

Definición de criterios de actuación estratégica para el desarrollo territorial de Urabá – Fase II

Impacto de la zona industrial portuaria en el crecimiento urbano.

Convenio de asociación No.: 2012-CF-12-0001

**Convenio de asociación entre la Gobernación de Antioquia –
Departamento Administrativo de Planeación Estratégica Integral y la
Universidad EAFIT**

OBJETO:

Aunar esfuerzos para la definición de criterios de actuación estratégica para el desarrollo territorial de Urabá.

ESTUDIO:

Definición de criterios de actuación estratégica para el desarrollo territorial de Urabá – Fase II.

ENTREGABLE:

Descripción de la base de datos geográfica del modelo de crecimiento de población.

Febrero, 2013



El presente documento es propiedad intelectual de la Gobernación de Antioquia y de la Universidad EAFIT. Para todos los efectos legales, los insumos suministrados tanto por la Gobernación de Antioquia como aquellos suministrados por la Universidad EAFIT para la realización del proyecto, siguen siendo de propiedad intelectual de cada una de las partes, siendo su uso condicionado y restringido. En caso de referenciarse el presente informe de manera parcial o total, deberán incluirse los créditos de sus autores.



Gobernación de Antioquia

Sergio Fajardo Valderrama
Gobernador

Departamento Administrativo de Planeación Gobernación de Antioquia

María Eugenia Ramos Villa
Directora
Juan Diego Lopera Pérez
Asesor

COMITÉ COORDINADOR de la Gobernación de Antioquia

Departamento Administrativo de Planeación

Dirección de Planeación Estratégica Integral

Esteban Álzate Jaramillo
Director

Secretaría de Infraestructura

Dirección de Planeación

Claudia Cristina Rave Herrera
Directora

Asesores Internos

Federico Restrepo Posada
Ana María Arango Arango

Equipo de Apoyo Asesores

Laura Gallego Moscoso

SUPERVISOR DEL PROYECTO

Esteban Álzate Jaramillo
Director
Dirección de Planeación Estratégica Integral

Equipo técnico de apoyo a la Supervisión

Dirección de Planeación Estratégica Integral

Gabriel Jaime Márquez García, Ingeniero Geólogo
Lina María Cadavid Escobar, Economista
Gustavo Adolfo Melguizo Dios, Ingeniero Sanitario

Equipo de trabajo EAFIT

Juan Fernando Ruiz	Director del Proyecto
Juan Carlos Duque	Coordinador Rise
Alejandro Echeverri	Coordinador Urbam

Equipo Rise

Jorge Eduardo Patiño	Consultor Senior
Alejandro Betancourt	Consultor Junior
Amanda López Londoño	Consultor Analista
Oswaldo Juan Zapata	Consultor Junior
Joaquín Andrés Urrego	Consultor Asistente
Angélica Ordóñez	Consultor Asistente

Equipo Urbam

Francesco Orsini	Consultor Senior
Juan Pablo Ospina	Consultor Junior
Juan Sebastián Bustamante	Consultor Junior
Daniel Carvalho	Consultor Junior
Nora Cadavid	Consultor Junior
Angela Duque	Consultor Analista
Isabel Basombrío	Consultor Junior
Diana Marcela Rincón	Consultor Analista
Marco Fidel Gamboa	Consultor Junior
Sara López Ramírez	Consultor Junior

Asesores

Iván Correa	Departamento Geología. Universidad Eafit
Diego Villanueva	Departamento Biología. Universidad Eafit
Juan Felipe Blanco	Instituto de Biología. Universidad Antioquia
Cristina López	Instituto de Biología. Universidad Antioquia

Contenido

1. INTRODUCCIÓN	6
2. MODELO DE CRECIMIENTO URBANO	6
2.1 ANÁLISIS DE IMPACTO DE LA ZONA INDUSTRIAL PORTUARIA EN LAS TASAS DE CRECIMIENTO POBLACIONAL	8
2.1.1 Estimación del impacto	9
2.1.2 Proyección de series poblacionales entre 2020 y 2030	10
2.1.3 Evaluación de impacto de la construcción de una Zona Industrial Portuaria en las tasas de crecimiento poblacional	11
2.1.4 Resultados: series de población con impacto por zona industrial portuaria	13
2.1.5 Ejercicio complementario	19
2.2 ESTIMACIÓN DEL CRECIMIENTO DE LAS MANCHAS URBANAS	20
2.2.1 Datos de entrada – mapas	20
2.2.2 Datos de entrada – distribución de la población urbana inicial (2010)	32
2.2.3 Modelo econométrico, reglas de crecimiento urbano	36
2.2.4 Modelo econométrico, adaptación a los municipios de Urabá	38
3. MODELOS DE ESCENARIOS DE CRECIMIENTO	39
3.1 ESCENARIO 1: CONCENTRACIÓN O DENSIFICACIÓN	40
3.2 ESCENARIO 2: ZONIFICACIÓN DE DENSIDADES MÁXIMAS	44
3.3 ESCENARIO 3: DISPERSIÓN O EXPANSIÓN	47
4. CONCLUSIONES	51
5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	52

1. Introducción

En este documento se hace una descripción del modelo espacial de crecimiento de las zonas residenciales urbanas para los municipios del eje bananero de Urabá: Chigorodó, Carepa, Apartadó, Turbo y Necoclí. El objetivo de esta parte del estudio es doble: estimar el impacto de la construcción de una zona industrial portuaria en las tasas de crecimiento de la población y determinar de qué forma crecerán las zonas urbanas de acuerdo con la cantidad de población esperada hasta 2030 y los escenarios de planificación urbano-regional.

Este documento está dividido en 5 secciones. En la sección 2 se describe el modelado del crecimiento de población, el cálculo del impacto en las tasas de crecimiento de población por la construcción de la zona industrial portuaria y la asignación de la población esperada en el territorio en cada periodo de tiempo modelado. En la sección 3 se presentan los resultados del modelo para 3 escenarios de crecimiento urbano diferentes: densificación, zonificación de densidades y expansión. En la sección 4 se presentan las principales conclusiones del análisis de los resultados de los 3 escenarios modelados.

Acompañando a este informe se entrega un anexo con el resumen de la búsqueda de información de puertos alrededor del mundo, con cuyos resultados se construyó una base de datos que permitió estimar el impacto en las tasas de crecimiento de población tal y como se explica en el capítulo 3.

2. Modelo de crecimiento urbano

En la figura 1 se muestra un diagrama de flujo con el procedimiento general que se sigue en el modelo de crecimiento urbano. A grandes rasgos, la estructura metodológica de esta fase está dividida en dos bloques: El primero consiste en estimar el impacto que tendría la construcción de una Zona Industrial Portuaria en las tasas de crecimiento poblacional de las cabeceras y centros poblados de los municipios de Necoclí, Turbo, Apartadó, Carepa y Chigorodó. El segundo bloque busca determinar la forma como crecerán las manchas urbanas de estos municipios como consecuencia de el crecimiento poblacional pronosticado. Cada uno de estos dos bloques será explicado con más sigüientes secciones.

Cabe anotar que el diseño metodológico se diseñó teniendo en cuenta las sigüientes condiciones:

- La disponibilidad de datos para la región del Urabá: Los datos estadísticos para esta región se caracterizan por su alto nivel de agregación espacial, lo cual hace más complejo el proceso de análisis a escala intra-municipal. Esto exigió por parte del equipo de trabajo, la utilización de metodologías cuantitativas y combinación de

fuentes de información que permitieran desagregar algunos datos incluso a escala intra-urbana.

- Análisis multi-escenario: dado que uno de los objetivos principales de esta fase del estudio es el de diseñar un instrumento de apoyo a la toma de decisiones sobre planificación del crecimiento urbano, la metodología implementada debía ofrecer la posibilidad de evaluar de una manera rápida diferentes escenarios de Planes de Ordenamiento Territorial y su impacto en la forma como crecerían las manchas urbanas de los municipios estudiados. En este documento se presentan los resultados de los tres escenarios de crecimiento urbano más representativos.

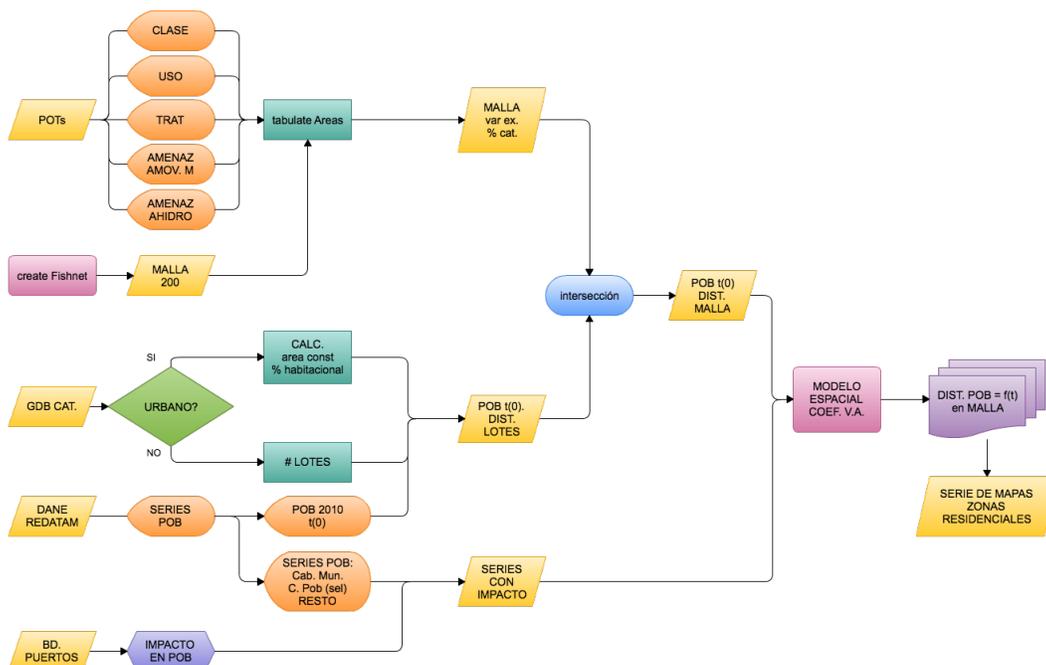


Figura 1. Diagrama con el proceso general del modelo de crecimiento urbano. Elaboración propia.

2.1 Análisis de impacto de la zona industrial portuaria en las tasas de crecimiento poblacional

El análisis del impacto de la zona industrial portuaria en el crecimiento de población Urabá se basó en el comportamiento de otras zonas portuarias alrededor del mundo. El objetivo es poder hacer inferencias sobre cómo sería el impacto en la zona de Urabá con base en los impactos en el crecimiento de población observados alrededor de otras zonas portuarias construidas en el pasado. Para esto se hizo una búsqueda de puertos que han sido construidos en otros países en los últimos años, se registró su localización y se buscaron los datos de población de las ciudades y pueblos cercanos antes y después de la construcción del puerto. El resultado de esta búsqueda es una base de datos de 55 puertos de diferentes países del mundo, tanto desarrollados como en vía de desarrollo (ver figura 2), con los datos de tamaño del puerto, tipo de puerto, y las distancias al puerto de las ciudades y poblados cercanos. Los 55 puertos registrados son de características variadas: unos de carga general, otros de derivados del petróleo, otros de minerales y, en general, de diversas mercancías. Adicional a lo anterior la variable tamaño en hectáreas del puerto ha sido fundamental, contando con puertos pequeños hasta el más grande de Europa.

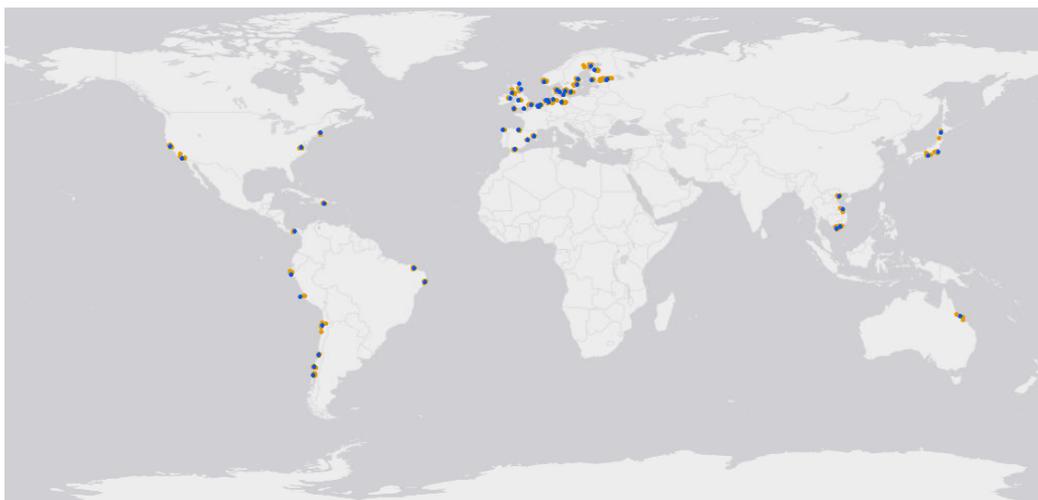


Figura 2. Localización de los puertos investigados alrededor del mundo: puertos en color azul, ciudades y poblados cercanos analizados en color naranja. *Elaboración propia.*

En esta base de datos se incluyeron tanto puertos nuevos como puertos ampliados. Los puertos ampliados que se han incluido deben cumplir con la característica de ser una ampliación trascendental, es decir, que la ampliación haya llevado al aumento significativo del tonelaje transportado, o en su defecto esta inversión haya aumentado la importancia del puerto y las condiciones de acceso de los buques al mismo. Para el análisis del impacto

poblacional de estos puertos se construyó una base de datos que incluye datos de la población de la ciudad donde se ubica el puerto y de las poblaciones aledañas antes y después de la fecha de construcción (ampliación) del puerto. Estas poblaciones aledañas se encuentran generalmente entre 5 y 100 Km de distancia de la zona portuaria.

Todos los datos poblacionales fueron obtenidos de las fuentes principales oficiales de cada país, es decir, se obtuvieron de la central estadística oficial encargada de los datos demográficos del mismo. De esta forma se recolectaron las series poblacionales. Respecto a los datos específicos de cada puerto, en su mayoría fueron tomados de la página web principal del mismo o en su defecto del consorcio marítimo al que pertenece. De esta forma cada puerto analizado poseía no sólo las series de población, sino también características específicas que afectan en gran medida el impacto de los mismos (ver anexo digital, archivos: *RISE -Notas sobre los puertos.xlsx*, *RISE -Características de los puertos.xlsx*, *RISE -Series Poblacion Puertos.xlsx*, y *RISE -Puertos base completa.xlsx*).

2.1.1 Estimación del impacto

En esta etapa se estimó el impacto de infraestructuras portuarias en las tasas de crecimiento poblacional, no sólo de la ciudad impactada por la infraestructura, sino también de las poblaciones cercanas a dicha infraestructura. Para esto se trabajó con dos fuentes de información:

- 1 Series de población de los municipios en cuestión hasta 2030.
- 2 Panel de datos de puertos alrededor del mundo (para capturar el efecto promedio sobre el crecimiento poblacional alrededor de un nuevo puerto).

La primera fuente de información está disponible en la página web del DANE hasta el año 2020. Para obtener los datos hasta 2030 se utilizaron modelos ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average) que permiten utilizar el proceso generador de datos entre 1985 hasta 2020 para simular (pronosticar) las series hasta 2030. Es decir, se usaron modelos de regresión para pronosticar las poblaciones de 2021 hasta 2030 usando los datos históricos y suponiendo que los patrones pasados se mantendrán hacia el futuro. En términos técnicos, el supuesto más importante a la hora de proyectar es el de estacionariedad, lo cual implica que la historia es importante. A continuación se presentan definiciones concisas sobre los conceptos de *serie estacionaria*, *modelo ARMA (Autoregressive Moving Average)*, y *modelo ARIMA*.

Definición: *serie estacionaria*.

Una serie de tiempo, Y_t es estacionaria si la distribución de probabilidad no cambia en el tiempo, en otras palabras, la distribución conjunta de $(Y_{t+1}, Y_{t+2}, \dots, Y_{t+T})$ no depende de t .

En este ejercicio se utilizó una serie de test estadísticos para probar una versión débil de la definición de estacionariedad (débil en el sentido de que se preocupa únicamente de los primeros momentos centrales). Note que si la media, varianza o covarianza de la serie depende de t , entonces la distribución conjunta de $(Y_{t+1}, Y_{t+2}, \dots, Y_{t+T})$ dependerá de t también, en cuyo caso la serie es no estacionaria.

Si la serie es estacionaria, entonces el pasado de la serie es estable en el tiempo y un modelo ARMA sería suficiente. No obstante, si las series de población son no estacionarias, entonces la modelación de las series requiere un Modelo ARIMA.

Definición: *Modelo ARMA.*

Un modelo ARMA es una estructura que permite reconstruir el proceso generador de datos a través de dos posibles componentes: determinístico y aleatorio. La parte determinística a su vez se compone de dos posibles estructuras: *Autoregressive (AR)* y *Moving Average (MA)*. La estructura AR es aquella donde se supone que la historia de la serie de tiempo, Y_t , depende de los valores pasados de ella misma $(Y_{t-1}, Y_{t-2}, \dots, Y_{t-p})$, en este caso la estructura se denominaría AR(p)

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 Y_{t-1} + \beta_2 Y_{t-2} + \dots + \beta_p Y_{t-p} + u_t$$

A su vez, la estructura MA supone que lo relevante no es el pasado determinístico de la serie pero si el aleatorio, es decir, lo que determina el comportamiento de la serie mañana es el pasado de los errores u_t . De igual manera que en el caso AR, se puede definir MA(q) como un proceso que depende de q errores en el pasado. Estas estructuras están predefinidas y se suponen lineales.

Definición: *Modelo ARIMA.*

Es similar al modelo ARMA pero con series no estacionarias (la parte asociada a I). En este ejercicio, solo es relevante el caso I(1), lo que implica que se debe trabajar con las series diferenciadas.

2.1.2 Proyección de series poblacionales entre 2020 y 2030

Para cada una de las series poblacionales se aplicó el siguiente proceso (para la serie de población de la cabecera municipal y para la serie de los centros poblados seleccionados de cada municipio):

Paso 1: test de raíces unitarias y estacionariedad para verificar si las series son estacionarias o no. En este proceso se utilizaron múltiples test de raíces unitaria y estacionariedad, como por ejemplo, *Dickey-Fuller* (1979) aumentado, *Phillips y Perron* (1988), *Clemente, Montañés y Reyes* (1998), *Zivot y Andrews* (1992), *KPSS* (1992), entre otros. La estrategia general para estos test es la siguiente:

- 1 Test con tendencia y constante. Si la tendencia es significativa concluye, es decir, $I(1)$ o $I(0)$. Cuando existe un fuerte comportamiento tendencial en la serie se recomienda incluir la tendencia, de lo contrario se recomienda hacer el test sin tendencia (Greene, 2003).
- 2 Si la serie no tiene un fuerte comportamiento de tendencia o el parámetro de la tendencia no es significativo, entonces se debe aplicar un test que incluya la constante. Si la constante es significativa concluye.
- 3 Si la constante en el paso anterior no es significativa entonces se aplica el test sin constante y concluye.

Paso 2: se construye un modelo ARIMA si la serie es no estacionaria o ARMA en el caso contrario. Para decidir el número de rezagos en la estructura AR y MA se utilizaron múltiples test, formales e informales, como la *función de autocorrelación* y de *autocorrelación parcial*, el *test Q de Portmanteau*, y el *test Ljung-Box*, entre otros.

Paso 3: usando los test anteriores se seleccionaron una serie de posibles procesos ARIMA y se estiman por máxima verosimilitud. Para escoger el mejor modelo se utilizan test de máxima verosimilitud (*LR*, *Wald*). Básicamente todos los modelos se anidan dentro del modelo más general y se aplican test comparando el modelo general con los modelos restringidos.

Paso 4: una vez se ha obtenido la “mejor” estructura, se utilizan los estimadores de máxima verosimilitud de cada uno de los modelos para pronosticar las series bajo el supuesto que la estructura estimada es estable en el tiempo.

Una vez finalizada la proyección de las series, las poblaciones 1985-2030 se asumen fijas para el segundo ejercicio.

2.1.3 Evaluación de impacto de la construcción de una Zona Industrial Portuaria en las tasas de crecimiento poblacional

La segunda parte del problema es identificar cómo podría cambiar el crecimiento poblacional ante la eventual construcción de una zona industrial portuaria en el municipio de Necoclí en el año 2023.

Dado que no se conoce este efecto específico para el municipio de Necoclí y sus alrededores, entonces se busca el efecto que este tipo de puertos ha tenido sobre el crecimiento poblacional en otras ciudades alrededor del mundo. Básicamente se construye una evaluación de impacto no experimental de la construcción de un nuevo puerto en el crecimiento poblacional.

La metodología aplicada corresponde a un modelo de diferencia en diferencias (*DID*) con *Matching*. En este ejercicio se entiende como individuos tratados los municipios o ciudades donde se construyó el puerto, mientras que los controles son los municipios o ciudades más cercanas al puerto.

Paso 1: el proceso de *matching* o emparejamiento utiliza la lógica de vecino más cercano. Para definir los vecinos se utiliza una única dimensión: distancia en kilómetros a la ciudad donde se construyó el puerto. Se desarrollaron múltiples ejercicios que incluyen uno, dos, tres o cuatro vecinos. Este proceso de emparejamiento permite controlar por las características comunes entre los municipios, ya que es de esperarse que posibles choques regionales sean relativamente homogéneos.

Paso 2: una vez se tiene el proceso de emparejamiento se aplica la estimación de diferencias en diferencias. La idea de la primera diferencia es simple: se calcula las diferencias en población de cada municipio tratado con respecto a sus vecinos (si se tiene más de un vecino, entonces primero se calcula el promedio de dichos vecinos).

Paso 3: Una vez identificada la primera diferencia se calcula el promedio de dicha diferencia antes y después de la construcción del puerto, para posteriormente diferenciar dichos promedios. Este último resultado se toma como la segunda diferencia.

Propiedades del modelo DID con matching:

- 1 La primer diferencia permite controlar por posibles choques regionales, los cuales se espera sean relativamente homogéneos entre la ciudad tratada y sus vecinos.
- 2 La segunda diferencia pretende aislar choques específicos de los municipios, los cuales se espera sean homogéneos en el tiempo (es decir, en el corto y mediano plazo).

De esta manera, a pesar de solo contar con la variable población, este ejercicio permite controlar por aquellos choques constantes entre ciudades y constantes en el tiempo. Así, el ejercicio se acerca al efecto que se generaría en el caso de un experimento controlado.

Una forma alternativa de entender el modelo *DID* es la siguiente: suponga el siguiente modelo, donde $T=1$ si la ciudad fue tratada y 0 en otro caso, y $P=1$ si el periodo es pos tratamiento y 0 si es pre tratamiento:

$$y = \alpha + b_1T + b_2Q + b_3T * Q$$

Para hacer el ejercicio más simple, suponga que $\alpha=0$. El proceso asociado a *DID* se muestra en el esquema 1. Note que al hacer la primera diferencia, todo lo que sea constante entre tratado y control queda eliminado (\Downarrow), así mismo, la segunda diferencia elimina toda aquella variable que sea constante antes y después de creado el puerto (\Rightarrow). Dado que todas estas posibles variables se encuentran en el error, entonces después de las dos diferenciaciones el error sólo tendrá aquellos componentes que no sean constantes antes y después del puerto y entre tratados y control. El supuesto clave en este caso es que el error remanente no tiene ninguna relación con el hecho de haber sido tratado o de estar antes o después de la creación del puerto.

Group		Q		First Dif (Treat-control)		Second Dif (pos-pre)
		0	1	↓		⇔
Treat	0	0	b2	b1	b1 + b3	b3
	1	b1	b1 + b2 + b3			

Esquema 1: Elaboración propia.

La metodología anterior se aplica bajo un esquema que permite ver el efecto hasta 4 periodos después de la creación del puerto. Los datos nos permiten utilizar entre uno hasta cuatro vecinos. En cada caso se obtienen resultados similares

Paso 4: la serie de población 1985-2030 permite obtener la tasa de crecimiento poblacional, n_t . Si se supone que el efecto del puerto para el periodo número s después de la construcción del puerto es τ_{t+s} . Entonces, la serie de población a partir de 2023 se le aplica la nueva tasa de crecimiento poblacional dada por $n_{t+s} + \tau_{t+s}$, donde t representa el momento de creación del puerto, y $s=1,2,\dots$. En este ejercicio solo se encontraron efectos hasta 4 periodos después de la construcción del puerto, es decir $s=1,2,3,4$. A partir de ese momento, se aplica la tasa de crecimiento poblacional original. Este ejercicio se aplica a la serie cabecera y centros poblados de los municipios objeto de análisis. Para el caso de Necoclí, τ_{t+s} está dado por el efecto del modelo *DIF*, mientras que para los municipios vecinos se aplica el efecto pre-pos puerto del efecto sobre vecinos (una sola diferencia) dado que los otros municipios no recibieron el tratamiento directamente.

2.1.4 Resultados: series de población con impacto por zona industrial portuaria

La tabla 1 muestra los datos de población anual para las cabeceras municipales de los 5 municipios desde 1985 a 2030, con los datos de población de 2023 a 2030 proyectados sin impacto (serie *original*) y con impacto por la zona industrial portuaria (serie *con impacto*). En la tabla 2 se muestra información similar para el conjunto de los centros poblados seleccionados para el estudio en cada municipio. En la tabla 3 se presentan los promedios de las tasas de crecimiento para las cabeceras municipales en periodos quinquenales desde 1985 hasta 2030, y se resalta al final de la tabla el periodo 2024-2030 que es donde se aplica el impacto por la puesta en operación de la zona industrial portuaria en 2023. El impacto promedio en las tasas de crecimiento anual de población estimado es de alrededor de 2.86% para Necoclí, que es el municipio que albergará la mayor parte de la infraestructura portuaria, y alrededor de 0.46% para los otros municipios. Estas tasas promedias del impacto estimado corresponden a la media de los niveles de crecimiento entre los años 2024-2027 (4 años), que indican el periodo donde tiene efecto la nueva infraestructura portuaria. Para los años posteriores a 2027 el efecto estimado es simplemente el efecto demográfico propio de cada municipio. A continuación se presentan gráficos que muestran el comportamiento de las series de

población en cada municipio al considerar el impacto de la zona industrial portuaria, separado en cabecera municipal y los centros poblados seleccionados en cada uno de ellos.

Tabla 1. Series de población anual de las cabeceras municipales de los 5 municipios. Sin impacto (original) y con impacto por la construcción de la zona industrial portuaria. Fuente: datos Censo 2005 DANE, proyecciones 2005-2020 DANE, proyecciones 2020-2030 RISE-Group.

año	Necoclí		Turbo		Apartadó		Carepa		Chigorodó	
	original	con impacto	original	con impacto	original	con impacto	original	con impacto	original	con impacto
1985	5.145	5.145	28.775	28.775	38.050	38.050	8.795	8.795	15.497	15.497
1986	5.236	5.236	28.684	28.684	40.768	40.768	9.255	9.255	17.363	17.363
1987	5.337	5.337	28.637	28.637	43.528	43.528	9.734	9.734	19.231	19.231
1988	5.452	5.452	28.660	28.660	46.361	46.361	10.248	10.248	21.101	21.101
1989	5.589	5.589	28.780	28.780	49.286	49.286	10.812	10.812	22.970	22.970
1990	5.752	5.752	29.022	29.022	52.335	52.335	11.441	11.441	24.836	24.836
1991	5.950	5.950	29.419	29.419	55.535	55.535	12.154	12.154	26.703	26.703
1992	6.187	6.187	29.992	29.992	58.904	58.904	12.962	12.962	28.561	28.561
1993	6.469	6.469	30.765	30.765	62.464	62.464	13.882	13.882	30.406	30.406
1994	6.799	6.799	31.755	31.755	66.236	66.236	14.921	14.921	32.233	32.233
1995	7.171	7.171	32.930	32.930	70.184	70.184	16.064	16.064	34.032	34.032
1996	7.574	7.574	34.254	34.254	74.279	74.279	17.293	17.293	35.800	35.800
1997	7.995	7.995	35.673	35.673	78.485	78.485	18.580	18.580	37.516	37.516
1998	8.424	8.424	37.143	37.143	82.756	82.756	19.901	19.901	39.168	39.168
1999	8.850	8.850	38.618	38.618	87.033	87.033	21.234	21.234	40.746	40.746
2000	9.261	9.261	40.052	40.052	91.305	91.305	22.555	22.555	42.234	42.234
2001	9.653	9.653	41.430	41.430	95.537	95.537	23.852	23.852	43.648	43.648
2002	10.048	10.048	42.835	42.835	99.735	99.735	25.152	25.152	45.092	45.092
2003	10.445	10.445	44.275	44.275	103.871	103.871	26.460	26.460	46.568	46.568
2004	10.845	10.845	45.748	45.748	107.921	107.921	27.776	27.776	48.079	48.079
2005	11.249	11.249	47.270	47.270	111.898	111.898	29.105	29.105	49.642	49.642
2006	11.658	11.658	48.801	48.801	115.765	115.765	30.449	30.449	51.216	51.216
2007	12.069	12.069	50.337	50.337	119.649	119.649	31.798	31.798	52.813	52.813
2008	12.482	12.482	51.891	51.891	123.626	123.626	33.154	33.154	54.428	54.428
2009	12.897	12.897	53.461	53.461	127.678	127.678	34.515	34.515	56.063	56.063
2010	13.313	13.313	55.059	55.059	131.824	131.824	35.883	35.883	57.723	57.723
2011	13.731	13.731	56.694	56.694	136.109	136.109	37.256	37.256	59.431	59.431
2012	14.150	14.150	58.357	58.357	140.490	140.490	38.635	38.635	61.177	61.177
2013	14.572	14.572	60.042	60.042	144.976	144.976	40.020	40.020	62.927	62.927
2014	14.995	14.995	61.759	61.759	149.573	149.573	41.411	41.411	64.715	64.715
2015	15.419	15.419	63.503	63.503	154.284	154.284	42.808	42.808	66.530	66.530
2016	15.846	15.846	65.307	65.307	159.174	159.174	44.210	44.210	68.385	68.385
2017	16.274	16.274	67.148	67.148	164.190	164.190	45.619	45.619	70.264	70.264
2018	16.703	16.703	69.010	69.010	169.319	169.319	47.033	47.033	72.166	72.166
2019	17.135	17.135	70.897	70.897	174.550	174.550	48.454	48.454	74.069	74.069
2020	17.568	17.568	72.804	72.804	179.857	179.857	49.880	49.880	75.982	75.982
2021	17.882	17.882	73.942	73.942	183.937	183.937	50.970	50.970	77.697	77.697
2022	18.196	18.196	75.081	75.081	188.017	188.017	52.061	52.061	79.413	79.413
2023	18.510	18.510	76.219	76.219	192.097	192.097	53.151	53.151	81.128	81.128
2024	18.824	19.491	77.358	78.084	196.177	198.008	54.241	54.748	82.843	83.616
2025	19.138	20.389	78.496	79.643	200.257	203.166	55.332	56.136	84.558	85.787
2026	19.452	21.136	79.635	80.716	204.337	207.095	56.422	57.184	86.274	87.438
2027	19.766	21.477	80.773	81.870	208.417	211.230	57.513	58.289	87.989	89.177
2028	20.080	21.818	81.911	83.024	212.497	215.365	58.603	59.395	89.704	90.915
2029	20.394	22.159	83.050	84.178	216.576	219.500	59.693	60.500	91.419	92.654
2030	20.708	22.500	84.188	85.332	220.656	223.635	60.784	61.605	93.135	94.392

Nota: En azul se muestra la parte de la serie que fue extendida y en azul con negrita los datos calculados teniendo en cuenta el impacto en la tasa de crecimiento.

Tabla 2. Series de población anual de las centros poblados seleccionados de los 5 municipios. Sin impacto (original) y con impacto por la construcción de la zona industrial portuaria. Fuente: datos Censo 2005 DANE, proyecciones 2005-2020 DANE, proyecciones 2020-2030 RISE-Group.

año	Necoclí		Turbo		Apartadó		Carepa		Chigorodó	
	original	con impacto	original	con impacto	original	con impacto	original	con impacto	original	con impacto
1985	4666	4666	23624	23.624	11355	11.355	3074	3.074	373	373
1986	4791	4791	24444	24.444	11397	11.397	3351	3.351	400	400
1987	4917	4917	25265	25.265	11441	11.441	3623	3.623	425	425
1988	5046	5046	26079	26.079	11496	11.496	3884	3.884	449	449
1989	5178	5178	26882	26.882	11549	11.549	4126	4.126	470	470
1990	5314	5314	27669	27.669	11612	11.612	4345	4.345	487	487
1991	5455	5455	28433	28.433	11681	11.681	4533	4.533	500	500
1992	5601	5601	29169	29.169	11764	11.764	4683	4.683	508	508
1993	5753	5753	29869	29.869	11860	11.860	4791	4.791	509	509
1994	5910	5910	30530	30.530	11963	11.963	4850	4.850	504	504
1995	6074	6074	31166	31.166	12083	12.083	4868	4.868	493	493
1996	6247	6247	31803	31.803	12217	12.217	4855	4.855	480	480
1997	6430	6430	32464	32.464	12368	12.368	4818	4.818	466	466
1998	6624	6624	33173	33.173	12540	12.540	4768	4.768	452	452
1999	6833	6833	33959	33.959	12736	12.736	4713	4.713	442	442
2000	7060	7060	34849	34.849	12966	12.966	4663	4.663	437	437
2001	7303	7303	35846	35.846	13217	13.217	4623	4.623	438	438
2002	7542	7542	36864	36.864	13474	13.474	4581	4.581	440	440
2003	7776	7776	37898	37.898	13752	13.752	4538	4.538	441	441
2004	8004	8004	38943	38.943	14022	14.022	4492	4.492	441	441
2005	8225	8225	39970	39.970	14301	14.301	4443	4.443	442	442
2006	8433	8433	41032	41.032	14573	14.573	4387	4.387	443	443
2007	8639	8639	42068	42.068	14848	14.848	4334	4.334	444	444
2008	8848	8848	43124	43.124	15136	15.136	4284	4.284	445	445
2009	9065	9065	44197	44.197	15436	15.436	4237	4.237	446	446
2010	9287	9287	45302	45.302	15750	15.750	4199	4.199	447	447
2011	9515	9515	46443	46.443	16083	16.083	4168	4.168	449	449
2012	9755	9755	47615	47.615	16430	16.430	4143	4.143	451	451
2013	9997	9997	48811	48.811	16793	16.793	4129	4.129	454	454
2014	10249	10249	50040	50.040	17171	17.171	4118	4.118	457	457
2015	10509	10509	51300	51.300	17565	17.565	4113	4.113	461	461
2016	10778	10778	52614	52.614	17982	17.982	4123	4.123	465	465
2017	11056	11056	53964	53.964	18417	18.417	4135	4.135	470	470
2018	11340	11340	55338	55.338	18867	18.867	4154	4.154	476	476
2019	11631	11631	56738	56.738	19330	19.330	4179	4.179	482	482
2020	11922	11922	58161	58.161	19804	19.804	4202	4.202	489	489
2021	12129	12129	59241	59.241	20053	20.053	4251	4.251	494	494
2022	12335	12335	60320	60.320	20303	20.303	4301	4.301	498	498
2023	12542	12542	61400	61.400	20552	20.552	4350	4.350	503	503
2024	12748	13201	62480	63.065	20801	20.997	4399	4.441	507	512
2025	12955	13802	63560	64.486	21050	21.359	4449	4.514	512	519
2026	13162	14302	64639	65.515	21300	21.590	4498	4.560	516	523
2027	13368	14526	65719	66.609	21549	21.842	4548	4.610	521	528
2028	13575	14751	66799	67.704	21798	22.095	4597	4.660	525	532
2029	13781	14975	67878	68.798	22047	22.348	4646	4.710	530	537
2030	13988	15200	68958	69.892	22297	22.600	4696	4.760	534	541

Nota: En azul se muestra la parte de la serie que fue extendida y en azul con negrita los datos calculados teniendo en cuenta el impacto en la tasa de crecimiento.

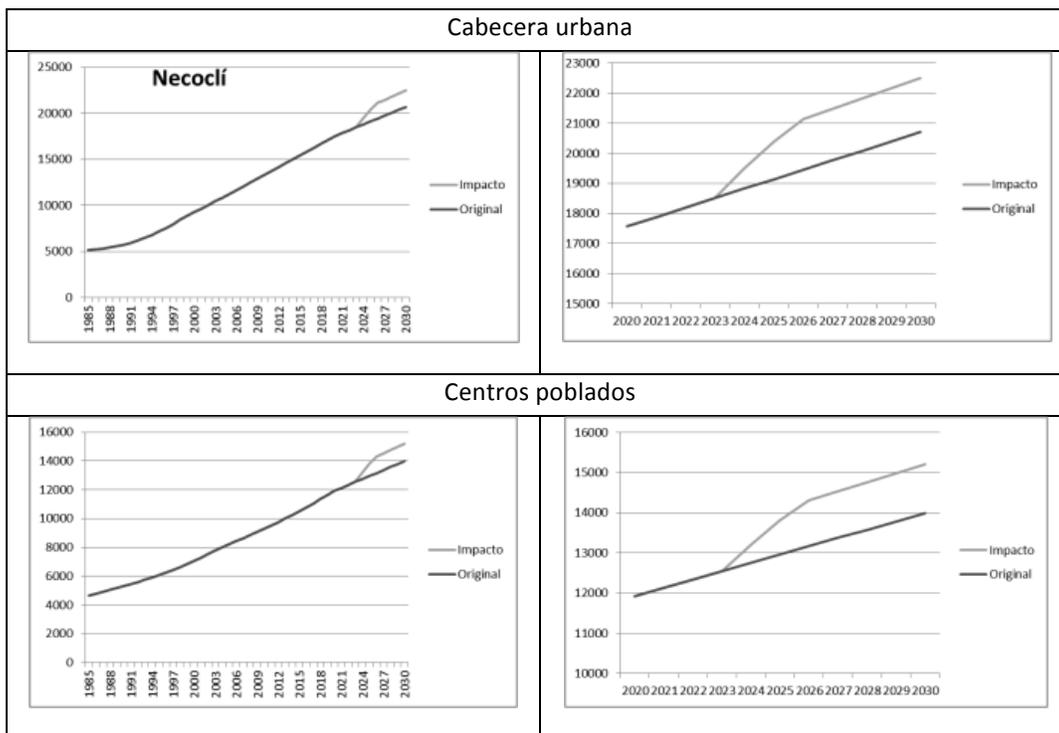
Tabla 3. Tasas de crecimiento poblacional (%) de las cabeceras municipales en periodos quinquenales, con y sin impacto por el desarrollo de la zona industrial portuaria (ZIP). Fuente: datos Censo 2005 DANE, proyecciones 2005-2020 DANE, proyecciones 2020-2030 RISE-Group.

periodo	Necoclí		Turbo		Apartadó		Carepa		Chigorodó	
	original	con impacto	original	con impacto						
85-90	2,26%	2,26%	0,17%	0,17%	6,58%	6,58%	5,40%	5,40%	9,90%	9,90%
91-95	4,51%	4,51%	2,56%	2,56%	6,04%	6,04%	7,02%	7,02%	6,51%	6,51%
96-00	5,25%	5,25%	3,99%	3,99%	5,40%	5,40%	7,02%	7,02%	4,41%	4,41%
01-05	3,97%	3,97%	3,37%	3,37%	4,15%	4,15%	5,23%	5,23%	3,29%	3,29%
06-10	3,43%	3,43%	3,10%	3,10%	3,33%	3,33%	4,28%	4,28%	3,06%	3,06%
11-15	2,98%	2,98%	2,89%	2,89%	3,20%	3,20%	3,59%	3,59%	2,88%	2,88%
16-20	2,64%	2,64%	2,77%	2,77%	3,11%	3,11%	3,11%	3,11%	2,69%	2,69%
21-25	1,73%	3,04%	1,52%	1,81%	2,17%	2,47%	2,10%	2,39%	2,16%	2,46%
26-30	1,59%	1,99%	1,41%	1,39%	1,96%	1,94%	1,90%	1,88%	1,95%	1,93%
24-30	1,62%	2,84%	1,43%	1,63%	2,00%	2,20%	1,94%	2,13%	1,99%	2,19%

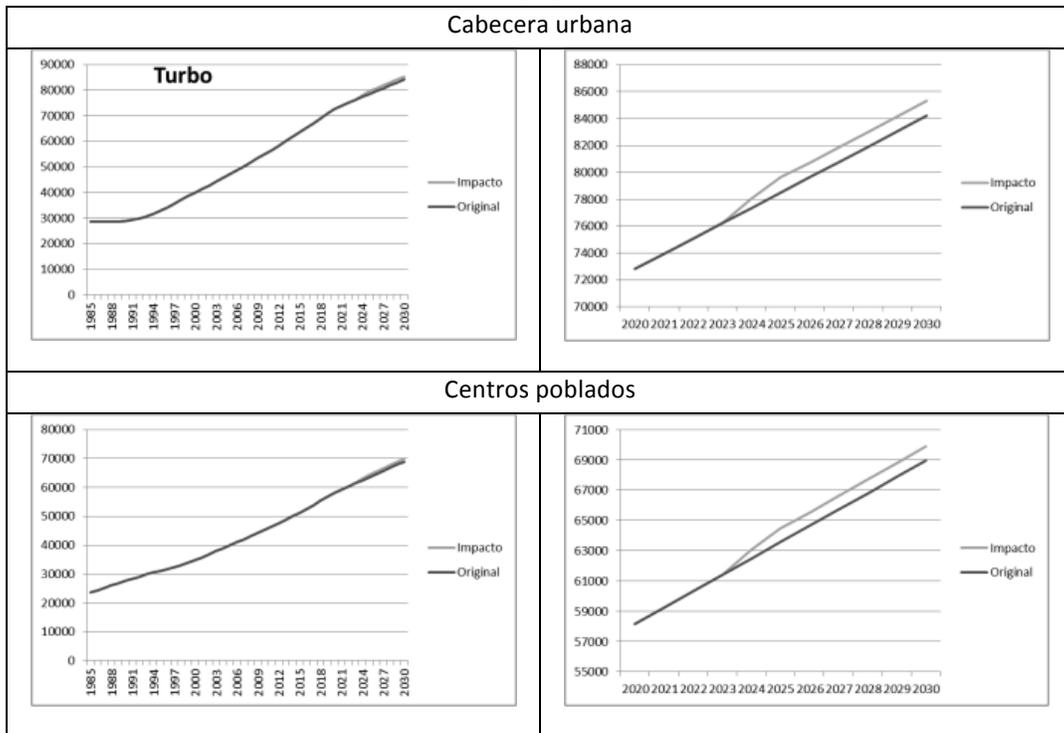
Nota: En azul se muestran los periodos de la serie que fueron proyectados y en azul con negrita las tasas que tienen en cuenta el impacto de la ZIP.

Las figuras que se presentan a continuación contienen los gráficos de las series de población para cabeceras municipales y centros poblados (agregados) con y sin impacto por el desarrollo de la zona industrial portuaria (ZIP). A la derecha están las series de 1985-2030 y a la izquierda se presenta el detalle de las series entre 2020-2030.

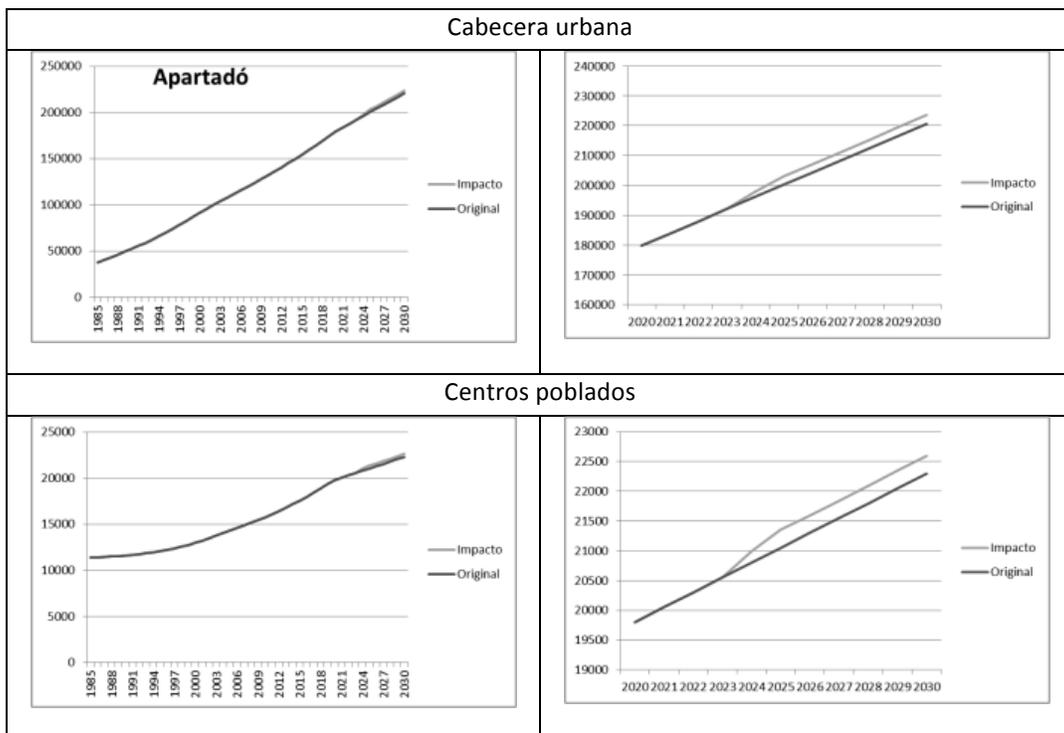
Necoclí



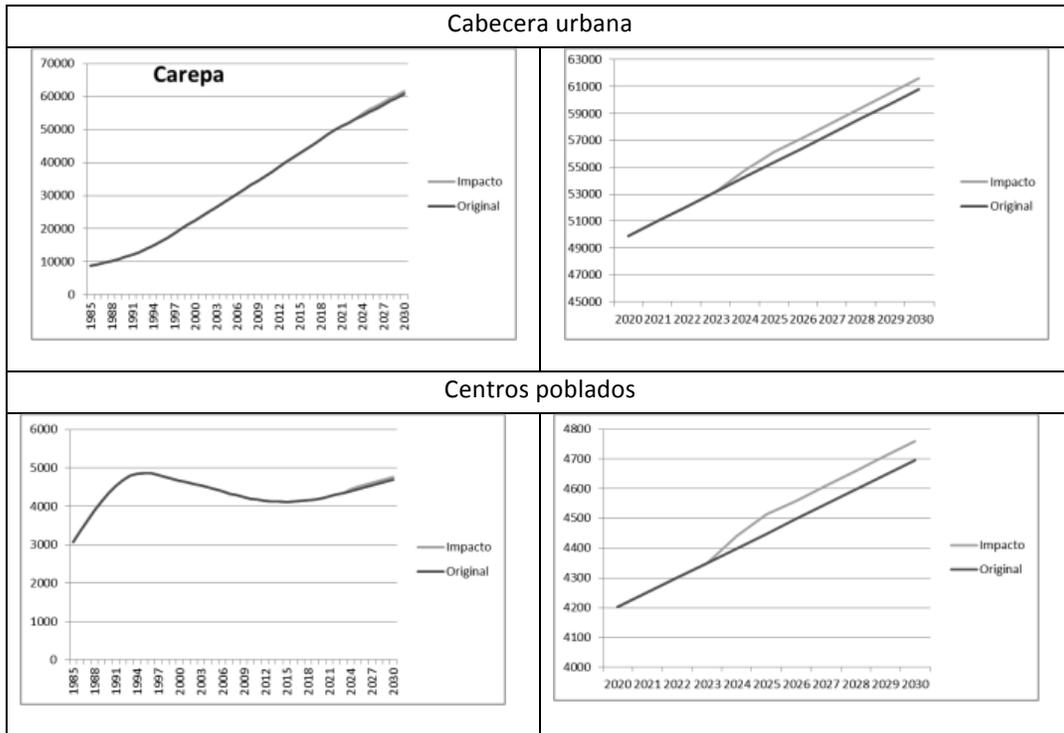
Turbo



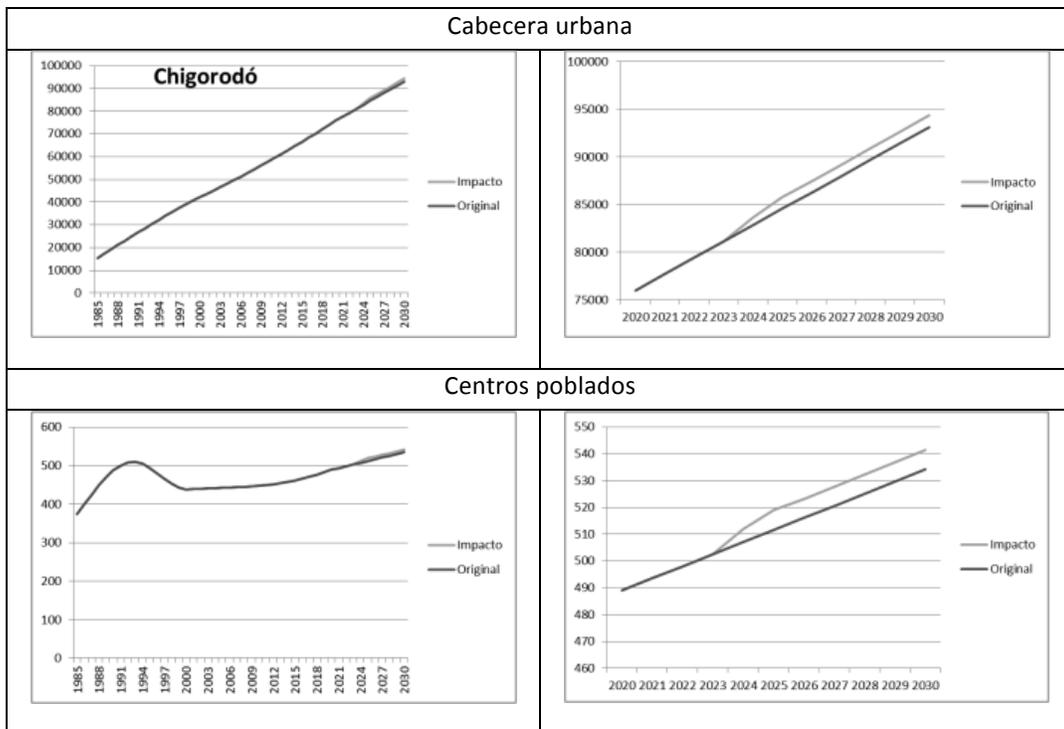
Apartadó



Carepa



Chigorodó



2.1.5 Ejercicio complementario

Una forma alternativa de pensar el problema podría ser la siguiente. Suponga que lo que determina el efecto del nuevo puerto es el tamaño del puerto, es decir, entre mayor la capacidad del puerto mayor el crecimiento poblacional. Para contrastar esta hipótesis se estima un modelo de regresión lineal donde la variable dependiente es la tasa de crecimiento poblacional cuatro periodos después de la creación del puerto como función del tamaño del puerto, donde tamaño es medido como el número de toneladas que el puerto podría movilizar, y la población inicial de las ciudades¹. Una vez estimado el modelo, se simula el efecto que podría tener un puerto de 5 millones de toneladas (tamaño esperado para el caso e Necocli) sobre la tasa de crecimiento poblacional. Este modelo estima una tasa de crecimiento poblacional adicional de 1.10%, la cual es significativamente menor que la encontrada en el ejercicio anterior donde el efecto es 2.86%, es decir, el modelo adicional estima un efecto 61% menor.

Es importante resaltar que el tamaño del puerto es una característica constante en el tiempo en nuestra base de datos, por tanto el modelo de diferencias en diferencias controla por esta característica de los puertos. Adicionalmente, dicho ejercicio controla por otros choques temporales (segunda diferencia) y aquellos choques que son comunes a las regiones donde se localiza el puerto (primera diferencia). Es decir, nuestro ejercicio original permite aislar un mayor número de factores que podrían afectar la consistencia del impacto estimado.

¹ El ejercicio incluye diferentes controles. El mas importante es una variable dummy que indica si el Puerto pertenece al continente europeo o no. El ejercicio sin controles adicionales no presenta cambios significativos con respecto al que incluye controles. Tambien se estimaron ejercicios adicionales considerando 2 o 3 periodos despues de creado el Puerto. Los resultados no cambian de forma significativa.

2.2 Estimación del crecimiento de las manchas urbanas

Una vez se tienen las estimaciones de las series poblacionales incluyendo en impacto de la construcción de una zona industrial portuaria en Necoclí. El siguiente paso es determinar la forma como la nueva población se irá asentando en el territorio. A continuación se presentarán los datos, metodología y resultados de este análisis.

2.2.1 Datos de entrada – mapas

Mapa de clasificación del suelo:

El mapa de Clasificación del suelo para el área de estudio en la región de Urabá, es una integración de cada Plan de Ordenamiento Territorial de los municipios de Necoclí (Revisión POT Julio de 2010), Turbo (Revisión y Ajuste POT Enero de 2011), Chigorodó (Revisión y Ajuste POT Enero de 2011), Apartadó (Revisión y Ajuste POT Enero de 2011) y Carepa (Revisión y Ajuste POT Enero de 2011). Se tomó como información base la Zonificación Ambiental georeferenciada de cada municipio para asociarlo y simplificarlo a una categoría de clasificación del suelo. En este mapa resultante se puede notar una división en seis categorías: Suelo Urbano, Suelo Suburbano, Suelo de Expansión, Suelo Rural, Resguardos indígenas y comunidades negras. En este mapa es fácil observar la predominancia del suelo rural, así mismo se observa que Turbo es el único que tiene zona de comunidades negras ubicadas en cercanías al golfo. Es notoria la consolidación de suelo suburbano alrededor de la carretera al mar formando un corredor que conecta las cabeceras municipales de Chigorodó, Carepa, Apartadó y finaliza en la cabecera municipal de Turbo. Existen unas pequeñas áreas de asentamientos indígenas en los municipios de Turbo, Apartadó y Chigorodó. Apartadó es el municipio que tiene una mayor zona de expansión ubicada alrededor del suelo urbano en su cabecera municipal.



Figura 4. Mapa de clasificación del suelo. Fuente: elaboración propia con datos de los POTs de los municipios del área de estudio.

Mapa de uso del suelo:

Este mapa es el resultado de integrar los mapas de usos del suelo urbano para cada municipio de la zona de estudio según el POT con la información del mapa de la zonificación ambiental para la zona rural. Las categorías de usos del suelo fueron estandarizadas y simplificadas para efectos del modelo de crecimiento urbano como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 4. Categorías de usos del suelo.

Categoría estandarizada	Observaciones	Categoría simplificada
Actividad múltiple		Comercial
Comercial		Comercial
Industrial		Industrial
Residencial		Residencial
Oficial	zonas institucionales	Institucional
Minería	no encontrada en la zona	Minería
Zona verde urbana	parques y retiros	Zona verde urbana
Agropecuario		Agropecuario
Zona verde rural	forestal y de conservación	Zona verde rural

En las zonas rurales de los municipios predominan los usos agropecuario hacia el oriente y forestal y de conservación hacia el occidente en cercanías de la costa del golfo y de los ríos Atrato y León (éstos últimos agrupados en la categoría “zona verde rural”), así como grandes áreas designadas como “consejo comunitario” que corresponden a territorios colectivos de comunidades negras y otras áreas también importantes pero de menor extensión de resguardos indígenas localizadas hacia el sur oriente en Chigorodó, Carepa y Apartadó y en la costa en el sector de Punta Caimán entre Turbo y Necoclí. Los usos comercial, institucional, industrial y residencial se encuentran agrupados en las cabeceras municipales de los cinco municipios y alrededor de la vía principal entre Apartadó y Turbo y se destacan grandes áreas destinadas al uso industrial en la cabecera municipal de Turbo y en el corregimiento de Nueva Colonia.

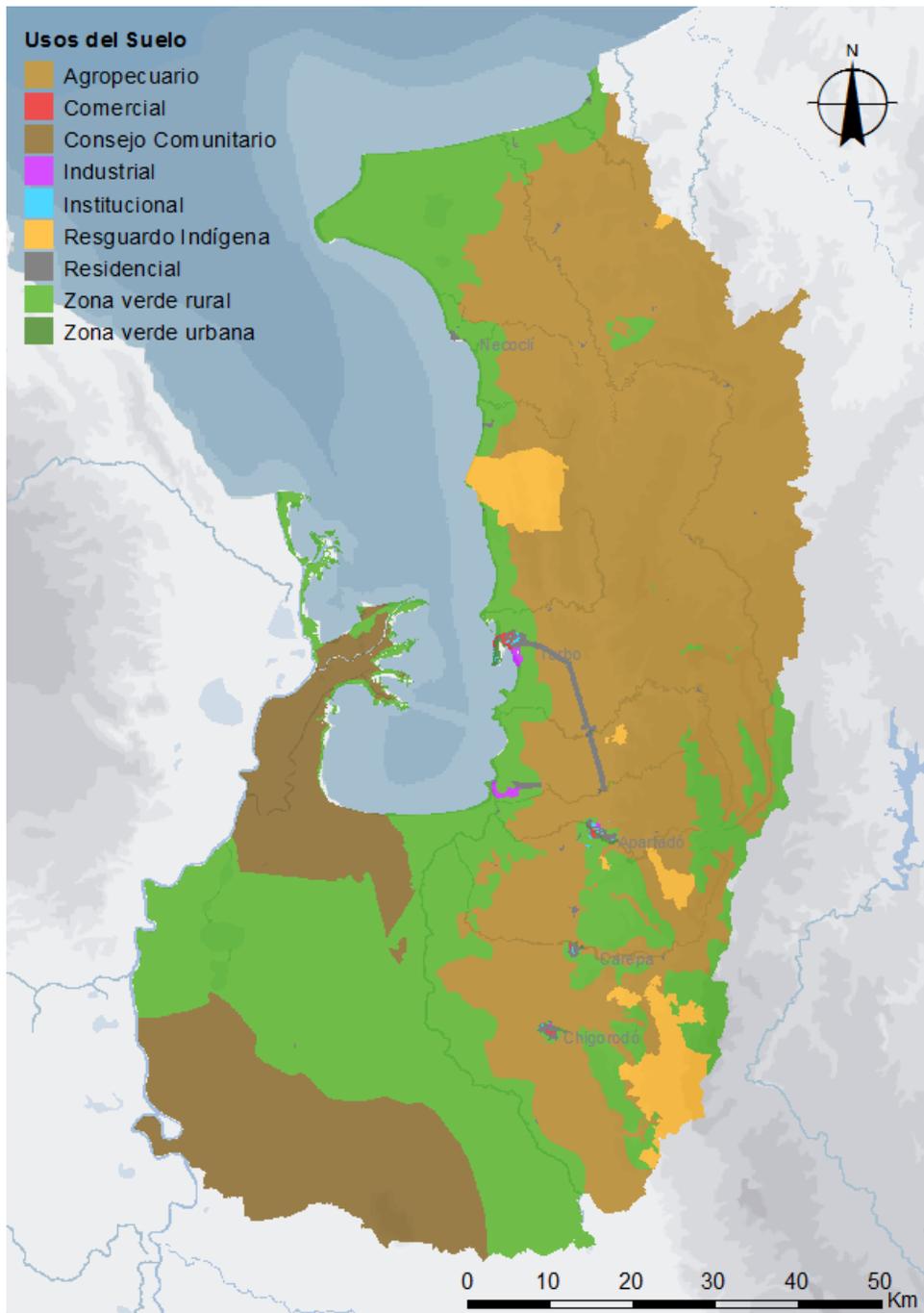


Figura 5. Mapa de uso del suelo. Fuente: elaboración propia con datos de los POTs de los municipios del área de estudio.

Mapa de tratamientos urbanos e intervenciones rurales:

El mapa de Tratamientos e Intervenciones para el área de estudio en la región de Urabá, es una integración de los mapas correspondientes en cada Plan de Ordenamiento Territorial de los cinco municipios de la zona de estudio para la zona urbana y se complementó con información de la zonificación ambiental para las zonas rurales. Las categorías tratamientos e intervenciones fueron estandarizadas y simplificadas para efectos del modelo de crecimiento urbano como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 5. Categorías de tratamientos urbanísticos e intervenciones rurales.

Categoría estandarizada	Observaciones	Categoría simplificada
Conservación urbana	no encontrada en la zona	Consolidación
Consolidación		Consolidación
Desarrollo		Desarrollo
Meioramiento integral		Consolidación
Renovación		Renovación
Redesarrollo		Renovación
Área de protección de infraestructura	zonas institucionales, industriales y parques urbanos	Protección de infraestructura
Consolidación suburbana		Consolidación
Generación de actividades forestales		Actividades forestales
Restauración de actividades rurales		Actividades rurales
Recuperación	recuperación ambiental	Preservación ambiental
Preservación estricta	ambiental	Preservación ambiental
Preservación activa	permite otras actividades rurales	Actividades rurales

En la zona rural de los municipios en cuestión predomina el tratamiento denominado "Actividades Rurales", en el que se agruparon las zonas destinadas a restauración de actividades rurales y las destinadas a preservación ambiental activa. Hacia el sur se destacan zonas destinadas a la preservación ambiental (estricta) en las márgenes del río León y hacia el río Atrato y en las estribaciones de la Serranía de Abibe en los municipios de Apartadó, Carepa y Chigorodó. Las áreas de consolidación se enfocan tanto en las cabeceras municipales como corregimentales y en el corredor de la vía que conecta los municipios de Turbo y Apartadó y se

asocia en gran medida con el suelo suburbano y el uso residencial. El tratamiento de Desarrollo está asociado a la clasificación de suelo de expansión y son Apartadó y Carepa los municipios que tiene mayor área destinada en este tratamiento. El municipio de Turbo es el único que define el tratamiento para la protección a la infraestructura situado en la cabecera municipal y la cabecera corregimental de Nueva Colonia, asociadas a zonas destinadas a uso del suelo industrial.

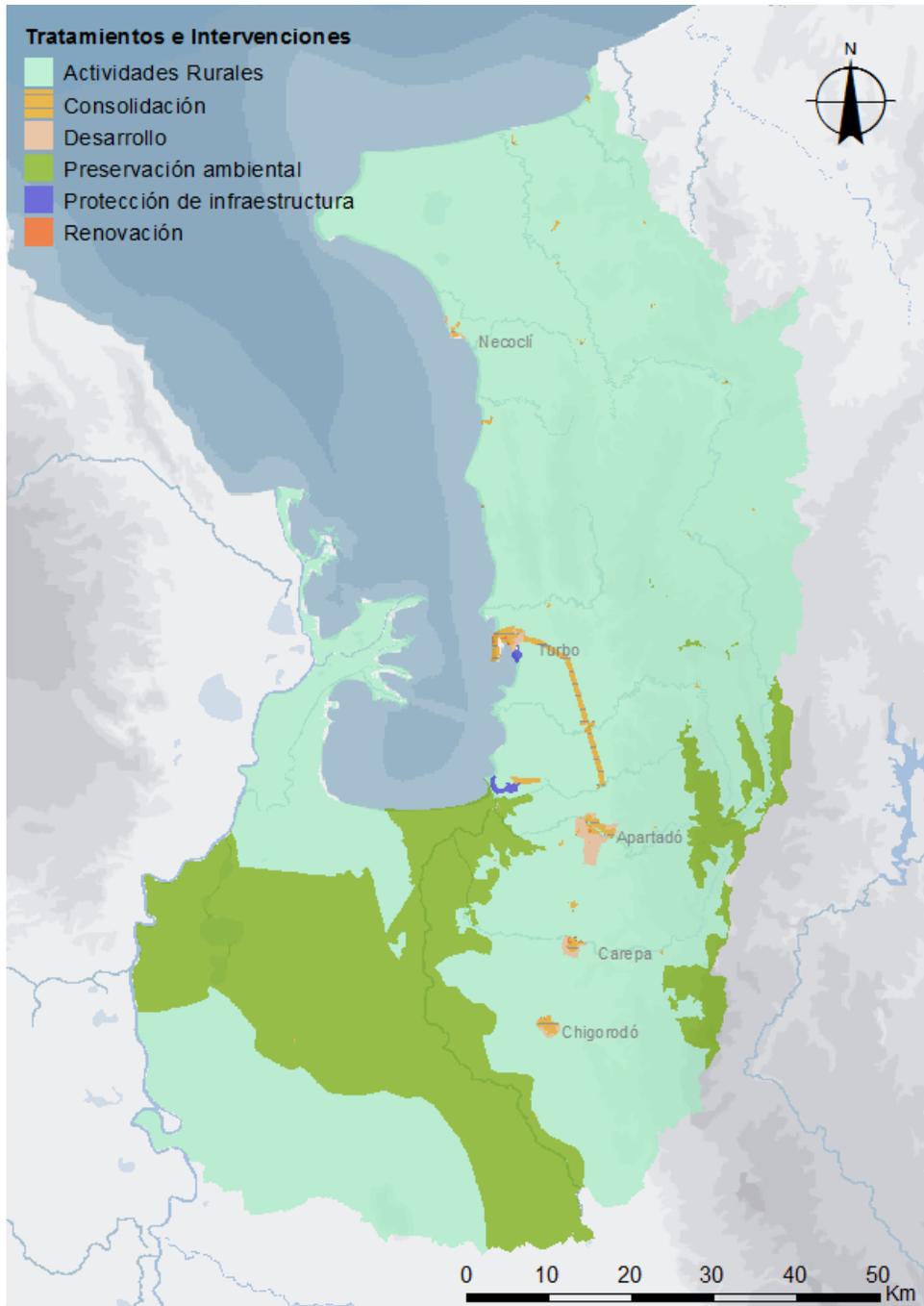


Figura 6 Mapa de tratamientos urbanísticos e intervenciones rurales. Fuente: POTs de los municipios del área de estudio.

Mapa de amenaza por inundaciones:

Este mapa muestra las zonas de amenaza por inundación que se digitalizaron según el mapa de inundaciones del 16 de marzo de 2011 y del 20 de diciembre del 2010 que ilustra el geoportal del IGAC en la categoría de Inundaciones/zonas afectadas por inundación.

En este mapa se agrupan todas las zonas que han sido afectadas por inundaciones en diciembre de 2010 y marzo de 2011 que fueron registradas por medio de sensores remotos y que aparecen publicadas en el geoportal del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). Hacia el sur se encuentran grandes zonas con susceptibilidad de inundación localizadas en las tierras bajas de las riberas del río Atrato y asociadas a las márgenes de los ríos León, Carepa y Chigorodó. En la zona costera se registraron zonas inundables asociadas con las desembocaduras de los ríos Turbo y Currulao y Caño Viejo en Turbo y al río Caimán Nuevo en el límite entre Turbo y Necoclí en el sector de Punta Caimán. Hacia la parte norte de la costa del golfo en Necoclí se destaca un zona grande inundable que cubre casi toda el área del Distrito de Manejo Integrado Ensenada de Río Negro.



Figura 7. Mapa de zonas con amenaza por inundación. Fuente: elaboración propia con datos de IDEAM, IGAC, DANE tomados de geoportal IGAC: zonas afectadas por inundación, inundaciones del 16 de marzo de 2011 y 20 de diciembre de 2010 (geoportal.igac.gov.co/ssigl2.0/visor/galeria.rec?mapald=18).

Mapa de amenaza por movimientos en masa:

En este mapa se muestran las zonas del terreno que presentan amenaza por movimiento en masa en grado medio, alto y muy alto. La información base para la construcción de este mapa se tomó de la *“Zonificación de Amenazas por Inundación y Fenómenos de Remoción en Masa”* [sic] consignada en los POTs de los municipios de la zona de estudio, excepto para Necoclí. De dicha zonificación se seleccionaron sólo las zonas con amenaza por movimiento en masa en grado medio, alto y muy alto. Para el municipio de Necoclí no se encontró zonificación de amenazas por movimiento en masa, pero sí se encontró información en el texto del documento de su POT sobre algunas zonas con amenaza media relacionada a las unidades geomorfológicas *“colinas bajas”* y *“colinas estructurales alargadas”* y de zonas con amenaza alta relacionadas a la unidad geomorfológica *“vertiente de espinazo”*. Las unidades mencionadas fueron seleccionadas del mapa de geomorfología e integradas con la información proveniente de la *“Zonificación de Amenazas por Inundación y Fenómenos de Remoción en Masa”* [sic] para completar el mapa en toda la zona de estudio.

Las zonas que presentan este tipo de amenaza están íntimamente ligadas al relieve del terreno y por lo tanto localizadas en las estribaciones de la Serranía de Abibe y en las zonas de colinas y vertientes localizadas en el norte del golfo. Por lo anterior, gran parte del territorio rural de los municipios de Necoclí y Turbo presentan amenaza por movimiento en masa. Según se observa en el mapa las zonas de amenaza por movimiento en masa se despliegan hacia el costado oriental de la vía principal que conecta la cabecera municipal de Turbo con la cabecera de Chigorodó en los municipios de Apartadó, Carepa y Chigorodó ocupando entre un 40 y 50% del área de cada municipio. En el municipio de Chigorodó existe un resguardo indígena Embera Katio, localizado enteramente en la Serranía de Abibe, y por lo tanto aparece con amenaza por movimiento en masa en casi toda su extensión.



Figura 8 Mapa de zonas con amenaza por movimiento en masa. Fuente: POTs de los municipios del área de estudio.

Unidad espacial de análisis:

El modelo se implementó sobre una malla cuadrada regular de 200 metros de lado (ver figura 9). Para cada celda de esta malla se calcularon todas las variables exógenas necesarias para la modelación del crecimiento poblacional, calculando una variable por cada categoría de las variables exógenas, que mide el porcentaje del área de la celda que está destinada a cada categoría. A manera de ejemplo una celda podría estar compuesta 65% por suelo urbano y 35% por suelo rural.



Figura 9. Unidad espacial de análisis: malla cuadrada regular de 200 m de lado, sobre la zona urbana de Apartadó. *Elaboración propia.*

2.2.2 Datos de entrada – distribución de la población urbana inicial (2010)

El modelo de crecimiento de población está enfocado en las cabeceras municipales de los 5 municipios en estudio: Necoclí, Turbo, Apartadó, Carepa y Chigorodó y en algunos centros poblados que están localizados a lo largo de la vía principal que conecta a estos 5 municipios y en la vía que conecta Necoclí con la futura Troncal del Caribe.

Los datos de población de los municipios de la región de Uraba fueron tomados del mapa temático desarrollado por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE, 2012b), donde se muestran las estimaciones intercensales de la población desde 1985 hasta 2005 y las proyecciones de 2005 hasta 2020 de todos los municipios Colombianos. Esta información proporcionó una serie continua de 35 años para los municipios de la zona de interés, la cual esta subdividida en cabecera (definida por un perímetro urbano que corresponde al lugar donde esta ubicada la sede administrativa de un municipio) y resto (este corresponde a la población que no habita en la cabecera, es decir, que habita en los otros centros poblados que existen en cada municipio y en la zona rural).

En los datos de población del DANE los centros poblados diferentes de la cabecera municipal no aparecen desagregados, por lo que se recurrió al sistema de consulta de información censal REDATAM (REcuperación de DATos para Áreas pequeñas por Microcomputador), desarrollado por el DANE y la CEPAL (Redatam, 2012). A partir de consultas hechas a este sistema se pudo obtener la información poblacional para los centros poblados en cada municipio, pero solamente para los datos del censo de 2005. Primero se obtuvo el total poblacional de los centros poblados y del rural disperso para este año, luego se calculó su proporción correspondiente y se asumió que esta misma proporción se cumple para cada año de la serie. Y con esta proporción se procedió a estimar las series de centros poblados (todos los existentes en cada municipio) y rural disperso.

Después de esto se tomaron los datos poblacionales de 2005 para cada uno de los centros poblados a analizar y usando la misma metodología se calculó la proporción de cada uno sobre el total de centros poblados y se estimó una las serie de datos de población para el conjunto de centros poblados que se incluyen en la modelación en cada municipio. De esta forma se completó la base de datos de las Poblaciones de Urabá para cada uno de los cinco municipios subdividida en cabecera municipal, centros poblados (sólo los seleccionados para el modelo) y resto (en esta última serie se encuentra rural disperso y los demás centros poblados que no se incluyen en el análisis).

Por último, se calcularon las proporciones de población de cada uno de los centros poblados seleccionados sobre el total de centros poblados en cada municipio para obtener el dato inicial de población en el modelo de crecimiento, aplicando esta proporción a la población proyectada por DANE en el año 2010 (ver tabla 6).

Tabla 6. Población en 2005 de cada centro poblado, proporción de la población de cada centro poblado sobre el total de centros poblados en cada municipio y estimación de la población en 2010. Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Censo 2005 (DANE)

	Poblado	info. catastro	Población	Porcentaje/CP	pob2010
Necoclí	Vereda El Bobal	predios-rural	533	0.0640	594
	Vereda Casa Blanca	no	506	0.0608	564
	El Totumo	si	2181	0.2619	2432
	El Mellito	si	808	0.0970	901
	Mulatos	si	1444	0.1734	1610
	Cabecera		13313	1.0000	13313
Turbo	TIE	no	198	0.0049	223
	Punta de Piedra	no	620	0.0154	699
	El porvenir	predios-rural	253	0.0063	285
	El Dos	no	945	0.0235	1065
	El Tres	predios-rural	2898	0.0721	3266
	Currulao	si	16285	0.4052	18355
	Nueva Colonia	si	10279	0.2557	11585
	Riogrande		4075	0.1014	4593
	Cabecera		55059	1.0000	55059
Apartadó	El Salvador	no	2206	0.1526	2403
	Churidó	si	4179	0.2890	4552
	San José de Apartadó	no	553	0.0382	602
	Puerto Girón	no	282	0.0195	307
	El Reposo	si	5101	0.3528	5557
	Los Naranjales	predios-rural	1149	0.0795	1252
Cabecera	si	131824	1.0000	131824	
Carepa	Casa Verde	no	686	0.1800	756
	Zungo-28 de octubre		425	0.1115	468
	Zungo-Pueblo Nuevo	predios-rural	801	0.2102	883
	Zungo-11 de noviembre		661	0.1734	728
	El Encanto	no	521	0.1367	574
Cabecera		35883	1.0000	35883	
Chigorodo	Cabecera		57723	1.0000	57723

El dato agregado de población proyectada para 2010 de las cabeceras municipales y los centros poblados se distribuyó en el espacio usando las bases de datos catastrales. Las cabeceras municipales y algunos centros poblados tienen base de datos catastral geográfica urbana, mientras que otros centros poblados están en el catastro como zona rural (ver tabla 6, columna gdb catastro), con atributos diferentes en cada caso.

Para los centros poblados con catastro rural se identificaron los lotes que conforman el centro poblado y se distribuyó uniformemente la población del centro poblado en el número de lotes que lo conforman asignando igual población a cada lote (población en el lote = población total del centro poblado / número de lotes).

Para las cabeceras municipales y los centros poblados con catastro urbano se hizo un análisis de las bases de datos catastrales y se determinaron 4 atributos, a saber:

- 1 Destino económico predominante del lote. El criterio utilizado fue seleccionar el destino de la unidad predial con mayor proporción de área construida sobre el total dentro del polígono del lote. El uso residencial aparece clasificado como destino económico "HABITACIONAL" en la clasificación catastral.
- 2 Metros cuadrados construidos. suma de los metros cuadrados construidos de todas las unidades prediales dentro del lote.
- 3 Porcentaje de área construida en unidades prediales con destino económico habitacional sobre el total del lote.
- 4 Porcentaje de área de terreno en unidades prediales con destinos económicos "lote urbanizado no construido y unidad predial no construida sobre el total del lote.

Con esta información se procedió al cálculo del área habitada en cada lote (metros cuadrados construidos * porcentaje de área construida con destino económico habitacional) y la proporción de área habitada de cada lote sobre el total de lotes de la cabecera municipal o centro poblado (área habitada en el lote / suma de área habitada en el centro poblado). Por último, se asignó a cada lote la proporción de población total multiplicando la población total en la cabecera municipal o centro poblado por la proporción de área habitada de cada lote.

La siguiente figura muestra los mapas de población proyectada en 2010 distribuida por lotes urbanos en las cabeceras municipales de Necoclí, Turbo, Apartadó, Carepa y Chigorodó, normalizada por el área (geográfica) de cada lote en hectáreas (los mapas muestran la densidad de población en 2010 distribuida en los lotes urbanos en hab/ha).

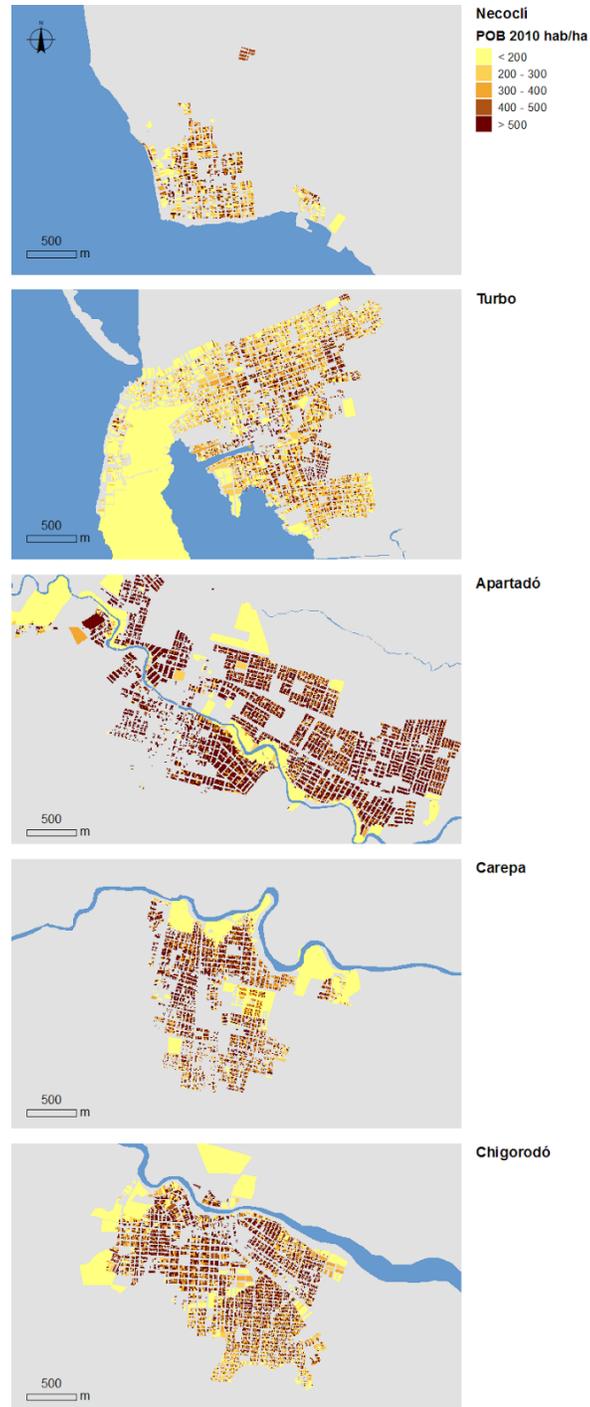


Figura 10. Mapas de población (datos de proyección 2010 DANE) distribuida en lotes urbanos de las cabeceras municipales de Necoclí, Turbo, Apartadó, Carepa y Chigorodó. Fuente: elaboración propia con datos de población de DANE y Redatam y predios urbanos de las bases de datos geográficas del catastro de cada municipio.

2.2.3 Modelo econométrico, reglas de crecimiento urbano

Para determinar las reglas generales de crecimiento urbano con un factor espacial se decidió aprender del crecimiento histórico del Valle de Aburrá entre el año 2004 y el 2010 y luego aplicar dichas reglas de crecimiento en la región de Urabá. Para encontrar estas reglas de crecimiento se construyó una base de datos para el Valle de Aburrá, desagregada sobre una cuadrícula de 200x200mt², con las mismas categorías del POT disponibles en Urabá, estas variables son las potenciales variables exógenas del modelo econométrico. Para la construcción de la variable endógena, tasa de crecimiento logística en el Valle de Aburrá entre el periodo 2004 y 2010, se establece el supuesto que la población se comporta bajo la siguiente ecuación diferencial, la cual muestra que el cambio en la población a través del tiempo se puede expresar como el producto de su tasa de crecimiento $r_i(t)$ y la proporción de su población $P_i(t)$ y su capacidad máxima $K_i(t)$. En otras palabras a medida que su población se acerca a su capacidad máxima la tasa de crecimiento se va desacelerando.

$$\frac{dP_i(t)}{dt} = r_i(t)P_i(t) \left(1 - \frac{P_i(t)}{K_i(t)}\right)$$

Al solucionar esta ecuación se obtiene entonces que la población $P_i(t)$ esta dada por la siguiente ecuación,

$$P(t) = \frac{K_i(t)}{1 + \left(\frac{K_i(t)}{P(t_0)} - 1\right) e^{-r_i(t) \times (t-t_0)}}$$

es decir que dado un punto inicial $P(t_0)$ y una capacidad máxima la población mostrará tendencias similares a los que se muestran en la siguiente gráfica.

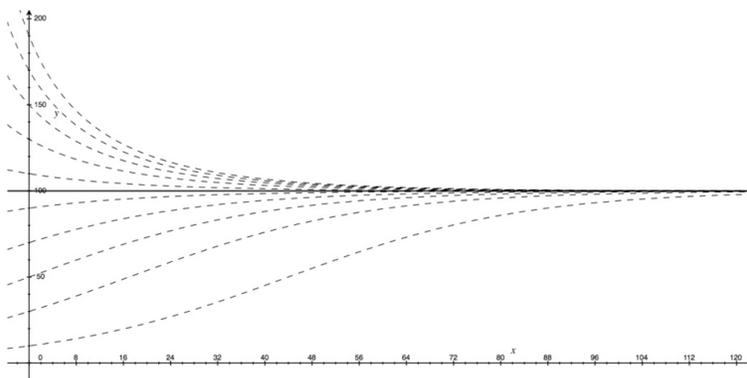


Figura 11. Capacidad máxima y tendencias de crecimiento o decrecimiento. *Elaboración propia.*

De esta última ecuación es posible entonces afirmar que la tasa de crecimiento $r_i(t)$ de una celda i para el periodo t esta dada por la siguiente fórmula. En donde $P_i(t)$ y $K_i(t)$ son la población y la capacidad máxima de la celda i en el periodo t respectivamente.

$$r_i(t) = \frac{-\ln\left(\frac{P_i(t_0)K_i(t) - P_i(t_0)P(t)}{P_i(t)K_i(t) - P_i(t_0)P_i(t)}\right)}{t - t_0}$$

Este marco teórico es comúnmente utilizado para modelar crecimientos poblacionales dado previo conocimiento del número de habitantes en dos periodos de tiempo y la capacidad máxima del sistema, permitiendo introducir el concepto de saturación y dotando a los modelos de un comportamiento realista y bien soportado teóricamente. A manera ilustrativa el siguiente gráfico muestra la evolución teórica de una población que sigue este comportamiento al modificar su punto de partida mientras se mantiene constante la capacidad máxima del sistema y la tasa de crecimiento.

Con esto en mente, la tasa de crecimiento estimada $\hat{r}_i(t)$ para cada celda i en el valle de Aburrá, asumiendo $t_0 = 2004$ y $t = 2010$ se encuentra de solucionar la siguiente ecuación.

$$\hat{r}_i(2010) = \frac{-\ln\left(\frac{P_i(2004)K_i(2010) - P_i(2004)P(2010)}{P_i(2010)K_i(2010) - P_i(2004)P_i(2010)}\right)}{6}$$

Lo cual permite plantear un modelo de econométrico bajo la siguiente estructura, en donde W es la matriz de contigüidad, e_t es una variable aleatoria normal estándar, y $POT_i(2004)$ es el valor de las variables de POT sobre la celda i en el periodo 2004. De manera general el modelo esta dado por

$$\hat{r}_i(2010) = \alpha + \lambda W\hat{r}_i(2010) + \delta WPOT_i(2004) + POT_i(2004)\beta + e_i$$

Finalmente se encontró que el modelo que mejor explica el crecimiento urbano en el Valle de Aburrá es

$$\hat{r}_i(2010) = 0.0017 + 0.5647W\hat{r}_i(2010) - 0.01172W\varphi_i^{ind}(2004) + 0.01124\varphi_i^{urb}(2004) - 0.01701\varphi_i^{ofi}(2004) - 0.01468\varphi_i^{com}(2004) + e_i$$

Entendiendo por φ_r^{pot} como el porcentaje de área de la celda i que es del tipo pot.

2.2.4 Modelo econométrico, adaptación a los municipios de Urabá

De manera general el modelado espacial entre el 2010 y el 2030 se efectúa mediante un proceso iterativo, en donde el periodo $t + 1$ se estima con base en la información del periodo t y las reglas de crecimiento urbano que se definen para Urabá. A manera ilustrativa el procedimiento se muestra en el siguiente gráfico, nótese que para cada año el proceso se compone de 2 etapas. **1 Modelado espacial (En rojo):** Se usa el fundamento logístico presentado previamente para encontrar la población en $t + 1$ dado t y las características del suelo. **2 Desagregación del impacto (En verde):** Se garantiza que la población en $t + 1$ coincida con la población pronosticada mediante el análisis de impacto.

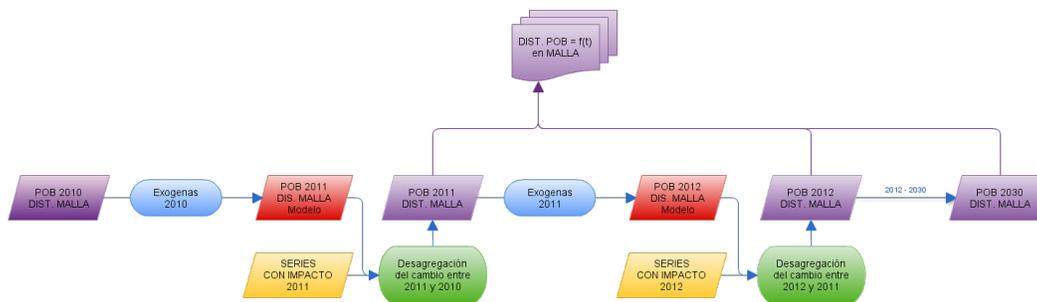


Figura 12 Diagrama de flujo del modelado y asignación de población al territorio en cada periodo de tiempo. *Elaboración propia.*

Es importante notar que el modelo estimado para Medellín debe de ser adaptado para la zona de Urabá, más específicamente para cada uno de los municipios. Como es de esperarse, dado que la velocidad de crecimiento actual de Urabá es una de las más altas del país, el supuesto de que e_i tiene media 0 ya no se garantiza y se debe reemplazar e_i por $\alpha_m + r_t$ donde r_t es ruido blanco y α_m es una constante diferente para cada municipio m . El modelo entonces para cada municipio esta dado por la siguiente ecuación,

$$\widehat{r}_{i,m}(2010) = 0.0017 + \alpha_m + 0.5647W\widehat{r}_{i,m}(2010) - 0.01172W\varphi_{i,m}^{ind}(2004) + 0.01124\varphi_{i,m}^{urb}(2004) - 0.01701\varphi_{i,m}^{ofi}(2004) - 0.01468\varphi_{i,m}^{com}(2004) + r_{i,m}$$

Para estimar el valor de α_m y completar las reglas de crecimiento de cada municipio se toma la población real en 2010 [Primer recuadro morado] y usando las características del suelo en 2010 [Primer recuadro azul] se estima la población del 2011 [Primer recuadro rojo] mientras se modifica el valor de α_m buscando minimizar la diferencia entre la población modelada del municipio m y la población histórica para dicho municipio en 2011. De este proceso se obtienen los siguientes valores de α_m .

Municipio	α_m
Necocli	0.0280
Turbo	0.0400
Apartado	0.0800
Carepa	0.0480
Chigorodo	0.0700

Por último, nótese que el modelo logístico solo permite modelar aquellas celdas en donde la población en el periodo t sean mayores a 0, lo cual obliga a la creación de una regla de nacimiento que permita que celdas sin población obtengan sus primeros habitantes y puedan ser modeladas bajo el comportamiento logístico. Esta regla se fundamenta en el hecho de que toda ciudad puede ser pensada como una estructura de 3 niveles, el primero conformado por la zona más densa y núcleo de la ciudad, el segundo de crecimiento y el tercero de nacimiento. A manera de ejemplo, si una ciudad no creciera en alrededor de su perímetro urbano y su densidad máxima se mantuviera constante, entonces dicha ciudad comenzaría a perder su nivel de nacimiento y crecimiento hasta convertirse en una ciudad con solo su primer nivel. Usando este hecho y con base en la población del 2010 se definen estos tres niveles para cada municipio, el nivel de nacimiento con aquellas celdas con población entre mínimo por celda y el primer tercil, el segundo nivel conformado por las celdas con población entre el primer tercil y el segundo tercil, el tercer nivel con aquellas celdas con población mayor a la del segundo tercil. Con esto en mente la ley de nacimiento y crecimiento usada es la siguiente:

Si en el periodo $t + 1$ una celda alcanza el primer tercil entonces sus vecinos con población 0, pasarán a tener $(\min_{pop} + \text{tercil}_1)/2$ personas, siempre y cuando su capacidad máxima se lo permita. Adicionalmente para mantener las condiciones de formalidad en las construcciones de acuerdo al suelo urbano del POT esta regla sólo se hace efectiva con una probabilidad de $0.8 * \varphi_{i,m}^{udb}(t + 0) + 0.2(1 - \varphi_{i,m}^{urb}(t + 0))$, esta probabilidad sale luego de encontrar que el 80% de las viviendas actuales de la zona se encuentran sobre áreas que el POT define como urbanas.

3. Modelos de escenarios de crecimiento

El modelado de escenarios de crecimiento se basa principalmente en tres aspectos que pueden ser modificados para responder preguntas del tipo ¿qué pasaría si...?, que son la *clasificación del suelo, el uso del suelo y las densidades máximas de vivienda*. En este estudio se corrió el modelo para tres escenarios de crecimiento urbano que cambian de acuerdo al parámetro de densidades máximas de vivienda: el primer escenario considera que las cabeceras municipales se densifican de manera uniforme hasta valores de densidad de vivienda relativamente altos; el segundo escenario considera una zonificación de densidades máximas con las mayores densidades en el centro de las cabeceras municipales (se toma por densidad alta más de 50 viviendas por hectárea hasta un máximo de 75 o 90 dependiendo del municipio, por densidad media entre 25 y 50 viviendas por hectárea y densidad baja hasta 25 viviendas por hectárea) y densidades bajas en la periferia; y el tercer escenario considera que

las zonas donde actualmente hay densidad de vivienda media y alta no se reciben más población y que el resto de las zonas pueden crecer hasta una densidad relativamente baja, de 25 viviendas por hectárea, lo que induce a un crecimiento en expansión.

3.1 Escenario 1: concentración o densificación

En este escenario se modela el crecimiento de la población residencial siguiendo las directrices de clasificación del suelo y de usos del suelo que actualmente se encuentran en los POTs, y un criterio de máximas densidades uniformes en las cabeceras municipales y en los centros poblados que busca un crecimiento compacto de la mancha urbana. En este escenario se supone que el suelo de expansión comienza a funcionar como suelo urbano a partir de 2015. En la tabla 7 se presentan las densidades máximas consideradas en este escenario, el tamaño promedio de los hogares en los municipios (cabeceras municipales y centros poblados según datos del censo 2005) y el número máximo de personas permitidas en la unidad espacial de análisis (celda de 4 hectáreas).

Tabla 7. Densidades máximas del escenario base, en viviendas por hectárea y personas por celda (de 4 ha). El tamaño del hogar se estimó con base en los datos del Censo 2005.

Municipio	zona	tamaño del hogar	densidad máxima	densidad máxima
Necoclí	cabecera municipal	4,3	75	1290
Necoclí	centros poblados	3	75	900
Turbo	cabecera municipal	4,9	75	1470
Turbo	centros poblados	4,7	75	1410
Apartadó	cabecera municipal	3,9	90	1404
Apartadó	centros poblados	4,5	90	1620
Carepa	cabecera municipal	3,8	90	1368
Carepa	centros poblados	4,5	90	1620
Chigorodó	cabecera municipal	3,5	90	1260

Resultados escenario 1

A continuación se presentan los resultados del modelo de crecimiento de la mancha urbana del escenario 1 para las cabeceras municipales de los municipios estudiados y para los años 2010 (estado inicial) y los resultados del modelo en 2015, 2020, 2025 y 2030. Para efectos de visualización, en los resultados del modelo se considera que 1 vivienda corresponde a 4 habitantes.

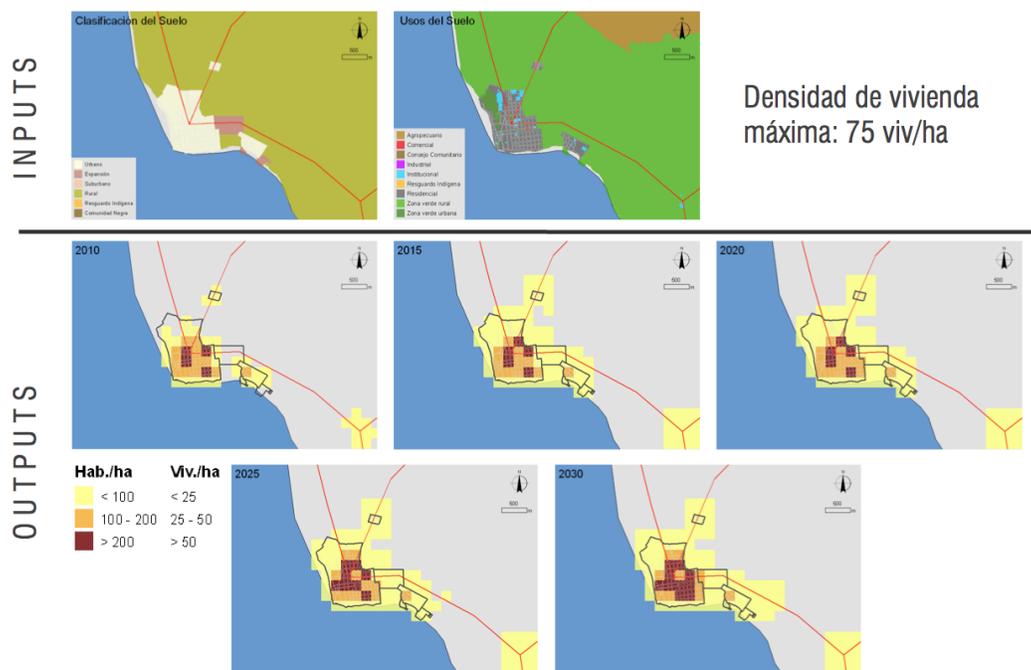


Figura 13 Resultados del modelo para la cabecera municipal de Necoclí, Escenario 1.
Elaboración propia.

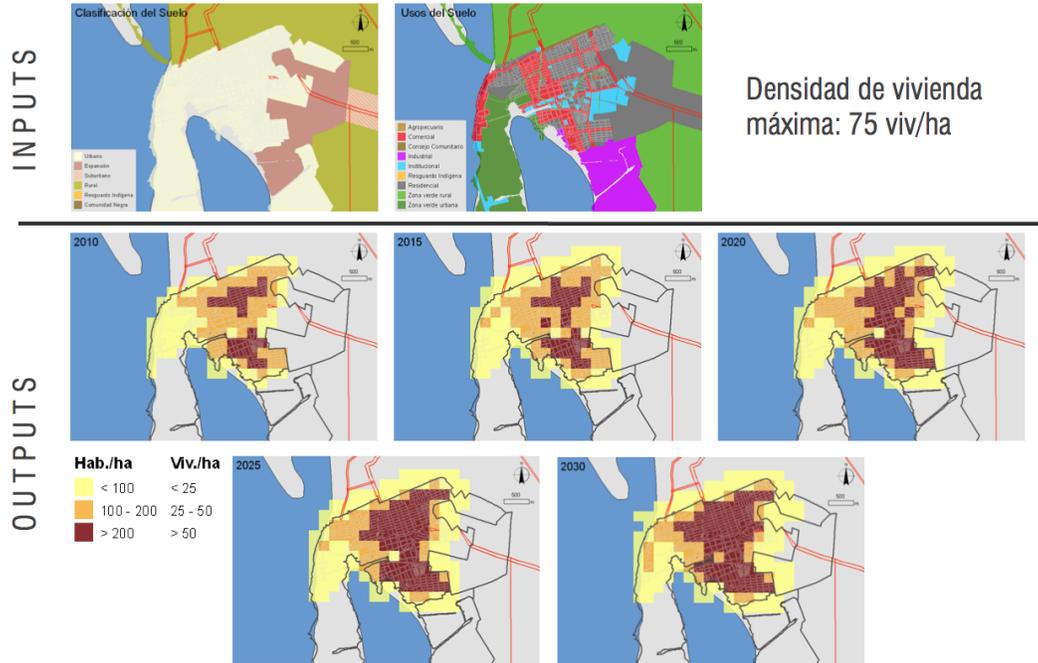


Figura 14. Resultados del modelo para la cabecera municipal de Turbo, Escenario 1.
Elaboración propia.

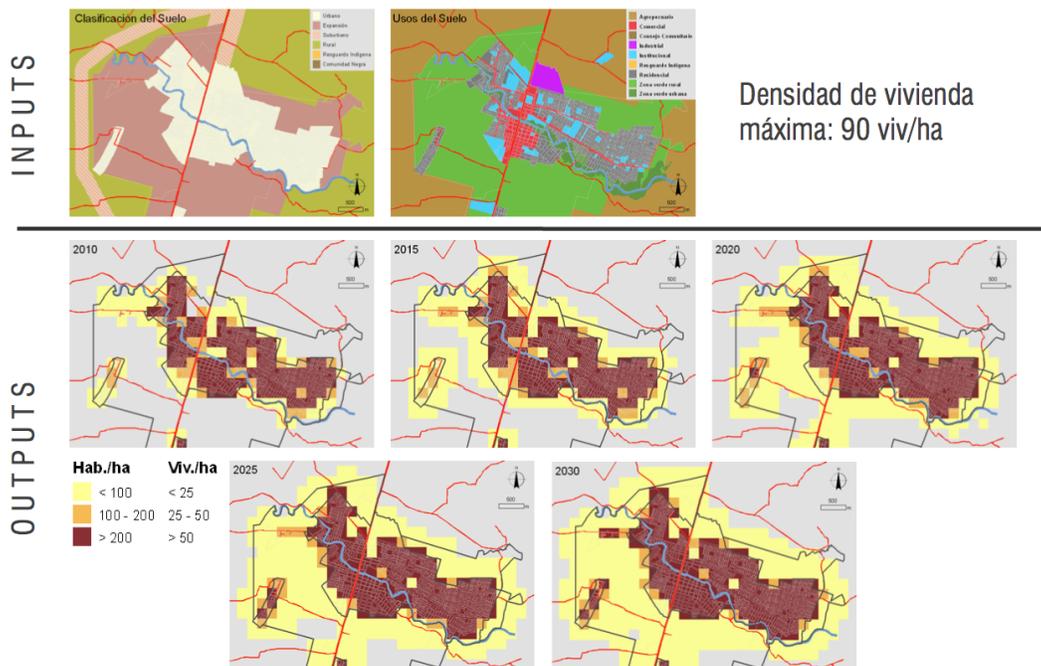


Figura 15. Resultados del modelo para la cabecera municipal de Apartadó, Escenario 1.
Elaboración propia.

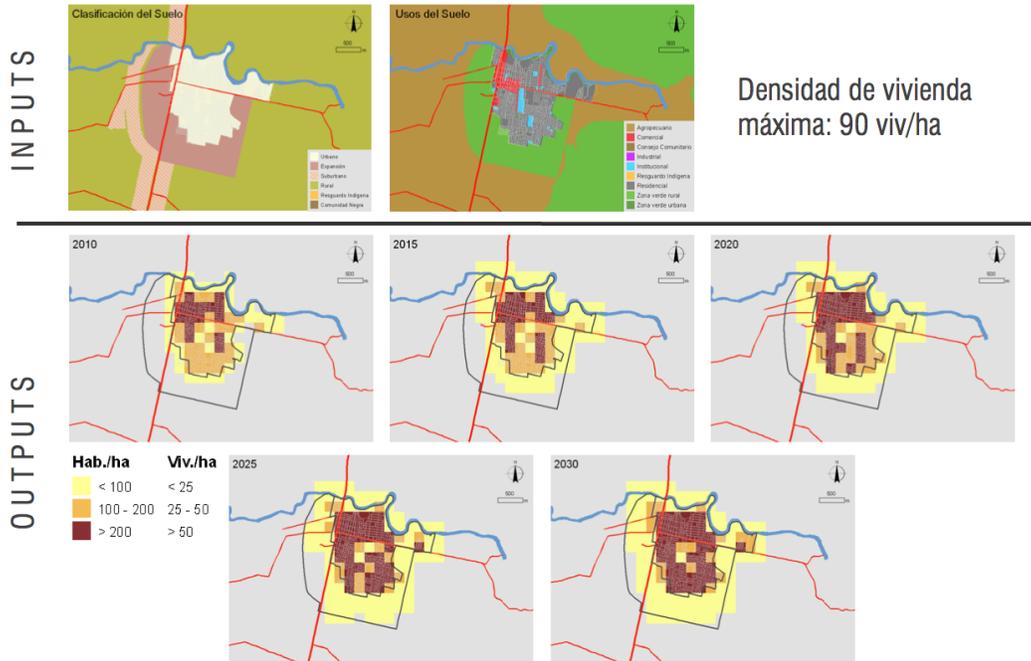


Figura 16. Resultados del modelo para la cabecera municipal de Carepa, Escenario 1.
Elaboración propia.

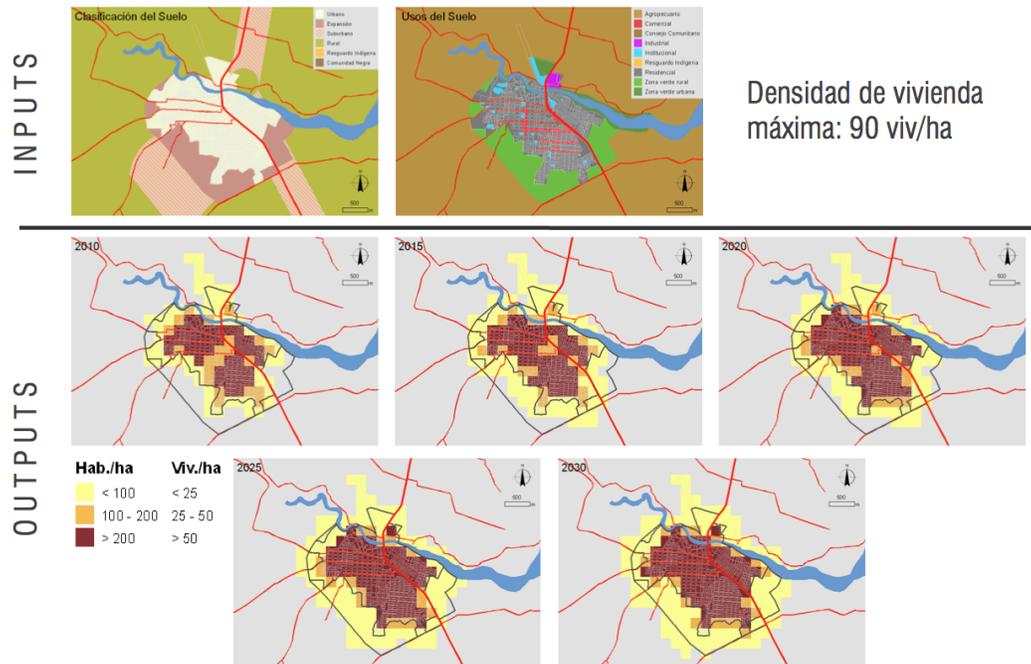


Figura 17. Resultados del modelo para la cabecera municipal de Chigorodó, Escenario 1.
Elaboración propia.

Los resultados de este escenario indican que los suelos urbanos y de expansión serían suficientes para albergar la población proyectada hasta 2030, teniendo en cuenta el impacto en el crecimiento de la población de la zona industrial portuaria.

3.2 Escenario 2: zonificación de densidades máximas

En este escenario se propone una zonificación de densidades máximas, con los valores permitidos más altos en el centro de las cabeceras municipales y los más bajos en la periferia. Los intervalos de densidades considerados para el análisis son los siguientes:

- densidad baja: hasta 25 viv/ha
- densidad media: entre 25 y 50 viv/ha
- densidad alta: mayor de 50 viv/ha hasta el límite máximo de cada municipio.

Para Necoclí y Turbo se considera que la máxima densidad de vivienda permitida es de 75 viv/ha, mientras que para Apartadó, Carepa y Chigorodó se considera hasta 90 viv/ha.

En este escenario se considera que las zonas con uso del suelo industrial, institucional o de zona verde urbana no podrán ser ocupados, es decir, allí la densidad máxima permitida es de 0 viv/ha, lo que obliga al modelo a ocupar primordialmente las zonas con uso residencial dentro del suelo urbano. Adicionalmente se considera que el suelo de expansión pasa a ser suelo urbano a partir del año 2015.

Resultados escenario 2

A continuación se presentan los resultados del modelo de crecimiento de la mancha urbana del escenario 2 para las cabeceras municipales de los municipios estudiados y para los años 2010 (estado inicial) y los resultados del modelo en 2015, 2020, 2025 y 2030. Para efectos de visualización, en los resultados del modelo se considera que 1 vivienda corresponde a 4 habitantes.

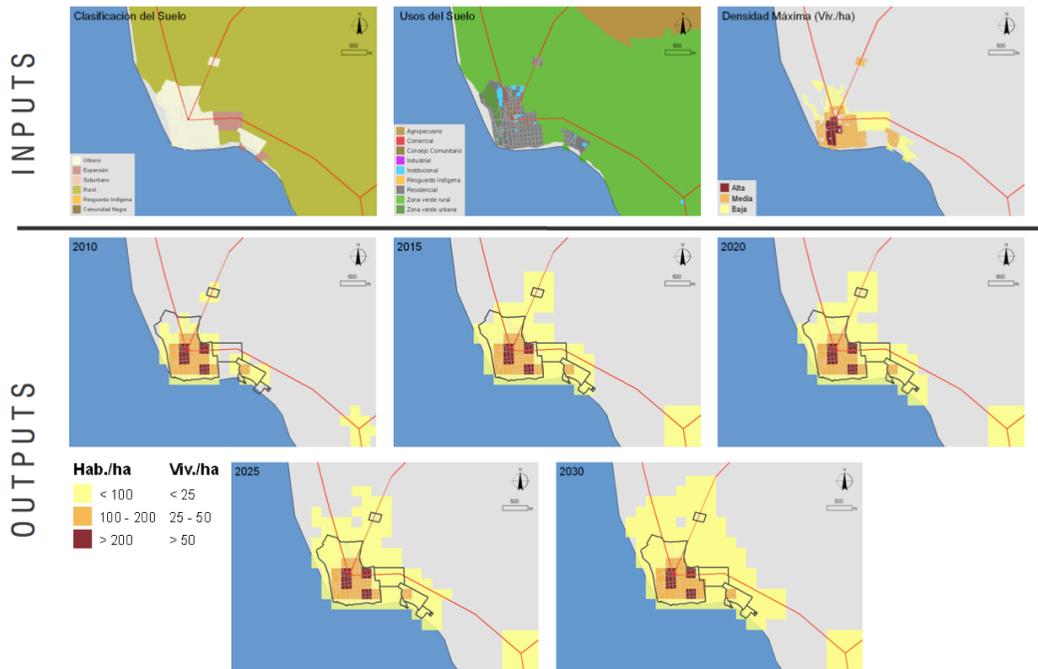


Figura 18. Resultados del modelo para la cabecera municipal de Necoclí, Escenario 2. *Elaboración propia.*

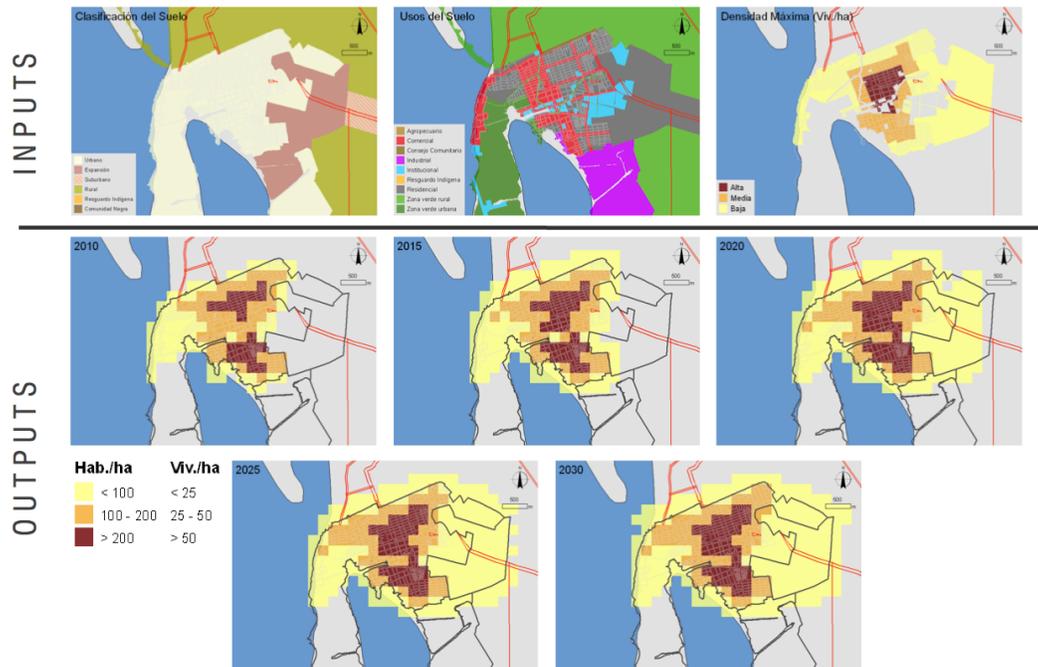


Figura 19. Resultados del modelo para la cabecera municipal de Turbo, Escenario 2. *Elaboración propia.*

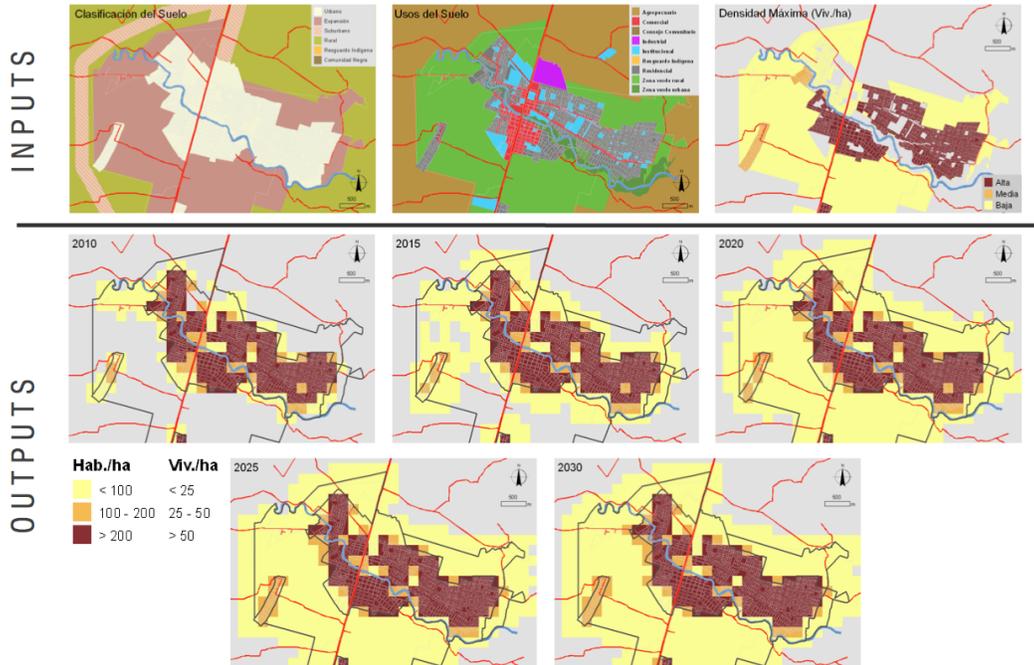


Figura 20. Resultados del modelo para la cabecera municipal de Apartadó, Escenario 2. *Elaboración propia.*

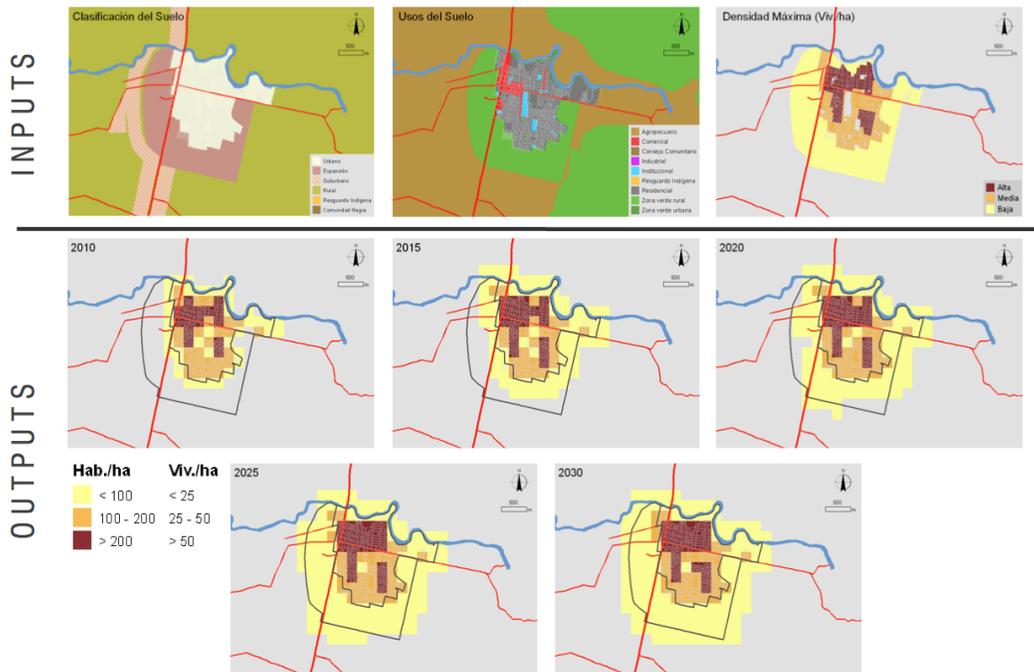


Figura 21. Resultados del modelo para la cabecera municipal de Carepa, Escenario 2. *Elaboración propia.*

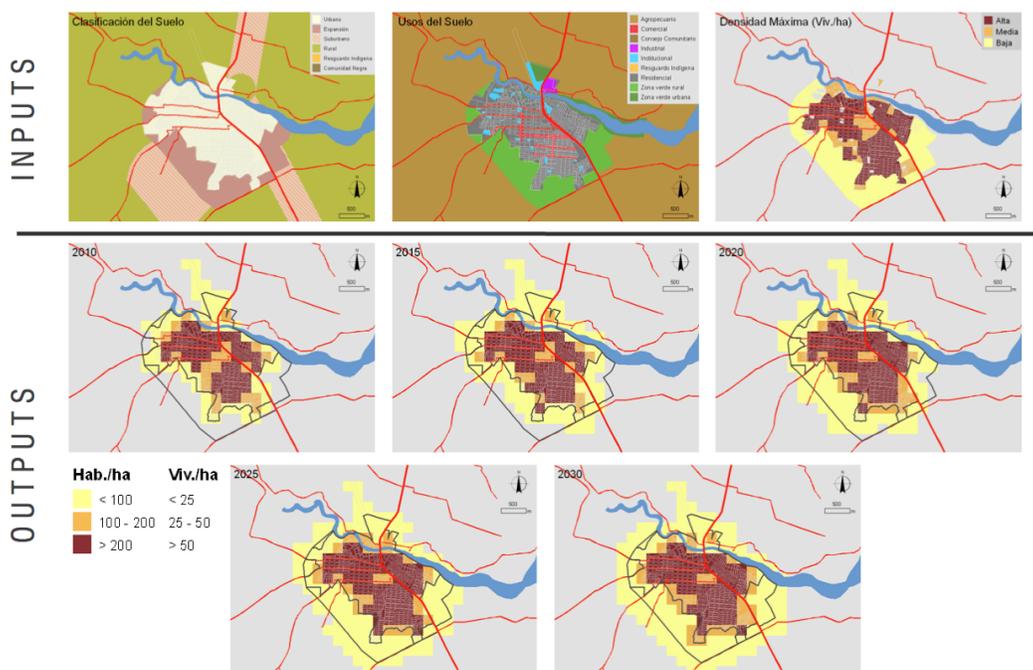


Figura 22. Resultados del modelo para la cabecera municipal de Chigorodó, Escenario 2. *Elaboración propia.*

Los resultados del escenario 2, al igual que en el escenario 1, indican que los suelos urbanos y de expansión serían suficientes para albergar la población proyectada hasta 2030, teniendo en cuenta el impacto en el crecimiento de la población de la zona industrial portuaria.

3.3 Escenario 3: dispersión o expansión

En este escenario se consideran los mismos intervalos de clasificación de densidades máximas considerados para el escenario anterior:

- densidad baja: hasta 25 viv/ha
- densidad media: entre 25 y 50 viv/ha
- densidad alta: mayor de 50 viv/ha hasta el límite máximo de cada municipio.

A diferencia del escenario 2, para la asignación de población en este escenario se congelan las zonas de cada municipio que ya están por encima de 25 viv/ha, es decir, que actualmente tienen densidad de vivienda media y alta, y que el resto de las zonas urbanas y de expansión pueden crecer hasta el tope de la densidad baja, 25 viv/ha.

En este escenario también se considera que las zonas con uso del suelo industrial, institucional o de zona verde urbana no podrán ser ocupados, es decir, allí la densidad máxima permitida es de 0 viv/ha, lo que obliga al modelo a ocupar primordialmente las zonas con uso residencial

dentro del suelo urbano. Adicionalmente se considera que el suelo de expansión pasa a ser suelo urbano a partir del año 2015.

Resultados escenario 3

A continuación se presentan los resultados del modelo de crecimiento de la mancha urbana del escenario 3 para las cabeceras municipales de los municipios estudiados y para los años 2010 (estado inicial) y los resultados del modelo en 2015, 2020, 2025 y 2030. Para efectos de visualización, en los resultados del modelo se considera que 1 vivienda corresponde a 4 habitantes.

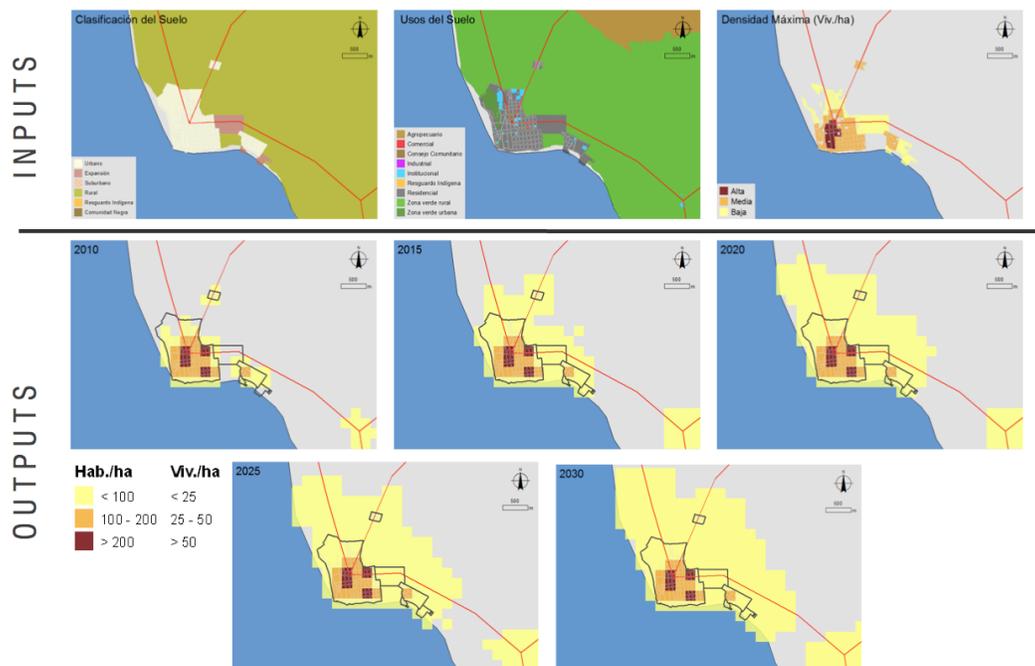


Figura 23. Resultados del modelo para la cabecera municipal de Necoclí, Escenario 3.
Elaboración propia.

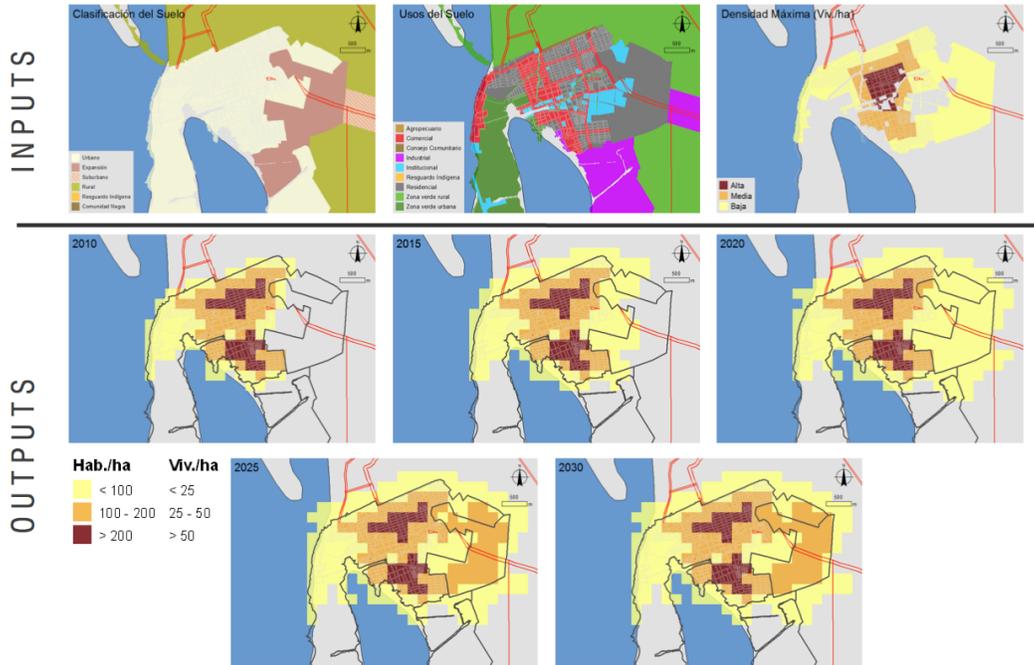


Figura 24. Resultados del modelo para la cabecera municipal de Turbo, Escenario 3.
Elaboración propia.

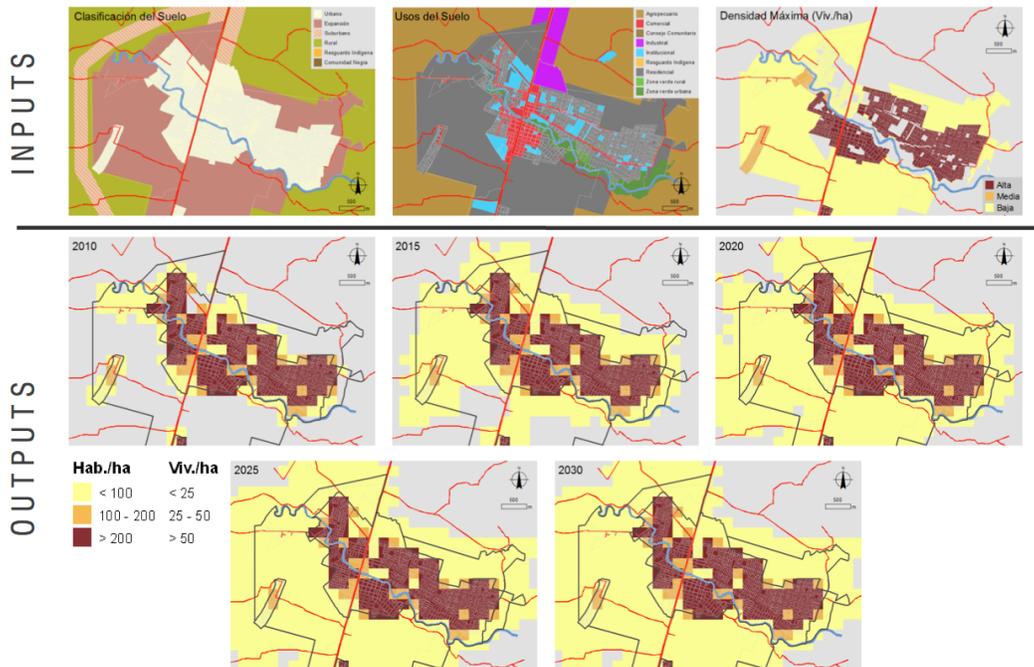


Figura 25. Resultados del modelo para la cabecera municipal de Apartadó, Escenario 3.
Elaboración propia.

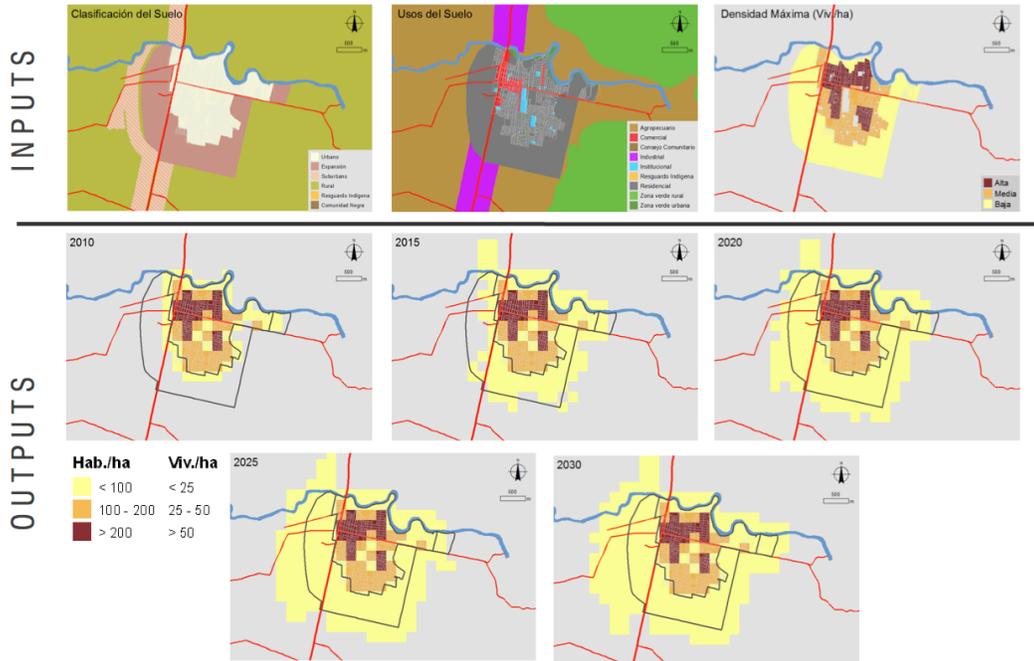


Figura 26. Resultados del modelo para la cabecera municipal de Carepa, Escenario 3.
Elaboración propia.

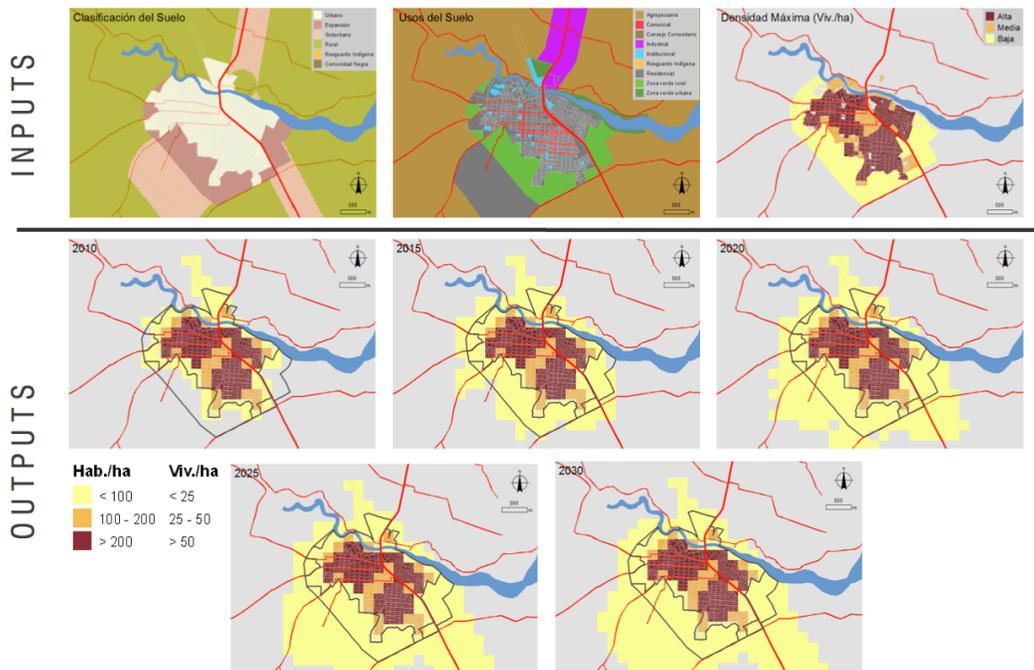


Figura 27. Resultados del modelo para la cabecera municipal de Carepa, Escenario 3.
Elaboración propia.

En resumen, en este escenario de expansión de la mancha urbana se encontró que en las cabeceras de los municipios de Chigorodó, Apartadó y Necoclí se ocupa casi todo el suelo urbano y de expansión hasta 2030 pero no alcanza a saturarse, es decir, puede todavía recibir más población dentro de las zonas urbanas. En la cabecera municipal de Carepa se ocupa todo el suelo urbano y de expansión en 2030 y aunque no se satura por completo, sí está muy cerca del límite de ocupación, por lo que sería necesario definir nuevas zonas de expansión para el crecimiento urbano a partir de 2030. Por último, el resultado para la cabecera municipal de Turbo indica que el suelo urbano y de expansión se satura en 2026, por lo que sería necesario definir nuevas zonas de expansión para el crecimiento urbano a partir de ese año que puedan acoger la población esperada hasta 2030.

4. Conclusiones

- Para las tasas de crecimiento de población de los 4 años posteriores a la creación del puerto (2023) que es donde se estima el principal efecto de la zona portuaria, el impacto es moderadamente significativo y : cercano al 2.86 % en Necoclí, que sería el municipio que recibe la mayor parte de la nueva infraestructura portuaria, y alrededor de 0,46% para los otros municipios.
- Los resultados del escenario 1, de densificación, y del escenario 2, de zonificación de densidades máximas, indican que los suelos urbanos y de expansión serían suficientes para albergar la población proyectada hasta 2030 y contando por el impacto producido por la construcción de la zona industrial portuaria.
- En el escenario 3 o de expansión de la mancha urbana la situación encontrada muestra una clara diferencia con los otros dos escenarios modelados. Las cabeceras municipales de Chigorodó, Apartadó y Necoclí crecen hasta ocupar casi todo el suelo urbano y de expansión hasta 2030 pero dichos suelos no alcanzan a saturarse, es decir, puede todavía recibir más población dentro de las zonas urbanas.
- En el escenario 3, la cabecera municipal de Carepa ocupa todo el suelo urbano y de expansión en 2030 y aunque éste no se satura por completo, sí está muy cerca del límite de ocupación, por lo que sería necesario definir nuevas zonas de expansión para el crecimiento urbano a partir de 2030.
- Por último, el resultado del escenario 3 para la cabecera municipal de Turbo indica que el suelo urbano y de expansión se satura en 2026, por lo que sería necesario definir nuevas zonas de expansión para el crecimiento urbano a partir de ese año que puedan acoger la población esperada hasta 2030.

5. Referencias bibliográficas

- referencia de los POTs (de cada municipio)
- Clemente, J., Montanes, A., Reyes, M., 1998. Testing for a unit root in variables with a double change in the mean. *Economics Letters* 59, 175-182.
- DANE, 2012a. Estimación y proyección de población nacional, departamental y municipal total por área 1985-2020. Recuperado el 10 de Diciembre de 2012 de <http://www.dane.gov.co/index.php?option=com_content&view=article&id=75&Itemid=72>
- DANE, 2012b. Mapa Temático: Estimaciones de población 1985 - 2005 y proyecciones de población 2005 - 2020. Recuperado el 23 de Noviembre de 2012 de http://190.25.231.237/proyecciones/tematico_color/DANE_TEMATICO.html
- Dickey, D. A., and W. A. Fuller. 1979. Distribution of the estimators for autoregressive time series with a unit root. *Journal of the American Statistical Association* 74: 427–431.
- IDEAM, IGAC, DANE, 2012. Geoportal IGAC, zonas afectadas por inundación, inundaciones del 20 de diciembre de 2010 y 16 de marzo de 2011. Recuperado el 9 de Enero de 2013 de <geoportal.igac.gov.co/ssigl2.0/visor/galeria.rec?mapald=18 acceso el 9 de enero de 2013>.
- Greene, 2003. *Econometric Analysis*, 5th edition, Prentice Hall.
- Gobernación de Antioquia, Dirección de Sistemas de Información y Catastro, 2012. Bases de datos catastrales de los municipios de Necoclí, Turbo, Apartadó, Carepa y Chigorodó.
- Kwiatkowski, D., P. C. B Phillips, P. Schmidt, and Y. Shin. 1992. Testing the null hypothesis of stationarity against the alternative of a unit root: How sure are we that economic time series have a unit root? *Journal of Econometrics* 54: 159-178.
- Phillips, P. C. B., and P. Perron. 1988. Testing for a unit root in time series regression. *Biometrika* 75: 335–346.
- Redatam, 2012. Redatam Colombia, Censo 2005, DANE. Recuperado el 12 de Diciembre de 2012 de <<http://190.25.231.242/cgibin/RpWebEngine.exe/PortalAction?&MODE=MAIN&BASE=CG2005BASICO&MAIN=WebServerMain.inl>>
- Andrews, D., Zivot, E. 1992. Further evidence on the Great Crash, the oil price shock, and the unit-root hypothesis. *Journal of Business and Economic Statistics* 10, 251-70.