

Modelado para de la gestión del agua en la región hídrica Bogotá – Colombia

Andrés Chavarro Velandia PhD(c), Mónica Castañeda,
PhD. Sebastián Zapata, PhD, Isaac Dyner, PhD.

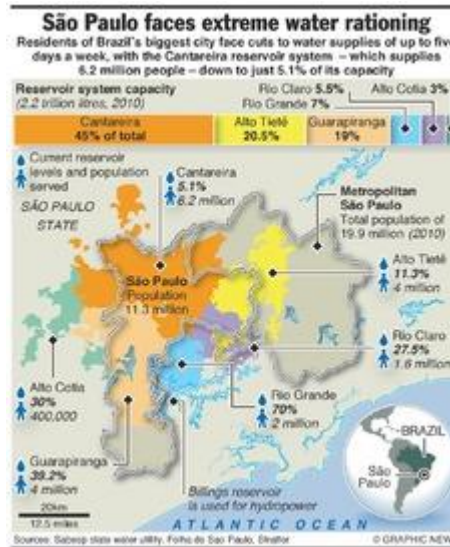
Congreso Latinoamericano de dinámica de sistemas

Noviembre 2019

Agenda

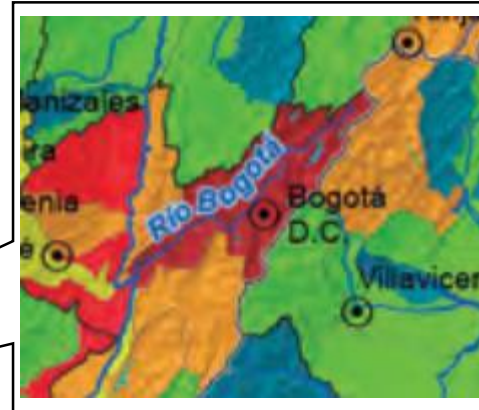
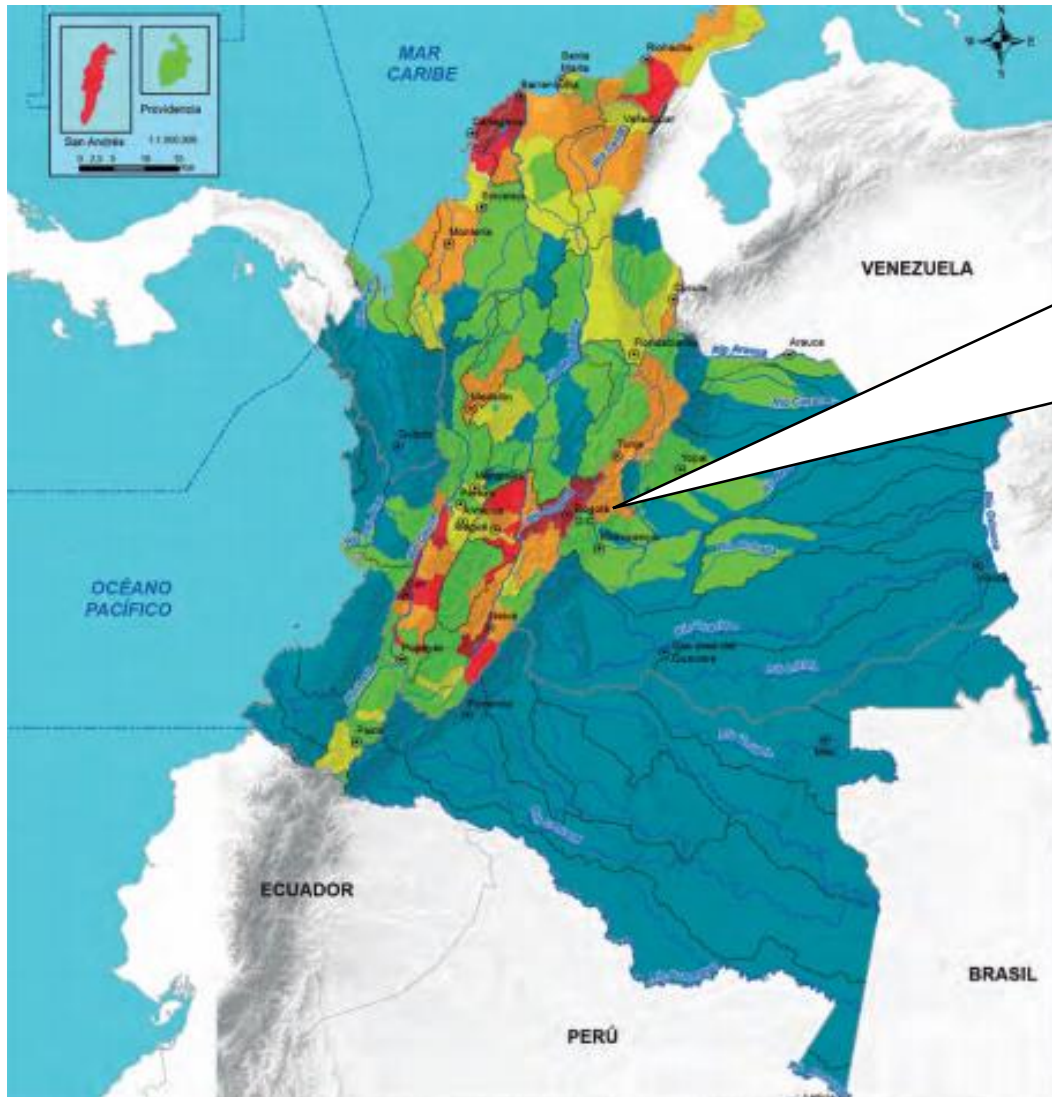
1. Problema de investigación
2. Estado del arte
3. Marco teórico
4. Modelo
5. Conclusiones preliminares
6. Artículos
7. Referencias

El problema del desabastecimiento de agua ...



Problema de investigación

Región hídrica Bogotá – Cundinamarca



Índice del uso del agua (IUA=D/O)

Categoría IUA
Crítico
Muy alto
Alto
Moderado
Bajo
Muy bajo

Fuente: IDEAM (2015)

The map displays the Bogotá region with various administrative and geographical boundaries. A legend in the top left corner identifies the following features:

- Límite RMH (Red line)
- Límite Municipal (Black line)
- Límite Distrito Capital (Orange line)
- Límite Parque Nacional Natural (Green line)
- Río (Blue line)
- Cuenca río Bogotá (Dark blue line)
- Cuenca Alta-Media-Baja (Yellow line)
- Área Urbana (Orange shaded area)
- Cuerpo de Agua (Light blue shaded area)

The map includes a north arrow, a scale bar (0 to 32.5 Km), and an elevation scale (500 to 4500 meters). The Bogotá D.C. area is highlighted in orange, and the surrounding urban areas are marked with orange dots. The map also shows the Bogotá River (Cuenca río Bogotá) and the Bogotá River Basin (Cuenca Alta-Media-Baja). The map is credited to (Guhl Nannetti, 2013).

MAY 2014

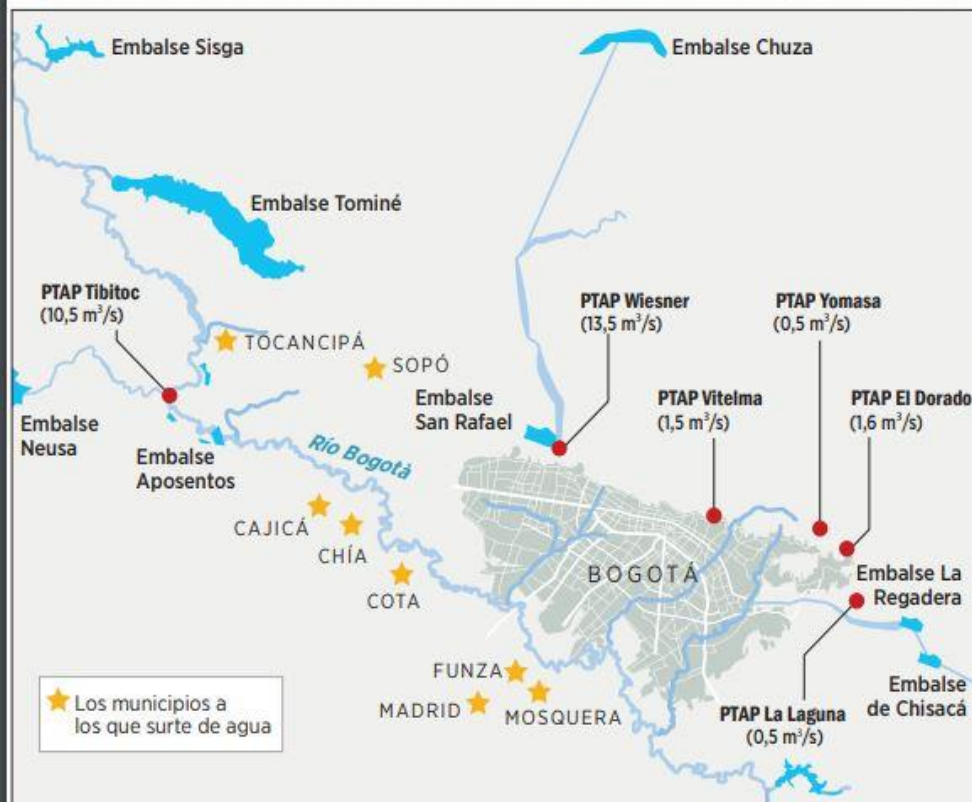
Acueducto de Bogotá

Plantas de tratamiento de agua potable que distribuyen a Bogotá

Esquema de prestación de servicios domiciliarios



Fuente de abastecimiento



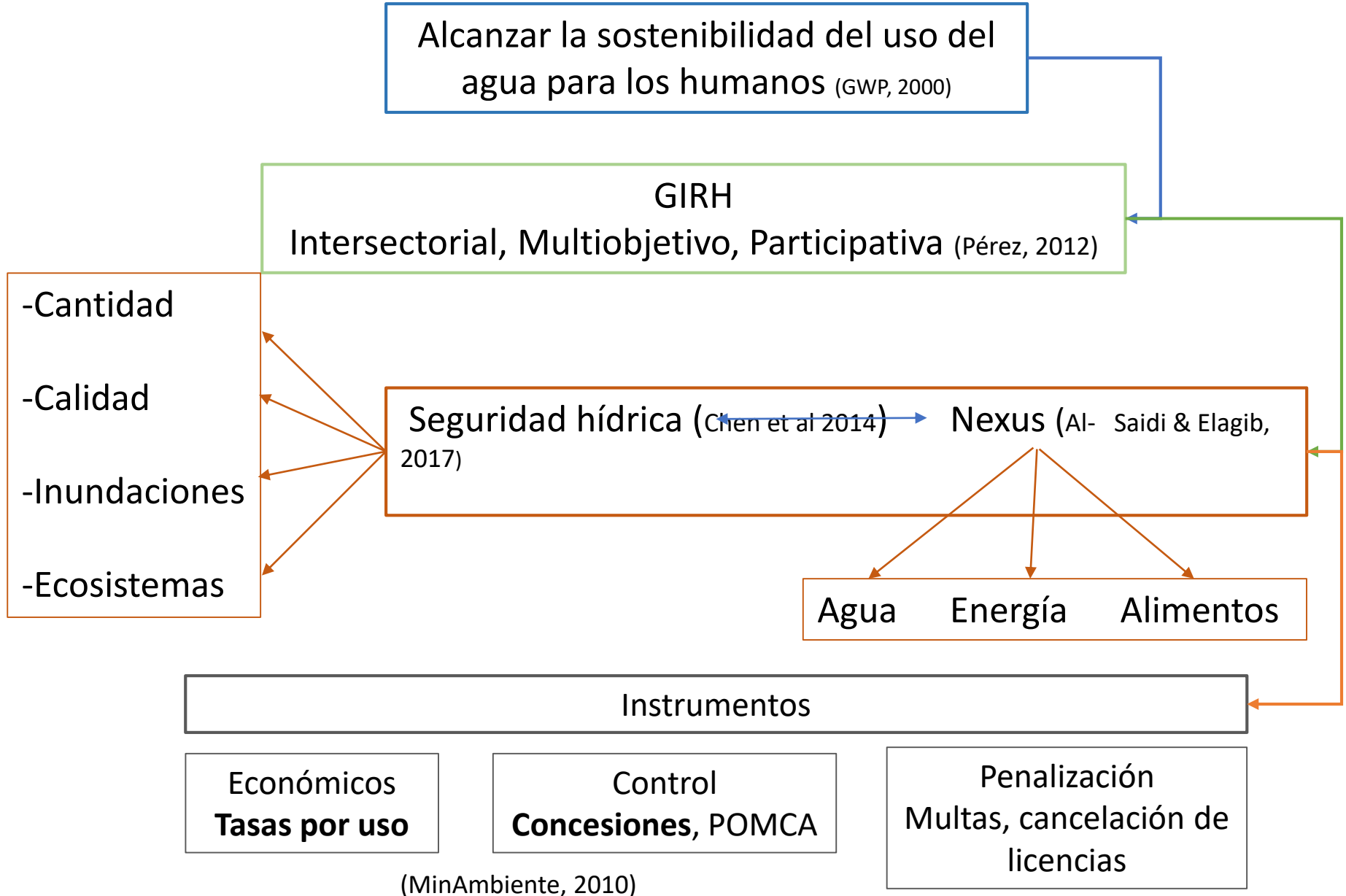
Pertinencia de la investigación

- Cambio climático más crecimiento población aumenta la demanda de agua hasta en un 50% para Bogotá (Buytaert W. &., 2012).
- El 80% del territorio de la cuenca hídrica del río Bogotá está en alto o muy alto riesgo de desabastecimiento (HUITCA-CAR, 2017)
- La región representa el 17% de la economía del país y el 20% de la población nacional (DANE,2017)

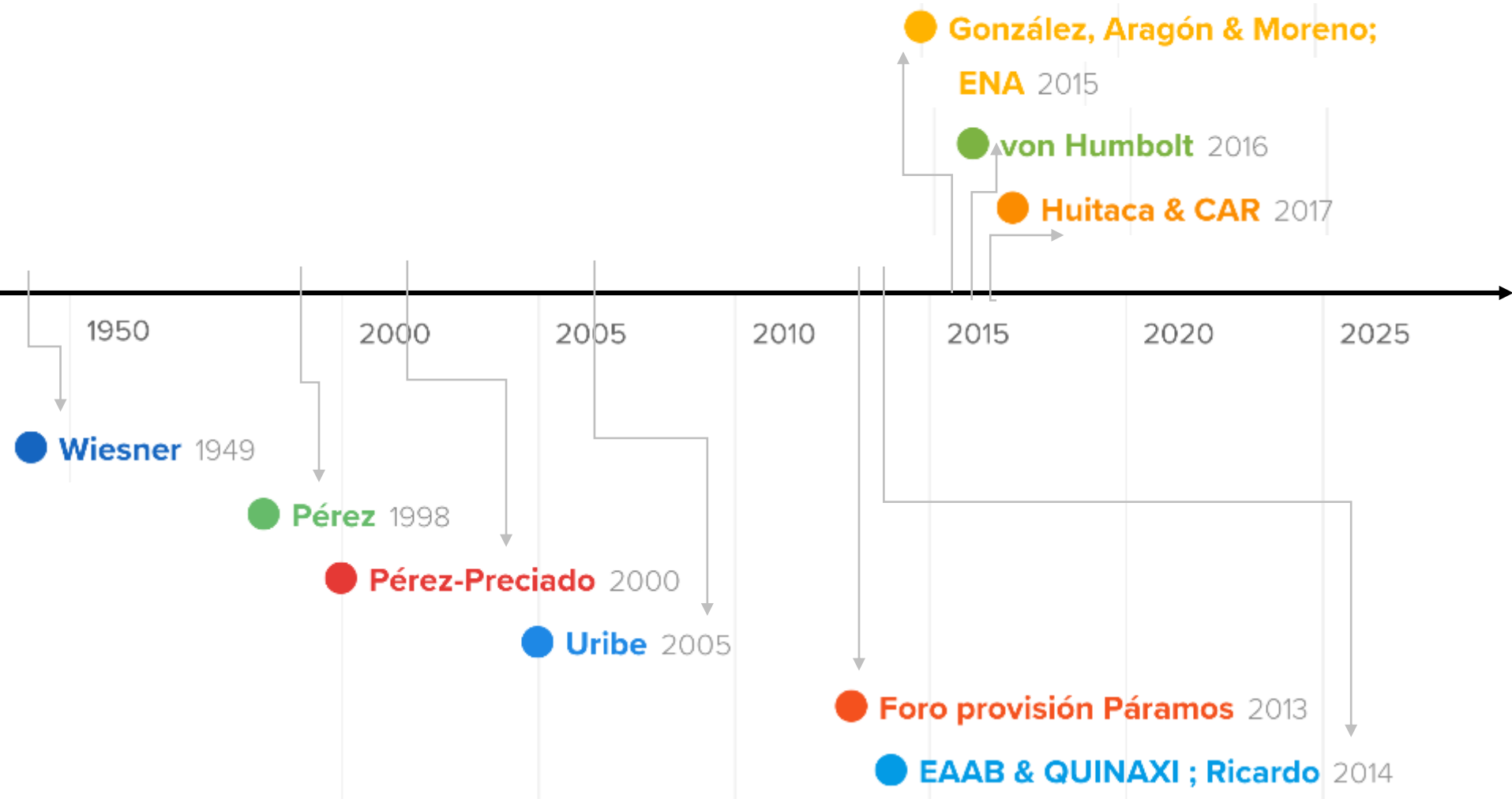
Preguntas de investigación

- ¿Cuáles son las condiciones en el largo plazo para garantizar el suministro adecuado de agua en la región hídrica de Bogotá?
- Para la región hídrica Bogotá Cundinamarca, en términos de usos del territorio y crecimiento poblacional, ¿Cuánto es necesario, cuánto es posible y a qué velocidad crecer?
- ¿Cuál es la influencia del cambio y variabilidad climática en el abastecimiento de agua?

Marco teórico



Estado del arte: Abastecimiento del agua en la cuenca del Río Bogotá



Estado del arte: Modelos para el abastecimiento del agua en la cuenca del Río Bogotá (1/2)

Flujos de materiales

● Díaz 2011

● Ivanova 2013

2000

2009

2010

2014

2015

2016

2017

● ENA 2000

● ENA 2010

● ENA 2015

● POMCA 2017

Métodos hidrológicos

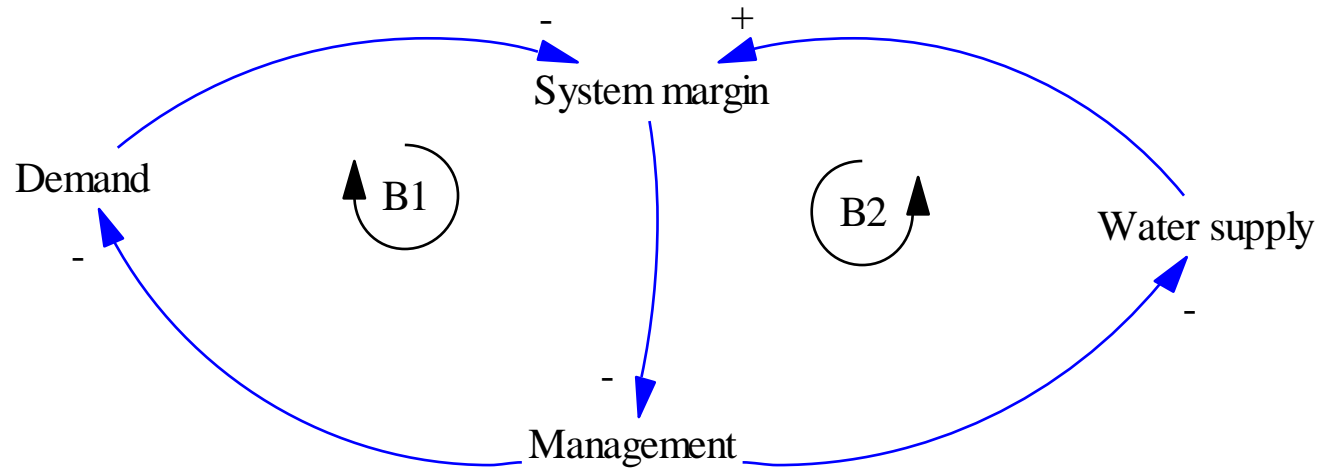
Estado del arte: Modelos para el abastecimiento del agua en la cuenca del Río Bogotá (2/2)

Aportes:

- La gestión del agua no se ha abordado de manera sistémica para el caso de estudio. Es decir, no hay trabajos de Dinámica de Sistemas que estudien la gestión del recurso hídrico desde la demanda (concesiones, tasas de uso) ni desde la oferta (reciclaje, uso del territorio) en la región hídrica de Bogotá.
- La planeación a largo plazo del recurso se hace de forma fragmentada, desarticulada.

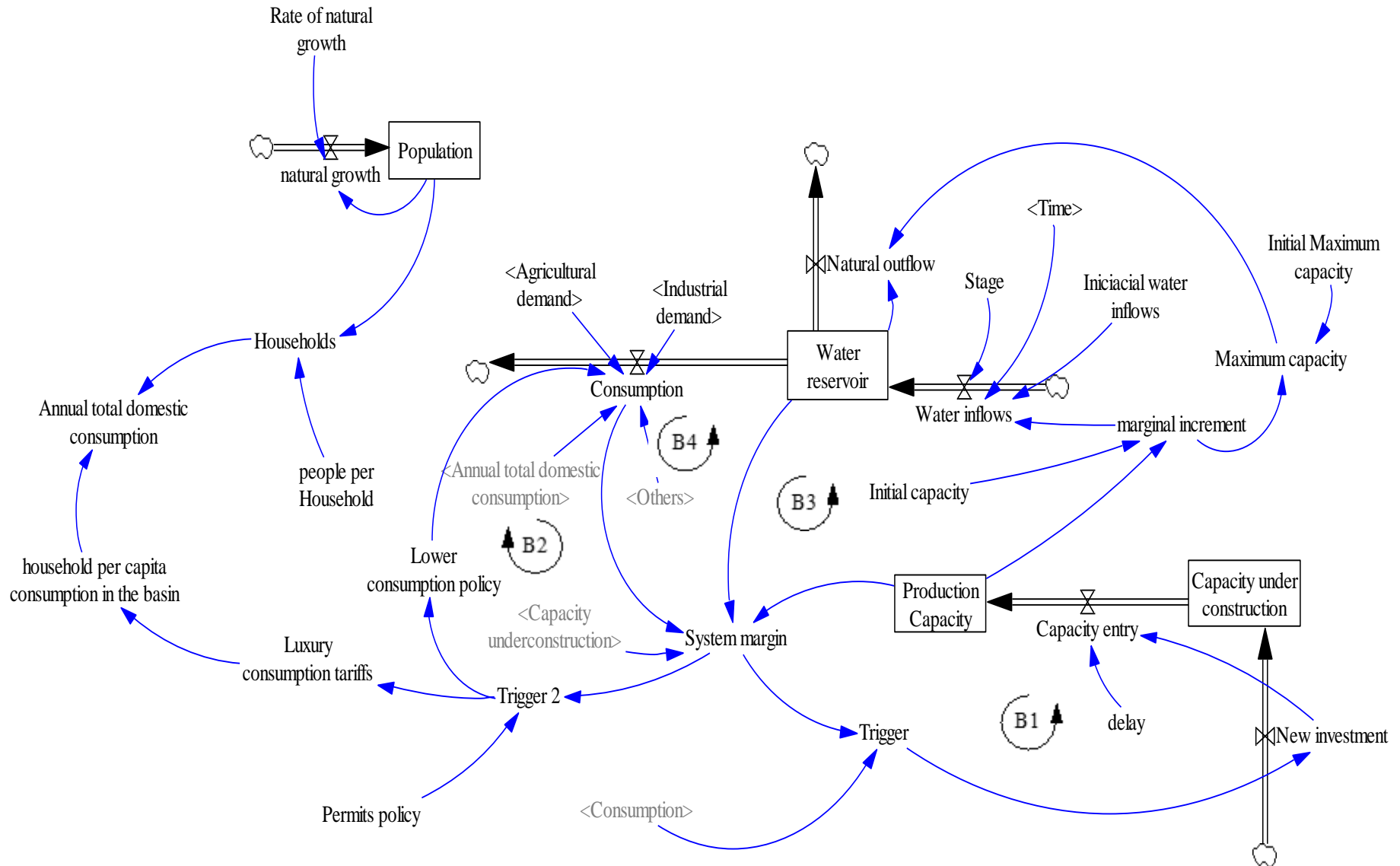


Hipótesis dinámica



$$\text{System Margin} = (\text{Water supply} - \text{Demand}) / \text{Demand}$$

Diagrama de flujos y niveles



Ecuaciones del modelo

$$Population(t) = P_0 + \int Natural\ growth(t) dt$$

$$\begin{aligned} &Water\ reservoir(t) \\ &= Water\ reservoir_0 \\ &+ \int [Water\ inflows(t) - Consumption(t) - Natural\ outflow(t)] dt \end{aligned}$$

$$Production\ capacity(t) = Production\ capacity_0 + \int Capacity\ entry(t) dt$$

$$Consumption = Agriculture + Domestic + Industrial + Others$$

$$System\ margin = \frac{Production\ capacity - Consumption}{Consumption}$$

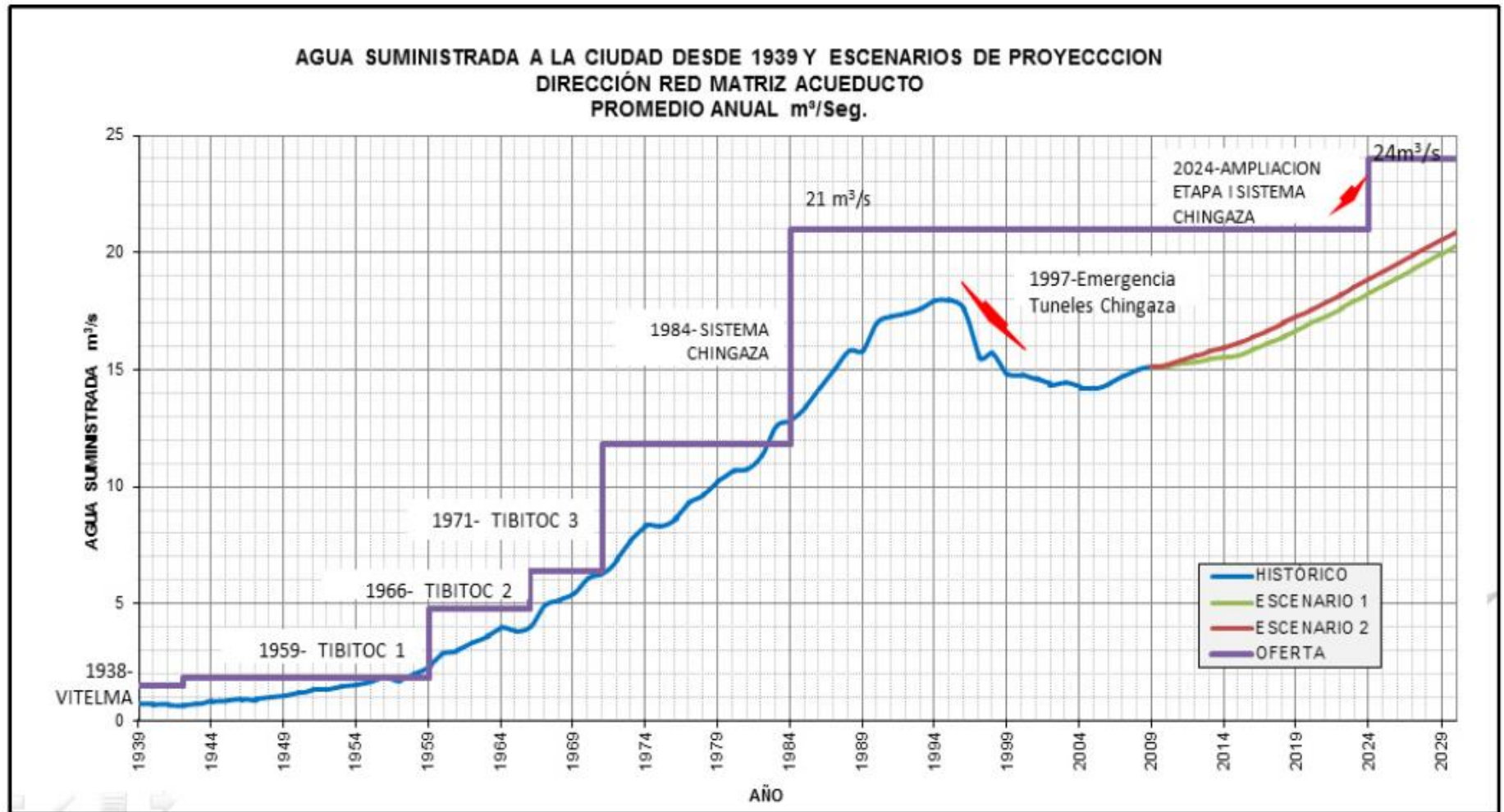
Condiciones iniciales

Variable	Dato [unidades]	Fuente
Consumo	778,291 Mm3/año	Huitaca-CAR (2017) Jimenez (2017) ENA (2015)
Capacidad de producción	860 Mm3/año	Huitaca-CAR (2017) EAB-QUINAXI (2014) Villegas (2003)
Margen del Sistema	10,3%	Cálculo propio
Tarifas de consumo suntuario	1 (se aplican; 0 no se aplican)	Sistema único de Información de Servicios Públicos SUI. (fecha de consulta 27.02.2018)
Concesiones	1 (se aplican; 0 no se aplican)	Huitaca-CAR (2017)
Población	8'728.277	DANE 2005 proyecciones a 2015
Crecimiento poblacional	1,5%	Tasa de crecimiento promedio desde 2000

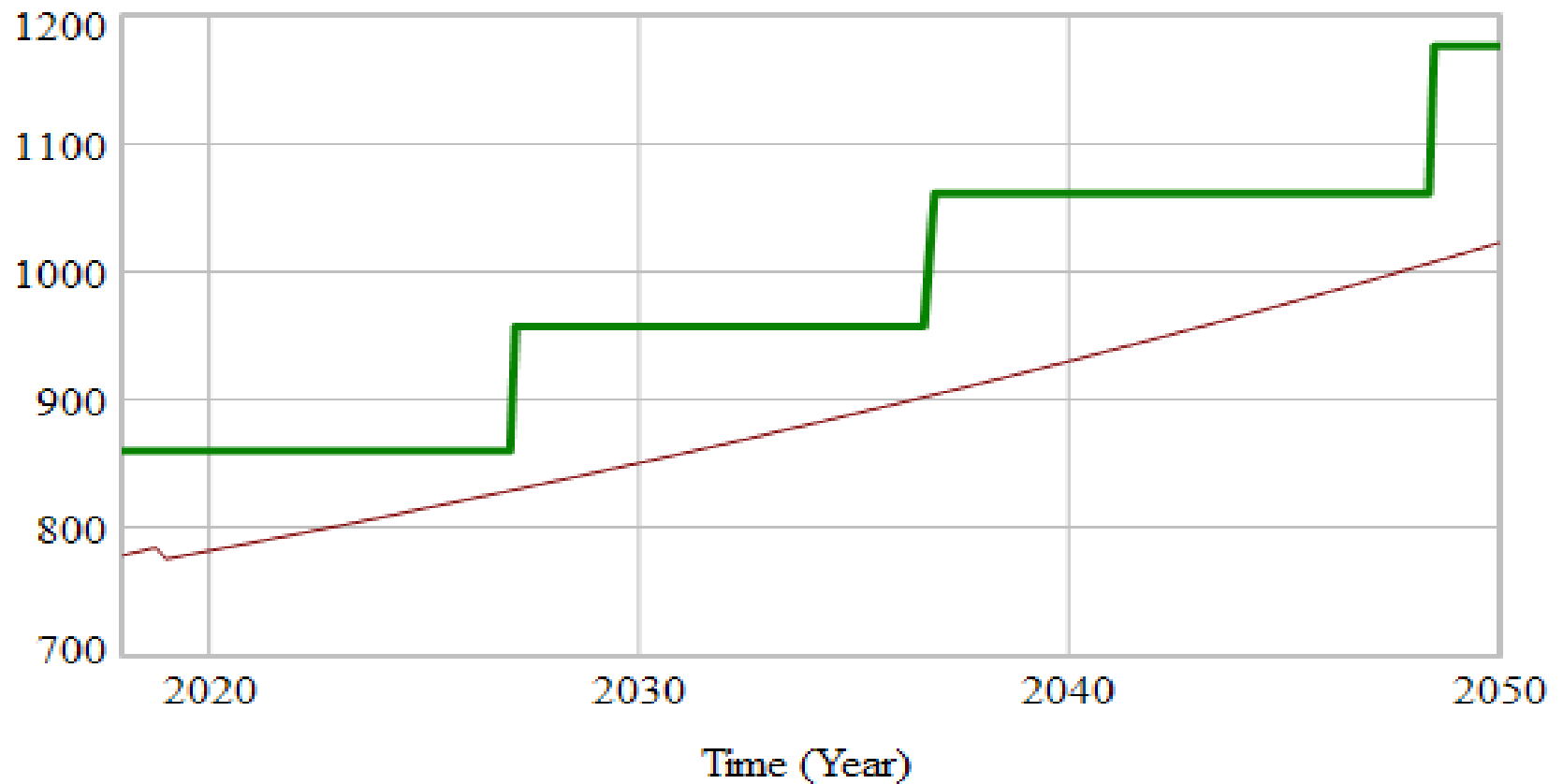
Supuestos

- La ampliación de capacidad toma entre 5 y 9 años cada obra
- La demanda de agua de cada sector (domiciliaria, industrial, agrícola y otros), crece según la tasa promedio anual de los últimos 10 años.
- El crecimiento de la demanda de agua para el sector agrícola e industrial no depende del crecimiento de la economía
- Los hogares o suscriptores domésticos están conformados por cuatro personas cada uno (DANE, 2010)
- Es posible accionar dos políticas sobre el recurso hídrico al mismo tiempo.

Modo de referencia



Resultados de simulación BAU



— ☒ Consumption : Current

— ☒ Production Capacity : Current

Conclusiones preliminares

- En un primer escenario, se observa que la relación dinámica entre consumo y la oferta no presenta inminencia de desabastecimiento
- La evolución del sistema de abastecimiento – uso muestra un comportamiento similar a las predicciones de los ejercicios de EAB.
- Cuando se introducen años secos (y sin todas las consideraciones que habría que tener) las se pueden presentar situaciones de desabastecimiento si la política pública no se hace más estricta en el consumo o la ampliación de la capacidad crece como históricamente se ha venido presentando

Agradecimientos



Referencias (1/2)

- Buytaert, W., & De Bièvre, B. (2012). Water for cities: The impact of climate change and demographic growth in the tropical Andes. *WATER RESOURCES RESEARCH*, VOL. 48, 1-13.
- Díaz, C. (2011). *METABOLISMO DE LA CIUDAD DE BOGOTÁ D.C.: UNA HERRAMIENTA PARA EL ANÁLISIS DE LA SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL URBANA*. Bogotá: Tesis elaborada como requisito académico para optar al título de: Magister en Medio Ambiente y Desarrollo.
- GONZÁLEZ-MORENO, L. V., ARAGÓN-PINZÓN, A. M., & MORENO-GARCÍA, R. (2015). *DETERMINAR LA VULNERABILIDAD AL DESABASTECIMIENTO HÍDRICO DEL PARAMO GUERRERO Y ESTABLECER LAS POSIBLES MEDIDAS DE ADAPTACION Y MITIGACIÓN*. Bogotá: Tesis de especialización en recursos hídricos.
- Guhl-Naneitti, E. (2013). *La región hídrica de Cundinamarca-Bogotá. Una propuesta conceptual*. Bogotá: Acueducto de Bogotá - Quinaxi.
- Huitaca consorcio - CAR. (2017). *AJUSTE DEL PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA CUENCA DEL RÍO BOGOTÁ*. Bogotá: CAR.
- IDEAM. (2015). *Estudio Nacional del Agua 2014*. Bogotá: IDEAM.
- Ivanova, Y. (2013). *EVALUACIÓN DE LA HUELLA HÍDRICA DE LA CIUDAD DE BOGOTÁ COMO UNA HERRAMIENTA DE GESTIÓN DEL RECURSO HÍDRICO EN EL ÁREA URBANA*. Bogotá: Tesis de Maestría en Gestión Ambiental.
- Instituto Alexander von Humboldt. (2016). *Recomendación para la delimitación, por parte del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, del Complejo: Complejo de Páramos de Cruz Verde-Sumapaz / de Páramos de Chingaza a escala 1:25.000*. Bogotá: Instituto de investigación de recursos biológicos Alexander von Humbolt y Fondo de Adaptación.

Referencias (2/2)

- IDEAM. (2000). *Estudio Nacional del agua*. Bogotá: IDEAM.
- IDEAM. (2010). *Estudio Nacional del Agua 2010*. Bogotá: IDEAM.
- 11 de las grandes urbes con más probabilidad de quedarse sin agua potable. <http://www.mientrastantoenmexico.mx/las-11-ciudades-estan-riesgo-quedarse-sin-agua-potable/>
- Pérez-Hernández, E. (1998). La crisis del agua en Bogotá. *Bitácora Urbano Regional*. Universidad Nacional de Colombia Facultad de Artes, Departamento de Urbanismo, 55-59.
- Pérez-Preciado, A. (2000). El problema del Río Bogotá. En A. Pérez-Preciado, *Bogotá y Cundinamarca : expansión urbana y sostenibilidad* (págs. 21-60). Bogotá.
- Uribe, E. (2005-6). The allocation of water resources in the Bogotá Savanna region: case study. *Documento CEDE*, 1-30.