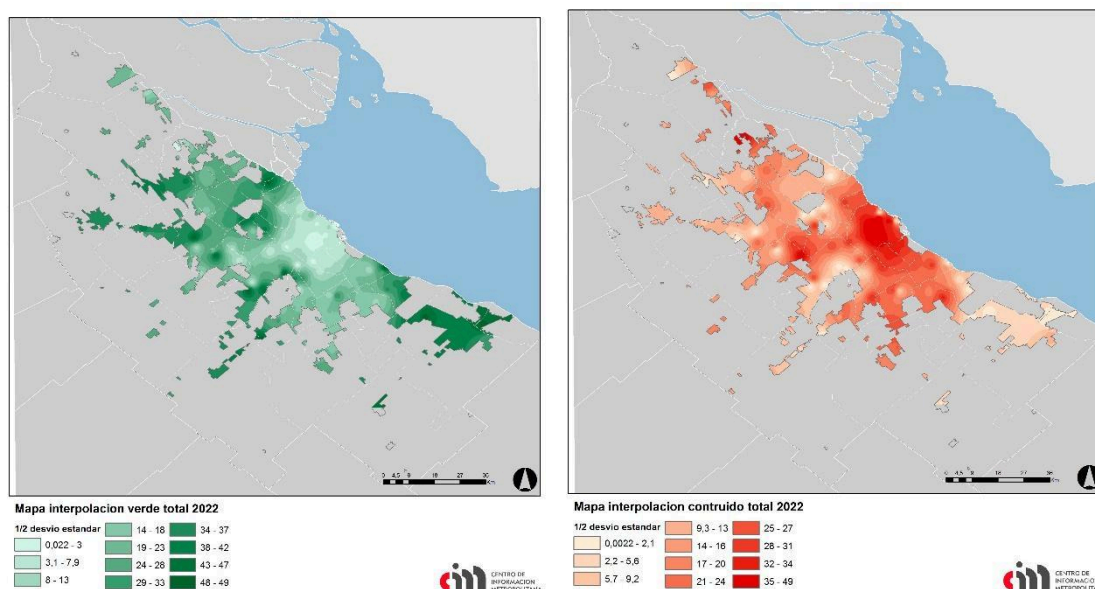
Fuente: Elaboración propia

Figura 5.3 Distribución geográfica de los valores de la encuesta



Fuente: Elaboración propia

Figura 5.4 Alcance territorial de los valores de la encuesta



Fuente: Elaboración propia

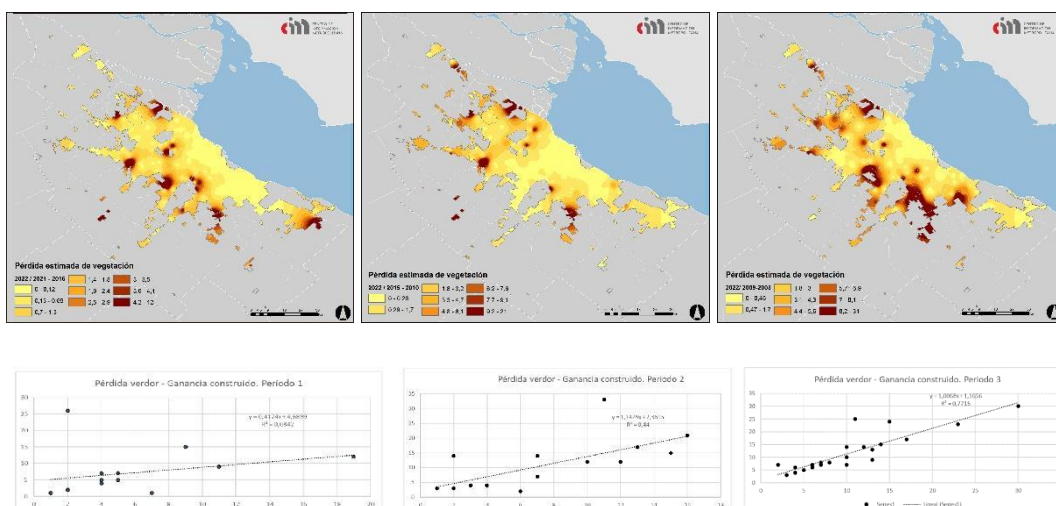
Análisis de la asociación entre la infraestructura verde y la infraestructura antrópica por período

La coincidencia geográfica de los valores más bajos de vegetación con los valores más altos de construido, y viceversa, puede estar sugiriendo que la disminución de la cubierta vegetal se produce a expensas del aumento de la construcción.

La asociación mediante regresión lineal facilitó el análisis entre la pérdida de vegetación y la ganancia de lo construido por período según datos de la encuesta. La diferencia de cobertura estimada entre el período actual y los períodos 1, 2 y 3 para la vegetación y la construcción pudo ajustarse a una ecuación lineal, donde la vegetación corresponde a la variable dependiente (eje y) y lo construido a la variable independiente (eje x). La figura 6.1 muestra en el sector inferior la gráfica de dispersión de los puntos, la curva de mejor ajuste y la ecuación de la recta para cada uno de los períodos. El sector superior muestra la distribución de los valores interpolados de la pérdida estimada de vegetación según la curva de mejor ajuste.

El período que mejor explica la asociación entre la pérdida de vegetación y el aumento de la construcción es el correspondiente a los años entre 2009 y 2003 ($r^2 = 0.78$).

Figura 6.1. Pérdida de vegetación

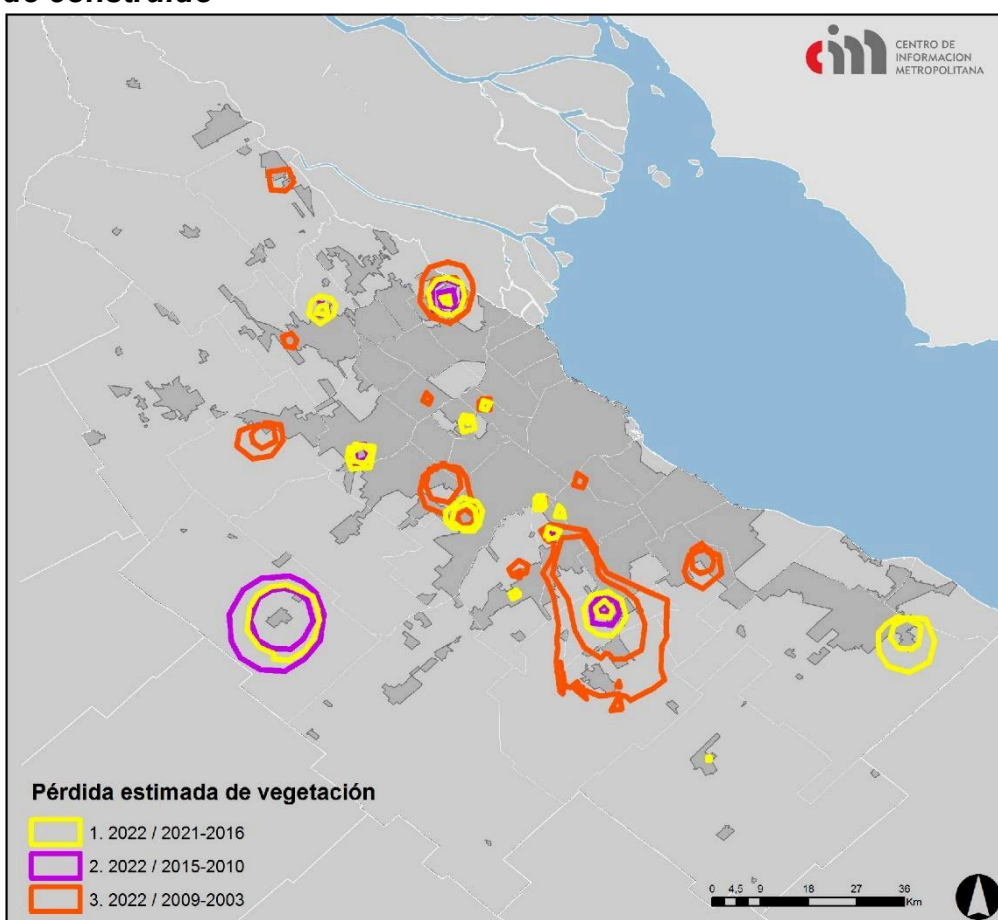


Fuente: Elaboración propia

Las zonas de mayor transformación de la cobertura de suelo / uso de la tierra pudieron ser delimitadas al reclasificar las imágenes obtenidas (figura 6.1) y luego vectorizándolas. De esta manera, se extrajeron los sectores con los mayores valores estimados de pérdida de vegetación debido al incremento de la cobertura antrópica (figura 6.2).

El mapa de la Figura 6.2 muestra 2 sitios donde ocurrieron transiciones en cada período (polígonos amarillo, morado y naranja), mientras que el resto de los sitios sufrieron dichas transformaciones en un solo período.

Figura 6.2 Zonas de mayor transformación: Cobertura verde por cobertura de construido



Fuente: Elaboración propia

Bibliografía

Barchuk, A; Britos, H ; (2013). *Dinámica de la cobertura vegetal y los usos de la tierra a través de modelos de no-equilibrio*. Revista 40 de Teledetección-Pag 1-22.

Cerrón J, del Castillo J, Bonnesoeur V, Peralvo M, Mathez-Stiefel S L. 2019. *Relación entre árboles, cobertura y uso de la tierra y servicios hidrológicos en los Andes Tropicales: Una síntesis del conocimiento*. Occasional Paper No. 27. Lima, Perú. Centro Internacional de Investigación Agroforestal (ICRAF), Consorcio para el Desarrollo Sostenible de la Ecorregión Andina (CONDESAN). DOI: <http://dx.doi.org/10.5716/OP19056.PDF>

De Pietri, D; Dietrich, P (2008). *Indicadores ambientales derivados de las transformaciones del uso de la tierra en el área metropolitana de Buenos Aires (1985-2001)*: AREA14 pág. 67

Edwin Ángeles Paredes (2015) *Herramientas Open Foris. Módulo de Inventarios – SNIFFS Lima -Perú*
https://www.academia.edu/12129843/HERRAMIENTAS_OPEN_FORIS

Google Earth Engine (2018) Google Earth engineearthengine.google.com

Gimbut (2016). *Protocolo para el uso de la plataforma Open Foris (Collect - Collect Earth - Earth Engine) Aplicado para la actualización de niveles de referencia de emisiones GEI-Nref/Nrf- de Guatemala Agosto 2018*. Pdf pág 1-63

Grupo interinstitucional de monitoreo de bosques y uso de la tierra

Le et al. (2008) y por Le et al. (2010) *Informe mundial de las naciones unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos Vietnam y Ghana a nivel de cuencas*.

Leija-Loredo, E.; Reyes-Hernández, H. ; Reyes-Pérez, O.; Flores-Flores, J.; & Sahagún-Sánchez, F.; (2016). *Cambios en la cubierta vegetal, usos de la tierra y escenarios futuros en la región costera del estado de Oaxaca, México*. Madera y bosques, 22(1), 125-140. Recuperado en 23 de octubre de 2020, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-0471201600100125&lng=es&tlng=es.

Open Foris: Recolección, Análisis y Reporte de información Forestal Herramientas tecnológicas de libre acceso para contribuir con el inventario nacional forestal y de fauna silvestre del Perú. <http://www.fao.org/3/a-i6740s.pdf>

Open Foris (2009) Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). *Open Foris: recolección, análisis y reporte de información Forestal*. <http://www.fao.org/3/a-i6740s.pdf>

Pizaña, G; Mauricio, J; Romero, C ; Nirani, & Ordóñez Díaz, J. (2009). *Análisis dimensional de la cobertura vegetal-uso de suelo en la Cuenca del Río Magdalena*. Ciencia forestal en México, 34(105), 135-156. Recuperado en 23 de octubre de 2020, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-3586200900100007&lng=es&tlng=es.

Rodriguez-Cruz, Y. & Pinto, M. (2018). *Modelo de uso de información para la toma de decisiones estratégicas en organizaciones de información*. Transinformação, 30(1), 51-64. <https://doi.org/10.1590/2318-08892018000100005>