

Proyección de poblaciones carcelarias en Colombia

SERGIO DAVID SOLANO BEJARANO^a
AUTOR

B. PIEDAD URDINOLA CONTRERAS^b
DIRECTOR

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

Resumen

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

Palabras clave: Poblaciones pequeñas, Poblaciones Carcelarias, Series de tiempo.

Abstract

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.

Key words: 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 1,35 % anual, crecimiento poblacional nacional estimado por el DANE para el periodo 1993 a 2014 (DANE 2009). El aumento por encima de la población nacional sugiere dinámicas de crecimiento diferentes al resto de la población.

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

^aEstudiante de la Maestría en Ciencias - Estadística. E-mail: sdsolanob@unal.edu.co

^bProfesora Asociada. E-mail: bpurdinolac@unal.edu.co

de cupos implica un incremento del hacinamiento, lo que a su vez podría incidir en problemas de salud y de orden al interior de las instituciones carcelarias.

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, de forma que permitan una mejor planeación de la cantidad y/o tamaño de los centros carcelarios. Este problema se ha abordado anteriormente desde el estudio de poblaciones pequeñas. (Swanson & Tayman 2012)

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, la mortalidad 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

El objetivo de la tesis es generar proyecciones de población, tratando la serie de tiempo de poblaciones carcelarias como un proceso SARIMA y como una serie de tiempo estructural, estimando los parámetros de un modelo estado espacio.

2.2. Objetivos Específicos

- Proyectar la población carcelaria usando los métodos de ratio-correlation y censal-ratio.
- Proyectar el comportamiento de la población carcelaria a través de series de tiempo SARIMA.
- 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 hbs.) y el cincuenta y uno según la tasa de encarcelamiento (240 por cada 100.000 hbs). Tasa que pasó de 51,5 en el año 2000 a 240 por cada 100.000 hbs 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". Este tipo de población puede 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. Aplicaciones nacionales e internacionales

Las proyecciones de poblaciones carcelarias oficiales analizadas corresponden, en buena parte, a los métodos expuestos en los capítulos anteriores: Proyecciones por escenarios, proyección de la tasa de crecimiento, modelos ARIMA para las tasas de ingreso y salida.

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.

El 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 (Wan1 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

Una serie de tiempo es un conjunto de observaciones x_t asociadas a un instante de tiempo t . Es usual referirse como series de tiempo, tanto a las realizaciones x_t como a las variables aleatorias X_t que las generan. (Brockwell 2011)

En una regresión lineal clásica, una variable Y es explicada o predicha en función de una variable X . La diferencia entre el valor observado y_i y el valor predicho se suponen provenientes de un proceso aleatorio con media cero. (Commandeur & Koopman 2007)

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_i + \epsilon_i \quad (1)$$

Donde $\{\epsilon_1, \epsilon_2, \dots\}$ son independientes e idénticamente distribuidas (i.i.d.). Es posible representar una serie de tiempo en esta forma, tomando como variable explicativa el tiempo. Sin embargo, el análisis de series de tiempo se ha desarrollado como un área particular de la estadística, pues es este supuesto no suele cumplirse, enfocándose particularmente en variables aleatorias dependientes, que pueden ser representadas en la forma (Brockwell 2011):

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 Y_1 + \beta_2 Y_2 + \dots + \beta_{i-1} Y_{i-1} + \epsilon_i \quad (2)$$

Para medir la dependencia entre las observaciones recurrimos a la función de autocovarianza y a la función de autocorrelación. La función de autocovarianza se define como:

$$\gamma(h, h+k) = \text{cov}(x_h, x_{h+k}) = E[(x_h - \mu_h)(x_{h+k} - \mu_{h+k})] \quad (3)$$

para todo h y k mayor a cero. La autocovarianza mide la dependencia lineal entre dos puntos en la misma serie en diferentes instantes. (Shumway & Stoffer n.d.).

La función de autocorrelación se define como (Shumway & Stoffer n.d.):

$$\rho(h, h+k) = \frac{\gamma(h, h+k)}{\sqrt{\gamma(h, h)\gamma(h+k, h+k)}} \quad (4)$$

Para poder realizar predicciones sobre el estado futuro de una serie de tiempo, es necesario suponer que el comportamiento de la serie es estable a través del tiempo, incluso con un componente aleatorio. La estacionaridad es el concepto que permite articular esta necesidad. Estamos ante un **proceso estacionario** cuando las variables $\{X_1, \dots, X_k\}$ tienen la misma distribución conjunta que $\{X_{h+1}, \dots, X_{h+k}\}$, para todos los enteros h y k . (Brockwell 2011)

La estacionaridad débil se presenta cuando $E[X_j]$ y $E[X_j X_{j+h}]$ son independientes de j , es decir: i) Presenta media μ constante e independiente de t ii) La función de autocovarianza $\gamma(h, h+k)$ depende solamente de la cantidad de pasos que separa las observaciones (k). (Shumway & Stoffer n.d.)

3.5. Modelos ARIMA

Box & Jenkins proponen una aproximación iterativa de cuatro etapas para la selección de un modelo (Box et al. 2013):

- Selección de una clase de modelos, con base en la teoría y la práctica.
- Identificación del modelo, donde se seleccionan un conjunto de parámetros que permitan explicar el sistema con parsimonia.
- Estimación de parámetros.
- Chequeo diagnóstico, para detectar fallas en el ajuste. Si se detectan fallas en el ajuste, se regresa al segundo paso.

Los procesos ARMA son procesos aleatorios de la forma (Shumway & Stoffer n.d.) :

$$Y_t = \gamma Y_{t-1} + \gamma_2 Y_{t-2} \dots + \gamma_i Y_{t-i} + \epsilon + \theta_1 \epsilon_{t-1} + \theta_2 \epsilon_{t-2} \dots \theta_j \epsilon_{t-j} \quad (5)$$

A este modelo se le conoce como ARMA(i,0,j).

Los procesos ARIMA resultan al considerar una serie de la forma (Shumway & Stoffer n.d.):

$$Y_t = \alpha + Y_{t-1} \quad (6)$$

Tal que el proceso $Y_t - Y_{t-1}$ es un proceso ARMA.

Los criterios para identificar el orden de un ARMA son (Brandimarte 2011):

- Cuando la función de autocorrelación (ACF) se reduce progresivamente, y la función de autocorrelación parcial(PACF) no tiene picos en lags luego de p , es un proceso autoregresivo de orden p AR(p)
- Cuando la función de autocorrelación tiene un pico en el lag q , y la función de autocorrelación parcial se reduce progresivamente, es un proceso de media mmovil de orden q MA(q)
- Si ambas funciones se reducen gradualmente, se trata de un ARMA (p,q)

3.6. 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)

$$y_t = H_t z_t + v_t \quad (7)$$

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:

$$z_t = B_{t-1} z_{t-1} + w_{t-1} \quad (8)$$

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

Es posible considerar los modelos estado-espacio una generalización de los modelos ARIMA y VARMA.

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.
- Modelos Estado-Espacio.

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

- identificación del modelo
- estimación de parámetros
- validación de la bondad de ajuste, para la población carcelaria 1991-2016
- comparación de los métodos con datos simulados.

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.

$$S_t = S_{t-1} + \alpha N_t - \phi S_{t-1} - \gamma S_{t-1} + \epsilon_1 t \quad (9)$$

$$C_t = C_{t-1} - \phi C_{t-1} - \omega C_{t-1} + \beta \gamma S_{t-1} + \epsilon_2 t \quad (10)$$

N_t = población nacional en el periodo t

S_t = población de sindicatos en el periodo t

C_t = población de condenados en el periodo t

α = proporción de la población libre que ingresa al sistema carcelario

γ = proporción de sindicatos que es juzgada cada periodo

β = proporción de sindicados que han sido encontrados culpables durante el juicio

ω = proporción de condenados que cumplen su pena cada periodo

ω = 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

ϕ = 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.

No obstante, estos supuestos deben relajarse en la medida que los diferentes modelos permitan identificar cambios de nivel o cambios estructurales.

5. Cronograma

Activities	Months											
	Jul-16	Ago	Sep	Oct	Nov...	Feb- 17	Mar	Abr	May	Jun...	Ago	Sep
Revisión de literatura	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Análisis preliminar de datos	•											
Identificación, estimación y proyección de modelos 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	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•

Referencias

Blumstein, A., Cohen, J. & Miller, H. D. (1980), 'Demographically disaggregated projections of prison populations', *Journal of Criminal Justice* 8(1), 1–26.

Box, G. E. P., Jenkins, G. & Reinsel, G. (2013), *Time series analysis: forecasting and control*.

*http://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=jyrCqMBW_owC&oi=fnd&pg=PP1&dq=Time+Series+Analysis+icFOJ_&sig=yn6Qb8fm3ssHHtDkYkc1EdtqJCo

- Brandimarte, P. (2011), Time Series Models, in 'Quantitative Methods: An Introduction for Business Management', Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, pp. 527–579.
*http://link.springer.com/10.1007/978-3-642-04898-2_153
- Brockwell, P. J. (2011), Time Series, in 'International Encyclopedia of Statistical Science', Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, pp. 1601–1605.
*http://link.springer.com/10.1007/978-3-642-04898-2_595
- Commandeur, J. J. & Koopman, S. J. (2007), 'An Introduction to State Space Time Series Analysis', p. 189.
- DANE (2009), 'Estimaciones población DANE'.
*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>
- Instituto Nacional Penitenciario y Carcelario (2016), 'Plan de direccionamiento estratégico 2015-108, Misi{ó}n y Visi{ó}n'.
*<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>
- Lütkepohl, H. (2005), *New Introduction to Multiple Time Series Analysis*, Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg.
*<http://link.springer.com/10.1007/978-3-540-27752-1>
- 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>
- Shumway, R. H. & Stoffer, D. S. (n.d.), *Time Series Analysis and Applications*.
*<http://www.stat.pitt.edu/stoffer/tsa4/>
- 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>
- Wan1, W.-Y., Moffatt2, S., Xie3, Z., Corben, S. & Weatherburn, D. (n.d.), Forecastin prison populations using sentencing and arrest data, Technical report.