

# Proyección de poblaciones carcelarias

SERGIO DAVID SOLANO BEJARANO<sup>a</sup>  
AUTHOR

BEATRIZ PIEDAD URDINOLA CONTRERAS<sup>b</sup>  
ADVISOR

DEPARTAMENTO DE ESTADÍSTICA, FACULTAD DE CIENCIAS, UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA, BOGOTÁ, COLOMBIA

---

## Abstract

Se presenta una propuesta de tesis en la proyección de poblaciones carcelarias, que pretende comparar el ajuste de los métodos de Proyección de poblaciones pequeñas, el análisis de series de tiempo y los modelos estado espacio. Se comparan los datos con simulación Monte-Carlo y se estima cada modelo con los datos de población carcelaria de Colombia 1991-2016.

**Key words:** Poblaciones pequeñas, Poblaciones Carcelarias, Series de tiempo.

## Resumen

We present a thesis proposal on the projection of prison populations. We compare the adjustment of Subnational Populations Methods, Time Series Analysis and State-Space models. We compare the results using Monte-Carlo Simulation and apply these methods with Colombian data from 1991 to 2016.

**Palabras clave:** Subnational populations, Prison populations, Time Series Analysis.

## 1. Introducción

La población carcelaria es el grupo poblacional que se encuentra privado de la libertad en una institución penitenciaria. Dentro de esta población, a aquellos a la espera de juicio se les denomina sindicados, y condenados a quienes están cumpliendo una sentencia.

En Colombia el INPEC (Instituto Nacional Penitenciario y Carcelario), que "es la institución pública administradora del sistema penitenciario y carcelario del país" (Instituto Nacional Penitenciario y Carcelario 2016), publica periódicamente la serie histórica de población carcelaria, que da cuenta de la población al cierre de cada mes desde 1991 hasta la fecha, separada por situación judicial (sindicados, condenados) y género.

Con base en estos datos el CONPES 3828 anota que "el promedio anual de crecimiento de la Población Privada de la Libertad (PPL) entre 1993 y 2014 fue de 9,43% para la población condenada y 4,91% para la sindicada" (Departamento Nacional de Planeación 2015); ambas tasas están muy por encima del 1,18% anual, crecimiento poblacional nacional estimado por el DANE para el quinquenio 2005-2010 (DANE 2009). El aumento por encima de la población nacional sugiere dinámicas de crecimiento diferentes al resto de la población.

---

<sup>a</sup>Estudiante. E-mail: sdsolanob@unal.edu.co

<sup>b</sup>Profesor. E-mail: bpurdinolac@unal.edu.co

De otra parte el mismo documento observa que "en el periodo 1993-2014 la proporción de cupos habilitados creció en 173,59%, mientras la población privada de la libertad (PPL) creció en un 315,39%." (Departamento Nacional de Planeación 2015). El crecimiento acelerado de la población carcelaria, por encima de la oferta de cupos implica un incremento del hacinamiento.

El CONPES 3828 de 2015 realiza, además, proyecciones de la población carcelaria a través de un modelo de crecimiento exponencial con tasa de crecimiento de 7,23% anual. Este tipo de modelos, aunque ampliamente usados en proyecciones de población, no resulta conveniente cuando la tasa de crecimiento no es estable a través del tiempo y depende de variables exógenas como: la población nacional, su estructura etaria, las características del sistema penitenciario y del sistema judicial.

En este contexto resulta necesario contar con proyecciones de la población carcelaria en diferentes escenarios, para determinar la necesidad de cupos en el corto y mediano plazo. Tales proyecciones deben tener en cuenta las dinámicas propias del sistema carcelario y deben permitir estimar el impacto de modificaciones a la política criminal y carcelaria. Este problema se ha abordado anteriormente desde el estudio de poblaciones pequeñas.

Las poblaciones que se estiman y proyectan a un nivel menor que el nacional se conocen como poblaciones pequeñas (ciudad, departamento, etc...). Dentro de las poblaciones pequeñas se encuentran poblaciones especiales que "se localizan en un área especial por una acción legislativa o administrativa". (Swanson & Tayman 2012). La población carcelaria es un tipo de población especial cuyos componentes: nacimientos y defunciones no necesariamente siguen los patrones biológicos que dan vida al modelo exponencial y requieren el uso de técnicas diferentes que permitan un mejor ajuste.

Las series de población carcelaria disponibles para Colombia son mediciones de la población al cierre de mes, agrupada por situación judicial y género.

Los proyecciones de población suelen incluir las tasas de nacimiento, migración y mortalidad. En el caso de las poblaciones carcelarias, los equivalentes serían la tasa de ingreso al sistema, la tasa a la que son juzgados y la duración de las penas, que determina la tasa de salida de los condenados. En el caso de Colombia estos datos no son libres, por lo tanto el modelo debe permitir estimar las tasas no observadas. Adicionalmente, estas tasas no son constantes a través del tiempo, pues dependen de la estructura del sistema judicial y del sistema carcelario.

Este trabajo busca ofrecer proyecciones de población carcelaria de corto y mediano plazo, comparando los modelos de: series de tiempo, modelos estado espacio y métodos de proyección de poblaciones pequeñas.

## 2. Objetivos

### 2.1. Objetivo General

Comparar el ajuste de los métodos clásicos de proyección de poblaciones pequeñas (ration-correlation, Censal-ration methods) con el ajuste de series de Tiempo ARMAX y de modelos Estado-Espacio, para la población carcelaria de Colombia 1991-2016.

### 2.2. Objetivos Específicos

- Modelar la población carcelaria usando los métodos de ratio-correlation y censal-ratio.
- Modelar el comportamiento de la población carcelaria a través de series de tiempo ARIMA y ARIMAX, suponiendo tasas de transición estables.
- Aplicar modelos estado espacio para estimar las tasas de transición, cuando: son no observadas, varían en el tiempo y tienen correlación con variables exógenas.
- Comparar el ajuste de los tres métodos a través de simulación Montecarlo.

- Aplicar los métodos descritos en los objetivos anteriores, a los datos de población carcelaria colombiana 1991-2016.

### 3. Revisión de Literatura

En 2016 Colombia ocupa el puesto catorce entre doscientos cincuenta y un países por el tamaño de su población carcelaria (120 914 hbts.) y el cincuenta y uno según la tasa de encarcelamiento (240 por cada 100.000 hbts). Tasa que pasó de 51,5 en el año 2000 a 240 por cada 100.000 hbts en 2016. Con una ocupación del 154% de las plazas disponibles, resulta relevante contar con proyecciones de la población carcelaria en el corto, mediano y largo plazo. (Institute for Criminal Policy Research 2016)

#### 3.1. Proyecciones de población

"Una estimación poblacional consiste en determinar el tamaño o las características de una población, para el momento actual o para uno anterior, en ausencia de información. Cuando se realizan un conjunto de supuestos sobre el comportamiento de los vitales hacia el futuro, hablamos de proyección, y cuando se escoge un escenario como el más probable, hablamos de pronóstico"(Swanson & Tayman 2012)

Para incluir la incertidumbre en las proyecciones de población Lee enumera los siguientes métodos (Lee & Tuljapurkar 1994):

- El enfoque de escenarios alto, medio y bajo: Asume comportamientos fijos para la fertilidad, la mortalidad y las migraciones durante el periodo de proyección, basado en algunos supuestos.(Lee & Tuljapurkar 1994)
- Análisis estocásticos
  - ◊ Análisis ex-post: consiste en evaluar el error de pronóstico en proyecciones anteriores y aplicarlo a las nuevas proyecciones.(Lee & Tuljapurkar 1994)
  - ◊ Simulación estocástica: Permite hacer proyecciones de población, al asignar una distribución de probabilidad a las tasas vitales (mortalidad, natalidad, migraciones). (Lee & Tuljapurkar 1994)
  - ◊ Modelos estocásticos de la tasa de crecimiento: Consiste en estimar la tasa de crecimiento del total de la población; aunque permite estimar intervalos de confianza, no permite separar la proyección de las tasas vitales, ni de las franjas etarias. (Lee & Tuljapurkar 1994)
  - ◊ Matrices de Leslie con modelos estimados para las tasas vitales: Al usar matrices de Leslie se estima la población por rangos etarios para un instante  $i$ , y se calcula la población en el instante  $i + 1$  aplicando la natalidad y la mortalidad proyectadas para el periodo  $i$ . Puesto que las series de población carcelaria no se publican separadas por edad, no se abordará esta técnica.

#### 3.2. Proyección de poblaciones pequeñas

La proyección de áreas pequeñas es entendida como la proyección a un nivel geográfico menor al nacional. Estas proyecciones pueden incluir, departamentos, ciudades o poblaciones especiales. (Swanson & Tayman 2012) "Una población especial es un grupo poblacional que se encuentra restringido a un área por una medida administrativa o legislativa. Dentro de los grupos usualmente considerados se encuentran las prisiones, universidades, hospitales e instituciones militares". (Swanson & Tayman 2012). "Las poblaciones especiales suelen tener una estructura etaria y de sexo, y unos vitales diferentes al resto de la población; además no suelen envejecer en el mismo lugar, lo que permite mantener una estructura etaria que no varía a través del tiempo." (Swanson & Tayman 2012).

### 3.3. Proyecciones de población carcelaria

Las proyecciones de poblaciones carcelarias oficiales analizadas corresponden, en buena parte, a los métodos expuestos en los capítulos anteriores.

En Colombia (CONPES 3828) se proyectó la población carcelaria usando la tasa media de crecimiento anual (1993-2014). (Departamento Nacional de Planeación 2015) Esta proyección no tiene en cuenta la incertidumbre asociada con las variaciones aleatorias en las tasas, ni las asociadas a cambios estructurales.

Reino Unido hasta 2015 realizaba una proyección por escenarios (alto, medio y bajo), año en el cual cambió a un modelo de proyección de la media y su incertidumbre. La incertidumbre se incluyó a través de un análisis ex-post, de la desviación de la proyección en años anteriores. (Justice 2014)

El departamento de Justicia de los Estados Unidos realizó estimaciones de la población carcelaria por estado para el periodo 2013-2014. Las estimaciones parten del censo de prisiones 1993-2014. Estas proyecciones se puede enmarcar dentro de las proyecciones de áreas pequeñas. (Minton et al. 2015)

El bureau de estadísticas e investigación del crimen en Australia proyecta las tasas de arresto y sentencia usando modelos ARIMA; a partir de estas tasas proyecta la población carcelaria. Estas proyecciones incluyen un periodo de validación de tres años. Los resultados mostraban que la serie real se encuentra dentro de los intervalos de confianza de la proyección, cercano a la proyección de la media. (Wanl et al. n.d.)

Blummstein desarrolla un método de proyección basado en los componentes demográficos, tasas específicas de arresto por delito y reincidencias, a partir de estos datos proyecta el tamaño y la composición de las poblaciones. (Blumstein et al. 1980)

Con los datos libres disponibles en Colombia no se podría utilizar el enfoque ARIMA ni el método de Blummstein, pues las tasas de encarcelamiento y sentencia no se publican. La tesis busca proponer un método de proyección, para situaciones donde no se cuenta con el registro de los vitales o su equivalente en la población analizada.

### 3.4. Series de tiempo ARIMA, ARMAX

El análisis de las series tiempo de poblaciones carcelarias de tiempo ARIMA y ARMAX se tomará de Tsay (2002).

### 3.5. Modelos Estado-Espacio

Tomado de (Lütkepohl 2005) :

En un modelo estado espacio "una serie de tiempo (multiple) observada  $y_1, \dots, y_t$  depende de un estado  $z_t$ , posiblemente no observado, que se comporta siguiendo un proceso estocástico. La relación entre  $y_t$  y  $z_t$  está dada por la *ecuación de medida*: " (Lütkepohl 2005)

$$y_t = H_t z_t + v_t$$

"donde  $H_t$  es una matriz que puede o no depender del tiempo  $t$  y  $v_t$  es el error de observación, que se asume usualmente como un proceso de ruido. El vector de estado es generado como:

$$z_t = B_{t-1} z_{t-1} + w_{t-1}$$

La matriz  $B_t$  es una matriz de coeficientes que puede depender de  $t$  y  $w_t$  es un proceso de ruido." (Lütkepohl 2005)

## 4. Metodología

El trabajo consistiera en modelar el sistema carcelario colombiano según diferentes enfoques y comparar el ajuste de las proyecciones logradas con cada método.

Así, se utilizarán los métodos:

- Método de Ratio-Correlation
- Método de Censal-Ratio
- Modelos ARIMA y ARMAX.
- Modelos Estado-Espacio.

En cada uno de los métodos se seguira el siguiente procedimiento:

- Definición del modelo, definición de variables exógenas relevantes.
- Estimación de los parámetros del modelo, contra datos simulados. Análisis de bondad de ajuste.
- Aplicación con los datos de población Carcelaria en Colombia 1991-2016.

### Modelado

A partir de la estructura del sistema penal, se propone el siguiente modelo base, qué se ajustará según las capacidades de cada método de estimación.

$$\begin{aligned} S_t &= S_{t-1} + \alpha N_t - \phi S_{t-1} - \gamma S_{t-1} + \epsilon_1 t \\ C_t &= C_{t-1} - \phi C_{t-1} - \omega C_{t-1} + \beta \gamma S_{t-1} + \epsilon_2 t \end{aligned}$$

$N_t$  = población nacional en el periodo t

$S_t$  = población de sindicados en el periodo t

$C_t$  = población de condenados en el periodo t

$\alpha$  = proporción de la población libre que ingresa al sistema carcelario

$\gamma$  = proporción de sindicados que es juzgada cada periodo

$\beta$  = proporción de sindicados que han sido encontrados culpables durante el juicio

$\omega$  = proporción de condenados que cumplen su pena cada periodo

$\omega$  = proporción de condenados que cumplen su pena cada periodo

$\epsilon_1 t$  = error en la serie de Sindicados

$\epsilon_2 t$  = error en la serie de Condenados

$\phi$  = mortalidad mensual

Este modelo tiene los siguientes supuestos:

- Las tasas se suponen constantes a través del tiempo.
- El efecto de los cambios en la población carcelaria sobre la población total es despreciable.

Activities	Months											
	Jul-16	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene-17	Feb	Mar	Abr	May	Jun
Revisión de literatura	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Análisis preliminar de datos	•											
Ajuste series de tiempo ARIMA		•	•									
Aplicación de visualización de escenarios				•								
Elaboración de propuesta				•								
Ajuste de modelos de poblaciones pequeñas					•							
Revisión literatura modelos estado espacio						•	•	•				
Estimación de modelos estado espacio									•			
Consolidación de documento de tesis	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•

## 5. Cronograma

## References

- Blumstein, A., Cohen, J. & Miller, H. D. (1980), ‘Demographically disaggregated projections of prison populations’, *Journal of Criminal Justice* **8**(1), 1–26.
- DANE (2009), ‘Estimaciones población DANE’.  
[\\*http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/poblacion/seriesp85\\_20/EstimacionesProyecciones1985\\_\\_020.xls](http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/poblacion/seriesp85_20/EstimacionesProyecciones1985__020.xls)
- Departamento Nacional de Planeación (2015), ‘Conpes 3828 POLÍTICA PENITENCIARIA Y CARCELARIA EN COLOMBIA’.
- Institute for Criminal Policy Research (2016), ‘Colombia | World Prison Brief’.  
[\\*http://www.prisonstudies.org/country/colombia](http://www.prisonstudies.org/country/colombia)
- Instituto Nacional Penitenciario y Carcelario (2016), ‘Plan de direccionamiento estratégico 2015-108, Mision y Vision’.  
[\\*http://www.inpec.gov.co/portal/page/portal/Inpec/Institucion/FormulacionEstrategica/MisionVision](http://www.inpec.gov.co/portal/page/portal/Inpec/Institucion/FormulacionEstrategica/MisionVision)
- Justice, M. (2014), ‘Prison Population Projections 2014 – 2020, England and Wales’, *Home Office Statistical Bulletin* (November), 31.
- Lee, R. D. & Tuljapurkar, S. (1994), ‘Stochastic Population Forecasts for the United States: Beyond High, Medium, and Low’, *Journal of the American Statistical Association* **89**(428), 1175.  
[\\*http://www.jstor.org/stable/2290980?origin=crossref](http://www.jstor.org/stable/2290980?origin=crossref)
- Lütkepohl, H. (2005), State Space Models, in ‘New Introduction to Multiple Time Series Analysis’, Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, pp. 611–642.  
[\\*http://link.springer.com/10.1007/978-3-540-27752-1\\_18](http://link.springer.com/10.1007/978-3-540-27752-1_18)

- Minton, T. D., Statistician, B., Ginder, S., Brumbaugh, S. M., Smiley-Mcdonald, H. & Rohloff, H. (2015), 'Census of Jails: Population Changes, 1999–2013'.  
\*<https://www.bjs.gov/content/pub/pdf/cjpc9913.pdf>
- Swanson, D. A. & Tayman, J. (2012), *Subnational Population Estimates*, Vol. 31 of *The Springer Series on Demographic Methods and Population Analysis*, Springer Netherlands, Dordrecht.  
\*<http://link.springer.com/10.1007/978-90-481-8954-0>
- Tsay, R. S. (2002), *Analysis of Financial Time Series*, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, NJ, USA.  
\*<http://doi.wiley.com/10.1002/0471264105>
- Wan1, W.-Y., Moffatt2, S., Xie3, Z., Corben, S. & Weatherburn, D. (n.d.), Forecastin prison populations using sentencing and arrest data, Technical report.