



---

**Informe Estado de la Nación en Desarrollo Humano Sostenible 2023**

---

## **Investigación**

---

# Ordenamiento territorial: impactos de la regulación territorial en la Gran Área Metropolitana

**Investigador:**

Eduardo Pérez Molina (ProDUS-UCR)

San José | 2023



307.1  
P438-o

Pérez Molina, Eduardo

Ordenamiento territorial: impactos de la regulación territorial en la Gran Área Metropolitana / Eduardo Pérez Molina -- Datos electrónicos (1 archivo : 1.300 kb). -- San José, C.R. : CONARE - PEN, 2023.

ISBN 978-9930-618-82-0

Formato PDF, 27 páginas.

Investigación para el Informe Estado de la Nación en Desarrollo Humano Sostenible 2023.

1. ORDENAMIENTO TERRITORIAL. 2. INDICADORES ECONÓMICOS. 3. INDICADORES SOCIALES. 4. POBLACIÓN. 5. DESARROLLO URBANO. 6. COSTA RICA. I. Título.



## Contenido

Descargo de responsabilidad .....	4
Introducción .....	4
Hallazgos sobre la efectividad de la regulación en la Gran Área Metropolitana .....	5
Marco conceptual .....	13
Crecimiento urbano y factores espaciales .....	13
Determinación de causalidad en regímenes espaciales .....	14
Marco metodológico .....	17
La regulación urbana en la GAM.....	17
Construcción de variables dependientes: crecimiento urbano .....	19
<i>Especificación de modelos para determinación de impactos causales</i> .....	20
Análisis y discusión de modelos del impacto de la regulación .....	22
Referencias .....	27

## Descargo de responsabilidad

Esta investigación se realizó para el *Informe Estado de la Nación 2023*. El contenido de la ponencia es responsabilidad exclusiva del autor y las cifras pueden no coincidir con las consignadas en el Informe estado de la Nación 2023, en el capítulo respectivo, debido a revisiones posteriores. En caso de encontrarse diferencia entre ambas fuentes, prevalecen las presentadas en el Informe.

Aplicación de formato: Karol Arroyo Monge. Revisión Karen Chacón Araya.

## Introducción

Desde hace más de una década (Pujol & Pérez, 2012; Sánchez, 2014, 2018, 2021; Pérez et al., 2022), el Programa Estado de la Nación ha promovido investigación sobre ordenamiento territorial y sus consecuencias ambientales. Se han señalado reiteradamente las contradicciones principales de la gestión territorial en el país, en particular la ausencia de regulación en gran parte del territorio nacional (más de la mitad de municipalidades sin planes reguladores y un cuarto de ellas con solo parte de su territorio regulado; e.g., Sánchez, 2021). Más recientemente, se han explorado los diferenciales en usos del suelo (particularmente bosques) y fragmentación de la propiedad inmueble introducidos por áreas de protección (Pérez et al., 2022). Sin embargo, pese a algunos antecedentes aislados (Pujol y Pérez, 2012), no se había realizado una evaluación sistemática de los efectos de las reglas de ordenamiento territorial sobre el desarrollo urbano. De ahí que se haya planteado este trabajo de síntesis sobre resultados y métodos recientes, que a su vez se han empleado para realizar una evaluación de aspectos críticos de la cantidad, localización y forma del desarrollo urbano en la Gran Área Metropolitana (GAM) de Costa Rica – y que podrían servir como marco metodológico para posteriores evaluaciones en otros contextos territoriales del país.

Las evaluaciones que se presentan son posibles al enmarcarse dentro de una serie de reflexiones recientes sobre variables urbanas críticas en la GAM. Estos esfuerzos han producido visiones sinópticas del mercado inmobiliario de la GAM, concretamente valores de bienes inmuebles<sup>1</sup>, de tendencias de crecimiento urbano a partir de interpretación de imágenes satelitales<sup>2</sup> y la compilación de los planes reguladores vigentes en la GAM<sup>3</sup>. En particular, se ha explorado ya la intersección de las regulaciones urbanas con los impactos de riesgo por desastres y cambio climático, tanto en lo referente a patrones de crecimiento urbano (Pérez, 2023; Pérez et al., 2023a) como de valores de propiedades residenciales (Pérez et al., 2023b).

---

<sup>1</sup> Los proyectos ED-3466 (de acción social en la Escuela de Economía) y C0223 (de investigación en ProDUS) de la Universidad de Costa Rica han compilado sistemáticamente características de propiedades inmuebles en venta en la GAM desde el año 2020.

<sup>2</sup> Tello Medina & Lakovits (2023); existen varias iniciativas que utilizan métodos y fuentes de datos similares para el monitoreo de cobertura del suelo en Costa Rica que cubren la GAM (ejemplo, el Proyecto de Paisajes Productivos del PNUD, los mapas de cobertura del suelo del MINAE que informan las comunicaciones de cambio climático nacionales) o de la GAM propiamente (ejemplo, el trabajo de la Escuela de Geografía de la UNA para el proyecto PRUGAM).

<sup>3</sup> Esta segunda experiencia en compilar la regulación vigente en la GAM actualiza el trabajo de Pujol et al. (2006); la base de datos de regulaciones fue conformada por el trabajo conjunto entre la Escuela de Economía y ProDUS de la Universidad de Costa Rica, en el marco del proyecto ED-3466. Se completó para este trabajo con la adición de los planes reguladores de Alvarado y El Guarco.

Dentro del contexto que representan estos antecedentes, el trabajo desarrollado en este documento busca precisar y cuantificar los impactos del ordenamiento territorial vigente (planes reguladores) sobre variables que representen el crecimiento urbano en forma desagregada, i.e. para localizaciones en el territorio, (que incluyen desarrollo urbano a partir de interpretación de imágenes satelitales y permisos de segregación de lotes) y resumidas por distrito (permisos de construcción y urbanizaciones en condominio). Se utiliza creativamente la contradicción principal del ordenamiento territorial, la ausencia de regulación en 10 municipios de la GAM, para comparar los patrones de estas variables entre aquellas municipalidades que sí han implementado planes reguladores y aquellas que no. En esta comparación, se consideran los diferenciales que introduce el ordenamiento territorial y se controlan por otros factores sistemáticos con influencia sobre los patrones de actividades urbanas (características físicas como pendiente y elevación, cercanía a centralidades urbanas, el anillo de contención que es un límite de crecimiento urbano regional).

## **Hallazgos sobre la efectividad de la regulación en la Gran Área Metropolitana**

**La regulación del uso del suelo incluye, en Costa Rica, los siguientes elementos:** el uso permitido de terrenos y edificaciones; localización, altura y área permitidas de construcciones; superficie y dimensiones de los lotes; retiros de construcción con respecto al límite de lote y porcentaje de cobertura; requerimientos de estacionamientos, de rotulación y otras características arquitectónicas, y las condiciones para permitir el fraccionamiento y urbanización de terrenos (i.e., su incorporación a la ciudad), lo cual incluye requerimientos de infraestructura y facilidades comunales (ley no. 4240, Ley de Planificación Urbana). Todos estos elementos en términos generales coinciden con los controles urbanísticos de zonificación y subdivisión de propiedades en el mundo (e.g., ver Quigley y Rosenthal, 2005).

**El patrón espacial de las restricciones en los instrumentos de ordenamiento territorial está relacionado, en gran medida, con (a) el relieve que define el borde de la ciudad y el límite de crecimiento urbano regional y (b) centralidades urbanas y cercanía a rutas nacionales primarias (Carretera Interamericana, ruta nacional 27 y Carretera de Circunvalación).** La figura muestra la distribución de frecuencias de cinco variables<sup>4</sup>: coeficiente de edificabilidad (que determina el máximo volumen constructivo posible en un lote y, para la mayoría de cantones y zonas, se define como el producto de la cantidad de pisos y el porcentaje de cobertura), el área del lote mínimo que puede segregarse en una zona –ambas variables regulatorias– y tres variables del entorno físico, la pendiente del terreno y la distancia euclídeana al centro de San José y a la carretera primaria más cercana. Las distribuciones indican en el eje vertical el valor de la variable regulatoria (edificabilidad o área mínima de lote), en el horizontal, el valor de la variable física (pendiente o distancia) y en color, la frecuencia –con los colores más cálidos (amarillo) representando las mayores frecuencias y los más fríos (azul oscuro), menores frecuencias.

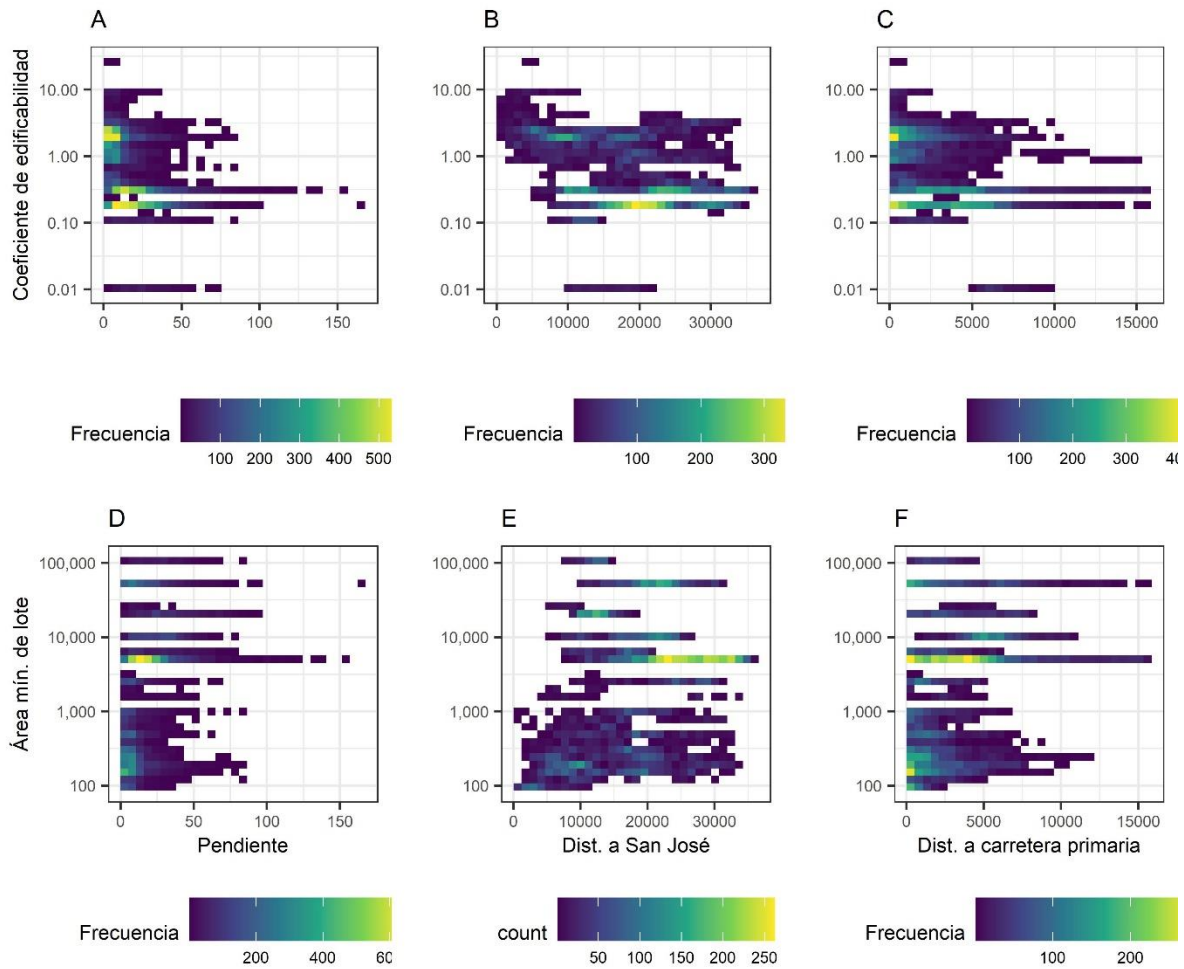
---

<sup>4</sup> Muestra espacialmente uniforme de localizaciones muestreadas en los modelos de área urbana; se excluyen datos con coeficiente de edificabilidad y área mínima de lote iguales a 0 (que en muchos casos pretenden ser prohibiciones totales a la construcción, aunque no se parametrizan usualmente como tales por lo cual se han considerado como información no disponible).

Cuando se considera **la frecuencia de las variables regulatorias (la concentración de registros en el eje vertical), se nota una clara bimodalidad**: hay una concentración de localizaciones con coeficiente de edificabilidad cercano a 5,0 y otra con edificabilidad menor a 0,5 (paneles A, B y C de la figura 1). En el caso de área mínima, estas dos concentraciones incluyen propiedades pequeñas (150 a 500 m<sup>2</sup>) y propiedades grandes (entre 5000 y 7000 m<sup>2</sup>, que han sido los tamaños tradicionales de la parcela agrícola y, por tanto, los más comunes para lotes en zonas más allá del límite de crecimiento; ver paneles D, E y F de la figura 1).

**Las correlaciones entre las distintas variables físicas y regulatorias son, en algunos casos, razonablemente claras.** Las concentraciones de localizaciones con área mínima pequeña están en zonas de menor pendiente y más cercanas a San José que las concentraciones de mayores valores de área mínima (paneles D y E de figura 1); en cambio, la relación con distancia a carreteras primarias ciertamente implica que hay muchos registros con área mínima pequeña a distancias cortas y área mínima más grande a distancias largas pero también hay muchos registros con áreas mínimas grandes a poca distancia de carreteras nacionales (panel F de figura 1). Esto posiblemente se debe a que las carreteras primarias funcionan como autopistas urbanas en la parte urbana central de la GAM y como carreteras interregionales, conectando la GAM con el resto del país, en sus periferias. El coeficiente de edificabilidad muestra relaciones análogas pero inversas al área mínima (ver paneles A, B y C de figura 1): altos coeficientes en zonas más planas y a distancias menores tanto de San José como de carreteras, bajos coeficientes en zonas menos planas y más alejadas de San José y de carreteras primarias, aunque hay casos de coeficientes de edificabilidad muy bajos a poca distancia de carreteras nacionales.

Figura 1  
Distribuciones de frecuencias para variables regulatorias y físicas seleccionadas



Fuente: Elaboración propia con datos de las municipalidades de la GAM y del Instituto Geográfico Nacional.

Como ya se ha señalado en informes anteriores (Sánchez, 2021; Pérez et al., 2022), **se mantiene el problema de ausencia de regulación local** (mitigado, pero no resuelto por la regulación urbana nacional supletoria del INVU): aún hoy, 10 cantones de la GAM –incluidos Heredia, Tibás y Alajuelita– carecen de plan regulador. Aunque desde 2006 ha mejorado la implementación de la regulación, todavía hoy hay 663 mil personas (24% de la población de la GAM) que residen en cantones sin instrumentos de ordenamiento territorial (en 2006, esa cifra era 875 mil personas, un 38% de la población regional). Es especialmente preocupante que la mayoría de cantones de Heredia y el cantón de Poás, muchos de los cuales incluyen las zonas de recarga de los acuíferos más importantes del país, carezcan de regulaciones (que entre otras cosas deben contribuir a mitigar la contaminación por aguas servidas, parametrizando adecuadamente los lotes para que funcionen tanques sépticos y exigiendo plantas de tratamiento y alcantarillados sanitarios a nuevas urbanizaciones). Adicionalmente, **los instrumentos de ordenamiento territorial muestran serios problemas de actualización** –producto de una historia reciente en que los procesos de diseño y aprobación de planes reguladores fueron difíciles. De 21 cantones con

planes reguladores vigentes, tan solo seis han actualizado (o implementado por primera vez) sus instrumentos de ordenamiento territorial durante la última década.

**Los instrumentos de ordenamiento territorial, en general, restringen la construcción excesivamente. Sin embargo, en dos cantones, límites excesivos (coeficientes de edificabilidad mayores a 6,0) causan el problema contrario y posiblemente no representan una restricción efectiva.** La figura adjunta muestra el patrón de coeficiente de edificabilidad, así como el histograma de este y del área mínima de lote. Se han marcado dos límites: 2,0 y 4,0, tomados de Sandroni (2011)<sup>5</sup>, quien describe el sistema de la ciudad de São Paulo en Brasil.

La figura 2 muestra el patrón del coeficiente de edificabilidad, así como sus histogramas y el histograma de área mínima de lote permitido. El histograma de área mínima de lote (recuadro B de figura A) confirma la concentración de registros señalados: tamaños urbanos, en su mayoría, menores a 500 m<sup>2</sup> y en general tamaños menores a 5000 m<sup>2</sup> (con algunas localizaciones más restringidas); en general, los tamaños mayores –y por tanto las mayores restricciones– se encuentran fuera del límite de crecimiento urbano. Sin embargo, es muy importante señalar que los tamaños de la parcela agrícola, sumado a una tradición regulatoria que (casi siempre) permite la construcción de por lo menos una vivienda en cada lote, convierten a estos lotes relativamente grandes en potenciales viviendas exurbanas más que pequeñas fincas agropecuarias. Han sido, por tanto, una restricción muy débil a la expansión de usos urbanos (aunque sí restringieron durante muchos años la construcción fuera del límite de crecimiento, ver Pujol & Pérez, 2012).

La figura 2 también muestra el patrón del coeficiente de edificabilidad y el histograma (panel A). Sobre los valores excesivamente altos (mayores a 4,0 ó, todavía más críticamente, mayores a 6,0), del histograma, puede verse que son excepciones; más aún, son excepciones muy específicamente localizadas: las áreas con edificabilidades mayores a 6,0 están en el centro de San José, en Curridabat adyacentes a la ruta nacional 1 (la Carretera Interamericana), en Escazú cerca de la ruta nacional 27 y en algunas propiedades grandes del cantón de San José (pero no en el centro propiamente: en San José, existe una asociación entre tamaño de lote y edificabilidad que favorece algunas propiedades grandes en la periferia cantonal, lo cual es poco conveniente además de un problema relativamente antiguo, ya señalado en Pujol et al., 2006). Estos límites han sido aprobados sin mecanismos de cobro de plusvalías ni grandes aumentos de capacidad en la infraestructura que demandarían los desarrollos (cuyo financiamiento podría estar asociado a contribuciones de valorización). En la medida en que existe alguna compensación al espacio público (e.g., algunas disposiciones en el plan regulador de Curridabat), estas son modestas.

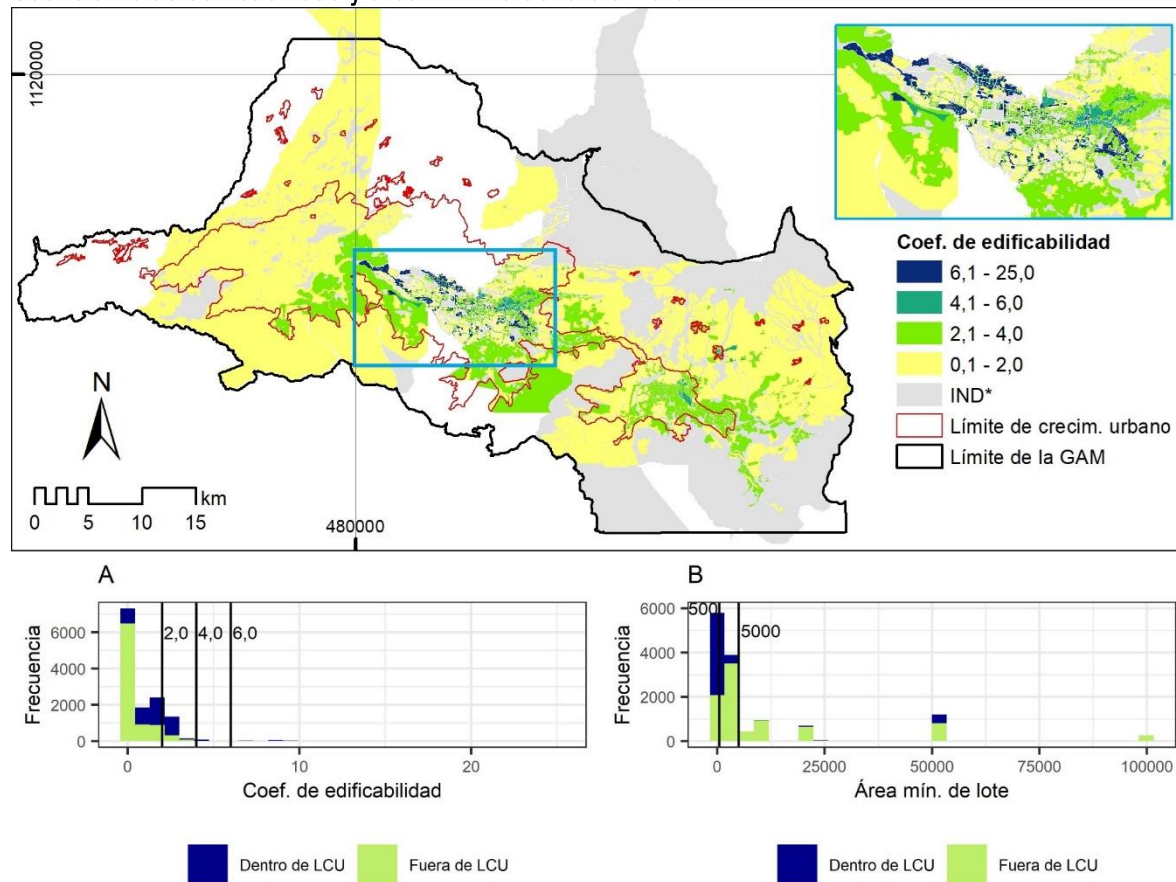
---

<sup>5</sup> Sandroni (2011) describe el sistema en la ciudad de São Paulo: existe un coeficiente de edificabilidad básico, que puede ser igual a 1, 2, 2,5 ó 4 (según la intensidad permitida en distintos lugares del área metropolitana) y un máximo, en lugares específicos que la municipalidad ha identificado como subutilizados. En estos lugares (de operaciones conjuntas), un desarrollador puede construir un proyecto que exceda el coeficiente asignado, pero debe pagar al municipio por este derecho –y el valor pagado se determina mediante certificados transados en la bolsa, lo cual en la práctica significa que el mercado inmobiliario asigna el valor a la plusvalía pública generada por la flexibilización de la regulación y que, por tanto, es capturada por el municipio. Asimismo, se regula la oferta mediante un mecanismo de mercado (y se reducen los problemas asociados tanto a exceso como a faltante de oferta).



En la figura 2 también es claro que hay grandes áreas con coeficientes de edificabilidad muy bajos; algunas están asociadas a localizaciones fuera del límite de crecimiento, algo esperable y conveniente. Pero del mapa también es evidente que gran parte del área dentro del límite de crecimiento, especialmente al oeste de la región, presenta coeficientes menores a 2,0. Esta zona ha sido identificada en informes anteriores (e.g., Sánchez, 2018) como de rápida expansión y es posible que las regulaciones estén condicionando parcial e innecesariamente este crecimiento hacia viviendas individuales y menor intensidad en el uso del suelo.

Figura 2  
Coeficiente de edificabilidad y área mínima de lote en la GAM



Fuente: Elaboración propia con datos de las municipalidades de la GAM y del INVU.

**Los impactos de los planes reguladores sobre el crecimiento urbano<sup>6</sup> son complejos: los modelos desarrollados muestran que los cantones con plan regulador presentaban menor crecimiento urbano que cantones sin regulación, que esta diferencia se redujo cuando se**

<sup>6</sup> “Crecimiento urbano” en este contexto se refiere al proceso por el cual se urbanizan predios rústicos en la periferia de la ciudad: una secuencia en que se fracciona la propiedad, se construye infraestructura local (de calles, acueductos, alcantarillados y redes de otros servicios públicos) y, por último, se construyen edificaciones en los lotes resultantes. Como se discute en el marco conceptual, la lógica económica detrás de este proceso es común a otras formas de cambio de uso y cobertura del suelo; pero las variables dependientes seleccionadas se centran en medir este tipo específico de urbanización.

**implementó el plan regulador y que esta reducción es menor en localizaciones fuera del límite de crecimiento urbano.** Los resultados de los impactos en los modelos se reportan en el cuadro 1: el efecto de localizaciones sujetas al plan regulador, antes y después de implementarse –solo PR–, la interacción que representa el momento de su implementación –PR\*T–y el efecto específico que esta implementación tiene sobre localizaciones fuera del límite de crecimiento, PR\*LCU\*T. Los modelos estimados para medir el impacto de la fragmentación de la propiedad, a través del tamaño resultante de permisos de segregación de lotes, sugieren que los planes reguladores aumentan el tamaño de las segregaciones resultantes, aunque prácticamente ninguna elasticidad es estadísticamente significativa, independientemente de la selección de variables de control (a diferencia de lo que ocurre con crecimiento urbano, cuyos modelos muestran determinantes significativos para la mayoría de variables, incluidas en todos los modelos, los determinantes en que se basan las elasticidades reportadas en el cuadro 1).

Cuadro 1

Elasticidades promedio del impacto causal de la implementación de planes reguladores municipales sobre crecimiento urbano y fragmentación de la propiedad

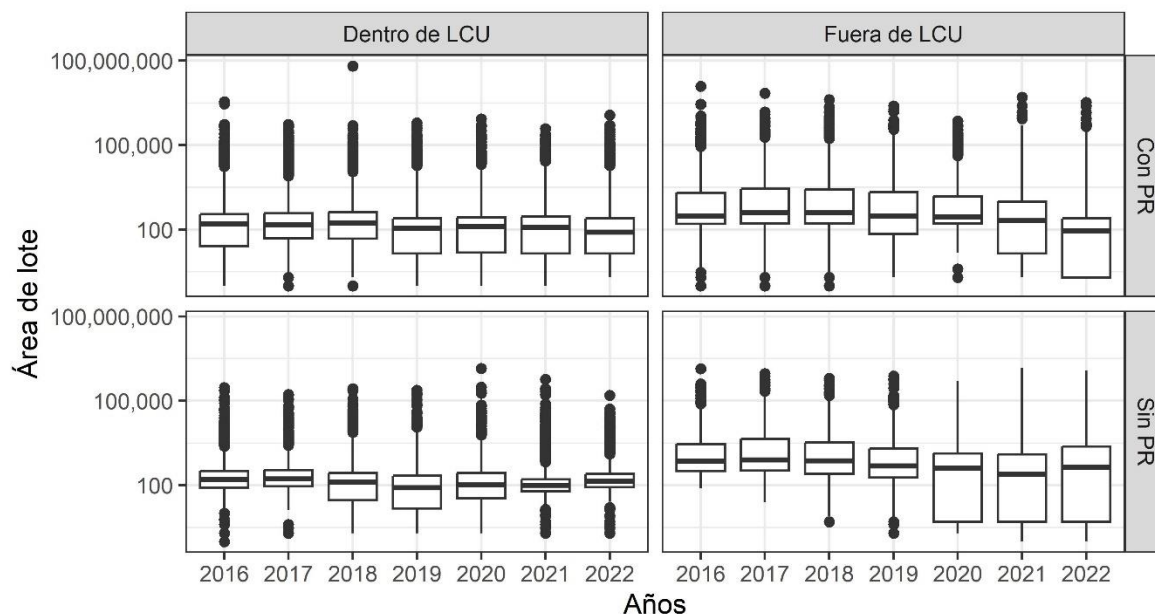
Causa de impacto (efecto)	Variable dependiente (consecuencia)	Magnitud del impacto causal	Controles incorporados
Coeficiente de edificabilidad	Crecimiento urbano	(PR): -0,375	Variables físicas
		(PR*T): 0,264	
		(PR*LCU*T): 0,016	
		Pseudo-R <sup>2</sup> : 0,242	
		(PR): -0,380	Variables físicas e intensidad de regulación
		(PR*T): 0,247	
		(PR*LCU*T): -0,085	
		Pseudo-R <sup>2</sup> : 0,249	
		(PR): -0,304	Variables físicas, intensidad de regulación y accesibilidad regional
		(PR*T): 0,252	
		(PR*LCU*T): -0,082	
		Pseudo-R <sup>2</sup> : 0,258	
		(PR): -0,322	Variables físicas, intensidad de regulación, accesibilidad regional y efectos fijos
		(PR*T): 0,350	
		(PR*LCU*T): -0,164	
		Pseudo-R <sup>2</sup> : 0,340	
Área mínima de lote	Crecimiento urbano	(PR): -0,319	Variables físicas, intensidad de regulación, accesibilidad regional y efectos fijos
		(PR*T): 0,373	
		(PR*LCU*T): 0,011	
	Fragmentación de propiedad	Pseudo-R <sup>2</sup> : 0,338	Variables físicas
		(PR): 0,099	
		(PR*T): -0,170	
		(PR*LCU*T): 0,217	
		R <sup>2</sup> ajustado: 0,149	Variables físicas e intensidad de regulación
		(PR): 0,096	
		(PR*T): -0,202	

Causa de impacto (efecto)	Variable dependiente (consecuencia)	Magnitud del impacto causal	Controles incorporados
		(PR*LCU*T): -0,021 R <sup>2</sup> ajustado: 0,151 (PR): 0,053 (PR*T): -0,121 (PR*LCU*T): -0,083 R <sup>2</sup> ajustado: 0,161	Variables físicas, intensidad de regulación y accesibilidad regional
		(PR): -0,099 (PR*T): -0,010 (PR*LCU*T): 0,482 R <sup>2</sup> ajustado: 0,388	Variables físicas, intensidad de regulación, accesibilidad regional y efectos fijos

Es importante señalar que: (a) los modelos que cuantifican el impacto sobre el crecimiento urbano son modelos no lineales (logit) porque la variable es categórica, en tanto que, para fragmentación de propiedad, se usaron modelos lineales (estimados mediante mínimos cuadrados ordinarios). (b) Esto implica que las elasticidades estimadas en el cuadro 1 varían para cada localización en el caso de crecimiento urbano (y se reporta su efecto promedio) en tanto que son constantes para la fragmentación de propiedad. (c) La bondad de ajuste de los modelos (en general, la proporción de varianza estimada por los determinantes incluidos aquellos que estiman) es mucho mejor para los modelos de crecimiento urbano que para los modelos de fragmentación, pese a la forma en que se especificó cada variable dependiente. La sección de análisis y discusión de impactos muestra los resultados en detalle.

Ante la ausencia de instrumentos de ordenamiento territorial en gran parte de Costa Rica, el INVU ha promulgado regulaciones urbanas supletorias para la GAM (el Plan GAM, que incluye entre otras herramientas el límite de crecimiento urbano) y reglamentos nacionales para el control de fraccionamiento y urbanizaciones, construcciones y, más recientemente, renovación urbana. El Plan GAM fue integralmente renovado en 2013 (aunque la vigencia de este instrumento ha durado solo una década antes de revertir al anterior plan, de 1982, por causa de limitaciones en su proceso de evaluación ambiental estratégica). Los reglamentos de construcciones (2018) y fraccionamiento y urbanizaciones (2019 con cambios posteriores de 2020) fueron renovados recientemente en tanto que el nuevo reglamento de renovación urbana data de 2017. El mayor impacto de esta regulación supletoria es sobre el proceso de fragmentación de propiedades y se esperaba que estas reformas (a reglamentos que originalmente habían sido diseñados antes de 1982) redujeran el ritmo con que se estaba fraccionando propiedades en el país.

Figura 3  
Evolución de los tamaños de lote segregados. 2016-2022



El efecto de los cambios en el reglamento de fraccionamiento y urbanizaciones parece haber sido importante (aunque no necesariamente el efecto esperado, de reducir la cantidad de segregaciones y aumentar su tamaño –indicaciones ambas de menor desarrollo exurbano). Pese a que no se redujo la cantidad de permisos de fraccionamiento en total, sí se notan (en la figura 3) las siguientes tendencias: (1) dentro del límite de crecimiento urbano y en cantones sin plan regulador, claramente hay menos permisos de segregación en 2021 y 2022 que en años anteriores; (2) en cambio, hay un posible cambio de tendencia para 2020-2021 hacia menores tamaños de segregaciones fuera del límite de crecimiento en cantones con plan regulador y (3) fuera del límite de crecimiento en cantones sin plan regulador, la distribución de permisos de segregación es más dispersa porque aumentó considerablemente el porcentaje de segregaciones en tamaños menores. De estos tres cambios, el segundo no debería verse afectado por el reglamento nacional de fraccionamiento y urbanizaciones puesto que un plan regulador debería definir sus propias reglas (pero también es posible que la demanda por segregación de lotes más pequeños, especialmente en zonas periféricas, se haya trasladado de cantones sin plan regulador a cantones con plan regulador, donde la restricción adicional de la nueva regulación nacional no aplica).

Los resultados presentados cuantifican el impacto de la regulación sobre el crecimiento urbano y sobre el nivel de fraccionamiento. Estos resultados son preliminares: los modelos utilizados para determinarlos, en la tradición de análisis cuasi-experimental, están expuestos a posibles **sesgos de dependencia espacial** (la dinámica urbana en localizaciones cercanas influye mutuamente sobre lo que ocurre en cada una de ellas; adicionalmente, distintas dimensiones de la dinámica urbana están determinadas por factores comunes) y **heterogeneidad espacial** (las relaciones entre distintas variables espaciales, incluida la regulación y distintas formas de crecimiento urbano, puede cambiar en el espacio). Sin embargo, hay un problema aún más grave:

**hay un alto grado de endogeneidad entre los componentes evaluados de crecimiento urbano, regulación y provisión de infraestructura**<sup>7</sup>. Esta investigación se ha desarrollado aplicando métodos que están en proceso de desarrollo y adoptando las mejores prácticas para reducir estos sesgos (e.g., ver Kolak & Anselin, 2020) tanto en la especificación como en la estimación de los modelos cuantitativos. Pero es necesario continuar profundizando, mediante tanto la introducción de nuevas variables (en particular, la reconstrucción de la expansión de sistemas de infraestructura que complemente el componente regulatorio) como de nuevas técnicas de análisis para reflejar la dinámica del sistema.

## Marco conceptual

### Crecimiento urbano y factores espaciales

Irwin & Geoghegan (2001) describen el proceso por el cual un predio rural se convierte en urbano –por el cual se expande la ciudad en sus bordes–: cuando los beneficios del nuevo uso exceden los costos de conversión (en particular, de uso agrícola a urbano), el agente que posee la propiedad escoge cambiar el uso (desarrollar el predio). Las intuiciones clave de Irwin & Geoghegan (2001), en este modelo teórico de conversión de uso del suelo son dos: primero, el proceso ocurre en el tiempo; es importante determinar cuándo el agente urbano toma la decisión de transformar su predio; segundo, la renta y costos dependen de *la heterogeneidad espacial del entorno* y, por tanto, estas características son capturadas en el valor del suelo (en la medida en que el valor del suelo mide las preferencias de los agentes urbanos por una localización en determinado momento). Así, la conversión de uso del suelo (y en particular el desarrollo urbano que ocurre cuando se construye sobre una parcela con cobertura del suelo agropecuaria o natural) ocurre cuando:

$$W_{j,u,T} - C_{j,u,T} - \sum_{t=0}^{T-1} A_{j,a,t} \cdot \kappa^t > 0 \quad [1]$$
$$W_{j,u,T} - C_{j,u,T} - A_{j,a,T} > \kappa(W_{j,u,T+1} - C_{j,u,T+1})$$

donde  $W_{j,u,T|a}$  es el valor presente de la renta de la parcela  $j$  cuando su estado es urbano ( $u$ ) en el periodo de conversión  $T$ , dado que era agrícola ( $a$ ) en periodos anteriores,  $C_{j,u,T|a}$  es el costo de conversión (en ese momento) de agrícola a urbano,  $A_{j,a,T}$  es la renta agrícola de la parcela en el periodo  $T$  y  $\kappa$  es la tasa de descuento. Es decir, el momento óptimo en que el dueño de la parcela  $j$  cambia su uso es el momento en que maximiza su utilidad con un mayor y mejor uso urbano, ya no agropecuario, pero también el momento en que su renta es mayor al convertir el uso y no esperar mayores rentas en periodos futuros (del uso urbano). Si la segunda condición no se cumple, el dueño de la parcela optará por especular: retirar la parcela del mercado (no desarrollarla) hasta que llegue el momento en que se cumple esta condición.

---

<sup>7</sup> La endogeneidad en un modelo de regresión las variables están mutuamente determinadas. En el caso de uso urbano e infraestructura de transporte, este fenómeno fue reconocido e identificado hace décadas en las cuantificaciones de *urban sprawl* y construcción de autopistas en EEUU (ejemplo,, Cervero & Duncan, Baum-Snow): se construye a lo largo de las autopistas y el tráfico generado por los habitantes de estas nuevas construcciones justifica una ampliación de la autopista, que a su vez torna más accesibles las inmediaciones de esa autopista, lo cual resulta en más construcciones. De forma similar, parece que en Costa Rica un crecimiento urbano acelerado –en particular, en ubicaciones con infraestructura subutilizada– incentiva la introducción de regulaciones de uso del suelo (mediante un plan regulador), que a su vez condiciones futuras construcciones incluida la expansión de infraestructura.

Es importante resaltar que esta ecuación es fácilmente generalizable para otros cambios de uso del suelo: en general, un agente selecciona un nuevo uso para su localización que intensifique el uso y, por tanto, aumente la renta que le genera cuando el nuevo uso exhibe las características del término  $W$  en la ecuación [1] y el uso anterior, las características del término  $A$  (con la diferencia de que  $A$  depende de características intrínsecas de la localización como su fertilidad, relieve, etc. en tanto que un uso urbano alternativo también varía en el espacio de la misma forma en que lo hace  $W$ ).

Los factores espaciales que determinan la renta del suelo han sido descritos en modelos teóricos de la literatura. Desde una perspectiva microeconómica, existen tres fenómenos fundamentales que determinan estos patrones: la atracción al centro de la ciudad (de acuerdo con el modelo de Alonso-Mills-Muth, véase Brueckner, 1987), la atracción por usos y actividades similares (la idea de aglomeración, formalizada por Krugman, 1991) y las externalidades ambientales que describen los diferenciales en el espacio de sus características físicas y sociales (y en particular, el acceso a servicios públicos e infraestructura, en línea con las ideas de Tiebout, 1956<sup>8</sup>). Estas conceptualizaciones encuentran eco en formalizaciones geográficas: Christaller y su teoría de lugares centrales está relacionada (aunque no es exactamente equivalente) al modelo de Alonso-Mills-Muth (ver, por ejemplo, Polèse, 1998); la ley fundamental de la geografía de Tobler (1979) es una visión computacional de la aglomeración a escala local; las externalidades, especialmente ambientales, se utilizan analíticamente en el análisis de aptitud de uso del suelo que forma la base de la planificación ambiental desde McHarg (1969). Estos modelos teóricos permiten identificar cuáles son los determinantes de los términos de la ecuación [1]

En general, la regulación del uso del suelo y de la construcción de nuevas estructuras para albergar estos usos (el ordenamiento territorial que en Costa Rica se implementa sobre todo a través de planes reguladores municipales) impone costos (aumenta el término  $C$  de la ecuación [1]) o prohíbe usos (elimina alternativas  $u$  de la ecuación [1], lo cual reduce  $W$ ). El efecto de ello debería ser reducir el crecimiento urbano y más generalmente la intensificación de uso del suelo (e.g., Brueckner & Sridhar, 2012).

## **Determinación de causalidad en regímenes espaciales**

La determinación del impacto causal de una política pública presenta un reto fundamental, reconocido desde por lo menos el trabajo de Rubin sobre el modelo contrafactual: no es posible observar simultáneamente al mismo individuo en el grupo de tratamiento (i.e., siendo afectado por la política pública) y en el grupo de control (no siendo afectado por la política pública). Esto significa que las consecuencias de la política pública (determinadas mediante la diferencia entre los grupos de control y tratamiento) podrían ser el resultado (a) la política pública ó (b) las

---

<sup>8</sup> El modelo de Tiebout (1956) adopta la calidad de la educación en EEUU como el principal servicio; esto se debe a que en EEUU, la educación es financiada mediante impuestos locales a la propiedad; de ahí que lugares con mayor valor del suelo tengan una mejor base impositiva, que a su vez implica presupuestos más generosos y mayor calidad de la educación (porque los mercados inmobiliarios tienden a segregar según niveles de ingresos, estas localidades con mayor calidad son también donde viven las familias más ricas, en general). El concepto es general pero la importancia de los servicios, específicamente educación, como determinantes de valores del suelo es mucho mayor en EEUU que en la mayoría de otros contextos del mundo.

diferencias entre individuos en los grupos de tratamiento (beneficiarios de la política pública) y control (no beneficiarios) (ver la síntesis de Holland, 1986)<sup>9</sup>.

Para enfrentar este reto, se han desarrollado técnicas de análisis cuasi-experimental que pueden aplicarse a datos observacionales<sup>10</sup>. En 1985, Ashenfelter & Card propusieron el modelo de diferencia-en-diferencias: esta formalización pretendió (con éxito) utilizar datos observacionales para analizarlos siguiendo la lógica de un ensayo de control aleatorio. Este modelo de regresión tiene la forma:

$$y_{it} = \rho_1 \cdot \tau_t + \rho_2 \cdot r_i + \delta \cdot \tau_t \cdot r_i + \sum \beta_k X_{itk} + \varepsilon_{it} \quad [2]$$

donde  $y_{it}$  es la variable de respuesta, (a) cada registro de una unidad observacional,  $i$ , se mide en dos momentos,  $t=0$  (antes de aplicar la intervención) y  $t=1$  (después de que se haya aplicado),  $\tau_t$  es una variable dicotómica que identifica estos dos momentos para cada registro; (b)  $r_i$  es una variable dicotómica igual a 1 para los registros que recibieron la intervención (el grupo de tratamiento) y 0 para los que no (el grupo de control); (c) el coeficiente  $\delta$  (asociado a la interacción entre  $r_i$  y  $\tau_t$ ) representa el impacto causal del tratamiento; (d) crucialmente, el modelo controla por un vector de variables independientes,  $X$ , que introducen variación sistemática en  $y_{it}$  (y por tanto, esta variación ya no es capturada en  $\delta$ ).

La validez del modelo de diferencia-en-diferencias, y de técnicas similares de análisis cuasi-experimental (e.g., ver Morgan & Winship, 2015), depende de una suposición crucial, la *stable unit treatment assumption* (SUTVA). SUTVA implica cuatro condiciones que son problemáticas cuando se aplica el marco metodológico descrito a problemas espaciales (Kolak y Anselin, 2020):

- las características de las unidades de análisis que reciben el tratamiento no deben influir sobre el valor de  $y_{it}$  de las unidades que no reciben el tratamiento (si las unidades de análisis son localizaciones en el espacio y  $y_{it}$  se refiere a características del entorno, es común que haya influencias recíprocas –formalizadas en modelos microeconómicos como externalidades– cuya magnitud depende de la distancia entre las unidades);

---

<sup>9</sup> Parte de un programa de política pública consiste en focalizar los recursos entre aquellos individuos que reciban el mayor beneficio potencial de la política pública o que sufran en mayor grado el problema que esa política busca resolver. De ahí la importancia de este aspecto. Considérese el ejemplo clásico de probar si una medicina es efectiva: es razonable suponer que los médicos, cuando refieren pacientes para este tipo de estudios, privilegien aquellos que en su experiencia puedan beneficiarse del tratamiento (este es un factor sistemático, no aleatorio); pero cuando se analicen los resultados de la medicina, quedará la duda de si cualquier efecto positivo es consecuencia de la medicina misma o de las características de los pacientes tratados, que en opinión de sus médicos los hacen buenos candidatos para beneficiarse del tratamiento. Este problema de sesgo de selección ha sido descrito y discutido en la literatura especializada (ver Phillips et al., 2021).

<sup>10</sup> Cuando se trata de ensayos controlados aleatorios, caso de los experimentos médicos en general (y de los experimentos agropecuarios de Fisher que dieron origen a las herramientas para enfrentar este problema), el experimentador asigna aleatoriamente los individuos que son parte del estudio a los grupos de tratamiento o control; esto puede garantizar que no existan problemas de sesgo de selección (Shadish et al., 2002). En estudios observacionales, el analista no tiene control sobre el proceso de selección de beneficiarios, por lo cual no puede usualmente introducir el elemento de aleatoriedad que garantiza la validez de los resultados (por el contrario, lo usual es que este proceso sea deliberadamente sesgado en favor de los mejores beneficiarios potenciales por razones de eficiencia de la política pública).

- $y_{it}$  debe ser independiente de la asignación del tratamiento (en el caso de planes reguladores en la GAM, esta suposición es poco problemática: no parece que haya grandes diferencias, más allá de la contingencia, entre municipios con plan regulador vs. municipios sin él);
- el hecho de que una unidad de análisis reciba tratamiento no debe influir sobre el valor de  $y_{it}$  de las unidades que no reciben el tratamiento (el que una localización  $i$  esté regulada –o no– no debe modificar el valor de  $y_{it}$  en las unidades no reguladas –o sí– cercanas a  $i$ );
- para cada unidad de análisis, no deben existir diferentes niveles del tratamiento que podrían producir un  $y_{it}$  diferente (algo especialmente problemático para el ordenamiento territorial, que define niveles máximos de intensidad de uso del suelo a partir de variación sistemática en el espacio).

Para reducir el problema de sesgo de selección, producto de que la naturaleza espacial del problema de investigación resulta en violaciones de SUTVA, Kolak y Anselin (2020) clasifican las interacciones espaciales que causan problemas y asocian a cada una de técnicas de econometría espacial que deberían mitigar el sesgo. Específicamente, (1) existe dependencia espacial cuando el tratamiento es un régimen espacial y cuando la proximidad a áreas que reciben tratamiento impacta el valor de  $y_{it}$  (lo cual puede ocurrir con el ordenamiento territorial, aunque el problema de localizaciones cercanas a áreas reguladas es menor porque los límites municipales en la GAM a menudo son ríos que actúan como barreras y en consecuencia, las interacciones son limitadas; ver Pujol et al., 2006); (2) existe heterogeneidad espacial en tanto que el tratamiento (específicamente la intensidad de las restricciones) y las distintas variables  $y_{it}$  (aun en ausencia de tratamiento) dependen de factores espacialmente sistemáticos y a menudo de una forma no lineal que puede implicar (de hecho implica, en cuanto a la intensidad de la regulación) que la relación descrita varía en el espacio; (3) podría existir dependencia espacial en la forma de error cuando se agregan localizaciones por distrito.

Los modelos que se presentan para evaluar los efectos del ordenamiento territorial sobre el crecimiento urbano en la GAM presentan heterogeneidad espacial y dependencia espacial, las cuales se busca mitigar de tres formas: (1) se han incluido factores espaciales como variables de control (en todos los modelos); (2) asimismo, se han muestreado localizaciones espaciales de modo tal que no haya localizaciones muy cercanas entre sí (lo cual reduce la dependencia espacial al aumentar la distancia entre unidades de análisis) y (3) se han incluido efectos fijos de una cuadrícula de 1500 m de lado que captura la heterogeneidad espacial no modelada explícitamente por los factores a esa escala. (b) En los modelos que involucran localizaciones y variables continuas, se estimaron errores robustos ante heteroscedasticidad de White para reducir el sesgo de dependencia espacial.



## **Marco metodológico**

### **La regulación urbana en la GAM**

En su análisis de los planes reguladores entonces vigentes o en proceso de aprobación, Pujol et al. (2006) señalaban tres importantes problemas: (1) la ausencia de regulación en muchos cantones de la GAM (solo 16 tenían entonces instrumentos vigentes), notablemente Heredia y Tibás; (2) la existencia de regulación demasiado laxa (particularmente altura máxima de edificación en el cantón de San José), tanto que no implicaba restricciones efectivas al desarrollo urbano inconvenientemente intenso; (3) la existencia de regulaciones demasiado restrictivas (e.g. era común un límite de 3 pisos como altura máxima), un problema relacionado con las que ya entonces eran reglas de ordenamiento territorial anticuadas (y que restringían excesivamente la altura en lugares aptos para intensificación de uso del suelo).

Adicionalmente, algunas características de la regulación incluían las siguientes:

- Aunque existían usos incompatibles en las zonificaciones de cantones vecinos, a menudo estas contradicciones eran de menor importancia porque los límites entre cantones en la GAM son ríos con pocas carreteras (puentes) que los cruzan. Esto significa que hay poca interacción entre municipios. En cambio, dentro de los límites de un municipio, este tipo de contradicciones eran más graves (y a menudo surgían de la necesidad de regularizar usos que existían antes de la regulación en lugares no aptos).
- El parámetro utilizado para reducir la construcción en áreas ambientalmente valiosas de la periferia era el porcentaje de cobertura: se detectaron entonces porcentajes muy bajos en localizaciones fuera del límite de crecimiento regional.
- Toda la regulación vigente incluía reglamentación sobre zonificación (usos del suelo y volumen constructivo) pero, en general, carecía de reglamentos de fraccionamiento y urbanizaciones. Esto significa que la reglamentación supletoria nacional, promulgada por el INVU, definía las reglas para la fragmentación de lotes.

Desde 2006, han entrado en vigor cinco planes reguladores adicionales: Desamparados y Flores, que ya en 2006 estaban en sus etapas finales, y los cantones de Alvarado (de 2016), El Guarco (2014) y Paraíso (2012) más recientemente. Estos tres cantones, junto con la renovación de planes reguladores de Cartago (2012) y Oreamuno (2014), son un caso interesante: estos cinco cantones formaron parte del grupo para los cuales el proyecto PRUGAM contrató el diseño de planes reguladores cantonales. La propuesta original fracasó, pero, debido al involucramiento del CIVCO del TEC y la municipalidad de Cartago, las propuestas de plan regulador fueron mejoradas sustancialmente y eventualmente aprobadas. Valga decir que algunas deficiencias de la propuesta original persistieron y están siendo corregidas por procesos de actualización de la regulación (e.g., en los cambios actualmente propuestos al plan regulador de Cartago) por funcionarios municipales, lo cual sugiere que el proceso no solo resultó en regulación vigente sino también, posiblemente, en una mejora de la capacidad de gestión municipal en estos cantones.

Desde 2006, algunos otros cantones han renovado también su regulación, aunque respondiente a procesos y lógicas propias: San José, Escazú, Curridabat y Moravia (además de procesos en curso, algunos muy cerca de completarse, en Santa Ana, Flores, Alajuela, Montes de Oca, Coronado). Los problemas de regulación de alturas excesivamente laxa han mejorado en San

José, pero de forma muy poco efectiva (persisten mecanismos para eximir a desarrolladores de los límites que impone la regulación) y, lamentablemente, han sido replicados en Curridabat, lo cual sugiere problemas a corto plazo en el mercado de suelo por especulación inmobiliaria.

Sin embargo, y como ya se ha señalado en informes anteriores (Sánchez, 2021; Pérez et al., 2022), se mantiene el problema de ausencia de regulación local (mitigado, pero no resuelto por la regulación urbana nacional supletoria del INVU): aún hoy, 10 cantones de la GAM –incluidos Heredia, Tibás y Alajuelita– carecen de plan regulador. La situación ha mejorado con respecto a 2006, año en que de acuerdo con las estimaciones de población del CCP, 875 mil personas (un 38% de la población regional) vivía en cantones sin regulación. Esta cifra se ha reducido, pero todavía hoy hay 663 mil personas (24% de la población de la GAM) que residen en cantones sin instrumentos de ordenamiento territorial. Es especialmente preocupante que la mayoría de cantones de Heredia y el cantón de Poás, muchos de los cuales incluyen las zonas de recarga de los acuíferos más importantes del país, carezcan de regulaciones (que entre otras cosas deben contribuir a mitigar la contaminación por aguas servidas, parametrizando adecuadamente los lotes para que funcionen tanques sépticos y exigiendo plantas de tratamiento y alcantarillados sanitarios a nuevas urbanizaciones).

Los patrones del coeficiente de edificabilidad se discutieron en las figuras 1 y 2; en general, otros parámetros muestran patrones análogos (ejemplo, el área mínima de lote tiende a ser pequeña donde el coeficiente de edificabilidad es grande). Sí resulta de importancia comentar la categoría información no disponible (IND) en la figura 2: en su mayoría, estos corresponden a zonas con nombre de protección ambiental y con usos del suelo muy restrictivos. Es decir, son lugares donde la intención de la regulación (si bien no los parámetros de edificabilidad) claramente buscan prohibir el desarrollo urbano. Sin embargo, este tipo de restricciones absolutas tienden a ser consideradas como expropiaciones de hecho, bajo la lógica de que vacían de contenido el derecho de propiedad (son expropiaciones de hecho; ver Ávila, 2011). Aunado a ello, lo que se desprende de leer la norma no es que el parámetro sea 0 (por ejemplo, el porcentaje de cobertura o altura máxima iguales a 0 implicarían una prohibición de construir en esas zonas) sino que el parámetro no aparece explícitamente regulado. ¿Qué ocurriría en la práctica en estos casos? En primera instancia, se trata de localizaciones muy poco aptas (en general) para el desarrollo urbano, por lo cual no es de esperar que haya grandes conflictos asociados a su desarrollo. En segundo lugar, cuando ocurriera, es muy probable que las autoridades municipales denieguen el permiso de construcción, lo cual implicaría que el propietario tendría que acudir a los tribunales para reclamar su derecho (sin que resulte claro que vaya a concedérsele la razón porque el derecho de propiedad está sujeto a la función social de esta).

## Construcción de variables dependientes: crecimiento urbano

La figura 4 muestra mapas que representan el crecimiento urbano en la GAM para las localizaciones muestreadas, desarrollados con base en el trabajo de Pérez et al. (2023b). Se estimó el crecimiento urbano a partir de interpretación de imágenes satelitales de Landsat 3, 4, 5 y 7 para los periodos 1979-1985, 1985-1991, 1991-1997, 1997-2005, 2005-2012 y 2012-2021; se ha asumido el valor de  $t$  para el año final de cada periodo (nótese que los periodos son aproximadamente iguales, aunque no pueden ser exactamente iguales por limitaciones en los datos disponibles). Se considera “construida” como la construcción en la localización  $i$ , antes no construida, detectada mediante interpretación de imágenes satelitales Landsat (con una resolución espacial de 30 m).

Es notable que haya desarrollo importante fuera del límite de crecimiento, especialmente en el área metropolitana de Cartago y al norte de Heredia –lo cual es consistente con las cifras reportadas sobre fragmentación de propiedades. Sin embargo, la mayor parte del crecimiento urbano detectado corresponde a la expansión en los bordes de la mancha urbana de 1979 (y ocurrió dentro del límite de crecimiento urbano).

La primera estimación del impacto de la regulación sigue la formulación de Pérez et al. (2023a), a su vez construida sobre la base del trabajo de Wendland et al. (2015). En este esquema, (a) los datos son localizaciones puntuales descritos por una coordenada, (b) la variable dependiente  $y_{it}$  es dicotómica, igual a 0 para todos los periodos  $t$  en que la localización  $i$  no ha sido construida (según fue descrito en la sección sobre construcción de variables dependientes), a 1 para el periodo  $t=T$  en que  $i$  pasó de no construida a construida (el momento en que ocurre el crecimiento urbano, de acuerdo con lo planteado en la ecuación [1]) y ausente de la base de datos para los periodos posteriores a  $T$ . (c) Se seleccionó una de cada 10 celdas (localizaciones) en una matriz uniforme, lo cual garantiza que la distancia entre localizaciones es de por lo menos 300 m (en un esfuerzo por reducir la dependencia espacial). Este proceso se ilustra y esquematiza en la figura 5.

Figura 4  
Crecimiento urbano en la GAM. 1979-2021

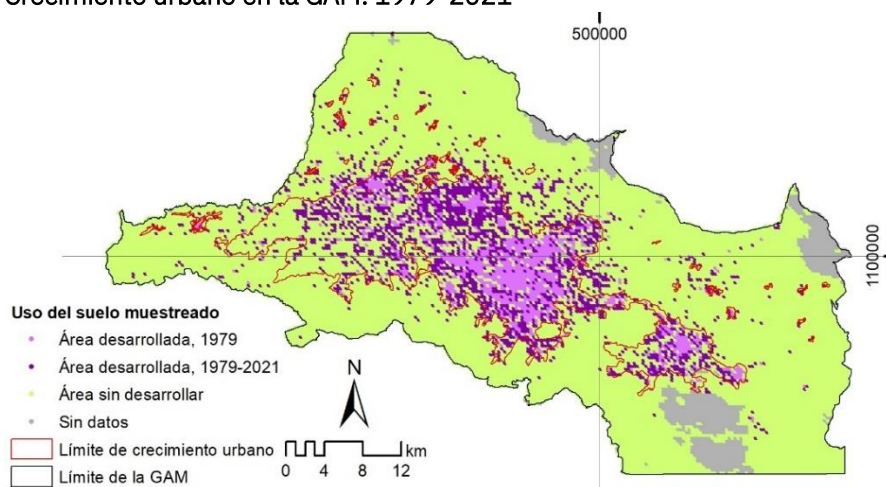
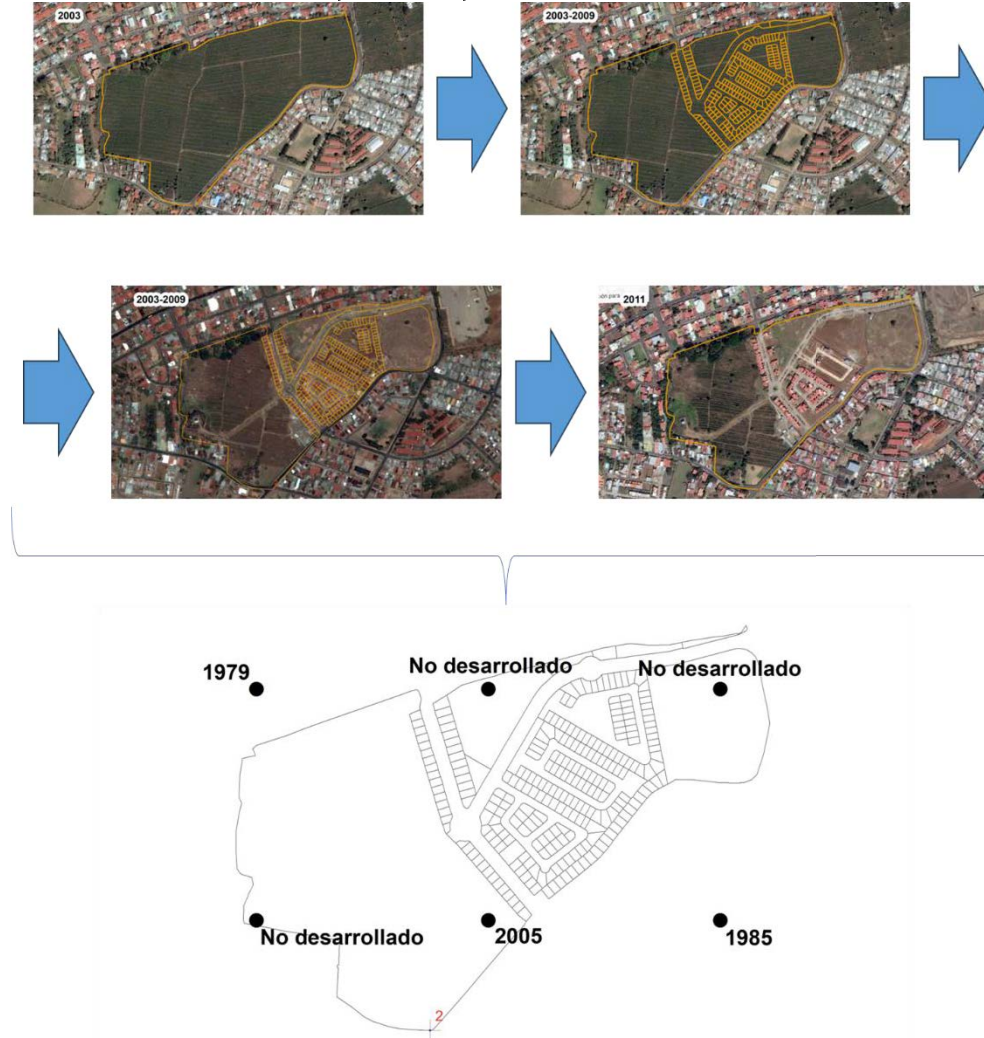


Figura 5  
Construcción de variable dependiente para modelos de crecimiento urbano



### **Especificación de modelos para determinación de impactos causales**

Modelo 1: el impacto sobre el crecimiento urbano

Asimismo, se incluyeron las variables de control: elevación, pendiente y distancias euclidianas al centro de San José, a la carretera primaria más cercana y al centro de municipalidad más cercano; todas fueron transformadas a logaritmos.

El modelo planteado se muestra en la ecuación [3]; corresponde a un modelo logit (no lineal), que refleja la naturaleza dicotómica de la variable dependiente y, por tanto, produce estimaciones de la probabilidad de que  $y_{it}$  se convierta en construida. En este tipo de modelos, las elasticidades (reportadas en el cuadro 1) no son constantes.

$$\text{logit}(y_{it}) = \beta_0 + \sum \beta_k \cdot x_{i,k} + \rho_2 \cdot r_{1i} + \rho_3 \cdot r_{2i} + \rho_4 \cdot r_{1i} \cdot r_{2i} + \delta_1 \cdot \tau_t \cdot r_{1i} + \delta_2 \cdot \tau_t \cdot r_{1i} \cdot r_{2i} + \delta_3 \cdot \tau_t \cdot r_{1i} \cdot CAS_i + \delta_4 \cdot \tau_t \cdot r_{1i} \cdot r_{2i} \cdot CAS_i + \varepsilon_{it} \quad [3]$$

Nótese que (d) se incluyen dos tratamientos, el tratamiento  $r_{1i}$  es la existencia de plan regulador en el periodo  $t$  en la municipalidad a la que pertenece  $i$  y el tratamiento  $r_{2i}$  corresponde al límite de crecimiento urbano regional, que no aplica directamente en municipios con plan regulador vigente pero que ciertamente contribuye a controlar por la heterogeneidad del tratamiento; (e) se controla explícitamente por la intensidad de la regulación al incluir el coeficiente de aprovechamiento del suelo (altura permitida por porcentaje de cobertura) de la regulación. (f) Como  $\tau_t$  es igual a 1 para los periodos en que estaba en vigencia el plan regulador, esta variable es igual a  $\tau_t \cdot r_{1i}$  (es decir, ambas expresiones representan el efecto posterior a la implementación del plan regulador en los municipios donde fue implementado). (g) Siguiendo a Dempsey & Plantinga (2013), se estimó una versión del modelo con un efecto fijo espacial: una variable categórica común para todas las localizaciones de una cuadrícula uniforme de 1500 m; este factor captura (gran parte de) la heterogeneidad espacial no modelada explícitamente mediante factores espaciales<sup>11</sup>.

#### Modelo 2: el impacto sobre la fragmentación de la propiedad

La segunda estimación de impacto utiliza como variable dependiente el área resultante de segregaciones tramitadas mediante el sistema APT del Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos. Se compararon dos años: 2016 y 2022. Para cada uno, se excluyeron todos los lotes con áreas menores a 50 m<sup>2</sup>; asimismo, para 2022, se excluyeron los permisos rechazados. En total, se obtuvieron 15535 registros para 2016 y 15401 registros para 2022. Todos estos registros están localizados; a diferencia del análisis de desarrollo urbano, no se eliminaron localizaciones muy cercanas (más del 90% de los datos están a 300 m o menos de otra segregación; a menudo, un mismo lote fue segregado en varios lotes, de modo que la moda de distancia al registro más cercano es 0 m).

El modelo planteado se muestra en la ecuación [4]:

$$y_{it} = \beta_0 + \sum \beta_k \cdot x_{i,k} + \rho_1 \cdot \tau_t + \rho_2 \cdot r_{1i} + \rho_3 \cdot r_{2i} + \rho_4 \cdot r_{1i} \cdot r_{2i} + \delta_1 \cdot \tau_t \cdot r_{1i} + \delta_2 \cdot \tau_t \cdot r_{1i} \cdot r_{2i} + \delta_3 \cdot \tau_t \cdot r_{1i} \cdot AreaMin_i + \delta_4 \cdot \tau_t \cdot r_{1i} \cdot r_{2i} \cdot AreaMin_i + \varepsilon_{it} \quad [4]$$

donde todas las variables se definen al igual que en la ecuación [3], excepto por:  $y_{it}$ , que es ahora igual al logaritmo natural del área resultante de la segregación y  $AreaMin_i$ , el área de lote mínima permitida (utilizada como medida de intensidad de la regulación en lugar del coeficiente de aprovechamiento del suelo).

El área de lote es una variable que puede endogeneizarse dentro del modelo de Alonso-Mills-Muth (ver Brueckner, 1983). Bajo el supuesto de que el área construida y el área de jardín (i.e., suelo no construido que es parte de una vivienda) son complementarios, el área de lote es una función decreciente de la distancia a centralidades urbanas. Si son sustitutos, una de las dos variables (área habitable de la vivienda o área total del lote, pero no ambas) puede decrecer con

<sup>11</sup> Agradezco el comentario de la profesora Marcela Román en el taller de consulta en cuanto a la existencia de elementos del sistema urbano que pueden modificar la probabilidad de desarrollo (ejemplo, asentamientos informales, zonas industriales); estos efectos fijos son una aproximación a controlar por esta variación. Es posible que la intensidad de la regulación interactúe con estos efectos espaciales, aunque dados los resultados mostrados (en particular, lo robusto de los coeficientes que involucran  $r_{1i}$  ante distintas variaciones del modelo), no parece una fuente de sesgo muy grande.

la distancia al centro. La regulación urbana impone áreas mínimas de lote para impedir la urbanización intensiva de zonas menos aptas –para proteger áreas agropecuarias y sus externalidades ambientales y para reducir la trama urbana, lo cual a su vez reduce el tamaño y costo de las redes de infraestructura pública. Esto implica una reducción de las densidades poblacional y estructural (en el caso de que ambas dimensiones sean sustitutas). Glaeser & Ward (2009) argumentan que es esta regulación la que, en Boston, es utilizada por los propietarios para mantener densidades poblacionales muy por debajo del óptimo social y que preservan el valor del suelo de sus propiedades.

### **Análisis y discusión de modelos del impacto de la regulación**

Los resultados de estimar la ecuación [3] se muestran en el cuadro 1. En general, cuando se comparan las distintas versiones del modelo, no hay diferencias entre los coeficientes de regresión que representan los efectos que se estiman: los determinantes de  $r_{1i}$  y  $r_{2i}$  son negativos (con el efecto de  $r_{2i}$  siendo alrededor del triple que el de  $r_{1i}$ ) y su interacción es positiva. Los determinantes que describen el impacto causal, asimismo, son bastante robustos ante las distintas especificaciones: el coeficiente de  $\tau_t \cdot r_{1i}$  es positivo y varía entre 1.1 y 1.5, el coeficiente de  $\tau_t \cdot r_{1i} \cdot r_{2i}$  es en general negativo y, cuando se suma al anterior, presenta una diferencia de aproximadamente 0.5 (esta diferencia representa cuánto se reduce el crecimiento urbano, por causa de la implementación de ordenamiento territorial, dentro del límite de crecimiento). Esta última interacción ( $\tau_t \cdot r_{1i} \cdot r_{2i}$ ) no resulta significativa cuando no se controla por la intensidad de la regulación o cuando se introduce el área mínima de lote en lugar del coeficiente de edificabilidad (lo cual sugiere que el área mínima de lote está menos relacionada con el crecimiento urbano que el coeficiente de edificabilidad).

Como se ha mencionado en la sección de hallazgos, el patrón general mostrado en el cuadro 2 sobre limitaciones impuestas por la regulación municipal (por la implementación de planes reguladores) al crecimiento urbano no es simple: en primera instancia, los cantones con planes reguladores vigentes presentaron menor crecimiento urbano que cantones sin regulación (coeficiente de  $r_{1i}$  negativo); segundo, esta diferencia desaparece sustancialmente cuando se implementa el plan regulador (coeficiente de  $\tau_t \cdot r_{1i}$  positivo y de mayor magnitud al coeficiente anterior); tercero, este efecto de mayor desarrollo es mayor dentro del límite de crecimiento (que es también el área de los cantones más apta para desarrollo urbano) que fuera de él (pues los coeficientes de la interacción  $\tau_t \cdot r_{1i} \cdot r_{2i}$  son en general negativos, aunque de menor magnitud que los de  $\tau_t \cdot r_{1i}$ ).

En 2012, Pujol y Pérez habían estimado el impacto de la restricción a la urbanización que introducía el límite de crecimiento urbano: encontraron que era cinco veces más probable encontrar área urbanizada dentro que fuera del límite de crecimiento (para el periodo 1986-2010). Los resultados estimados en este trabajo muestran una situación más compleja cuando se considera simultáneamente el efecto de la regulación municipal (planes reguladores, que en principio sustituyen a al plan regional del cual forma parte el límite de crecimiento) y del límite de crecimiento. Adicionalmente, ha ocurrido un crecimiento urbano muy importante durante 2010-2021 (como se muestra aproximadamente en la figura 4. Este crecimiento ha ocurrido en gran medida en la periferia, desbordando el límite de crecimiento (notable pero no exclusivamente en Curridabat y La Unión). Sin embargo, los modelos estimados continúan

registrando efectos restrictivos muy importantes asociados a localizaciones fuera del límite de crecimiento, aún después de controlar por factores físicos (distancia a centralidades, por ejemplo, o pendiente). Estos podrían explicarse en la medida en que los planes reguladores municipales incorporen el concepto, si bien no necesariamente la localización exacta, de límite a la ciudad que constituye el límite de crecimiento del plan regional (el llamado anillo de contención).

## Cuadro 2

Coefficientes de regresión y resultados de modelos especificados con base en ecuación [3]: determinantes de modelo logit de probabilidad de crecimiento urbano, 1979-2021

Determinantes	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3	Modelo 4	Modelo 5
Intercepto	6,769*	6,275*	5,095*	-21,28	-19,52
$r_{1i}$	-0,596*	-0,605*	-0,484*	-0,428*	-0,508*
$r_{2i}$	-1,884*	-1,929*	-1,685*	-1,549*	-1,667*
$r_{1i} \cdot r_{2i}$	0,451*	0,453*	0,322*	0,242*	
$\tau_t \cdot r_{1i}$	1,109*	1,034*	1,056*	1,470*	1,565*
$\tau_t \cdot r_{1i} \cdot r_{2i}$	0,091	-0,500*	-0,480*	-0,965*	0,062
$\tau_t \cdot r_{1i} \cdot CAS_i$	—	0,035	0,016	0,019	—
$\tau_t \cdot r_{1i} \cdot r_{2i} \cdot CAS_i$	—	0,690*	0,661*	0,732*	—
$\tau_t \cdot r_{1i} \cdot AMin_i$	—	—	—	—	-1,68*10 <sup>-5</sup>
$\tau_t \cdot r_{1i} \cdot r_{2i} \cdot AMin_i$	—	—	—	—	-2,50*10 <sup>-5</sup>
Pendiente	—	-0,459*	-0,433*	-0,403*	-0,493*
Elevación	—	0,211*	0,143	1,006	0,712*
Dist. a San José	—	-0,980*	-0,762*	-0,093	-0,171*
Dist. a carreteras primarias	—	—	-6,74*10 <sup>-6</sup>	-1,75*10 <sup>-4*</sup>	-2,02*10 <sup>-4*</sup>
Dist. a centro municipal	—	—	-1,90*10 <sup>-4*</sup>	-2,52*10 <sup>-4*</sup>	—
Efectos fijos espaciales	No	No	No	Sí	Sí
Pesudo-R <sup>2</sup>	0,242	0,249	0,258	0,340	
AIC	24.322	24.125	23.883	22.975	
n	108.706	108.706	108.706	108.706	108.706

Nota: Variable dependiente: crecimiento urbano.  $\tau_t$  igual a 1 a partir de cuándo se implementó  $r_{1i}$ . \*: estadísticamente significativo con  $p < 0.05$ .

Los modelos desarrollados y reportados en el cuadro 2 corresponden a un periodo muy largo (1979 a 2021) durante el cual han ocurrido cambios en los sistemas estructurantes del crecimiento urbano regional (además de la implementación de planes reguladores, es notable la construcción de muchas carreteras primarias que funcionan como autopistas urbanas, específicamente la ruta nacional 27, ruta nacional 32, la ampliación de la Carretera Interamericana entre San José y Cartago y la Carretera de Circunvalación). Este periodo largo es necesario para entender los cambios introducidos por la regulación antes y después de su implementación. Sin embargo, los modelos estimados no son dinámicos (no controlan por cambios en la regulación misma ni en el sistema de carreteras). La interpretación que se ha hecho de los resultados supone que las variaciones espaciales en intensidad de la regulación y en general en los factores que determina la aptitud para usos urbanos presentan una variabilidad mayor en el espacio que en el tiempo, lo cual en el caso de la regulación puede ser aceptable porque esta se define (en gran medida) con base en factores físicos. Sin embargo, esta es una limitación de los resultados que debe ser explorada con mayor profundidad y se están

desarrollando esfuerzos en este sentido (e.g., se ha creado ya un inventario en que se describe el momento de construcción de distintos tramos de la red vial nacional primaria en la GAM).

Los resultados mostrados buscan modelar el pasado reciente del crecimiento regional. Sin embargo, es importante señalar que, en un futuro relativamente cercano, es de esperar que otros condicionantes espaciales tomen mayor importancia. Entre ellos, la disponibilidad de agua potable<sup>12</sup> es acaso el más crítico: es de esperar que este recurso sea más escaso por causa del cambio climático (concretamente, aunque la precipitación total no debería variar, sí son esperables aumentos en la temperatura que a su vez implicarán una mayor demanda hídrica de la atmósfera; al respecto, ver Hidalgo, 2021). La disponibilidad de agua está relacionada con la infraestructura: la reducción del recurso implicará, a futuro, la necesidad de contar con tomas de agua adicionales, lo cual a su vez implica desarrollar extensiones de los acueductos existentes (en principio, los volúmenes de agua en los acuíferos de la región deberían bastar para suplir la demanda incluso a largo plazo). Dado que los sistemas de acueductos en la región funcionan por gravedad en su gran mayoría, la elevación hasta cierto punto controla por el efecto (pasado) de la disponibilidad de agua sobre la probabilidad de crecimiento urbano. Pero es un determinante débil y con una relación muy indirecta, a lo cual debe sumarse que los impactos históricos de la disponibilidad de agua (por oposición a los futuros) posiblemente fueron menores. En todo caso, es una limitación de los modelos desarrollados que no reflejen la evolución de los sistemas de infraestructura (como sí incorporan la de la regulación); una extensión necesaria de los trabajos planteados consiste en reproducir la cobertura de distintos servicios urbanos (y en particular de acueductos y de carreteras nacionales, aunque sobre lo segundo ya hay avances) e introducirla explícitamente en la modelación (como se mencionó, los sesgos espaciales pueden ser menores por la introducción de efectos fijos espaciales; pero el cambio en el tiempo de estos factores puede ser importante).

Antes de analizar los resultados del cuadro 3, que resume la estimación de la ecuación [4], es importante señalar que –a diferencia del modelo de desarrollo urbano mostrado en el cuadro 1– la resolución y extensión temporal de los datos de segregaciones de lote son más limitados. Por ello, se diseñó un modelo con solo dos periodos (de los años disponibles, el más antiguo, 2016, y el más reciente, 2022). En este periodo, solo un cantón que carecía de plan regulador lo implementó (Alvarado); los otros 20 cantones ya tenían plan regulador antes de 2016 (aunque algunos lo renovaron en ese periodo). Esto significa que los coeficientes de regresión de la interacción  $\tau_t \cdot r_{1t}$  en realidad representan solo el aumento (o reducción) de área de lote en el cantón de Alvarado con respecto a las áreas no reguladas.

Claramente, como puede verse en el cuadro 3, el ordenamiento territorial tiene mucho menor impacto sobre el área de las segregaciones resultantes (las cuales representan el cambio en el tamaño de lote) que sobre la probabilidad de desarrollo urbano. Aunque la legislación nacional lista tanto el volumen construido como el área de predio entre las características que deben regularse, parece claro que el énfasis de los controles urbanos municipales en la GAM se concentra en la construcción antes que en la segregación (algo ya detectado y señalado en Pujol et al., 2006).

---

<sup>12</sup> Agradezco al profesor Tomás Martínez, quien enfatizó esta relación en el taller de consulta comentando una versión previa de este documento.



De las variables categóricas que modelan el tratamiento, solo tres coeficientes presentan estadísticamente significativos en el cuadro 3: el coeficiente de  $\tau_t$  es positivo, lo cual significa que el tamaño de las segregaciones aprobadas ha aumentado en un 30%; el coeficiente de  $r_{2i}$  es significativo, positivo y de una magnitud mayor a 1 (implica que los lotes fuera del anillo de contención son alrededor del doble de grandes que dentro de este anillo), reflejando la frontera regulatoria regional de la GAM. Esta coincide en gran medida con las zonas de planes reguladores con mayores niveles de protección (Pérez et al., 2023a). Parece, entonces, que los planes reguladores tienden a mantener el límite de crecimiento urbano dentro de su zonificación (lo cual tiene sentido en la medida en que este límite de crecimiento urbano está muy relacionado con la pendiente del terreno, más plana dentro del límite de crecimiento urbano y más empinada fuera de él). Sin embargo, el término  $r_{1i} \cdot r_{2i}$  presenta un coeficiente significativo y negativo, que implica una disminución en la restricción de tamaño introducida por el límite de crecimiento urbano: en los lugares donde sí hay plan regulador, aunque fuera del límite de crecimiento, los predios sí son más grandes, lo son en mucha menor medida que para los cantones sin regulación. Así, el efecto del ordenamiento territorial es de relajar el tamaño mínimo permitido (o, alternativamente, permitir usos no agropecuarios como viviendas exurbanas, que son más factibles cuando los tamaños de lote permitidos se reducen).

### Cuadro 3

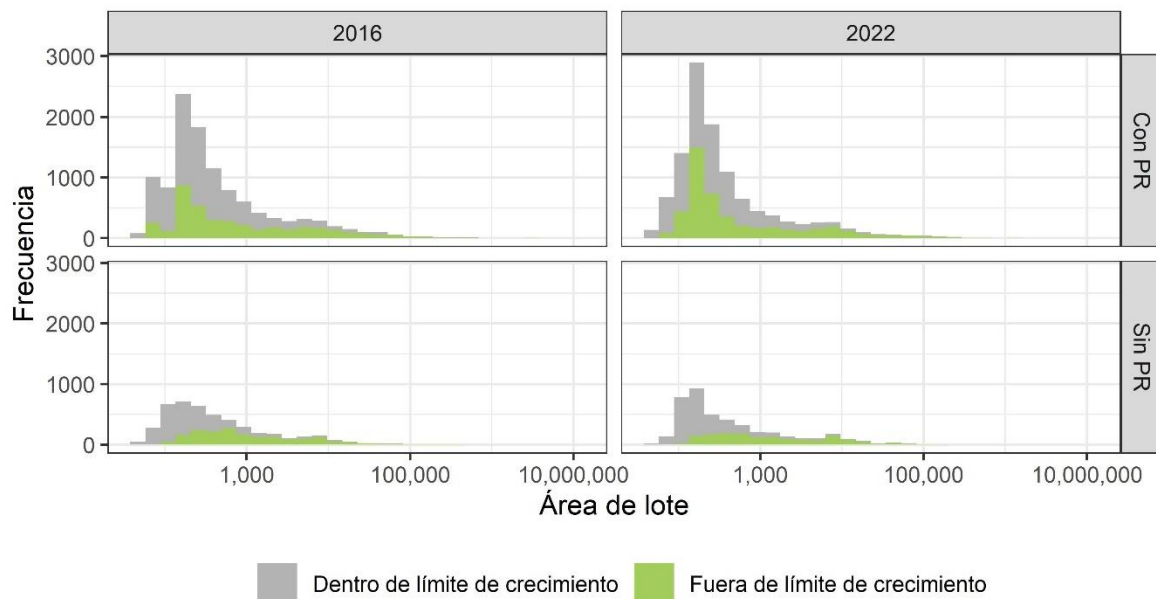
Coefficientes de regresión y resultados de modelos especificados con base en ecuación [4]: determinantes de modelo lineal de fragmentación de la propiedad (logaritmo de área de lote resultante). 2016-2022

Determinantes	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3	Modelo 4
Intercepto	-1,024*	-1,172*	-2,726*	-18,982*
$r_{1i}$	0,099	0,097	0,053	-0,099
$r_{2i}$	1,174*	1,175*	0,999*	0,792*
$\tau_t$	0,304*	0,302*	0,201*	0,422*
$r_{1i} \cdot r_{2i}$	-0,864*	-0,867*	-0,794*	-0,261
$\tau_t \cdot r_{1i}$	-0,170	-0,202	-0,121	-0,010
$\tau_t \cdot r_{2i}$	-0,198	-0,198	-0,199	-0,613*
$\tau_t \cdot r_{1i} \cdot r_{2i}$	0,217	-0,021	-0,083	0,482*
$\tau_t \cdot r_{1i} \cdot \log(AMin_i)$	—	0,007	0,002	0,014*
$\tau_t \cdot r_{1i} \cdot r_{2i} \cdot \log(AMin_i)$	—	0,043*	0,051*	0,016
Pendiente	0,191*	0,188*	0,169*	0,050*
Elevación	0,345*	0,366*	0,406*	3,250*
Dist. a San José	0,418*	0,419*	0,367*	0,154
Dist. a carreteras primarias	—	—	0,015*	-0,014
Dist. a centro municipal	—	—	0,237*	0,105*
Efectos fijos espaciales	No	No	No	Sí
R <sup>2</sup> ajustado	0,149	0,151	0,161	0,388
f stat. (d.f., prob.)	540,8 (10 & 30.912 <0,01)	458,1 (12 & 30.910 <0,01)	423,4 (14 & 30.906 <0,01)	27,9 (729 & 30.191 <0,01)
AIC	110.363,3	110.291,6	109.922,8	100.856,4
n	30.923	30.923	30.923	30.923

\*Estadísticamente significativo con  $p < 0.05$ .

La figura 6 muestra los histogramas de la variable dependiente (área de lote) con una transformación logarítmica en el eje horizontal. Ambos son semejantes: la mayor parte de los registros se agrupan en torno a la mediana (287 metros cuadrados en 2016, 236 metros cuadrados en 2022). La distribución muestra una cola derecha larga, producto de propiedades muy grandes que son relativamente poco frecuentes entre el conjunto de datos. Sin embargo, puede verse cómo la forma de la distribución para propiedades de 50 mil metros cuadrados o menos es muy parecida para los registros dentro y fuera del límite de crecimiento urbano. Este resultado es consistente con el modelo y contribuye a explicarlo. La significancia del coeficiente de la variable  $r_{2i}$  parece estar más relacionada con la existencia de propiedades muy grandes fuera del límite de crecimiento (y su inexistencia dentro de dicho límite) que, con la mayor parte de la dinámica de segregación, la cual es similar dentro y fuera de límite de crecimiento y –al estar concentrada en propiedades pequeñas– probablemente esté relacionada con la expansión de asentamientos humanos antes que con el uso agrícola.

Figura 6  
Histograma de área de lote en metros cuadrados segregados, según APT del CFIA. 2016 y 2022



## Referencias

- Ávila, D. (2011). *Planes reguladores locales y limitaciones al derecho de propiedad*. Trabajo final de graduación. San José, Costa Rica: Universidad de Costa Rica.
- Brueckner, J. K., & Sridhar, K. S. (2012). Measuring welfare gains from relaxation of land-use restrictions: The case of India's building-height limits. *Regional Science and Urban Economics*, 42(6), 1061-1067.
- Brueckner, J. K. (1983). The economics of urban yard space: An “implicit-market” model for housing attributes. *Journal of Urban Economics*, 13(2), 216-234.
- Dempsey, J.A. & Plantinga, A.J. (2013). How well do urban growth boundaries contain development? Results for Oregon using a difference-in-difference estimator. *Regional Science and Urban Economics*, 43(6), 996-1007.
- Glaeser, E. L., & Ward, B. A. (2009). The causes and consequences of land use regulation: Evidence from Greater Boston. *Journal of Urban Economics*, 65(3), 265-278.
- Hidalgo, H. G. (2021). Climate variability and change in Central America: what does it mean for water managers? *Frontiers in Water*, 2, 632739.
- Pérez, E. (2023). *Crecimiento urbano, precipitación y escorrentía ante el cambio climático: una exploración a través de modelos de automata celular en la Gran Área Metropolitana, Costa Rica*. Manuscrito sin publicar.
- Pérez-Molina, E., Zumbado-Morales, F. & Agüero-Valverde, J. (2022). *Ordenamiento y presiones territoriales sobre la conservación en Costa Rica*. Investigación de base preparada para el Informe Estado de la Nación en Desarrollo Humano Sostenible 2022 (no. 28). San José, Costa Rica: Programa Estado de la Nación, CONARE.
- Pujol, R. y Pérez, E. (2012). *Impacto de la planificación regional de la Gran Área Metropolitana sobre el crecimiento urbano y el mercado inmobiliario*. Investigación de base preparada para el Decimotavo Informe Estado de la Nación en Desarrollo Humano Sostenible. San José, Costa Rica: Programa Estado de la Nación, CONARE.
- Pujol, R., Pérez, E. y Castillo, I. (2006). *Diagnóstico comparativo de los planes reguladores vigentes y en proceso en la Gran Área Metropolitana (GAM) (Proyecto A6821)*. San José, Costa Rica: ProDUS-UCR para el proyecto PRUGAM.
- Quigley, J.M. y Rosenthal, L. (2005). The Effects of Land- Use Regulation on the Price of Housing: What Do We Know? What Can We Learn? *Cityscape*, 8(1), 191–214.
- Sánchez, L. (2018). Tendencias y patrones del crecimiento urbano en la GAM, implicaciones sociales, económicas y ambientales y desafíos desde el Ordenamiento territorial. Investigación de base preparada para el Vigésimoprimer Informe Estado de la Nación en Desarrollo Humano Sostenible (2018). San José, Costa Rica: Programa Estado de la Nación, CONARE.
- Wendland, K.J., Baumann, M., Lewis, D.J., Sieber, A., & Radeloff, V.C. (2015). Protected Area Effectiveness in European Russia: A Postmatching Panel Data Analysis. *Land Economics* 91, 149–168.