

MIGUEL ÁNGEL CASTIBLANCO SIERRA  

Dinámicas de antropización geomorfológica en el municipio de Chía (Cundinamarca, Colombia)^o

Recepción: 30 de octubre de 2021 ► **Evaluación:** 6 de abril de 2022 ► **Aprobación:** 18 de abril de 2022

Resumen: En este artículo se describen y analizan las intervenciones y cambios antropogeomorfológicos para el territorio de Chía, situado en el centro de Colombia sobre la cordillera Oriental andina. La investigación se fundamentó en los adelantos de la subdisciplina “antropogeomorfología” y se elaboró a partir de revisión documental, fotointerpretación de insumos, trabajo de campo y el examen cuantitativo de datos. Los resultados muestran un recuento de las acciones humanas, con ejemplos gráficos del fenómeno y caracterizaciones a escala 1:10.000 para cuatro periodos de referencia (1940, 1977, 2000 y 2020). Se definieron, asimismo, patrones y tendencias de las intervenciones en relación con los sistemas morfogénicos naturales y se estimó la huella de las antropogeoformas en función de la magnitud de las excavaciones y acumulaciones artificiales. Se concluye que se presenta una primacía actual de los modelados urbanogénicos, de tránsito, gestión hídrica y residuos para los ambientes fluvioacustres del altiplano, mientras que en los flancos montañosos se destaca el predominio de los modelados agrogénicos y de minería, con el aumento de las morfologías suburbanas.

Palabras clave: *cartografía retrospectiva, huella antropogeomorfológica, modelados antropogénicos, río Bogotá, urbanización.*

Para citar: Castiblanco Sierra, M. A. (2022). Dinámicas de antropización geomorfológica en el municipio de Chía (Cundinamarca, Colombia). *Perspectiva Geográfica*, 27(2). <https://doi.org/10.19053/01233769.13568>

-
- 1 Artículo derivado de la investigación posgradual titulada: *Intervenciones antropogeomorfológicas en el territorio municipal de Chía, Cundinamarca/Colombia. Problemáticas ambientales relacionadas para el siglo XXI*. UPTC-IGAC.
 - 2 Geógrafo, magíster en Geografía del Programa de Estudios de Posgrado en Geografía (EPG), convenio UPTC-IGAC. Correo: macastiblanco@unal.edu.co. Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-7960-2028>

Geomorphological anthropogenic dynamics in the municipality of Chía (Cundinamarca, Colombia)

Abstract: This article describes and analyzes the anthropogeomorphological interventions and changes in the territory of Chía, located in central Colombia in the Eastern Andean Mountain range. The research was based on the advances of the sub-discipline “anthropogeomorphology” and was elaborated from a documentary review, photo-interpretation of inputs, fieldwork and quantitative examination of data. The results show an account of human actions, with graphic examples of the phenomenon and characterizations at a scale of 1:10,000 for four reference periods (1940, 1977, 2000 and 2020); the patterns and trends of the interventions in relation to the natural morphogenic systems were also defined and the footprint of the anthropogeomorphs was estimated according to the magnitude of the excavations and artificial accumulations. We conclude on the current predominance of urbanogenic, transit, water management and waste modeling for the fluvial-lacustrine environments of the altiplano, while, on the mountainous flanks, the predominance of agro-genic and mining modeling is highlighted, with the increase of suburban morphologies.

Keywords: *retrospective mapping, anthropogeomorphological footprint, anthropogenic modeling, Bogotá river, urbanization.*

Dinâmicas da antropização geomorfológica no município de Chía (Cundinamarca, Colômbia)

Resumo: Neste artigo descrevem-se e analisam-se as intervenções e alterações antropomorfológicas para o território de Chía, situado no centro da Colômbia sobre a Cordilheira Oriental Andina. A pesquisa se fundamentou nos avanços da subdisciplina “antropogeomorfologia” e se elaborou a partir de revisão documental, fotointerpretação de insumos, trabalho de campo e o exame quantitativo de dados. Os resultados mostram uma recontagem das ações humanas, com exemplos gráficos do fenômeno e caracterizações à escala 1:10.000 para quatro períodos de referência (1940, 1977, 2000 e 2020); foram também definidas, padrões e tendências das intervenções em relação aos sistemas morfogênicos naturais e estimou-se a pegada das antropogeoformas em função da magnitude das escavações e acumulações artificiais. Conclui-se sobre a primazia atual dos modelados urbanogênicos, de trânsito, gestão hídrica e resíduos para os ambientes fluviolacustres do altiplano, enquanto que, nos flancos montanhosos, destaca-se o predomínio dos modelados agrogênicos e de mineração, com o aumento das morfologias suburbanas.

Palavras-chave: *cartografia retrospectiva, pegada antropogeomorfológica, modelagem antropogênica, rio Bogotá, urbanização.*

1. Introducción

La modificación humana de los paisajes terrestres es tan antigua como la humanidad misma y la idea de la transformación antrópica tampoco es reciente, ya que es un tema más que constante en los escritos geográficos a lo largo de los siglos (Haggett, 1994; Meyer & Turner II, 1997). Los primeros geógrafos, historiadores naturales y geomorfólogos no desconocieron el poder de los seres humanos como agentes de transformación (Goudie, 1993) y en los últimos dos siglos se viene corroborando el despliegue de las dinámicas de cambio antropogénico, con complejas y afianzadas mutaciones ligadas principalmente a la extracción de nuevas materias primas, el consumo intenso de energías fósiles, la creciente industria mecanizada y el apoyo constante de la invención tecnológica (Brown et al., 2017; Li et al., 2017; Tarolli et al., 2019).

Con el paso del tiempo, y de acuerdo con Santos (1996), es más claro el acontecer de desnaturalización superficial terrestre, donde se destaca la capacidad de innovación humana y la constante aprehensión del medio natural y prima la imposición de formas u objetos culturales, artificiales e históricos. Las dinámicas de construcción territorial para el municipio de Chía y su entorno regional (provincia Sabana Centro en el departamento de Cundinamarca) no han sido ajenas a estas circunstancias y los cambios han repercutido de diversos modos sobre los elementos de la naturaleza, que incluyen, entre otros, los aspectos geomorfológicos. Chía registra así transformaciones con acciones directas e indirectas, deliberadas y no intencionales, que se reflejan en una importante diversidad de geoformas artificiales (antropomodelados) superpuestas a la morfología natural u original y que en efecto alteran los diferentes procesos geosistémicos.

El trabajo desarrollado por Castiblanco (2020) y las observaciones en campo muestran parte de la metamorfosis geomorfológica del municipio asociada a su vez con las dinámicas de migración, crecimiento y densificación poblacional, la diversificación y ex-

pansión de actividades socioeconómicas y, de manera muy notable, con las polémicas determinaciones en el ordenamiento del territorio. Las evidencias antropogénicas más distintivas incluyen las canteras con minas a cielo abierto para la montaña oriental y las adecuaciones hidráulicas al margen de los dos grandes ríos (Bogotá y Frío), si bien otras acciones y objetos parcialmente descritos son también relevantes dentro de la dinámica evolutiva del fenómeno antropogeomorfológico municipal.

En ese orden de ideas, el objetivo de este estudio se centró en indagar sobre las intervenciones antropogeomorfológicas en Chía, en referir su evolución, describir sus tipologías y particularidades, así como en poder establecer patrones y tendencias de los cambios con la estimación de la huella de las múltiples perturbaciones. Las descripciones y explicaciones se soportan en los avances conceptuales y teóricos de la subdisciplina antropogeomorfológica y se concretan a través de la revisión documental geohistórica, la caracterización temática retrospectiva, la validación mediante trabajo de campo y el análisis cuantitativo de datos derivados de las superposiciones espaciales multitemporales.

2. La antropización en geomorfología

La morfología terrestre, como elemento de la naturaleza, constituye un recurso de interés geográfico. La gran mayoría de las actividades antrópicas se encuentran en contacto directo con las geoformas que son, además, susceptibles a los cambios derivados de las intencionalidades humanas (Cassetti, 1995). Con la mejora en la capacidad humana para remodelar la naturaleza a nivel planetario, el número de antropogeofomas y sus tipologías están en aumento, principalmente por la urbanización (Li et al., 2017), y estas acciones y transformaciones vienen dejando sin duda una firma peculiar sobre los diferentes paisajes, con variadas influencias sobre la morfología, las dinámicas y los equilibrios terrestres (Gutiérrez, 2007).

Ante la necesidad conceptual, surge la antropogeomorfología (Goudie, 1993), también conocida como geomorfología antrópica (Nir, 1983) o antropogénica (Szabó et al., 2010), que se interesa por la humanidad como agente geomorfológico tanto en la creación de geoformas como en la alteración del funcionamiento natural de procesos geomórficos como la meteorización, la erosión, el transporte, la deposición, etc. (Szabó et al., 2010; Goudie & Viles, 2016). Nir (1983) establece como esencial para este campo de estudio el énfasis en las leyes que rigen los orígenes del fenómeno, además de la constitución material, la evolución y la distribución de las múltiples geoformas artificiales.

En las últimas décadas, los progresos investigativos de esta subdisciplina han posibilitado la discusión reflexiva sobre sus fundamentos, medios y propósitos no solo al reconocer las magnitudes y velocidades de los procesos humanos, sino, adicionalmente, al rastrear, vislumbrar y relacionar el desarrollo histórico de los

diferentes cambios e impactos y el papel de los contextos socioeconómicos (Rózsa, 2007). La tendencia es que las intervenciones se presenten con mayor frecuencia en los próximos años y décadas, lo que implica mayores compromisos para comprender el funcionamiento e interacción de estos hechos y situaciones geográficas (Goudie, 1993).

2.1 Clasificaciones

Tres grandes tipos de intervenciones humanas se gestan sobre los escenarios físico-geográficos y las condiciones geomorfológicas de la Tierra: las acciones sobre las esferas terrestres que estudia, *grosso modo*, la geografía física, las acciones indirectas sobre las dinámicas y procesos geomórficos, y las acciones e impactos directos sobre la morfología terrestre que de manera intencional e inmediata alteran la diversidad de ambientes geomorfológicos naturales (Figura 1).

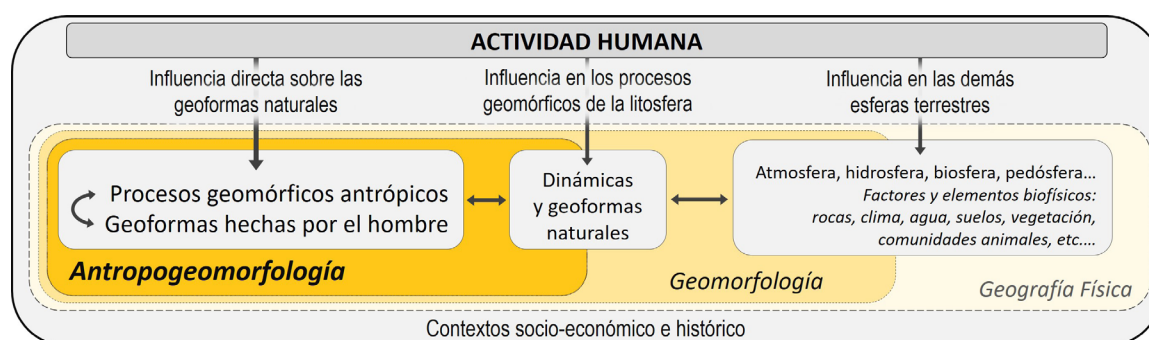


FIGURA 1. Influencia humana en geografía física y geomorfología

FUENTE: elaboración propia con base en Lóczy y Sütő (2011).

Dentro de las clasificaciones existen varias alternativas y criterios para catalogar y jerarquizar los hechos antropogeomorfológicos y en gran parte responden y se asemejan a los métodos y criterios con los que se clasifican tradicionalmente las geoformas naturales. En la práctica, la distinción y la separación entre las formas naturales y artificiales no es tan fácil, dadas las

condiciones de reciprocidad que existen entre estas (Panizza, 1996); sin embargo, la clasificación y los criterios que se presentan en la Tabla 1 recogen, agrupan y complementan los diferentes esfuerzos de sistematización precedentes, con la finalidad de facilitar la lectura que se puede hacer de los aspectos antropogeomorfológicos de un espacio geográfico determinado.

TABLA 1. Criterios de clasificación antropogeomorfológica

Criterio	Ejemplos
Causalidad (proceso) Muestra el carácter de origen y el mecanismo de las intervenciones relacionadas con las actividades productivas de la sociedad y los usos del territorio, es decir, los tipos de morfogénesis antrópica ³ .	Simbólica: tumbas. Agrogénica: camellones. Montanogénica: canteras. Industrogénica: estanques. Residuos: rellenos sanitarios. Gestión hídrica: embalses. Tráfico: terraplenes viales. Urbanogénica: edificaciones. Esparcimiento: campos deportivos. Guerra: cráteres.
Conformación (forma) Diferencia morfológicamente las antropogeoformas de excavación (depresionales), las de acumulación (elevadas), las de aplanamiento (nivelación del terreno) y las mixtas.	Excavación: canteras. Acumulación: escombreras. Aplanamiento: terrenos urbanizados aplanados. Mixta: antropogeoformas de interferencia hidrológica.
Constitución (materiales) Todos los elementos incorporados en las intervenciones en sus diferentes tipologías o combinaciones.	Materiales naturales: erosionados o redepositados Materiales artificiales: de escombros, orgánicos, fabricados, mixtos, etc.
Intencionalidad Discrimina las intervenciones directas por acciones deliberadas y las intervenciones indirectas, generalmente inadvertidas, incidentales o no intencionales.	Directa: montículo, cantera, terraplén, canal, etc. Indirecta: cambios en la escorrentía, en la sedimentación, en la erosión, etc.

FUENTE: elaboración propia a partir de los trabajos de Szabó et al. (2010); Peloggia et al. (2014); Goudie y Viles (2016); Li et al. (2017) y Tarolli et al. (2019).

2.2 Análisis

Para comprender integralmente las dinámicas antropogeomorfológicas, Nir (1983) define como fundamentales los exámenes sistémicos apoyados por los enfoques geomorfológico, histórico, socioeconómico y de planificación, con la contemplación de períodos significativos de comparación antes y después de las intervenciones (pre y posdisturbio). Ya que el factor *tiempo* es definitivo para los estudios antropogeomorfológicos, Rodrigues (2005) y Moroz-Caccia (2010) establecen también como primordial el uso de documentos de referencia representativos (mapas topográficos, fotografías aéreas, obras históricas e iconográficas, insumos de la teledetección con diferentes escalas y períodos de registro, testimonios de antiguos residentes y trabajo de campo), la aplicación de la denominada

“cartografía geomorfológica retrospectiva-evolutiva”, cuyo propósito es el mapeo sistemático, secuencial y comparativo entre las morfologías, así como la incorporación de geoindicadores que facilitan la estimación cuantitativa de muchos parámetros (longitudes, áreas, densidades, patrones de distribución, tasas, profundidades, volúmenes y materiales, entre otros).

Investigaciones sobre la temática han derivado también en propuestas para dimensionar y categorizar las perturbaciones de las diferentes incidencias antropogénicas. Se destacan los aportes realizados por Rózsa et al. (2020), quienes, tomando como base los estudios de Nir (1983) y Szabó et al. (2010), han realizado cálculos sobre el grado de transformación humana en los sistemas geomórficos, así como la propuesta de Cendrero et al. (2006) y Cendrero (2017),

³ Los procesos causantes o morfogénesis antrópica es un criterio base, adaptable y recíproco al enfoque de los “sistemas morfogénicos”, que es una propuesta de caracterización y zonificación geomorfológica desarrollada a nivel nacional por Flórez (2003) y el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM, 2010) desde la cual se han realizado aportes y avances para incorporar las formas de ocupación social, así como los aspectos humanos en términos del uso que el hombre hace del espacio geográfico y, por ende, de las geoformas.

quienes proponen el concepto de “huella geomorfológica humana”⁴, el cual se incorpora y emplea en el marco de este trabajo.

3. Métodos

La identificación, la descripción y la evaluación de los eventos antropogeomorfológicos partió de la revisión bibliográfica y la adecuación de insumos geoespaciales en una base de datos SIG. Estas tareas posibilitaron el almacenamiento y procesamiento de información multiescala y facilitaron la sistematización y la obtención de resultados. Para la comprensión de las dinámicas antropogénicas, se abordaron los diferentes acontecimientos desde finales del periodo prehispánico y se examinaron los posteriores modelos de ocupación territorial hasta el presente (Colonia y República) mediante la revisión documental de los hechos y elementos antropogeomorfológicos relevantes. La retrospectiva de estas situaciones se complementó con la descripción temática y cartográfica para los cortes temporales 1940, 1977, 2000 y 2020 a partir de la fotointerpretación de aerofotografías.

La interpretación antropogeomorfológica se ejecutó en dos y en tres dimensiones mediante el uso de las herramientas libres Google Earth, StereoPhoto Maker y QGIS. EN este último *software* se efectuó conjuntamente la rectificación espacial y digitalización vectorial a escala 1:10.000. Para esta etapa fue fundamental el uso de aerofotografías históricas y ortofotografías recientes, acompañadas por modelos digitales del terreno e imágenes satelitales (Tabla 2). Las incertidumbres generadas por la técnica digital fueron resueltas mediante la fotointerpretación tradicional

análoga en estereoscopia y la comprobación en terreno (trabajo de campo).

Las actividades de campo se enfocaron en el reconocimiento directo de los eventos antropogeomorfológicos, la confrontación de los hechos fotointerpretados, la actualización de datos, la verificación de materiales, el registro fotográfico, el diálogo con la población residente y el geoposicionamiento, captura y almacenamiento virtual de los datos, así como la incorporación de ajustes en la plataforma SIG a través de la aplicación Mobile Data Collection (GIS Cloud). La caracterización antropogeomorfológica implicó por su parte la formulación tipológica y el agrupamiento de las diversas entidades registradas. Para la descripción de estas condiciones se tomó como base la fotointerpretación retrospectiva y la propuesta de clasificación definida en la Tabla 1. La información incorporada en las caracterizaciones se lista en la Tabla 3. Las descripciones se complementaron a partir del recuento geohistórico documental y el uso de recursos gráficos (fotografías antiguas, ventanas multitemporales, mapas y diagramas).

Los resultados cartográficos retrospectivos viabilizaron los análisis espaciales desarrollados en el *software* QGIS y suministraron elementos claves para describir la evolución del fenómeno antropogeomorfológico. De este modo, se realizaron superposiciones entre las entidades antrópicas y las morfologías naturales (tomadas de la investigación de Castiblanco, 2020), mediciones para cuantificar longitudes, áreas y porcentajes de cubrimiento, y la elaboración de diagramas que evidencian los patrones y tendencias de cambio. Dentro de estos procedimientos, se estimó la huella antropogeomorfológica del municipio y se especializaron niveles de perturbación, teniendo como fundamento lo propuesto por Cendrero et al. (2006) y Cendrero (2017), que consistió en el cálculo numérico de las superficies intervenidas y también del volumen aproximado del material movilizado (excavado y acumulado) dependiendo de las diferentes tipologías de intervención identificadas.

4 La huella antropogeomorfológica refiere al cálculo cuantitativo de la influencia humana sobre las condiciones superficiales terrestres y se expresa en m² de superficies ocupadas por nuevas antropogeomorfos (acciones directas) y en m³ de volumen de material movilizado por dichas acciones deliberadas. Estas estimaciones se pueden complementar con otros datos de tipo poblacional y socioeconómico (Cendrero et al., 2006; Cendrero, 2017).

TABLA 2. Insumos

Tipo		Escala/ resolución	Año
Fotografías aéreas análogas (IGAC)	45	1:24.000	1936
	A-47	1:15.000	1939
	C-43	1:22.000	1940
	A-148	1:25.000	1940
	C-1546	1:30.000	1974
	C-1797	1:43.000	1977
	R-1212	1:48.000	1996
	SAV-415	1:20.000	1998
	C-2664	1:10.000	1999
Base cartográfica digital (IGAC)	Datos abiertos	1.500.000	2016
		1:100.000	2019
	Geodatabase integrada	1:25.000	2017
		1:10.000	2011
Imagen satelital SPOT		5 metros	2007
Imagen satelital RapidEye		7 metros	2009
Ortofotomosaico digital (IGAC)		1 metro	2010 y 2014
Modelo digital del terreno (IGAC)			2019
Imagen satelital Google Earth			
Imagen satelital Bing			

FUENTE: elaboración propia.

TABLA 3. Información antropogeomorfológica

Variable	Atributos
Año	1940, 1977, 2000, 2020.
Intencionalidad	Directa o indirecta.
Antropomodelados ⁵	Dique, canal, lago artificial, cantera, corte vial, terraplén, montículos, escombrera aterrazada, terreno con construcciones en altura y profundidad, etc.
Génesis	Agrogénica; montanogénica, industrogénica y residuos; gestión hídrica; tránsito; urbanogénica.
Morfología	Excavación, acumulación, aplanamiento, mixto.
Materiales	Naturales erosionados o redepositados, artificiales, etc.
Procesos inducidos	Erosión, remoción, compactación, impermeabilización, etc.
Área	Específicos para cada caso.
% de cubrimiento	
Longitud	
Altura y profundidad	
Ubicación	

FUENTE: elaboración propia con base en los criterios de la Tabla 1.

5 Los modelados son conjuntos de geoformas y formaciones superficiales ligadas a la dinámica externa terrestre (Flórez, 2003; IDEAM, 2010); en ese sentido, un antropomodelado sería el conjunto de antropogeomorfos resultantes de las acciones o actividades humanas.

4. Delimitación del caso de estudio

El municipio de Chía es una unidad político-administrativa en el departamento de Cundinamarca (Colombia) que se localiza en la parte central de la cordillera Oriental, sector del altiplano de Bogotá

(región Sabana Centro). Según la Figura 2, Chía se subdivide en ocho veredas con dos centralidades urbanas y un resguardo indígena (López, 2014), tiene una extensión cercana a los 80 km², con elevaciones entre 2.540 y 3.230 m s. n. m., y un centro histórico ubicado entre los valles fluviales de los ríos Bogotá y Frío.

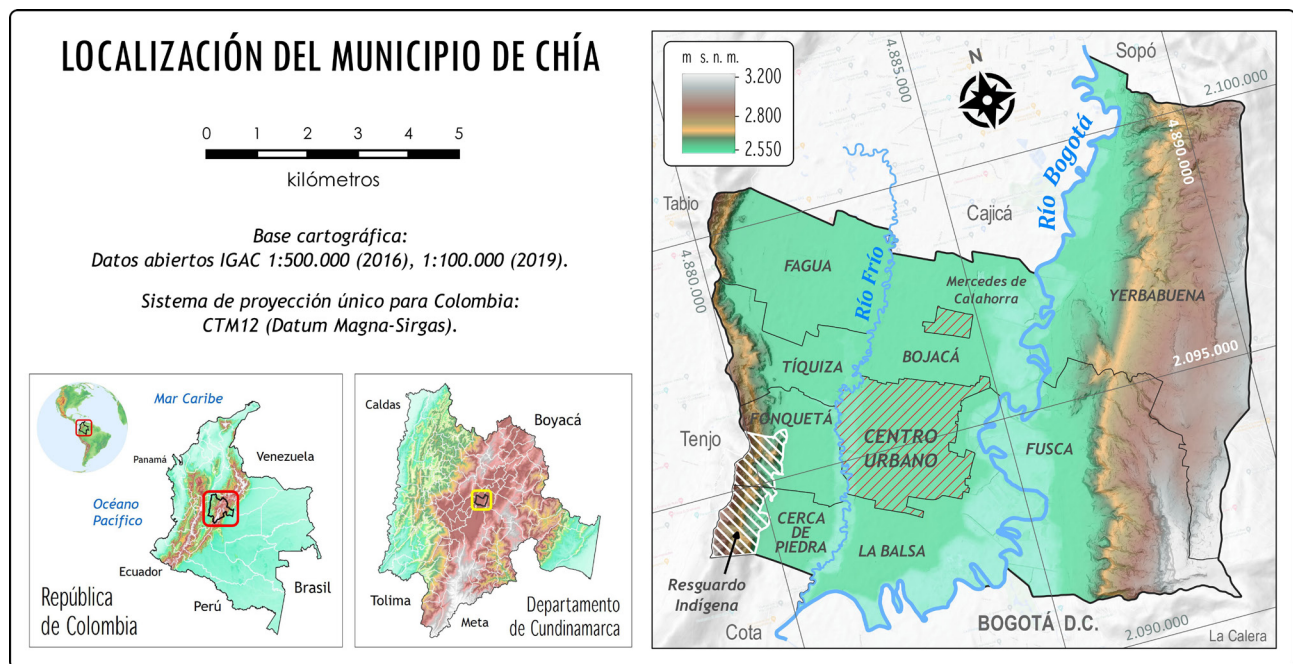


FIGURA 2. Área de estudio

FUENTE: elaboración propia, octubre de 2021, software QGIS 3.20.

En el sector central, Chía presenta geoformas naturales relativamente planas (altiplano) constituidas por sedimentos fluvioacustres y en parte modeladas por los ríos Bogotá y Frío. Hacia los flancos sobresalen los relieves montañosos, con pendientes abruptas, rocas sedimentarias plegadas y una red hidrográfica secundaria (Castiblanco, 2020). Como entidad territorial, el municipio se crea en el año 1954 (Alcaldía de Chía, 2020) y, junto con otros municipios de la sabana, es catalogado como de “interés ecológico nacional” (Congreso de la República, 1993).

Según el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC, 2007), en Chía sobresalen las economías agrí-

colas tradicionales, así como las agroindustriales (floricultura) y pecuarias que se distribuyen en las áreas rurales. Otras actividades como la minería, la industria, el comercio, el turismo, la educación y la prestación de servicios también están asociadas con la dinámica de urbanización, principalmente de tipo residencial (ciudad dormitorio). La población total aproximada proyectada para el año 2021 supera los 155.000 habitantes (Departamento Administrativo Nacional de Estadística [DANE], 2020) y Chía, como centro receptor de población migrante, presenta uno de los crecimientos más altos en términos demográficos, de expansión y de densificación urbana (Alcaldía de Chía, 2020).

5. Resultados y discusión

La evolución del paisaje chiense en términos geomorfológicos responde no solo a la acción natural del potencial hidrogravitatorio en la montaña y su respectiva transferencia sobre el altiplano y sus bordes (Castiblanco, 2020), sino también, y de manera destacada, a las actividades y los usos del territorio, realizados de manera disímil por las diferentes sociedades que lo han poblado. A continuación, se realiza una breve recopilación de las principales características del fenómeno antropogeomorfológico.

5.1 Geohistoria del accionar antropogeomorfológico

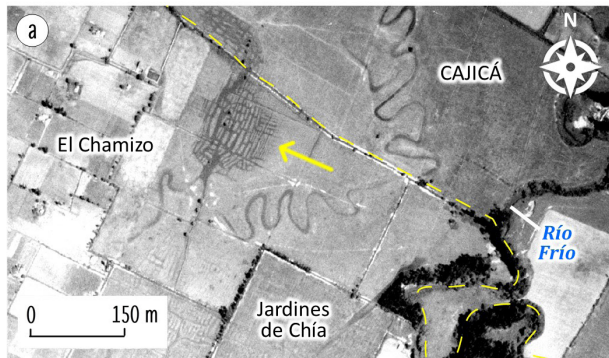
El actual municipio de Chía fue inicialmente el espacio para el tránsito y el asentamiento de los primeros grupos indígenas (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2000), y el altiplano de Bogotá (sabana) fue uno de los escenarios que más ofreció alternativas para que las poblaciones humanas se organizaran, en parte por la propicia oferta ambiental (Ceballos, 2007; Serrato, 2009). El paisaje sabanero sufrió cambios desde la misma aparición humana (Díaz, 2013), que ocupó inicialmente las cavidades y cornisas de los cerros, con la posterior movilidad desde los abrigos rocosos hacia las zonas bajas, planas, inundables y fértiles (IGAC, 2007). Allí los grupos humanos practicaban actividades de horticultura (Ardila, 1984) y siguieron un patrón de asentamiento poco denso y disperso sobre las faldas de las montañas (Boada, 2007).

Después del año 1000 d. C., los indígenas del pueblo muisca adecuan localmente poblados sobre el altiplano, con aldeas a orillas de los ríos Bogotá y Frío (Boada, 2007). Los habitantes desarrollan y sostienen una destacada simbiosis con el recurso *agua*, preferentemente sobre los taludes de las terrazas y las márgenes inundables. La principal intervención antropogénica fueron las redes de zanjas y camellones enfocados al control hidráulico y la producción agrícola (Rodríguez, 2019) (Figura 3a).

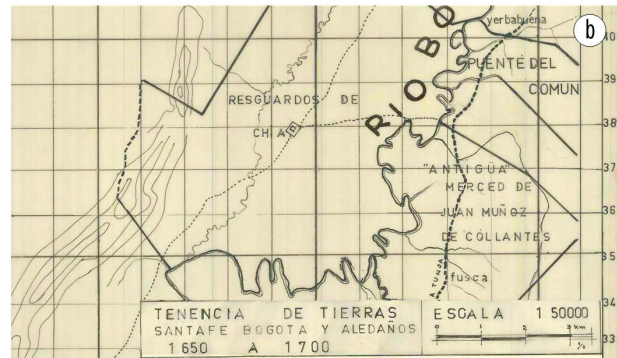
Durante el periodo colonial (siglos XVI, XVII y XVIII), la conquista y el poblamiento español se cimentaron en los núcleos y patrones previamente establecidos por los muisca (Boada, 2007), ubicándose estratégicamente, para Chía, en la zona central entre los ríos Bogotá y Frío (Contreras, 2017). El altiplano y sus alrededores mantuvieron los ejes de comunicación prehispánicos (Zambrano & Bernard, 1993), con la utilización y la ampliación de las rutas que los indígenas frecuentaban y la constitución de resguardos y estancias (IGAC, 2007), posteriormente llamadas haciendas (Figura 3b).

En la Colonia se abandona el sistema agrícola creado por los indígenas y las zonas elevadas de las montañas caen en desuso (Boada, 2007). La expropiación y reparto de tierras fue un proceso de larga data (Delgado, 2010) y el modelo de ocupación respondió a la construcción de la ciudad hispánica, que desencadena paulatinamente la degradación ecosistémica y la posterior urbanización (Díaz, 2013). Las intervenciones sobre el medio natural se centraron en la deforestación por requerimiento de material y combustible y la necesidad de áreas para el pastaje de ganado (López, 2014). Aunque las alteraciones son pocas, aumentan por la ampliación de caminos, el afianzamiento del centro urbano y el desarrollo de obras importantes como el Puente del Común (1792). En general, la mayor parte del territorio aún se encuentra en estado de preperturbación.

A principios del siglo XIX se instaura el modelo republicano y para las siguientes décadas se consolidan los usos ganaderos, principalmente sobre las geoformas del altiplano (terrazas fluviolacustres). Los humedales en el sector central empiezan a ser secados intencionalmente (Naranjo & Sepúlveda, 2016) y se introducen especies arbóreas (eucalipto y pino) que contribuyen a la transformación del paisaje (Díaz, 2013). Hacia mediados de siglo se erige la iglesia de Santa Lucía de Chía (Castro & Zambrano, 2019) (Figura 3c) y se incrementan las áreas desprovistas de vegetación natural (López, 2014), especialmente para el altiplano central (Figura 3d).



a. Vestigios de camellones tipo ajedrezado del periodo prehispánico sobre planos de desborde del río Frío (próximos a paleocauces), vereda fagua. Fuente: Aerofotografía análoga IGAC, No. 037, vuelo 45 de 1936.



b. Fragmento del mapa que delimita el resguardo de Chía y las haciendas (estancias) Yerabuena, El Puente y Fusca (siglo XVII). Fuente: CINEP - FPIT. Banco de la República, 1979; <https://babel.banrepcultural.org/digital/>



c. Acuarela del parque principal y construcciones de la Parroquia de Chía a mediados del siglo XIX, sobre la terraza fluvio-lacustre central. Fuente: E. Walhouse, 1846; <https://www.banrepcultural.org/coleccion-de-arte/obra/chia-ap0054>



d. Fotografía del Puente del Común a finales del siglo XIX sobre el valle fluvial del río Bogotá; sobresale la escasa vegetación del altiplano central. Fuente: <https://co.pinterest.com/pin/821695894486201303/>



e. Fotografía del Puente del Común y del poblado La Caro a comienzos del siglo XX; cruce entre vías y el ferrocarril que incidió en la transformación del paisaje circundante. Fuente: G. Cuellar, 1930. Banco de La República; <https://babel.banrepcultural.org/digital/coleccion/pl7054coll19/id/223/rec/7>



f. Fotografía panorámica del extremo suroriental de Chía en la década de 1960. Sobresalen los pastizales, la ampliación de la Autopista Norte, la instalación de equipamiento para el esparcimiento, y la minería de canteras en la montaña. Fuente: <https://co.pinterest.com/pin/653373858423596992/>

FIGURA 3. Ejemplos de intervención humana entre el siglo xv y mediados del xx

Hacia finales del siglo XIX se construye el ferrocarril que procede de Bogotá (1894). En el sector llamado El Puente (luego La Caro), la estación férrea y el cruce de caminos propiciaron el desarrollo de un pequeño poblado (López, 2014), con la mutación del espacio circundante. Desde las haciendas, en la transición al siglo XX,

se intenta contener los desbordes de los ríos sobre las vegas inundables (Delgado, 2010), se adecuan canales limítrofes y de irrigación hídrica y aparecen las primeras canteras de arenisca en las laderas bajas de la montaña (tanto oriental como occidental) y pequeñas extracciones de arcilla (chircales) en el valle del río Frío (López, 2014).

5.1.1. Siglos xx y xxi

En el siglo xx el proceso de mayor importancia fue la consolidación urbana residencial, relacionada con el crecimiento demográfico, la dinámica migratoria y el mejoramiento en el transporte (IGAC, 2007) (Figura 3e). En las zonas rurales sobresalen nuevos estilos agrícolas (Matiz, 1941) y en el entorno urbano se instala el servicio de agua potable (1932), la primera red de alcantarillado (1942), se pavimenta la Avenida Pradilla (1941), se termina el templo parroquial actual (1944) y empiezan a funcionar plantas industriales pasteurizadoras (1948) (López, 2014). Chía registra de manera temprana un crecimiento poblacional sostenido (Figura 4), con dinámicas de expansión desde el centro y nuevas manzanas y vías que cambian en sus dimensiones y proporciones (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2000).

Desde mediados del siglo xx el municipio cambia en muchos aspectos, principalmente por el desarrollo urbanístico y las obras de ingeniería como la Autopista Norte (1956) (López, 2014) (Figura 3f). Las franjas paralelas a la autopista son modificadas sustancialmente por los rellenos al margen del río Bogotá (Boada, 2007), la canalización mediante vallados (zanjas) y la construcción de jarillones (diques) para obtener suelo urbanizable (Díaz, 2013). A nivel regional, aguas arriba del territorio, se terminan de construir los embalses del Neusa (1949), Sisga (1951) y Tominé (1962), que influyen en los regímenes hídricos y de sedimentación del río Bogotá.

Entre los años 1970 y 1980 se disminuye considerablemente la producción agropecuaria del municipio, se pavimentan muchas vías veredales, se amplían las redes de servicios públicos y es notoria la fragmentación de la propiedad rural (Castro & Zambrano, 2019). La instalación de invernaderos para la floricultura es recurrente (Osorio, 2011), sobresale la industria manufacturera, los centros educativos, los lugares de esparcimiento y recreación (Cristancho, 2010; Bautista, 2014), así como la construcción de viviendas en la ronda del río Frío (López, 2014).

Hacia finales del siglo xx, las áreas rurales se transforman aceleradamente en áreas suburbanas (Contreras, 2017), el mercado inmobiliario se convierte en la norma urbanística (Osorio, 2011) y las viviendas e instalaciones se acercan más a los ríos Bogotá y Frío (Bautista, 2014). Las intervenciones en esta última etapa del siglo se centran en la construcción de complejos viales y equipamientos sobre los ejes Chía-Sopó y Chía-Cota (Ávila, 2017), la conformación de condominios sobre los cerros orientales (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2000), con la respectiva degradación ambiental (López, 2014), y la urbanización del sector central en dirección norte y sur (veredas Bojacá y La Balsa respectivamente) (Alcaldía de Chía, 2020). Para estos años, sobresale además la rectificación del río Bogotá en el sector del Hipódromo de Los Andes, el recorte de meandros del río Frío y la disposición de rellenos en el sector de Sidonia (centro urbano).

En el siglo xxi, la progresión urbana relacionada con el incremento poblacional (Figura 4) se refleja en la consolidación de Chía como ciudad dormitorio (Angarita, 2015), proliferan los amplios conjuntos residenciales y fragmentos suburbanos, como también los invernaderos y equipamientos agroindustriales (Bautista, 2014). Las coberturas vegetales son altamente intervenidas, especialmente en los cerros (Cortes & Rubio, 2016), la terciarización fomenta la conurbación (Cristancho, 2010), el modelo neoliberal facilita el acaparamiento, la especulación y la distorsión del valor de la tierra (Soler, 2018), y el plan de ordenamiento territorial (POT) y sus ajustes le otorgan primacía al mercado constructor (Ávila, 2017). Las principales transformaciones geomorfológicas (etapas perturbación y posperturbación) incluyen la ampliación de autopistas, el incremento de las escombreras, el repunte de la actividad minera (ampliación de canteras), el surgimiento de edificaciones en altura y profundidad (excavaciones) y los controversiales ajustes hidráulicos destinados a mitigar los desbordes de los ríos Bogotá y Frío (Figuras 5 y 6).

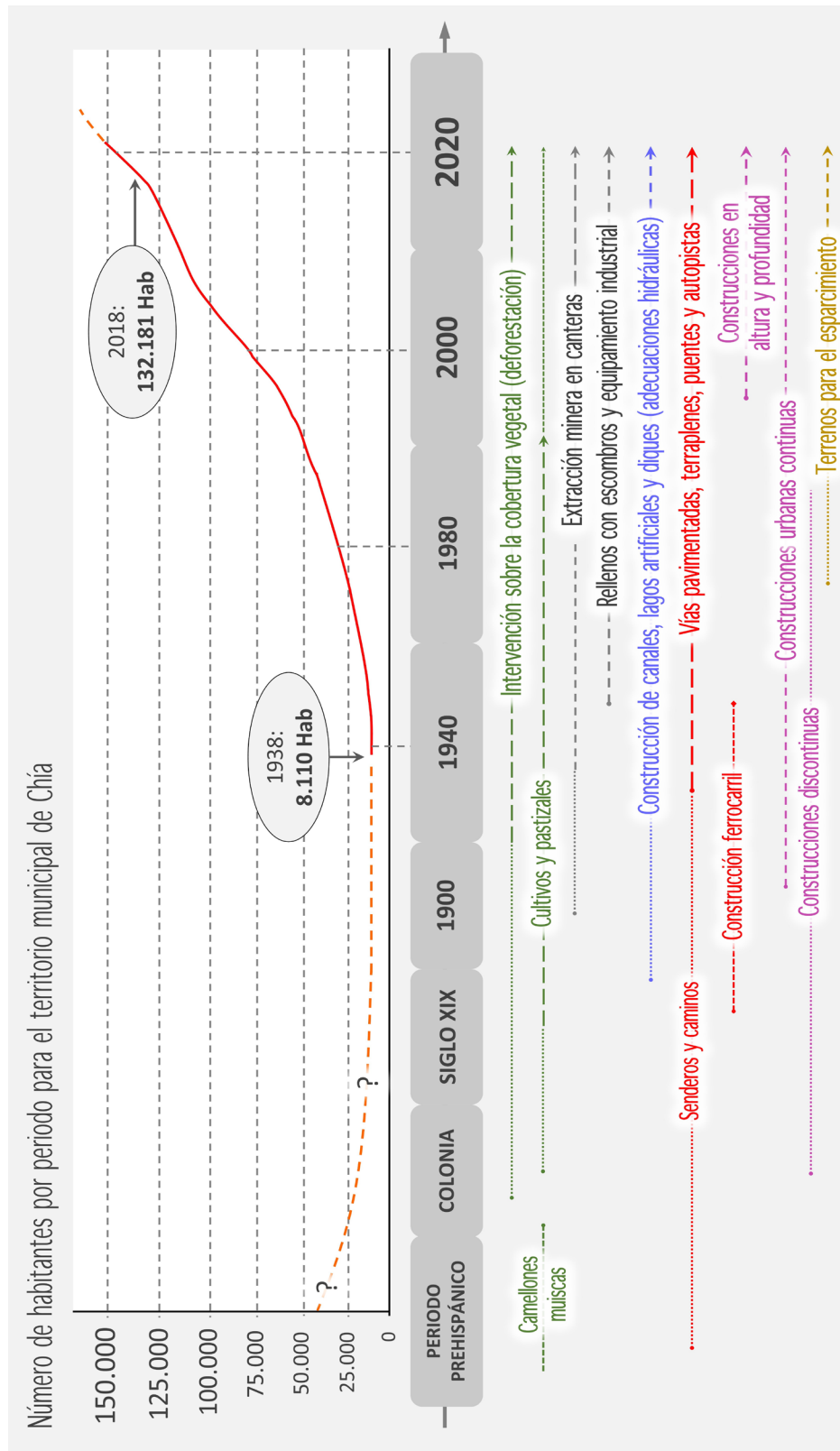


FIGURA 4. Crecimiento poblacional y hechos antropogeomorfológicos
FUENTE: elaboración propia con base en datos de López (2014) y DANE (2020).

INTERVENCIONES ANTROPOGEOMORFOLÓGICAS - MUNICIPIO DE CHÍA

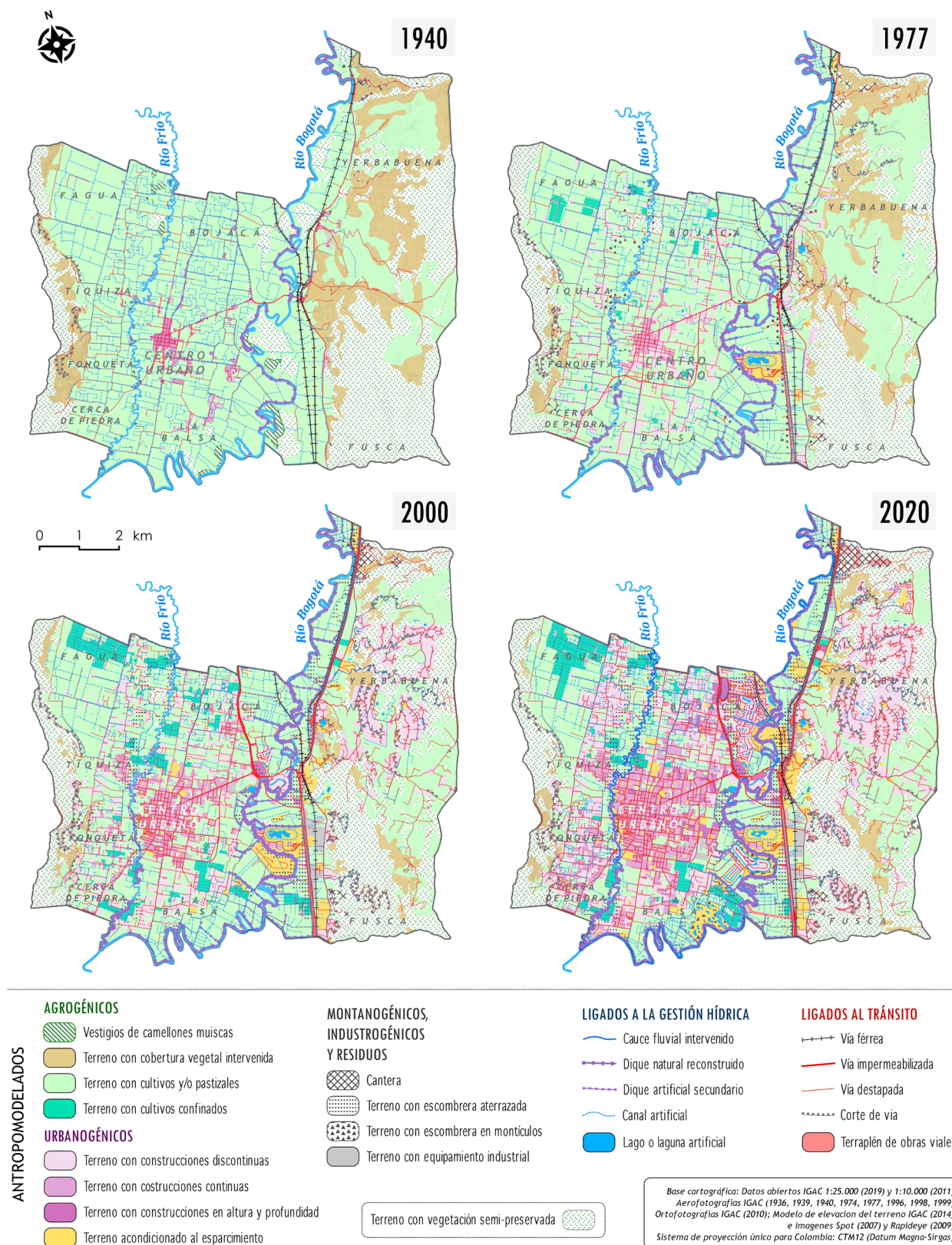
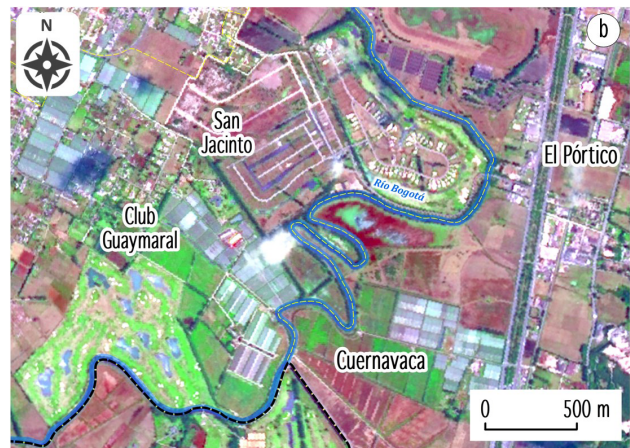


FIGURA 5. Cartografía retrospectiva de las intervenciones

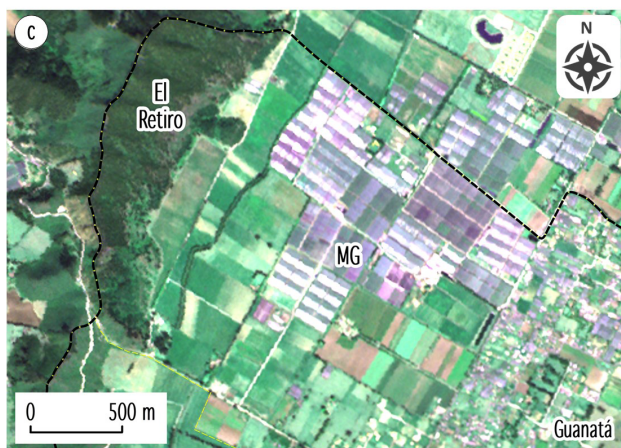
FUENTE: elaboración propia con base en la fotointerpretación y clasificación, octubre de 2021, software QGIS 3.20.



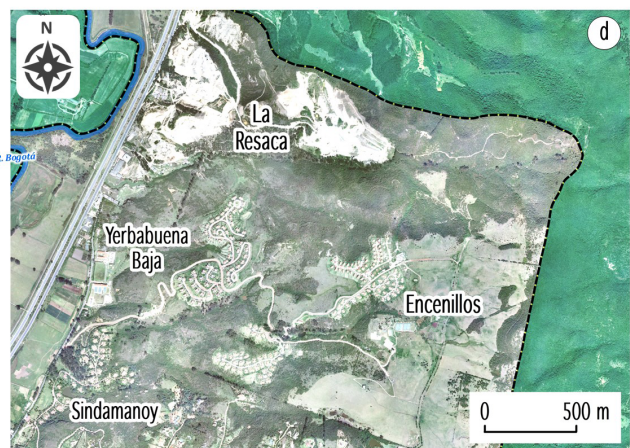
a. Rellenos con escombros aterrazados y recorte de meandros sobre el valle fluvial del río Frio por expansión y densificación del Centro Urbano. Fuente: Aerofotografía análoga IGAC, No. 105, vuelo G2664, octubre de 1999.



b. Condominios, invernaderos y terrenos de esparcimiento emplazados sobre valle fluvial del río Bogotá, veredas La Balsa y Fusca. Al oriente de la Autopista Norte crecimiento industrial. Fuente: Imagen SPOT, RGB (213), 2007.



c. Vegetación semi-preserveda en la montaña noroccidental. Invernaderos y construcciones discontinuas sobre la terraza fluvio-lacustre alta, vereda Fagua. Fuente: Imagen RapidEye, RGB (342), 2009.



d. Autopista Norte en la transición altiplano-montaña oriental. Canteras y condominios suburbanos sobre el ambiente estructural, vereda Yerbabuena. Fuente: Ortofotografía IGAC, verdadero color, hoja No. 228/1/A/4, 2010.



e. Intervenciones sobre el valle fluvial del río Bogotá, con escombreras (rellenos), terraplenes por obras viales, diques reconstruidos y artificiales, y excavaciones para lagunas (La PTAR). Fuente: Modelo Digital del Terreno MDT,



f. Terreno con cultivos y/o pastizales, construcciones discontinuas y continuas, y edificaciones en altura y profundidad al margen de la autopista a Cajicá (terraplén vial). Fuente: Imagen del portal Bing Maps, verdadero color,

FIGURA 6. Ejemplos de las intervenciones antropogeomorfológicas en el siglo XXI

NOTA: el cubrimiento de las ventanas se representa en el mapa de la Figura 13.

5.2 Descripción de los antropomodelados

Como se indicó en el apartado anterior, los sistemas antropogeomorfológicos en Chía han aumentado tanto en cubrimiento como en complejidad con el paso del tiempo y la gestación de nuevos modelados ha obedecido a las diversas intencionalidades territoriales en función de los modelos de ocupación. Para el año 2020, en la caracterización se identifican los siguientes cinco grandes tipos de modelados antropogénicos:

- **Agrogénicos:** morfologías resultantes de las acciones de producción primaria, cuyas intervenciones son la eliminación de la cobertura vegetal y la alteración del suelo por labores de labranza, siembra y crianza de animales. Estas acciones son las más antiguas en la historia municipal y, aunque disminuyen, alcanzan en la actualidad el 35% de extensión territorial.
- **Montanogénicos, industrogénicos y residuos:** morfologías derivadas de acciones extractivas mineras, superficies adecuadas a actividades industriales y acumulaciones por disposición de materiales de desecho. Estos modelados de intervención surgen a finales del siglo XIX y comienzos del XX y en las últimas tres décadas han aumentado su cubrimiento hasta el 9,4%.
- **Ligados a la gestión hídrica:** morfologías de excavación tipo canales, cauces intervenidos,

lagos y lagunas artificiales, así como antropogeoformas de acumulación tipo diques. Estos modelados se generalizaron durante los siglos XX y XXI por el aumento de las prácticas agropecuarias, agroindustriales y urbanas y por el requerimiento de mitigar las inundaciones. Para el año 2020 estas intervenciones cubren el 2,2% del municipio.

- **Ligados al tránsito:** morfologías asociadas con el transporte y el desplazamiento, con caminos destapados, vías impermeabilizadas, el ferrocarril, cortes en zonas de montaña y terraplenes. Estas intervenciones se han incrementado para el siglo XXI y representan un alto impacto que alcanza en la actualidad el 4,4% de cubrimiento municipal.
- **Urbanogénicos:** morfologías relacionadas con la construcción de edificaciones para residencia, comercio, prestación de servicios y recreación. La presencia de estos modelados (terrenos) sobresale para las últimas cinco décadas con construcciones discontinuas y continuas y con el aumento de las edificaciones en altura y profundidad y de los espacios de esparcimiento, que en conjunto abarcan el 33% del territorio.

Los 21 modelados específicos de intervención cartografiados en los mapas de la Figura 5 se describen en detalle en la Tabla 4. El restante 16% de Chía corresponde a terrenos con vegetación semipreservada que no muestran evidencia clara de perturbaciones antropogeomorfológicas.

TABLA 4. Generalidades de los antropomodelados año 2020

Modelado		Descripción	Ubicación principal
Agrogénicos	Terreno con vegetación intervenida	Amplias superficies con alteración de la cubierta vegetal. Normalmente inducen la erosión y remoción en masa.	Montañas oriental y occidental.
	Terreno con cultivos o pastizales	Áreas destinadas a la producción agropecuaria donde es común el arado, riego, uso de animales y maquinaria (Figuras 7a y 7b). Las acciones concentran la escorrentía, aumentan la erosión hídrica, compactan suelos, disminuyen la permeabilidad y acumulan material orgánico.	Márgenes de los ríos Bogotá y Frío. Zonas elevadas de la montaña oriental, vereda Verbabuena.
	Terreno con cultivos confinados	Áreas con invernaderos destinados al cultivo de flores (Figura 7c). Cubren y aplanan el terreno, compactan e impermeabilizan suelos y concentran y aumentan la escorrentía.	Sectores: MG, Jardines, Flores, El Cacique, Colorados, Las Juntas, Fredonia y Monguibello.
Montanogénicos, industrogénicos y residuos	Cantera	Antropogeofoma de excavación por minería (Figura 7d). Remueven el suelo y el subsuelo, aumentan la erosión, aportan sedimentos, contaminan y alteran la escorrentía y los flujos subterráneos y generan inestabilidad en laderas.	Montaña nororiental, sector La Resaca. Montaña suroriental, sector Villa Escocia.
	Terreno con escombrera aterrazada	Áreas con geoformas artificiales de acumulación dispuestas en terrazas (Figura 7e) o en montículos (Figura 7f). Los escombros elevan la topografía, destruyen la vegetación, sepultan, compactan y hunden suelos, cambian la escorrentía y disminuyen las áreas inundables.	Sectores: Los Humedales, La Caro, Teletón, Hipódromo, Guanatá, La PTAR, La Lorena.
	Terreno con escombrera en montículos		Sectores El Cerrito-La Frontera, San Jacinto, Club Guaymaral, La Lorena.
	Terreno con equipamiento industrial	Áreas aplanadas y acondicionadas a la industria. Eliminan la cobertura vegetal, sepultan e impermeabilizan suelos y aumentan y concentran la escorrentía.	Bordes de la Autopista Norte, barrios El Cairo y Samaria, sector Las Juntas.
Gestión hídrica	Cauce fluvial intervenido	Corresponde a los ríos Bogotá y Frío, intervenidos por dragado, ensanchamiento y recortes (Figura 7g). Aumentan la capacidad hidráulica y controlan los desbordes, pero desregulan los desbordes y la sedimentación.	Todo el canal del río Bogotá y parte del Frío. Desvíos en los sectores Hipódromo y Sidonia.
	Dique natural reconstruido	Geoforma alargada de acumulación artificial paralela a los cauces fluviales, reconstruida en elevación y ancho (Figura 7g). Mitiga los desbordes, pero desconecta el río con la planicie, secando humedales y alterando los niveles freáticos.	Bordes del cauce del río Bogotá y sector suroccidental del río Frío.
	Dique artificial secundario	Pequeñas antropogeofomas alargadas de acumulación que ofrecen protección ante las crecientes y desbordes (Figura 7h).	Ampliamente en el ambiente fluvial, valles de los ríos Bogotá y Frío.
	Canal artificial	Antropogeofoma estrecha de excavación, también conocida como zanja o vallado (Figura 7h). Concentra el agua pluvial y de acueductos veredales y modifica la escorrentía superficial.	Ampliamente en los ambientes fluvioacustres y al margen de las principales vías.
	Lago o laguna artificial	Antropogeofoma depresional de excavación que posibilita los cuerpos de agua para diversos usos: agricultura, tratamiento de aguas residuales, recreación, etc. (Figura 7i).	La PTAR I, condominios de la montaña oriental y urbanizaciones al margen del río Bogotá.

TABLA 4. Generalidades de los antropomodelados año 2020

Modelado	Descripción	Ubicación principal
Tránsito	Vía férrea	Estructuras de comunicación que nivelan el terreno y generalmente incrementan la erosión y la escorrentía (Figura 7l). Costado oriental del altiplano (terracea fluviolacustre) y valle fluvial del río Bogotá.
	Vía afirmada impermeabilizada	Estructuras de comunicación asfaltadas en concreto o adoquín (Figura 7k). Eliminan la vegetación, sellan, compactan, remueven e impermeabilizan suelos, limitan la erosión y concentran la escorrentía. En todas las veredas municipales, aunque con predominio en el centro urbano y las autopistas.
	Vía destapada	Estructuras de comunicación construidas con recebo sin impermeabilizar (Figura 7j). Generan deforestación, entierran suelos y aumentan la erosión y la producción de sedimentos. Montaña oriental, veredas Yerbabuena y Fusca. Montaña occidental, veredas Cerca de Piedra, Fonquetá, Tíquiza y Fagua.
	Corte de vías	Excavaciones en las laderas de la montaña por construcción vial (Figura 7j). Remueven la vegetación, el suelo y el subsuelo, modifican pendientes, incrementan la inestabilidad y alteran la escorrentía. Condominios en la montaña oriental y la Autopista Norte. Montaña occidental, sectores Resguardo, La Valvanera y vía a Tabío.
	Terraplén de ferrocarril, autopistas y puentes	Antropogeofomas de acumulación que soportan los puentes y grandes vías vehiculares y férreas (Figura 7l). Destruyen la vegetación, cubren y eliminan suelos y alteran la escorrentía. Autopista Norte, vías a Suba y Cajicá, Av. Pradilla y Chila-cos, Cra. Séptima, variante Cota y troncal Los Andes.
Urbanogénicos	Terreno con construcciones discontinuas	Superficies con edificaciones dispersas de baja densidad (Figura 7m). Remplazan la cobertura vegetal, aplanan el terreno y cubren e impermeabilizan parcialmente el suelo. Montaña oriental y altiplano, veredas Fagua, Fonquetá, Cerca de Piedra, Bojacá y La Balsa.
	Terreno con construcciones continuas	Superficies con edificaciones agrupadas, contiguas y densas (Figura 7n). Eliminan la cobertura vegetal, aplanan y nivelan las irregularidades topográficas, sellan, impermeabilizan, compactan y hunden los suelos, frenan la erosión y modifican la escorrentía. Altiplano central y occidental: veredas Bojacá, La Balsa, centro urbano, Tíquiza, Fonquetá y Cerca de Piedra.
	Terreno con construcciones en altura y profundidad	Superficies con grandes edificaciones (Figura 7o). Generan excavaciones y depresiones, eliminan los suelos, compactan parte del subsuelo y cambian ampliamente los niveles freáticos y la escorrentía. Periferia del centro urbano, sectores Fontanar, Arrieros, Mercedes de Calahorra, Centro Chía, U. de La Sabana y Rodízio.
	Terreno acondicionado al esparcimiento	Áreas adecuadas para actividades recreativas, educativas, de turismo y otras; con zonas verdes y descapotadas que modifican parcialmente los suelos y la escorrentía. Márgenes de la Autopista Norte y riberas de los ríos Bogotá y Frío.

FUENTE: elaboración propia.

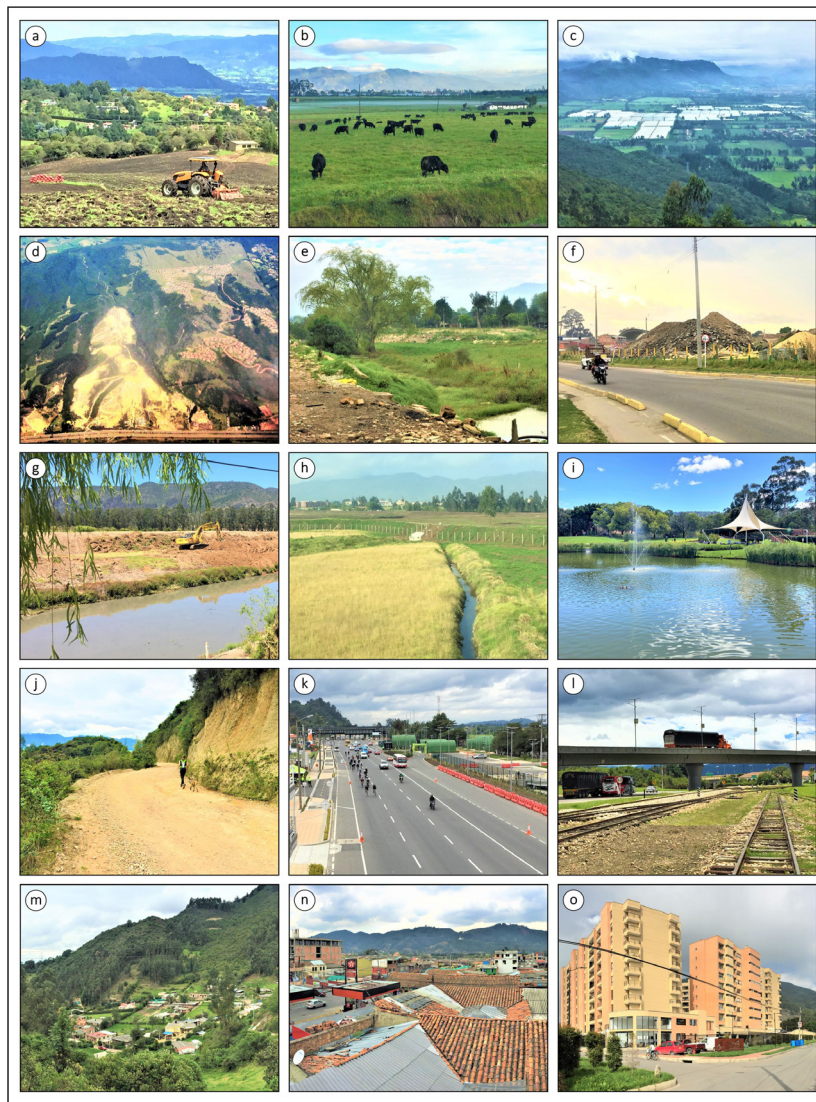


FIGURA 7. Ejemplos de las intervenciones por tipologías: a. Terreno arado para cultivos: montaña oriental, sector Lagos, vereda Yerbabuena; b. Terreno con pastizales para ganadería: altiplano suroriental, sector Cuernavaca, vereda Fusca; c. Terreno con cultivos confinados (invernaderos): altiplano noroccidental, sector MG, vereda Fagua; d. Canteras y condominios: montaña nororiental, sectores La Resaca y Encenillos, vereda Yerbabuena; e. Escombreras aterrazadas: altiplano occidental, sector LA TASCA Española, vereda Tíquiza; f. Escombreras en montículos: altiplano central, barrio LA LORENA, centro urbano; g. Cauce ampliado, dragado y diques elevados: valle del río Bogotá, sector Granjas de Guaymaral, vereda LA Balsa; h. Canal y dique artificial: valle del río Bogotá, sector LA CHAVELA, vereda Fusca; i. Lago artificial: valle del río Bogotá, sector Centro Chía, vereda Bojacá; j. Corte vial y vía destapada: montaña occidental, sector La Valvanera, vereda Fonquetá; k. Terraplén y vía pavimentada Autopista Norte: altiplano suroriental, sector Torquita, vereda Fusca; l. Terraplén de vía férrea y puente vehicular: altiplano oriental, sector La Caro, vereda Fusca; m. Terreno con construcciones discontinuas: montaña occidental, sector La Valvanera, vereda Fonquetá; n. Terreno con construcciones continuas: altiplano central, sector centro histórico; o. Terreno con construcciones en altura-profundidad: altiplano suroccidental, sector Rodizio, vereda Cerca de Piedra.

NOTA: La ubicación de las fotografías se muestra en el mapa de la Figura 13.

FUENTE: fotografías del autor, 2019, 2020 y 2021.

5.3 Patrones y tendencias del cambio antropogeomorfológico

La revisión geohistórica y la caracterización para los años de referencia precisaron la descripción de los antropomodelados y posibilitaron a su vez la medición de datos cuantificables. Los valores obtenidos individualmente y como producto de las operaciones de superposición proporcionaron el siguiente panorama sobre la evolución espaciotemporal del fenómeno antropogeomorfológico en Chía.

En la Figura 8 se aprecia el comportamiento de incremento o reducción de los tipos de modelados, donde se destaca el aumento progresivo de las acciones *urbanogénicas*, así como el crecimiento moderado de las intervenciones *montanogénicas*, *industrogénicas* y *residuos*, *gestión hídrica* y *tránsito*. El valor de cubrimiento porcentual para los cuatro cortes temporales muestra, en oposición, la notable reducción de las acciones *agrogénicas* y el leve descenso en el cubrimiento de los terrenos semipreservados (sin evidente intervención).

La variación de las intervenciones antropogeomorfológicas se ratifica igualmente en la Figura 9,

diagrama que indica el cambio de los modelados en kilómetros y hectáreas en función de los cinco ambientes geomorfológicos naturales descritos en el trabajo de Castiblanco (2020). En este resultado gráfico se observa que los mayores cubrimientos por intervenciones se presentan para los ambientes naturales fluviolacustre y fluvial (valles de los ríos Bogotá y Frío), mientras que los ambientes coluvioaluvial y periglaciario son los que menos longitudes y áreas de intervención muestran.

La Figura 9 indica asimismo un predominio de las acciones *agrogénicas* para todos los ambientes morfológicos naturales, pero tan solo para los tres primeros años de caracterización (1940, 1977, 2000); el decrecimiento de estas acciones en los últimos años radica en el aumento y predominio principalmente de los modelados de tipo urbano. Para el año 2020 las intervenciones *urbanogénicas*, *montanogénicas*, *industrogénicas*, *residuos* y *tránsito* ya prevalecen en conjunto sobre los ambientes estructural (especialmente en la montaña oriental), coluvioaluvial, fluviolacustre y fluvial, y las intervenciones por *gestión hídrica* muestran un importante cubrimiento solamente para los entornos fluviales del municipio (los valles del altiplano).

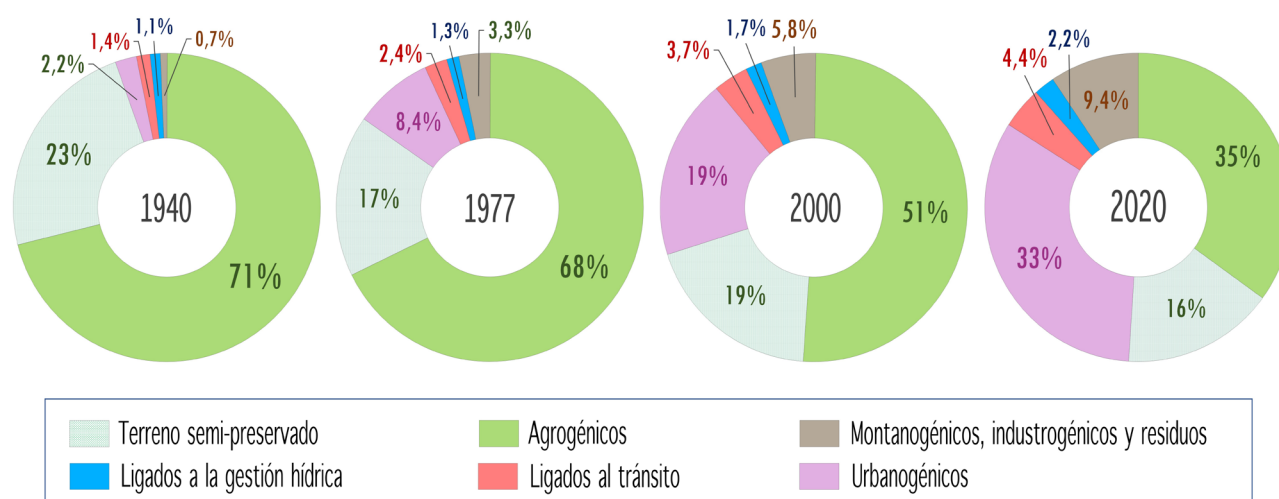


FIGURA 8. Cubrimiento porcentual de las intervenciones antropogeomorfológicas por año de caracterización

FUENTE: elaboración propia.

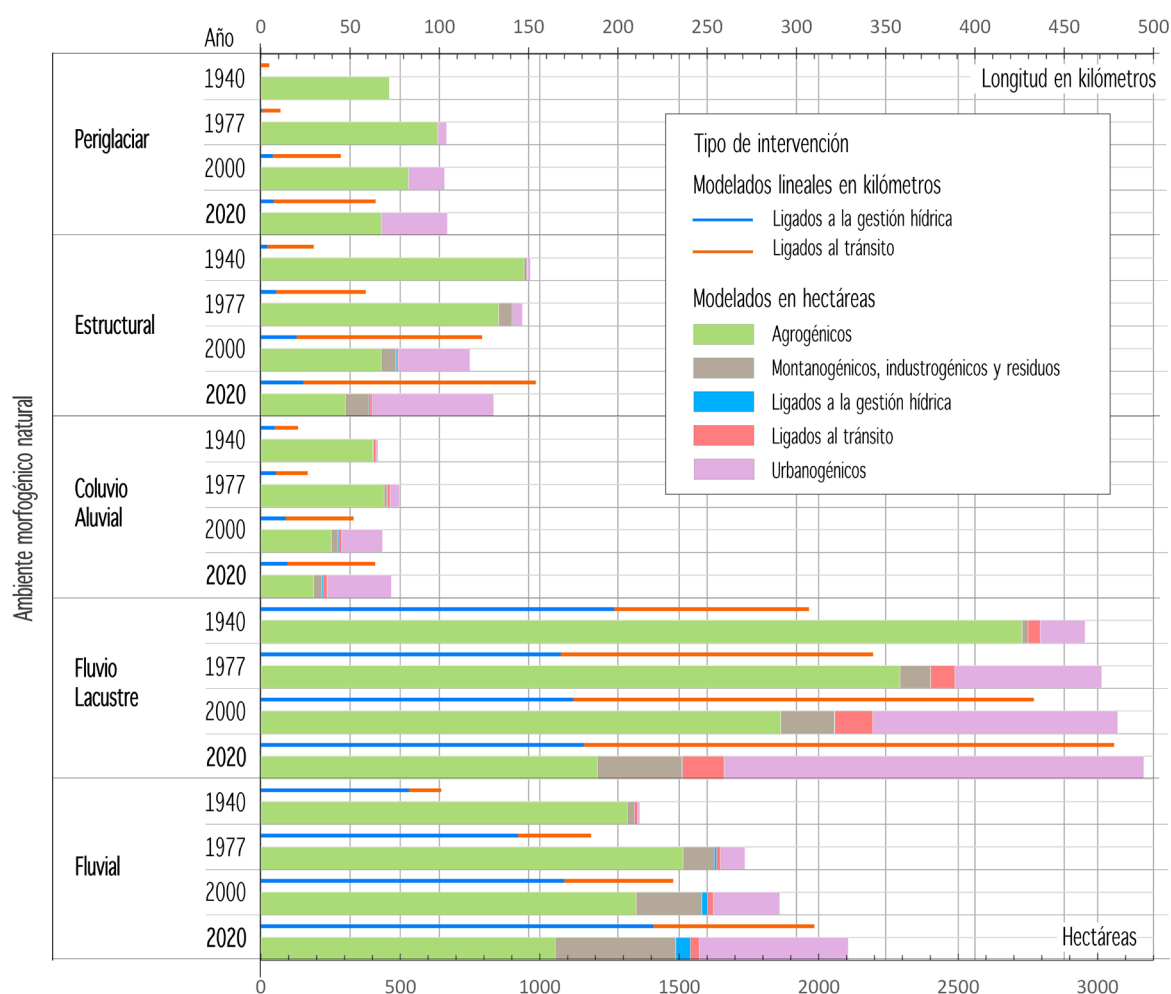


FIGURA 9. Aumento de las intervenciones por ambientes morfogénicos naturales y año de caracterización

FUENTE: elaboración propia.

Los patrones de transformación son todavía más evidentes al analizar la Figura 10, donde se muestra el porcentaje de cada una de las intervenciones en relación con las 23 geoformas naturales específicas (caracterizadas en Castiblanco, 2020). De esta matriz se puede destacar el avance de los *terrenos con vegetación intervenida* para los ambientes periglacial y estructural, la tendencia de localización de los *cultivos confinados* sobre la terraza fluvio lacustre, el predominio de las *canteras* en los reverses estructurales y la alta presencia de *escombreras aterrazadas* y *en montículos* en los taludes de la terraza fluvio lacustre, los planos de desborde y las cubetas de decantación del ambiente fluvial.

Las intervenciones por *gestión hídrica* se concentran en el ambiente fluvial natural, especialmente con *cuerpos de agua artificiales* y *diques* (reconstruidos y artificiales) sobre los planos de desborde y cubetas de decantación. La construcción de canales artificiales (vallados) ha sido también habitual sobre estas geoformas naturales, además de presentarse de manera sobresaliente en el nivel medio de la terraza fluvio lacustre. Los *terraplenes viales* y las *vías férreas, impermeabilizadas y destapadas* prevalecen en todos los niveles de la terraza fluvio lacustre y los taludes de esta, así como en los planos de desborde de los dos grandes valles del municipio (Bogotá y Frío), mientras que los *cortes viales*, incluyendo algunas *vías destapadas*, son frecuentes en muchos reverses de los ambientes estructural y periglacial.

		Porcentaje (%)																					
		AGROGÉNICO			MINERÍA, IND. Y RES.				GESTIÓN HÍDRICA					TRÁNSITO					URBANOGÉNICA				
		Vegetación intervenida	Cultivos y/o pastizales	Cultivos confinados	Cantera	Escombrera aterrazada	Escombrera en montículos	Equipamiento industrial	Cauce fluvial intervenido	Dique natural reconstruido	Dique artificial secundario	Canal artificial	Lago o laguna artificial	Vía férrea	Vía afirmada impermeabilizada	Vía destapada	Corte por infraestructura vial	Terraplén de vías	Construcciones discontinuas	Construcciones continuas	Construcciones en alt. y prof.	T. acond. al esparcimiento	Vegetación semi-preservada
PERIGLACIAR H.	Frente erosional en sedimentitas duras	1													1		2						6
	Revés estructural en sedimentitas duras		2													1	2						7
	Revés estructural en sed. duras con alteritas	27	12									2			7	10	13		13			2	15
ESTRUCTURAL	Frente erosional en sedimentitas duras	1			10			1									2	4					2
	Frente erosional en sedimentitas blandas																1		1				1
	Revés estructural en sedimentitas duras	43	3		51		4					3			8	14	56	1	11			1	51
	Revés estructural en sed. duras con alteritas	20	2		31	1	4	1				4	2		6	4	13	3	10			2	4
	Revés estructural en sed. blandas con alteritas		1					5					5		1	2	3		1			4	2
	Cerro residual													1			1						
COLUVIO-ALUVIAL	Ladera coluvial		2									1	1		3	2	2		5				1
	Vallecito de montaña	6	1		7		2					1	5		1	2	2		3			1	10
	Glacis de acumulación	2	1													1							1
	Manto de derrubios		1									1		2	1	2	1	2	1	1		3	
	Cono de deyección		2	1	1	1		14				2	2	6	2	2		5	1		2	5	
FLUVIO-LACUSTRE	Plano de terraza nivel alto		6	10		7		10				6		24	3	3		14				5	
	Plano de terraza nivel medio		15	37		5	4	38				25		43	14	21		31	16	16	4	13	
	Plano de terraza nivel bajo		10	16		1	2	10			2	15		1	26	11		16	17	64	60	10	
	Talud de terraza		8	7		25	2	6			10	8		10	10	7		13	7	10	19	6	
FLUVIAL	Vallecito de altiplano		1									1	1	3	1			1			1	1	
	Plano de desborde		18	13		45	47	10		97	48	16	30	10	8	10		10	8	5	11	27	
	Cubeta de decantación		14	15		13	34	5			35	14	44		5	5		4	5	4	3	19	
	Meandros y cauces abandonados		1	1		2	1				4	1	10		1	1			1			1	
	Cauce aluvial activo								100	3	1												
TOTAL		100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

FIGURA 10. Porcentajes de cubrimiento de los modelados antropogeomorfológicos por geoformas naturales específicas, año 2020

FUENTE: elaboración propia.

Las *construcciones discontinuas* se hallan de manera considerable en los reverses de la montaña y planos de la terraza fluviolacustre, las *construcciones continuas* y las *construcciones en altura y profundidad* se concentran predominantemente sobre el nivel bajo de la terraza fluviolacustre, mientras que los *terrenos para el esparcimiento* se distribuyen en general sobre los planos de desborde y las cubetas de decantación del ambiente fluvial. Llama la atención la gran mixtura e importancia de cubrimiento de las intervenciones sobre el medio geomorfológico natural del altiplano (ambientes fluviolacustre y fluvial), situación que responde básicamente a la condición histórica de poblamiento y a que han representado un atractivo y facilidades para la ocupación (a lo largo y entre los dos ejes fluviales Bogotá y Frío). No obstante, y basados en la evolución y ubicación de las acciones antropogeomorfológicas en las últimas décadas, los relieves montañosos vienen

adquiriendo relevancia y su antropización es más patente en años recientes.

5.3.1. La huella antropogeomorfológica

La Figura 11 muestra los volúmenes totales excavados y acumulados por antropomodelado para los cuatro años de caracterización. En las excavaciones (izquierda) se destacan las *canteras* como la antropogeofoma con los mayores volúmenes de material extraído en Chía y en segundo lugar están las *construcciones en altura y profundidad*, con una alta dinámica extractiva para el periodo 2000-2020. Los *lagos y canales artificiales*, *cortes por vías* y *cauces intervenidos*, si bien representan volúmenes menores de material removido, son morfologías de excavación importantes en la antropización paisajística del municipio.

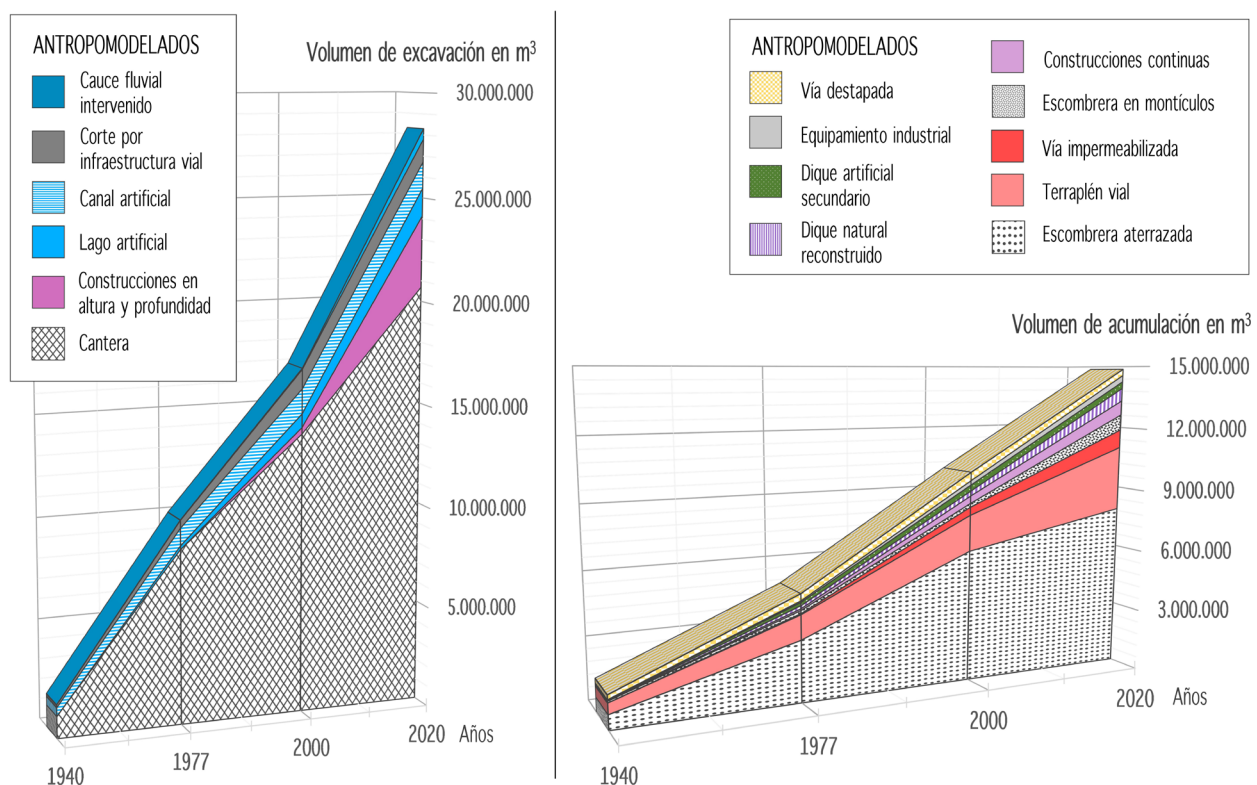


FIGURA 11. Volúmenes de excavación y acumulación por modelados antropogénicos y año de caracterización

FUENTE: elaboración propia.

En el esquema de la derecha se observan los volúmenes de acumulación, donde se destacan las *escombreras aterrazadas* y los *terraplenes viales* para el periodo 1977-2000, con un ligero descenso en la depositación entre 2000 y 2020. Los modelados que han incrementado los volúmenes de material acumulado para el siglo XXI incluyen los *diques* tanto reconstruidos como artificiales (que usan el material dragado de los cauces), las *construcciones continuas*, las *escombreras en montículos* y las *vías impermeabilizadas*; la adecuación de *equipamiento industrial* y *vías destapadas* son también obras significativas de acumulación artificial para el territorio durante los 80 años de caracterización.

Las acciones de excavación y acumulación han impactado en desigual magnitud las diferentes morfologías naturales del municipio. En la Figura 12 se puede observar cómo las mayores intervenciones por excavación para el año 2020 se han registrado para los reveses estructurales en sedimentitas duras sin y con alteritas, los frentes erosionales en sedimentitas duras, los niveles bajos de la terraza fluvio lacustre y los vallecitos de montaña; la mayoría de estas geoformas naturales han sido afectadas por las *canteras* y en el caso de la terraza lacustre por las *construcciones en altura y profundidad*. Entretanto, los modelados naturales más impactados para

el año 2020 por la acumulación de material son los planos de desborde, los taludes de la terraza fluvio lacustre, los niveles alto, medio y bajo de la misma terraza y las cubetas de decantación; las copiosas acumulaciones responden básicamente a la conformación de las complejas *escombreras aterrazadas* y *terraplenes viales*.

Por último, y en relación con las condiciones de perturbación derivadas de las intervenciones, se expone en la Figura 13 el mapa referente a la huella antropogeomorfológica municipal, con varias categorías o niveles de transformación. En este esquema cartográfico sobresale la perturbación muy alta por excavaciones localizada en la montaña nororiental y suroriental y las perturbaciones altas y medias distribuidas principalmente en el altiplano central. Las perturbaciones altas por acumulación se concentran al norte y en la margen oriental del río Bogotá, mientras que la categoría media caracteriza los ejes viales de la Autopista Norte y la vía hacia Cajicá (Zipaquirá), como también gran parte de las rondas del río Frío y la margen occidental del río Bogotá. Las perturbaciones bajas por acumulación muestran una relación directa con los procesos de urbanización, que se concentran en el centro urbano.

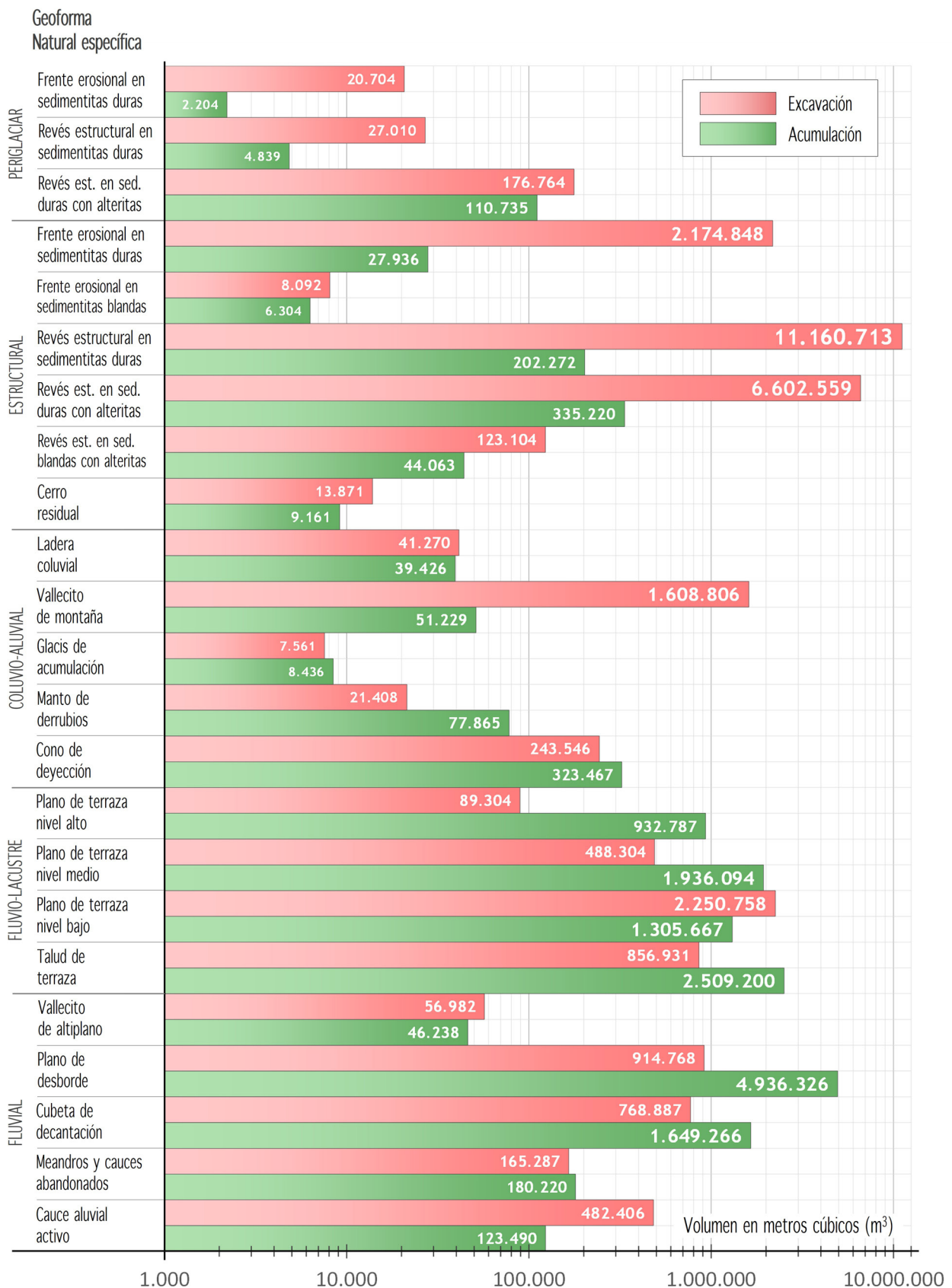


FIGURA 12. Volúmenes de excavación y acumulación por geoformas naturales específicas, año 2020

FUENTE: elaboración propia.

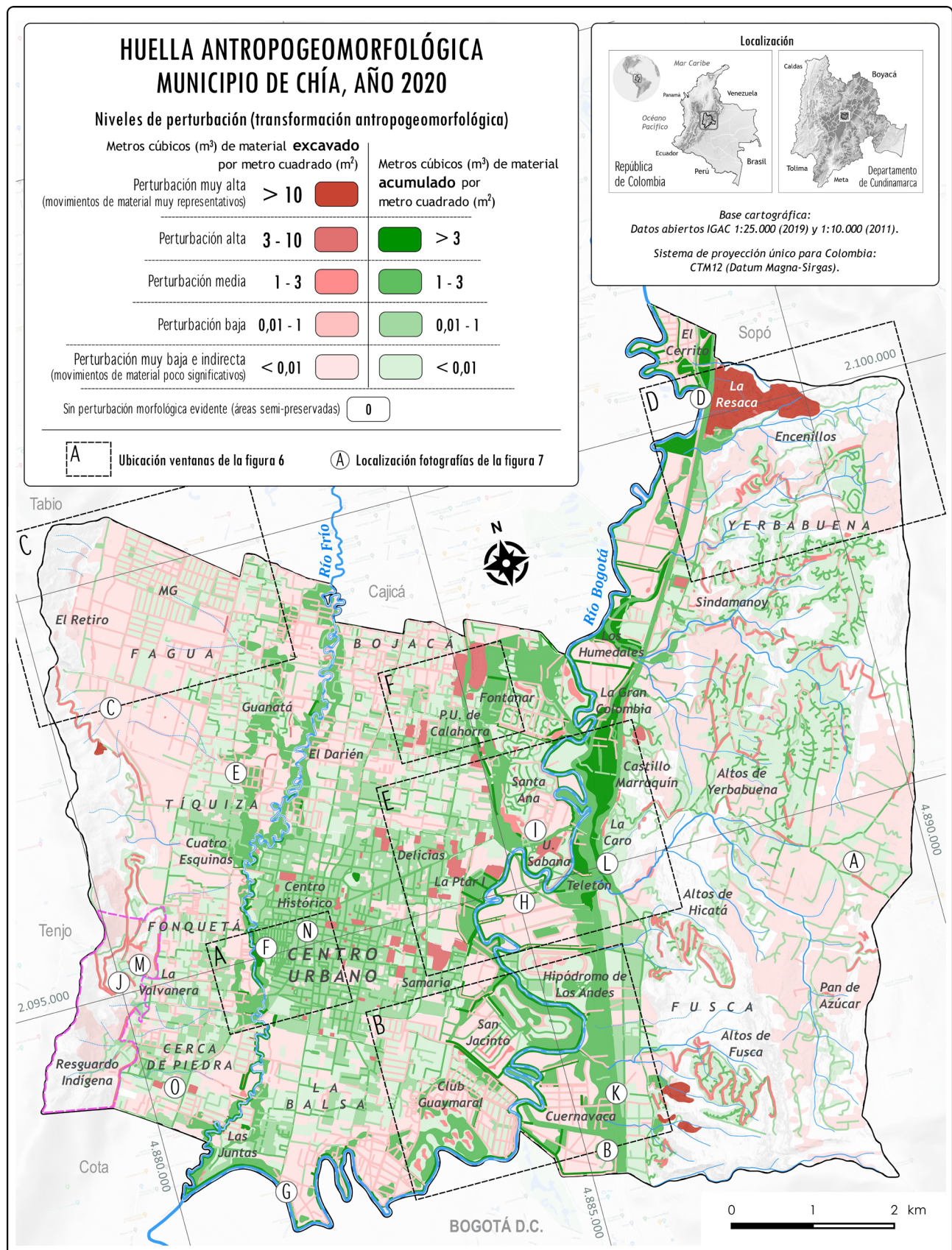


FIGURA 13. Mapa de la huella antropogeomorfológica

FUENTE: elaboración propia, octubre de 2021, software QGIS 3.20.

6. Conclusiones

La investigación describe las dinámicas geomorfológicas humanas para el territorio de Chía, incorporando la evolución de las intervenciones, sus tipologías, sus características y la huella resultante. El marco teórico-conceptual suministró conocimiento vigente, detallado y con importantes progresos, lo que posibilitó la descripción de las condiciones antropogeomorfológicas.

Las técnicas de fotointerpretación, complementadas por el trabajo de campo y la aplicación de herramientas geoinformáticas, facilitaron la identificación y validación de los modelados artificiales; las aerofotografías, los modelos digitales del terreno y las imágenes de satélite fueron insumos apropiados para la elaboración de los productos cartográficos en función del modelo de clasificación empleado. Los análisis espaciales en el entorno SIG (superposición y medición) potencializaron la consecución de datos y la cartografía retrospectiva-evolutiva superpuesta a las morfologías naturales fortaleció la evaluación de los cambios, patrones y tendencias del fenómeno, y también fue determinante para la estimación de la huella antropogeomorfológica.

Respecto a la evolución, la antropización geomorfológica en la época prehispánica radicó en el sustento agrario mediante la red de camellones; durante la Colonia, implicó la deforestación, la ampliación de caminos y la constitución del poblado urbano; en el siglo XIX, ahondó en las prácticas agropecuarias desde las haciendas y en obras asociadas al ferrocarril, en tanto que en el siglo XX se concentró en el avance minero, la construcción de canales, equipamientos, redes de servicios, nuevas vías, el desarrollo agroindustrial y, en general, la expansión urbana. Para el siglo XXI, las acciones antropogeomorfológicas siguen mostrando una dinámica creciente y de complejización, centrada en la adecuación de grandes complejos viales (autopistas), así como en la desenfrenada suburbanización y conurbación.

Las diferentes caracterizaciones (retrospectivas) conllevaron la definición de cinco grandes tipos de in-

tervenciones antropogeomorfológicas con 21 tipos de modelados específicos. Se demuestra, a grandes rasgos, que existe una disminución de las acciones agrogénicas y se presenta un incremento de las intervenciones urbanogénicas por minería, industria, residuos, gestión hídrica y tránsito. Los ambientes geomorfológicos naturales más afectados por las intervenciones han sido el fluvio-lacustre y fluvial del altiplano (valles de los dos grandes ríos Bogotá y Frío), con un predominio de las acciones agrogénicas hasta finales de la década de 1970 y un consecuente aumento de los modelados urbanogénicos por gestión hídrica y tránsito que abarcan amplios terrenos y continúan hasta el presente. En la montaña, principalmente al oriente del municipio, es evidente el avance gradual de la antropización por minería y suburbanización.

Los hallazgos proporcionados por la huella antropogeomorfológica municipal permiten concluir también que las geoformas naturales más impactadas por las excavaciones son precisamente las de la montaña, debido a las canteras, y la terraza baja del altiplano por las grandes edificaciones. En contraste, la acumulación de material perturba esencialmente los planos de desborde, taludes y cubetas del altiplano por la conformación de escombreras aterrazadas y terraplenes viales.

Para finalizar, se considera que los resultados brindan conocimiento novedoso a nivel local y se espera que sean muy favorables para la toma de decisiones ambientales a futuro. En ese sentido, se recomienda su consulta y aprovechamiento por parte de los administradores y planificadores del territorio. El presente artículo y su propuesta conceptual y metodológica busca igualmente dar a conocer el tema, las problemáticas y las potencialidades de la antropogeomorfología dentro de la comunidad científica geográfica nacional e invita, en general, a continuar con el desarrollo de otros estudios afines y, de acuerdo con el postulado de Flórez (2009), a fortalecer la proyección social de la geomorfología y demás disciplinas auxiliares de la geografía física.

Agradecimientos

Al docente Héctor Jaime López Salgado por su acompañamiento, orientación y buenos consejos durante la realización de este trabajo. A los profesores Pedro Karin Serrato y Rigaud Sanabria Marín por sus valiosas revisiones y comentarios. Al Programa de Estudios de Posgrado en Geografía (EPG), convenio UPTC-IGAC, por proporcionar el apoyo académico respectivo para el desarrollo de la investigación. Al Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), desde su antigua dependencia, el Centro de Investigación y Desarrollo en Información Geográfica (CIAF), por el suministro de información e insumos. A los pares temáticos, quienes arbitraron y dieron su aprobación final para la publicación de los resultados.

Referencias

- Alcaldía de Chía. (2020). *Diagnóstico municipio de Chía. Plan de Desarrollo 2020-2023*. [https://www.chia-cundinamarca.gov.co/2020/PDM/Anexo%201.%20Diagnostico%20municipal%20\(2\).pdf](https://www.chia-cundinamarca.gov.co/2020/PDM/Anexo%201.%20Diagnostico%20municipal%20(2).pdf)
- Alcaldía Mayor de Bogotá. (2000). *Monografías territoriales Chía Región Bogotá-Sabana*. Prerensa Imp.
- Angarita, T. (2015). *Procesos de expansión urbana en la ciudad colombiana. Efectos de la transformación del municipio de Chía (2002-2012)* [Tesis de pregrado]. Universidad del Rosario. <https://repository.urosario.edu.co/handle/10336/11687?show=full>
- Ardila, G. (1984). *Chía. Un sitio precerámico en la Sabana de Bogotá*. FIAN; Banco de la República.
- Ávila, N. (2017). *Dinámicas espaciales y configuraciones territoriales en los municipios de Chía, Tocancipá, Soacha y Sibate de 1990 al 2012, un estudio de caso comparado*. [Tesis de maestría]. Universidad Nacional de Colombia. <https://repository.unal.edu.co/handle/unal/59804>
- Bautista, L. (2014). *Las formas de crecimiento de la Sabana de Bogotá: caso de estudio corredor Chía-Cajicá*. [Tesis de maestría]. Pontificia Universidad Javeriana. <https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/13996>
- Boada, A. (2007). *Patrones de asentamiento regional y sistemas de agricultura intensiva en Cota, Suba y Chía (Sabana de Bogotá, Colombia)*. [Informe final]. FIAN.
- Brown, A., Tooth, S., Bullard, J., Thomas, D., Chiverrell, R., Plater, A., Murton, J., Thorndycraft, V., Tarolli, P., Rose, J., Wainwright, J., Downs, P. & Aalto, R. (2017). The geomorphology of the Anthropocene: emergence, status and implications. *Earth Surface Processes and Landforms*, 42(1), 71-90. <https://doi.org/10.1002/esp.3943>
- Cassetti, V. (1995). *Ambiente e apropriação do relevo* (2ª ed.). Editora Contexto.
- Castiblanco, M. (2020). Geomorfología natural del territorio municipal de Chía, Cundinamarca/Colombia. *Physis Terrae - Revista Ibero-Afroamericana de Geografía Física y Medio Ambiente*, 2(2), 21-42. <https://doi.org/10.21814/physisterrae.2968>
- Castro, J. & Zambrano, L. (2019). *Diagnóstico base para el análisis histórico ambiental en el municipio de Chía*. [Tesis de pregrado]. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. <https://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/15094>
- Ceballos, J. (2007). Patrones geomorfológicos de los asentamientos urbanos en Colombia. *Perspectiva Geográfica*, 12, 153-180.
- Cendrero, A. (2017). *El debate sobre el Antropoceno. Reflejo social, datos científicos y aspectos formales*. [Discurso inaugural del año 2017-2018]. Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. <https://rac.es/ficheros/doc/01156.pdf>
- Cendrero, A., Remondo, J., Bonachea, J., Rivas, V., & Soto, J. (2006). Acción humana y procesos geológicos superficiales: ¿qué le estamos haciendo a la faz de la Tierra? *Revista Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de España*, 100(1), 187-209. <https://rac.es/ficheros/doc/00466.pdf>
- Congreso de la República. (1993, diciembre 22). Ley General Ambiental de Colombia [Ley 99]. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=297>
- Contreras, Y. (2017). *Estado de la vivienda y del espacio público en el municipio de Chía*. Universidad Nacional de Colombia. <https://repository.unal.edu.co/handle/unal/59058>
- Cortes, J. & Rubio, D. (2016). *Comportamiento espacial de la cobertura vegetal del municipio de Chía, Cundinamarca entre los años 1980-2012 y su relación con la conectividad ecológica del territorio*. [Tesis de maestría]. Universidad de Manizales. <https://ridum.umanizales.edu.co/xmlui/handle/20.500.12746/2881>

- Cristancho, H. (2010). *Transformación de los espacios rurales en el eje norte de la Sabana Centro de Bogotá (Cota, Chía, Cajicá), por procesos de terciarización (1985-2007)* [Tesis de maestría]. Universidad Nacional de Colombia. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/10056>
- Delgado, J. (2010). *La construcción social del paisaje de la Sabana de Bogotá 1880-1890*. [Tesis de maestría]. Universidad Nacional de Colombia. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/70523>
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (2020). Proyecciones de población. <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/proyecciones-de-poblacion>
- Díaz, P. (2013). Influencia de los patrones de ocupación y urbanización del territorio en la desecación del suelo en la Sabana de Bogotá. *Revista Nodo*, 8(15), 97-117. <http://revistas.uan.edu.co/index.php/nodo/article/view/97>
- Flórez, A. (2003). *Colombia: evolución de sus relieves y modelados*. Unibiblos; Universidad Nacional de Colombia. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/53415>
- Flórez, A. (2009). La geografía física: su proyección actual. En J. Montoya (ed.), *Lecturas en teoría de la geografía* (pp. 273-318). Universidad Nacional de Colombia.
- Goudie, A. (1993). Human influence in geomorphology. *Geomorphology*, 7, 37-59. [https://doi.org/10.1016/0169-555X\(93\)90011-P](https://doi.org/10.1016/0169-555X(93)90011-P)
- Goudie, A. & Viles, H. (2016). *Geomorphology in the Anthropocene*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9781316498910>
- Gutiérrez, M. (2007). El papel del hombre en la creación y destrucción del relieve. *Revista Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de España*, 101(1), 211-226. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2522308>
- Haggett, P. (1994). *Geografía, una síntesis moderna*. Omega S.A.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) (2010). *Sistemas morfogénicos del territorio colombiano*. <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/021769/021769.htm>
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) (2007). *Atlas de Cundinamarca*. Imprenta Nacional de Colombia.
- Li, J., Yang, L., Pu, R., & Liu, Y. (2017). A review on anthropogenic geomorphology. *Journal of Geographical Sciences*, 27(1), 109-128. <https://doi.org/10.1007/s11442-017-1367-7>
- Lóczy, D. & Sütö, L. (2011). Human activity and geomorphology. In K. Gregory & A. Goudie (ed.), *The SAGE handbook of geomorphology* (pp. 267-285). SAGE Publications Ltd. <http://dx.doi.org/10.4135/9781446201053.n15>
- López, M. (2014). *Estampas históricas de la ciudad de la luna. Chía, su gente, sus tradiciones y sus condiciones de vida en la segunda mitad del siglo XX*. Kimpres.
- Matiz, C. (1941). *Chía, la ciudad de la luna*. Imprenta Departamental.
- Meyer, W. & Turner II, B. (1997). Human transformation of the Earth. In S. Hanson (ed.), *Ten geographic ideas that changed the World* (pp. 125-142). Rutgers University Press.
- Moroz-Caccia, I. (2010). *Da originalidade do sítio urbano de São Paulo às formas antrópicas: aplicação da abordagem da Geomorfologia Antropogênica na Bacia Hidrográfica do Rio Tamanduateí, na Região Metropolitana de São Paulo*. [Tesis de doctorado]. Universidade de São Paulo. <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/8/8135/tde-31012011-123012/pt-br.php>
- Naranjo, M. & Sepúlveda, A. (2016). *Territorio Mhuysqa: Acercamiento al conocimiento local de la fauna, la flora y la relación de las comunidades de Cota, Chía y Sesquilé con el agua*. Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca CAR - Sociedad Colombiana de Etnobiología. <http://sie.car.gov.co/handle/20.500.11786/36124#page=1>
- Nir, D. (1983). *Man, a geomorphological agent: an introduction to anthropic geomorphology*. Keter Publ. House.
- Osorio, G. (2011). *Segregación residencial de pequeña escala. El caso de los barrios cerrados en la vereda Cerca de Piedra del municipio de Chía 1980-2005*. [Tesis de maestría]. Universidad Nacional de Colombia. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/9920>
- Panizza, M. (1996). *Environmental Geomorphology*. Developments in Earth Surface Processes Book Series, vol. 4. Elsevier Science. <https://www.sciencedirect.com/bookseries/developments-in-earth-surface-processes/vol/4/suppl/C>
- Peloggia, A., Silva, E., & Nunes, J. (2014). Technogenic landforms: conceptual framework and application to geomorphologic mapping of artificial ground and landscape as transformed by human geological action. *Quaternary and Environmental Geosciences*, 5(2), 67-81. <http://dx.doi.org/10.5380/abequa.v5i2.34811>
- Rodrigues, C. (2005). Morfologia original e morfologia antropogênica na definição de unidades espaciais de planejamento urbano: exemplo na Metrópole Paulistana.

- ta. *Revista do Departamento de Geografia - USP*, 17, 101-111. <https://doi.org/10.7154/RDG.2005.0017.0008>
- Rodríguez, L. (2019). La construcción del paisaje agrícola prehispánico en los Andes colombianos: el caso de la Sabana de Bogotá. *SPAL*, 28(1), 193-215. <https://doi.org/10.12795/spal.2019.i28.09>
- Rózsa, P. (2007). Attempts at qualitative and quantitative assessment of human impact on the landscape. *Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria*, 30, 233-238.
- Rózsa, P., Incze, J., Balogh, S., & Novák, T. (2020). A novel approach to quantifying the degree of anthropogenic surface transformation - the concept of 'Hemeromorphy'. *Erkunde*, 74(1), 45-57. <https://doi.org/10.3112/erdkunde.2020.01.03>
- Santos, M. (1996). *Metamorfosis del espacio habitado*. Oikos-Tau.
- Serrato, P. (2009). Clasificación fisiográfica del terreno a partir de la inclusión de nuevos elementos conceptuales. *Perspectiva Geográfica*, 14, 181-218. <https://revistas.uptc.edu.co/index.php/perspectiva/article/view/1722>
- Soler, M. (2018). *El río Frío en el municipio de Chía. Un lugar de representaciones en tensión, de dominación y resistencia*. [Tesis de pregrado]. Universidad Externado de Colombia. <https://bdigital.uexternado.edu.co/handle/001/1442>
- Szabó, J., Dávid, L., & Lóczy, D. (2010). *Anthropogenic geomorphology: a guide to man-made landforms*. Springer. <https://link.springer.com/book/10.1007%2F978-90-481-3058-0>
- Tarolli, P., Cao, W., Sofia, G., Evans, D., & Ellis, E. (2019). From features to fingerprints: A General Diagnostic Framework for Anthropogenic Geomorphology. *Progress in Physical Geography*, 43(1), 95-128. <https://doi.org/10.1177%2F0309133318825284>
- Zambrano, F. & Bernard, O. (1993). *Ciudad y territorio. El proceso de poblamiento en Colombia*. Tercer Mundo Editores. <https://books.openedition.org/ifea/2083>