

Proyección de los índices de criminalidad de los delitos del fuero común: una representación sobre un sistema de información geográfica para la Ciudad de México

César Hernández Anaya

Universidad Autónoma del Estado de México, Centro Universitario UAEM Valle de México, Boulevard Universitario S/N Predio San Javier, Atizapán de Zaragoza, C.P. 54400, Estado de México, México,
Teléfonos: (01 55) 58 27- 03-61 o 58 27-05-79
cesar.h.anaya@gmail.com

Héctor Rafael Orozco Aguirre

Universidad Autónoma del Estado de México, Centro Universitario UAEM Valle de México, Boulevard Universitario S/N Predio San Javier, Atizapán de Zaragoza, C.P. 54400, Estado de México, México,
Teléfonos: (01 55) 58 27- 03-61 o 58 27-05-79
hrorozcoa@uaemex.mx

Resumen

Este artículo tiene como finalidad realizar una proyección anual basada en un nuevo esquema de series de tiempo de los índices de criminalidad totales respecto a los delitos del fuero común de la Ciudad de México, también llamada Distrito Federal, tomando como base los últimos datos reportados por el gobierno federal. Esta proyección pretende mostrar tendencias del índice del crimen para cada delegación del Distrito Federal. La representación de los índices se plasma en un Sistema de Información Geográfica de la Ciudad de México, dividido por regiones coloreadas, una para cada delegación, el cual permite identificar para cada delegación o región su contraste en color, acorde a su índice de criminalidad y en comparación con las que es

colindante. Esta comparación permite identificar puntos rojos, y aquellos que están cerca o lejos de serlo.

Palabra(s) Clave(s): criminalidad, Distrito Federal, fuero común, proyección, sistema de información geográfica.

1. Introducción

En México, el gobierno federal, a través del Secretariado Ejecutivo del Sistema Nacional de Seguridad Pública [1], proporciona en su sitio Web los datos de incidencia delictiva municipal para cada una de las 32 entidades federativas del país. Los datos que interesan son los que se encuentran organizados con base en las distintas modalidades de los delitos pertenecientes al fuero común [2]. Esta organización es para agrupar los totales registrados en cada mes reportado.

A partir de esta información proporcionada, es necesario identificar las regiones con mayor incidencia en el país, para realizar análisis de su comportamiento y generar una proyección, con la finalidad de proporcionar herramientas que apoyen la toma de decisiones y la ejecución de acciones para que se disminuyan y prevengan los delitos en estas zonas.

Cabe mencionar, que el Instituto Nacional de Estadística y Geografía proporciona información recopilada en encuestas de la apreciación de los habitantes respecto a la seguridad. Con esta información, no se pueden generar proyecciones del comportamiento delictivo. Además, en la actualidad no existen trabajos de análisis delictivo que se centren en las regiones con mayor incidencia, ni mucho menos apoyados por Sistemas de Información Geográfica.

En México, se tienen identificadas tres principales áreas conurbadas [3], estas zonas agrupan los municipios con la mayor cantidad de delitos registrados y son las siguientes: Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM), Zona Metropolitana de Monterrey y la Zona Metropolitana de Guadalajara. Cabe mencionar que estas regiones

también corresponden a las de mayor densidad poblacional, comúnmente llamadas zonas conurbadas [4]. En el caso del Distrito Federal, este se encuentra dividido políticamente en 16 delegaciones (ver Fig. 1).

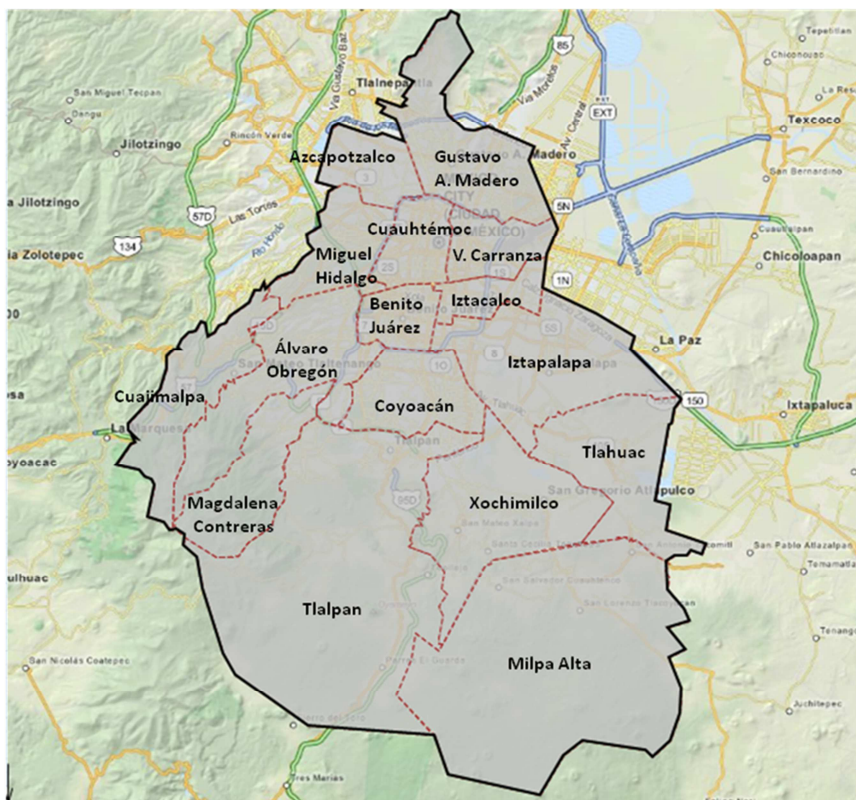


Fig. 1. Distrito Federal dividido en sus 16 delegaciones.

Debido a la importancia que representa para el gobierno federal, el tema de criminalidad como elemento determinante en el desarrollo económico; el presente artículo se enfoca en el análisis de los delitos de la Ciudad de México, o bien nombrada, Distrito Federal [5]. Para este fin, fueron tomados los datos reportados para delitos del fuero común durante el período comprendido entre Enero de 2011 y Febrero de 2015 de dicha entidad federativa.

A continuación, se da una breve descripción del tratamiento que se debe dar a los datos recabados. Inicialmente, es necesario realizar un filtrado de todas las delegaciones, junto con sus datos pertenecientes; posteriormente, será posible obtener de dicho

filtrado, la totalidad de delitos, independientemente de su modalidad; con los totales, ahora se tiene que proceder a organizar los datos como series de tiempo; finalmente, se debe realizar una proyección anual de hasta un máximo de 5 años, aplicando el modelo de proyección adecuado a la naturaleza y comportamiento de los datos.

Adicionalmente, resulta necesario representar los datos históricos y los datos resultantes de la proyección de incidencia delictiva en el Distrito Federal, para identificar gráficamente los puntos rojos y su comportamiento en el futuro. Para lo cual se hace uso de un Sistema de Información Geográfica (SIG) y de las características que éste proporciona. Dicho SIG junto con la simulación del pronóstico fueron implementados en la plataforma AnyLogic (ver <http://www.anylogic.com/>).

Finalmente, con la información resultante se realizan comparaciones entre las diversas regiones asignadas una a cada delegación, para poder determinar tendencias específicas en el comportamiento de los delitos del fuero común; que soporten las diferentes hipótesis de incremento o disminución de esta clase de delitos en la Ciudad de México.

2. Aspectos generales de las series de tiempo

Una serie de tiempo es una secuencia ordenada de observaciones, tomadas en un momento determinado. Dichas observaciones se encuentran espaciadas uniformemente, lo cual las hace dependientes entre sí; con el objetivo de realizar su análisis para posteriormente hacer un pronóstico que apoye la toma de decisiones del tema en cuestión [6].

2.1. Modelos lineales estacionarios

Un modelo de este tipo se basa en observar el comportamiento de una variable en el tiempo, para posteriormente identificar la regularidad de este comportamiento, identificando un patrón para modelar y reproducir el comportamiento de la serie y entonces poder predecirlo.

Para llevar a cabo la observación del comportamiento, es necesario utilizar las funciones de Autocorrelación (ACF) y Autocorrelación Parcial (PACF). Estas funciones se aplican mediante el modelo conocido como Auto Regressions Movil Average (ARMA).

2.2. El modelo ARMA

En un modelo ARMA [7], se descompone la serie Y_t en dos partes, una que representa el patrón de regularidad y otra parte meramente aleatoria:

$$Y_t = PSt + a_t \text{ para } t= 1,2,\dots \quad (1)$$

La parte de regularidad es predecible con el conjunto de información que se utiliza para construir el modelo, es decir, la serie temporal Y_1, Y_2, \dots, Y_t . La parte aleatoria respecto al conjunto de información no tiene ninguna dependencia o relación entre sí.

Dada una serie temporal, como el valor de Y en el momento t depende de su pasado, un modelo teórico que describe su comportamiento sería el siguiente:

$$Y_t = f(Y_{t-1} + Y_{t-2} + Y_{t-3}, \dots) + a_t \text{ para } t= 1,2,\dots \quad (2)$$

El modelo ARMA admite las siguientes dos representaciones:

- Representación puramente autorregresiva $AR(\infty)$: el valor presente de la variable se representa en función de su propio pasado más un valor aleatorio contemporáneo.
- Representación puramente de medias móviles $MA(\infty)$: el valor presente de la variable se representa en función de todas los valores aleatorios pasados y presentes.

Cuando el modelo de una serie de tiempo es conocido, se puede utilizar cualquiera de las dos representaciones dependiendo de los intereses. Si el modelo no es conocido y

debe ser especificado y estimado a partir de una serie de tiempo concreta, entonces es necesario utilizar la formulación finita.

Cabe mencionar, que en el proceso de construir un modelo de una sola variable, el objetivo no es conseguir el modelo exacto. Dicho de otra manera, de lo que se trata es de modelar una realidad compleja y el objetivo es lograr un modelo aproximado a las características de las observaciones de la serie de tiempo. A continuación, se describe el proceso autorregresivo AR(p).

2.3. Proceso AR(1)

En un proceso AR(1) [8], la variable Y_t viene determinada únicamente por su valor pasado Y_{t-1} y la perturbación a_t (valor aleatorio):

$$Y_t = \phi Y_{t-1} + a_t \text{ para } t = 1, 2, \dots \text{ y } a_t = U(0, \sigma^2) \quad (3)$$

Para demostrar que un modelo AR(1) es estacionario para cualquier valor del parámetro ϕ , es preciso comprobar las siguientes condiciones de estacionalidad.

- Estacionario en media: para que el proceso sea estacionario, la media debe ser constante y finita.
- Estacionario en covarianza: para que el proceso sea estacionario, la varianza debe de ser constante y finita.

3. Comportamiento de los delitos del fuero común de enero de 2011 a febrero de 2015 en la ciudad de México

Para obtener este comportamiento, fue necesario filtrar los datos reportados para cada delegación. De este filtro, se generó el total de delitos por mes, independiente de la modalidad a la que correspondan. Para efectos de mostrar los datos iniciales se presenta la siguiente gráfica (ver Fig. 2), con los delitos totales del período enero 2011 y febrero 2015, en el Distrito Federal por mes.

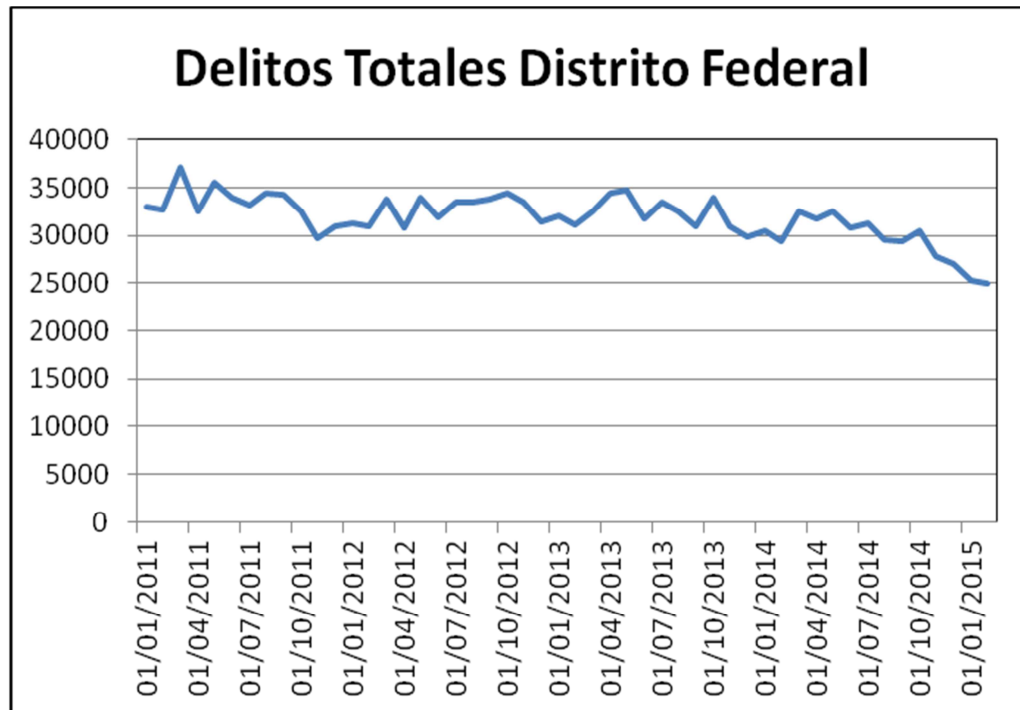


Fig. 2. Variación del índice de criminalidad de enero de 2011 a febrero de 2015.

Estos datos se procesaron para determinar la factibilidad de modelar su comportamiento con ARMA. El procesamiento consistió en generar las funciones ACF (ver Fig. 3) y PACF (ver Fig. 4), esto para 10 meses adelante, es decir, los meses necesarios para completar el año 2015.

Después de evaluar las funciones de autocorrelación, se pudo determinar que la serie de tiempo de delitos no corresponde a un modelo estacional. Dicha razón fue considerada para que se procediera a aplicar una diferenciación recíproca. Luego de esta diferenciación, se evaluaron nuevamente las funciones ACF (ver Fig. 5) y PACF (ver Fig. 6).

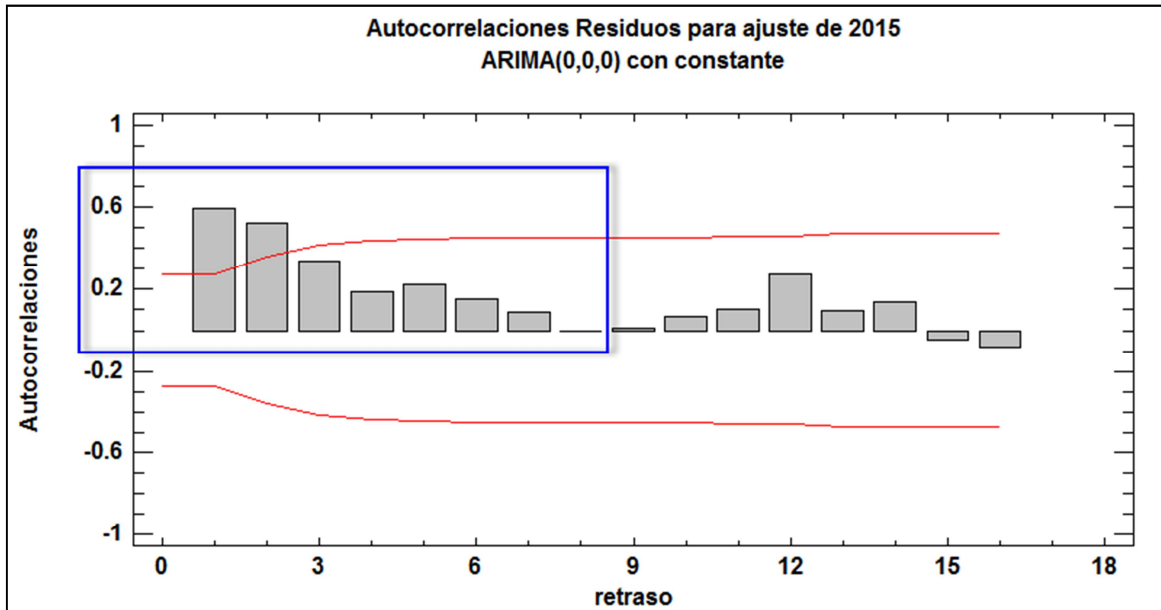


Fig. 3. Función de Autocorrelación para el año 2015 con AR(0) y MA(0).

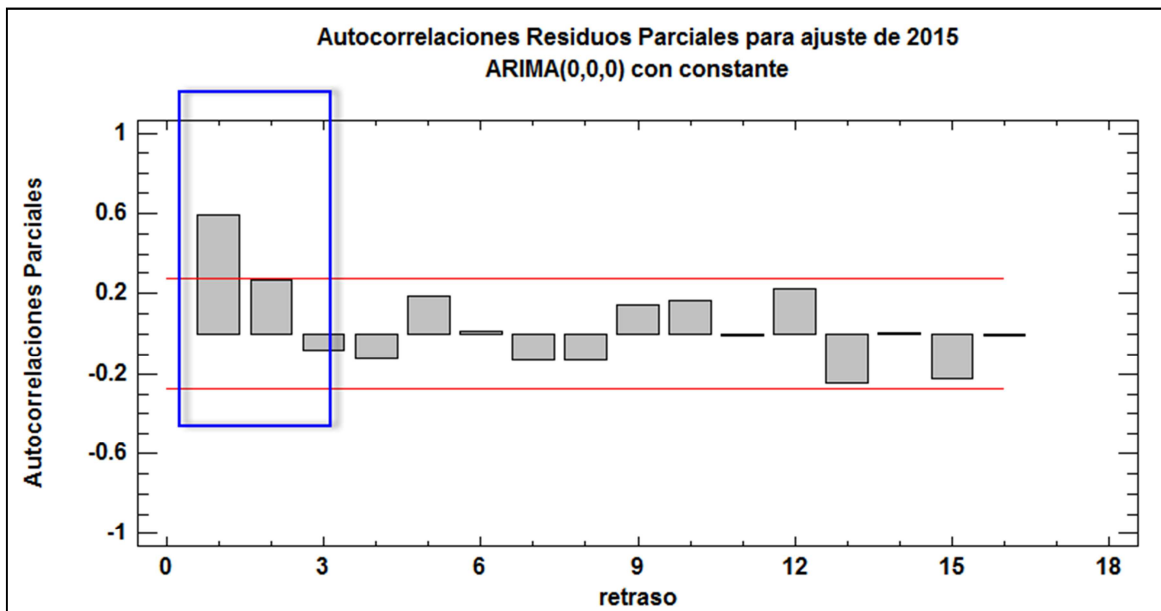


Fig. 4. Función de Autocorrelación Parcial para el año 2015 con AR(0) y MA(0).

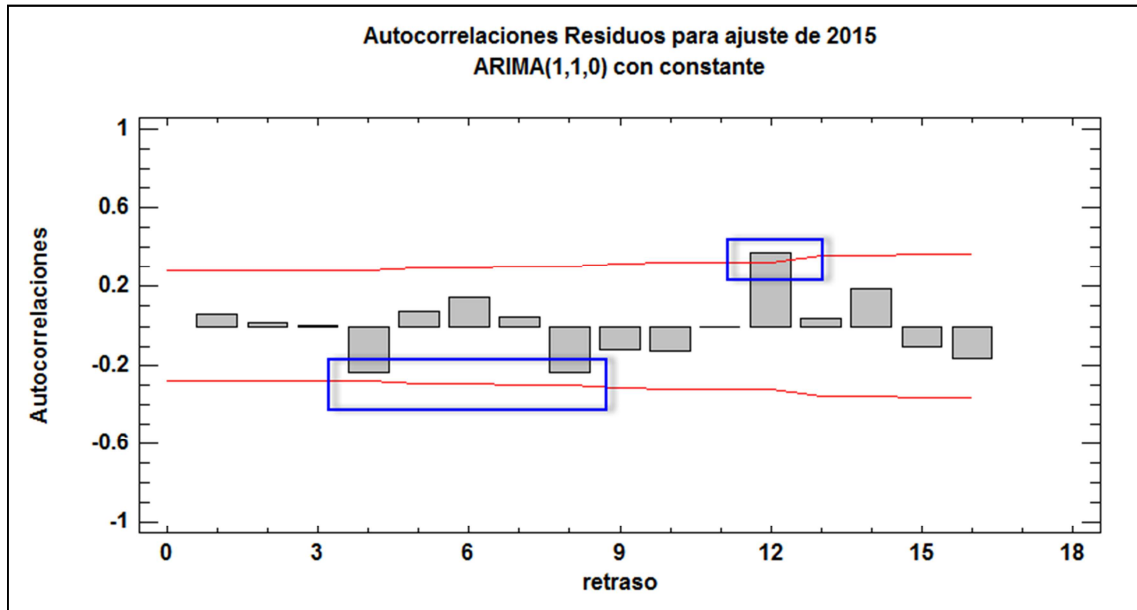


Fig. 5. Función de Autocorrelación con Diferenciación Recíproca para el año 2015.

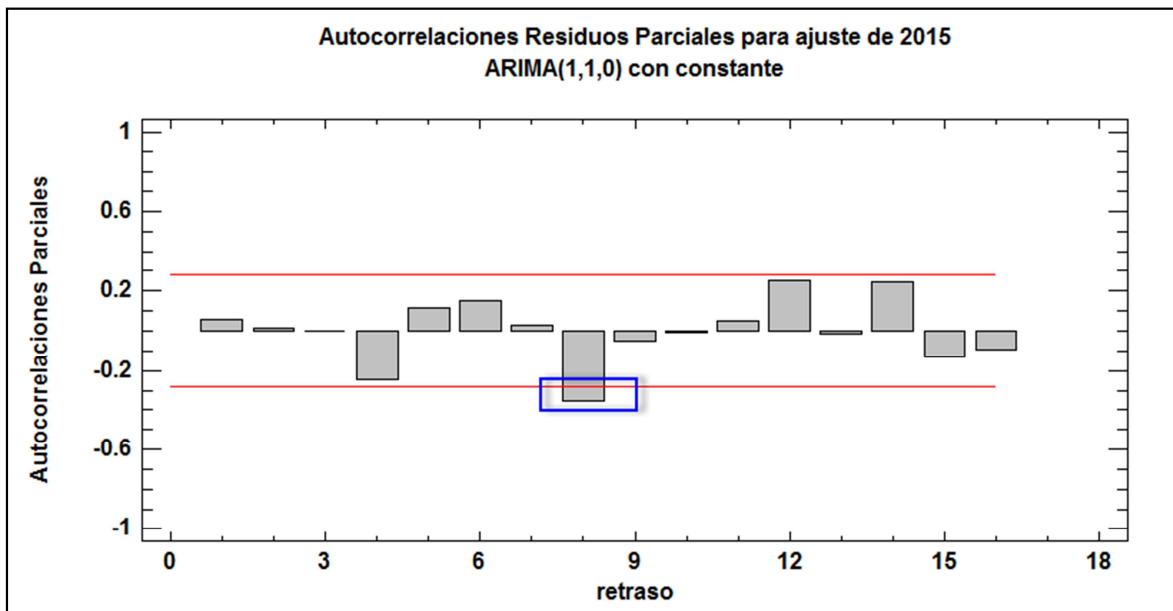


Fig. 6. Función de Autocorrelación Parcial con Diferenciación Recíproca para el año 2015.

Como se puede observar en las gráficas de las Fig. 5 y 6, las funciones de autocorrelación indican que la serie de tiempo es estacional; lo cual permite modelarla

con ARMA. Después de evaluar la serie con distintos estados finitos p en $AR(p)$, se concluyó que el modelo $AR(1)$ es más exacto para poder representar el comportamiento de la serie temporal (ver Fig. 7).

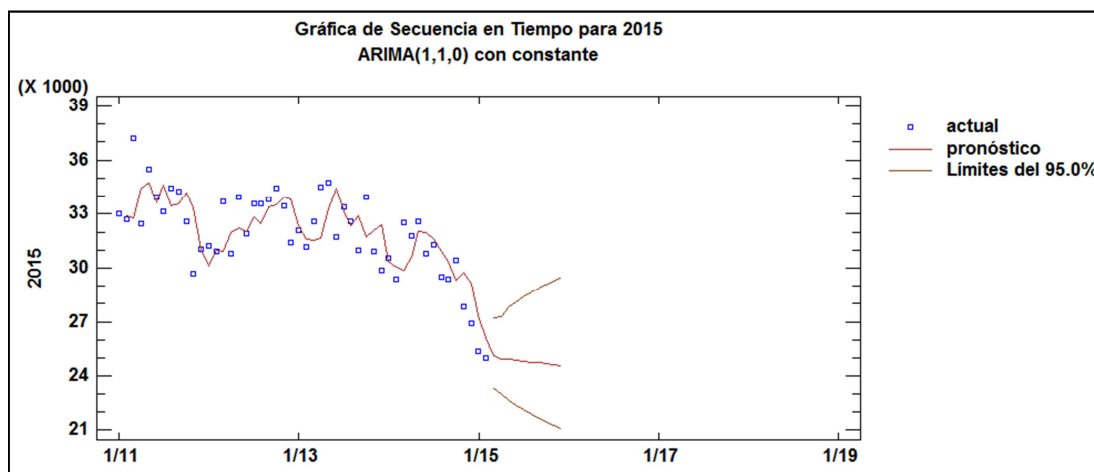


Fig. 7. Ajuste de la serie de tiempo para el período marzo 2015 a diciembre 2015.

De la figura anterior, se puede observar que aunque el ajuste para los datos reales con $AR(1)$ es bueno, el ajuste para los datos pronosticados para los 10 meses faltantes de 2015 es poco preciso.

4. Esquema propuesto de series de tiempo mediante el uso de un factor de incertidumbre

Dada las características de las series de tiempo observadas en la sección anterior, para que fuera preciso el pronóstico del periodo que comprenden los 10 meses faltantes del año 2015, era necesario incluir un factor de incertidumbre a la serie de tiempo para aproximar mejor su tendencia y comportamiento. En esta sección, se propone incluirlo en un nuevo esquema de series de tiempo. Dicho factor de incertidumbre Δ se describe en la siguiente formalización:

$$AR(1) = Y_t = Y_{t-1} + e_t + \Delta \quad (4)$$

Δ es una distribución uniforme denotada como $U(u,v)$, donde:

$$u = \text{máximo} - \text{mínimo} / U(6,2)$$

$$v = \text{máximo} - \text{mínimo} / U(3,1)$$

Por lo tanto: $U(u,v) = (\text{máximo} - \text{mínimo}) / U(5,2)$

Después de haber ajustado la serie de tiempo con este factor de incertidumbre, es factible generar proyecciones anuales más acertadas. En este artículo, se hicieron para los siguientes 5 años y así se generaron datos a futuro (ver Fig. 8).



Fig. 8. Pronóstico de los delitos del fuero común en el Distrito Federal hasta el 2020.

En la Fig. 8, se puede observar que la tendencia pronosticada mediante un factor de incertidumbre del crimen en el Distrito Federal estará en aumento desde el año 2015. Dicho aumento fue calculado hasta el año 2020.

5. Representación del mapa de criminalidad anual de la ciudad de México

Dada la naturaleza e importancia del Distrito Federal, es necesario contar con herramientas que proporcionen información más real y precisa del entorno en el que se realizan los delitos del fuero común. Esta información debe indicar en cuales delegaciones es menor o mayor, así como en cuales va a la baja o a la alza. Para este fin, en este artículo se recurrió al uso de un Sistema de Información Geográfica (SIG), usado para representar los puntos rojos de la incidencia delictiva a lo largo de 5 años de proyección. El SIG fue empleado para la generación de un mapa de criminalidad basado en la división política del Distrito Federal. Con este SIG se pudo determinar claramente el nivel de incidencia en las delegaciones, así como su comportamiento y tendencia delictiva con respecto de las demás.

Los mapas de criminalidad tienen como objetivo mostrar en una sola imagen el comportamiento, características y demás detalles de lo que sucede en cierta área con la finalidad de lo siguiente: planear la distribución de recursos, analizar flujo de personas y/o mercancías, ejecutar acciones oportunas para la seguridad de la gente, etc.

Los mapas deberán ser claros, fáciles de interpretar, no ser ambiguos, ser intuitivos, y lo más importante, apegarse a los estándares de diseño. El uso de colores, imágenes, figuras y demás herramientas dentro del mapa, deberán corresponder al objetivo perseguido.

Una vez que se empleó el modelado basado en la serie de tiempo propuesta para los índices de criminalidad en el Distrito Federal, se realizó una proyección y representación con ayuda de un SIG. El SIG permitió la generación de un mapa de criminalidad básico, en el que fue posible identificar el incremento, decremento, dependencia, independencia, relación, entre más, de los delitos cometidos en los años de proyección.

El SIG mostrado en este trabajo, tiene la característica de cambiar la intensidad de los colores en función de los niveles de criminalidad, es decir, presenta una variación del color rojo hacia el amarillo en las 16 delegaciones. Esta característica tiene la intención de identificar para cada año reportado y de pronóstico, el comportamiento del crimen. Este comportamiento está basado en meses para cada delegación y su relación con las que colinda.

En el último año reportado que fue 2014, se presenta a Iztapalapa como la delegación más conflictiva en color más rojo, mientras que Milpa Alta aparece como la delegación que registra menos delitos en color más amarillo (ver Fig. 9).

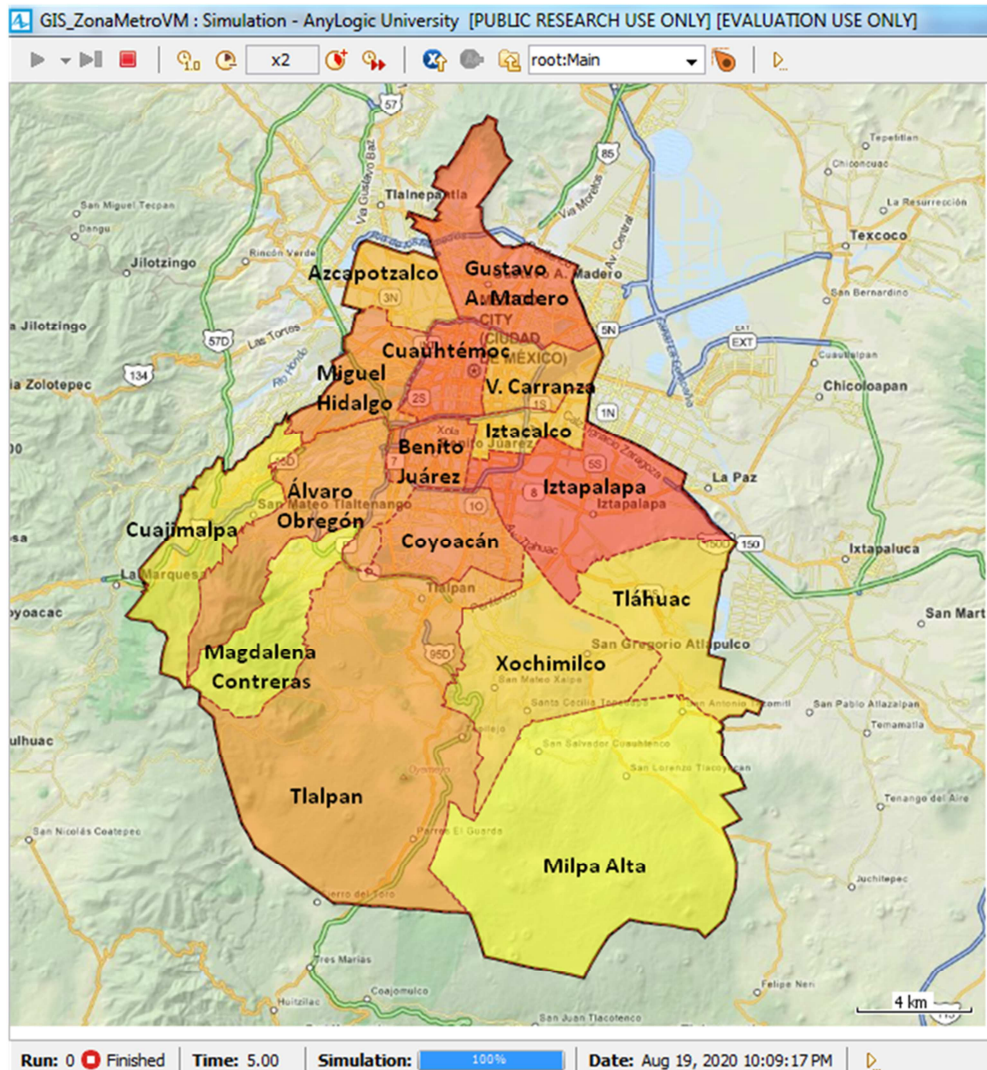


Fig. 9. Identificación de Puntos Rojos en el Distrito Federal en 2014.

En el año 2014 la delegación Azcapotzalco presentaba un índice medio de delitos (ver Fig. 9) representado por color anaranjado. Sin embargo, el pronóstico para el año 2017 indica un leve incremento en esta misma delegación (ver Fig. 10).

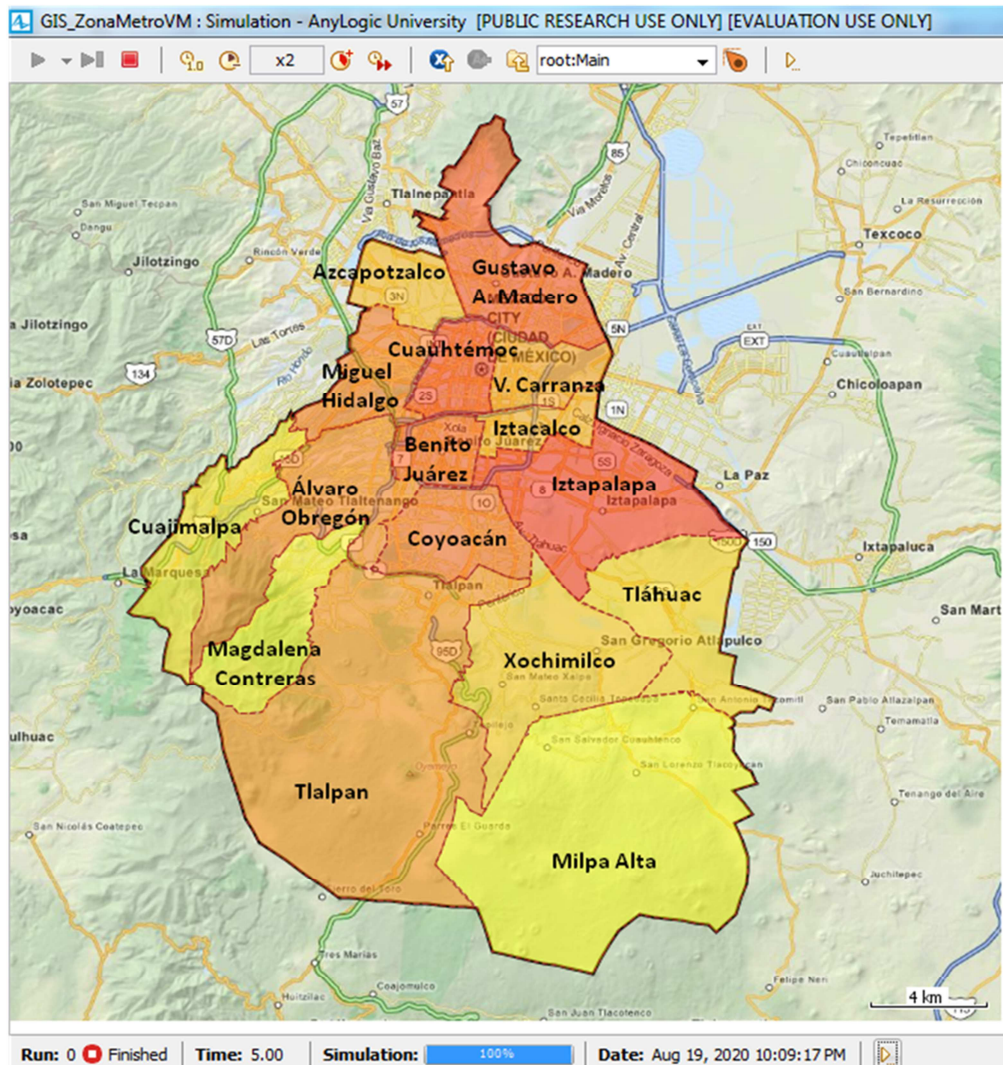


Fig. 10. Identificación de Puntos Rojos en el Distrito Federal en 2017.

Así mismo, el SIG permite identificar los totales por mes para cada delegación en el año que se requiera visualizar. En la Fig. 11, se presentan los totales por mes para el año 2014 de los delitos reportados del fuero común en la delegación Miguel Hidalgo. En la Fig. 12, se observa que haciendo un pronóstico para el año 2017, en esa misma delegación habrán en su mayoría meses que registren incremento respecto de 2014 y sólo pocos en los que se vea un decremento respecto del mismo año.

Cabe mencionar, que después de haber realizado el pronóstico hasta el año 2020, en las delegaciones que tienen colindancia se observó que los índices de criminalidad pueden bajar en unas para subir en otras, de manera leve o poco notable. No obstante, el análisis indicó lo siguiente: en las delegaciones del sur estos índices se mantienen estables con poco incremento; en las delegaciones del centro estos índices son medios con un poco más de incremento que en el sur; mientras que en las delegaciones del norte estos índices van a la alza.

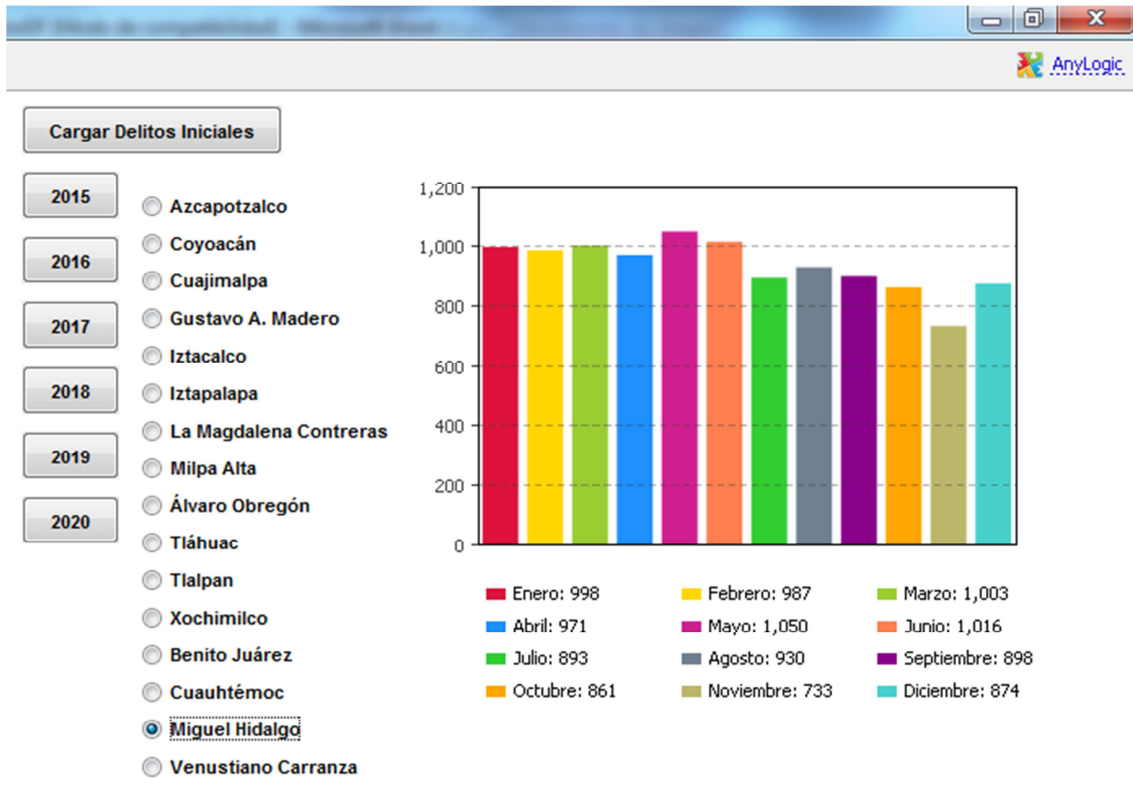


Fig. 11. Total de delitos por mes Delegación Miguel Hidalgo en 2014.

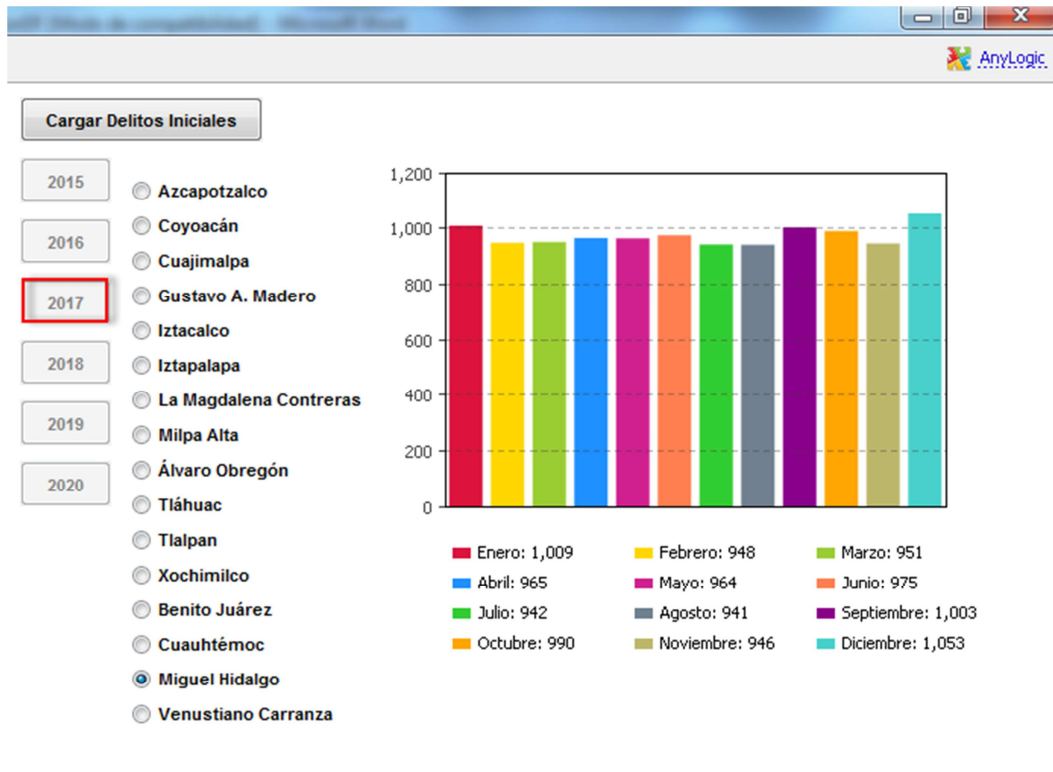


Fig. 12. Total de delitos por mes Delegación Miguel Hidalgo en 2017.

Casos como estos podemos seguir descubriendo y analizando, así como formular nuevas hipótesis, basados en períodos anuales y/o por delitos específicos; que una vez comprobados permitan generar acciones para combatir, disminuir y prevenir el crimen en las zonas metropolitanas, particularmente en la del Valle de México.

6. Conclusiones

El análisis y la generación realizados de los pronósticos de los índices de criminalidad mediante series de tiempo, permitieron tener un panorama más claro de la tendencia delictiva para los siguientes 5 años en la Ciudad de México. Esta tendencia se hizo para cada mes de cada año. Estos pronósticos pueden servir de apoyo a la toma de decisiones de las autoridades para la asignación de recursos que combatan el crimen y lo controlen y disminuyan.

El uso de un SIG permite identificar los puntos rojos, con base en una variación del color en función del índice de delitos totales a lo largo de períodos anuales pudiendo precisar meses, de esta manera se debe poder actuar oportunamente desde las bases operativas de los departamentos de seguridad del Distrito Federal.

En el pronóstico basado en el esquema de serie de tiempo propuesto, se utilizaron como base de delitos iniciales los datos reportados de enero 2011 a febrero 2015. Sin embargo, una vez que se tengan recabados para cada mes de año pronosticado los datos reales, se podrá tener una comparación de los datos reales contra los pronosticados. Con esta comparación, se sabrá aquello adicional para refinar el esquema propuesto y tener un mejor acierto.

7. Trabajo a futuro

Como trabajo futuro se realizará un pronóstico de los índices delictivos del fuero común para toda la Zona Metropolitana del Valle de México, la cual incluye algunos municipios importantes del Estado de México. Entre estos se halla Ecatepec, el cual figura como el municipio más poblado y delictivo del país.

Se planea desarrollar un mejor análisis y proyección por tipo de delito individual. Si bien en este artículo se trabajó con cifras totales, es necesario desglosar dichas cifras entre los delitos mayores y de mayor preocupación como lo son el homicidio y el asalto a transeúntes.

Como ya se mencionó desde el inicio de este documento, los datos que se tienen como muestra corresponden a los datos recopilados hasta febrero de 2015. En primera instancia, se pueden validar tempranamente los valores calculados del pronóstico para el año 2015 con respecto a los datos que vayan siendo reportados hasta concluir dicho año. No obstante, todo trabajo futuro que se desarrolle podrá confirmar la tendencia de los datos que se tienen en el actual trabajo y apoyará para realizar los cambios necesarios en el factor de ajuste.

Finalmente, se pretenden incluir dentro del SIG características de la población, tales como crecimiento poblacional, concentración de viviendas, entre otros más como servicios. Lo anterior va con el objetivo de analizar y pronosticar mejor los niveles de criminalidad en la Ciudad de México, o bien, en cualquier otra zona del país, para poder dar las pautas necesarias que brinden pistas para controlarlos y disminuirlos.

8. Referencias

- [1] SESNSP. Disponible en <http://www.secretariadoejecutivosnsp.gob.mx/>. 2015.
- [2] PGR. Ministerio Público de la Federación. Disponible en http://www.pgr.gob.mx/Combate%20a%20la%20Delincuencia/Ministerio_Publico.asp. 2015.
- [3] INEGI. Delimitación de las zonas Metropolitanas de México 2010. Disponible en <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/biblioteca/ficha.aspx?upc=702825003884>. 2015.
- [4] CONAPO. Disponible en http://www.conapo.gob.mx/es/CONAPO/Zonas_metropolitanas_2010. 2015.
- [5] Panorama Estadístico de la Violencia en México. CIES Centro de Investigación y Estudios en Seguridad. Disponible en http://www.cies.gob.mx/pdf/Panorama_Estadistico_de_la_Violencia_en_Mexico_LOW.pdf.
- [6] Ma. Pilar González Casimiro, "Análisis de series temporales: Modelos ARIMA". 2009. España.
- [7] STATISTICAL FORECASTING: Notes on regression and time series analysis. Disponible en <http://people.duke.edu/~rnau/411arim2.htm>.