

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS ECONÓMICO ADMINISTRATIVAS



Título:

“La teoría de juegos evolutivos aplicada al estudio del robo
Una perspectiva para Guadalajara”

**Trabajo recepcional para obtener el grado de
Maestro en Economía**

Presenta:

Raul Vladimir Gómez Díaz

Director:

Dr. Carlos Obed Figueroa Ortiz

ZAPOCAN, JALISCO; AGOSTO DE 2018

Agradecimientos

En primera instancia agradezco a mi familia, quienes siempre me apoyaron en este proyecto de vida.

Quiero agradecer a todas las personas que me apoyaron en distintos ámbitos para lograr esta meta, en especial al Mtro. José Alberto Castellanos Gutiérrez, quien creyó en mí y me dio la oportunidad para dar el siguiente paso.

A mi director y lectores, quienes siempre supieron como guiarme y darme las palabras necesarias en mi investigación.

Así también, quiero agradecer al Lic. Salvador Caro Cabrera y al Lic. Erwin Pompeyo Velazco Rubio, parte fundamental en la estructura de esta investigación.

Índice

Resumen	4
I. Introducción	5
II. Revisión de Literatura	8
III. Estadísticas Descriptivas	12
IV. Desarrollo Teórico	18
0. Elementos Básicos	18
1. Planteamiento	19
2. Caso Particular	24
V. Resultados	30
1. Análisis comparativo	30
2. ¿Cómo llegar a un estado de inseguridad?	35
3. Implicaciones de la intervención gubernamental	38
VI. Conclusiones	42
Apéndice	44
Referencias	47

Resumen

Se modela un juego poblacional “propietario-oportunista” para un estado de inseguridad conforme a lo desarrollado por Cressman, Morrison & Wen (1998), aportando a los trabajos de Maynard (1976), Cohen & Machalek (1988) y Vila & Cohen (1993). Para esta investigación se calculan las posibles variaciones del bienestar, se aproxima la velocidad de cambio entre estrategias y se obtiene el equilibrio de largo plazo ante acciones del gobierno. Adicionalmente se muestra la utilidad de este trabajo para la toma de decisiones en materia de seguridad, evidenciando como pequeños cambios en la vigilancia financiados por impuestos reducen el bienestar social; concluyendo en que una reducción del costo de autoprotección podría llevarnos a niveles socialmente óptimos de largo plazo sin llegar a un estado de conflicto.

Clasificación JEL: **K42, C72, C73.**

I. Introducción

En este trabajo se analiza el robo por medio de un juego poblacional con racionalidad limitada (Cressman et al., 1998) en el que las estrategias de los jugadores evolucionan en el tiempo según las interacciones y el estado. De manera que se divide la población en dos, una de posibles víctimas (propietarios) y otra de delincuentes (oportunistas), cada una de ellas buscando replicar la mejor estrategia y en donde las modificaciones en los incentivos para reducir el crimen a niveles socialmente óptimos está a cargo del gobierno (Becker, 1968). Por lo que tendríamos un juego bimatriz entre propietarios y oportunistas, en el cual los pagos están definidos de manera inicial, pero condicionados por la intervención gubernamental.

El juego está especificado de la siguiente manera. Existe un gobierno con el objetivo de reducir el crimen hasta niveles socialmente óptimos por medio de dos mecanismos, aumento de las penas y el nivel de patrullaje (Becker, 1968), ambas implican un gasto para la sociedad, razón por la cual se buscan estrategias contra el crimen con el menor gasto posible. Pasando a los jugadores directos, tenemos a los criminales definidos como oportunistas, donde estos tendrán dos acciones, robar o no robar, según sea la oportunidad que se presente, y los propietarios, quienes tienen entre protegerse del crimen y no hacerlo, esto dependiendo de su “análisis costo beneficio”, considerando la existencia de costos de protección. De manera muy general, podríamos ver un ciclo de decisiones dónde según sea la percepción de seguridad de los propietarios, éstos pueden llegar a tener protección o no dependiendo de las condiciones en que se esté efectuando el juego, y dado esto, el oportunista opta por cometer o no el robo.

La dinámica anterior se fundamenta en jugadores con racionalidad limitada, razón por la cual sus decisiones están basadas en las interacciones con demás jugadores de su misma población y la información que adquieren en este proceso; concluyendo en la imitación de la estrategia que consideran más exitosa, dónde la modificación sobre la racionalidad no implica resultados diferentes (Accinelli & Carrera, 2012).

Dados los supuestos, se proponen tres conjeturas para un estado de inseguridad, la primera de ellas consiste en que los jugadores tienen respuestas diferentes a las acciones de disuasión del modelo original, dada una modificación en los incentivos, por lo que obtendríamos que

los oportunistas tendrían una velocidad de respuesta diferente para cada estrategia del propietario y viceversa. La segunda conjetura gira en relación al bienestar social, dónde se espera que este sea menor, teniendo dos variaciones, una negativa para propietarios, y una positiva de menor proporción para oportunistas. Además, como tercera conjetura se plantea que el uso del conocimiento común hará que los aumentos en las penas sean inelásticos a los niveles de robo, de acuerdo con la literatura de la economía del crimen (Becker, 1968; Ehrlich, 1996; Eide, 1994; Eide, 2000; Ekblom, 1999; Laverde, Miranda, & Arce, 2011).

Para demostrar las conjeturas anteriores se buscó un estado o municipio que cumpliera con una serie de características referentes al estado de inseguridad propuesto. Por tanto, se revisó entre los estados con mayor incidencia delictiva, bajo nivel de vigilancia y altos niveles de impunidad conforme a lo reportado por el Secretariado Ejecutivo del Sistema Nacional de Seguridad Pública (SESNSP), dónde encontramos que Jalisco se mantenía por encima de los niveles de incidencia delictiva y por debajo de los niveles de policías, ambos conforme al promedio nacional de 2016. Además, se reportó por parte de México Evalúa que Jalisco es el estado que mayor impunidad presenta, con cerca de un 99.5 por ciento, razones que facilitarían la caracterización del juego. Dado lo anterior, se consideró que las distintas zonas que componen dicho estado no representan una homogeneidad y fue por esto que se optó por seleccionar el municipio que tuviera una mayor concentración de robos, siendo Guadalajara el más inseguro conforme a los mapas presentados por Figueroa (2016), así también, las características socioeconómicas y su diferenciación espacial ayudaron a volver más sencilla la explicación del modelo, aportando detalles sobre movilidad del crimen, diferentes niveles de bienestar y la composición de la población.

Conforme a lo anterior es que se define el objetivo fundamental de este trabajo, el cual es dar una nueva perspectiva al estudio del crimen, con un desarrollo innovador en el que se muestre la importancia del enfoque de la dinámica evolutiva y el uso del conocimiento común en la toma de decisiones para políticas de seguridad. Asimismo, se busca apoyar trabajos anteriores (Cohen & Machalek, 1988; Cressman, Morrison, & Wen, 1998; Vila & Cohen, 1993) en los que plantean teorías sobre la evolución del crimen.

Para lograr esto, se buscará mostrar que los robos corresponden a una dinámica evolutiva entre potenciales víctimas y criminales, respondiendo las siguientes interrogantes: ¿En qué forma se desarrolla la dinámica del replicador? Y ¿Cuáles son las políticas más eficientes en la reducción de los niveles del robo? Considerando efectos de corto y largo plazo.

En la sección 2 de este trabajo se hará una revisión de la literatura sobre los estudios en economía del crimen y teoría de juegos evolutivos. Continuando la sección 3 con estadísticas descriptivas, en la cual a partir de los datos obtenidos se hará una caracterización de las poblaciones. Dado lo anterior, se continúa en la sección 4 con el desarrollo teórico del modelo inicial (Cressman et al., 1998) al cual se le hacen algunas consideraciones sobre los pagos y se propone una estilización para un estado de inseguridad. Para la sección 4 se presentan los resultados del modelo, dónde se mostrará de manera teórica las implicaciones que tienen las acciones del gobierno sobre el bienestar social. Y, en la parte final se darán algunas conclusiones y recomendaciones para una mejor política de seguridad, así como para futuros trabajos.

II. Revisión de Literatura

Las orientaciones de investigación sobre el crimen son bastante extensas y diferenciadas entre sí, concluyentes en algunas ideas, pero sin lograr una unificación. Un ejemplo es el estudio del crimen según la literatura sociológica, dónde este es totalmente explicado por características puramente sociales (Horcasitas, 1996). Siendo este enfoque conocido como la sociología criminal en la cual se define si la persona podría ser un posible criminal por medio de un análisis sobre las variables socioeconómicas de la familia y del ámbito que lo rodea, condicionando el comportamiento de las personas por medio de su ambiente social y la información biológica de los padres, quiénes heredaban sus posibles deficiencias cognitivas a los hijos. Mientras que los economistas entraron a este campo por medio de la economía del crimen (Becker, 1968), definiendo el campo de investigación de este trabajo, que para fines prácticos y un análisis puntual nos quedaremos con la literatura a nivel micro, pero buscando no descuidar los fundamentos clásicos de la parte sociológica.

La literatura que apoya el estudio del crimen mediante un enfoque económico está fundamentada bajo el modelo de Becker, planteando un problema costo beneficio en dónde se explica cómo es que los criminales encuentran incentivos para cometer delitos a partir de variables como una baja vigilancia de la policía, penas muy pequeñas y el valor del robo, mientras que para la sociedad todo crimen tiene un costo que puede ser explicado por medio del mantenimiento a las cárceles, el pago de impuestos para mantener un número de policías vigilando y el valor del robo, encontrando una curva de ingreso marginal y una de costo marginal; concluyendo en un modelo en el cual ambos jugadores interactúan por medio del número de delitos.

En el modelo anterior se habla de la interacción del crimen entre víctimas y delincuentes, dónde el gobierno interviene para generar reducciones hasta niveles socialmente óptimos, pero ante esto hay literatura que fundamenta que existen otras formas de generar esos cambios mediante un método indirecto, como el evidenciado por McGahey (1984), dando aportes sobre cómo abordar el control del crimen por medio de reducciones de la pobreza, establecer condiciones para una estructura familiar, así como características de bienes públicos que operan en conjunto con otras estrategias de prevención, proponiendo cambios estructurales en la sociedad y una mayor intervención gubernamental.

Aportando a las estrategias de disuasión y prevención se deben considerar particularidades en los individuos, cuestiones que modificarían el método contra el crimen, por ejemplo, que los delincuentes sean amantes al riesgo (Eide, 1994), lo cual iría en contra totalmente de los procedimientos antes planteados.

El enfoque clásico de la economía del crimen ha encontrado salida en modelos teóricos para algunos países de América Latina (Laverde et al., 2011), aunque con algunas modificaciones a supuestos para obtener un mejor reflejo del contexto en el cual se está estudiando, pero en esencia se mantenía la dinámica del crimen corroborando conclusiones antes planteadas sobre su correcta disuasión.

Otro método de estudio del crimen es mediante un mercado de ofensas (Ehrlich, 1996), encontrando que los criminales ofertan delitos y la sociedad los demanda. Planteando una curva de oferta en la cual se observa que a mayor cantidad de crímenes corresponde un mayor beneficio para los delincuentes, en el que los componentes que explican dicha curva son, el costo del crimen, el salario legítimo que se pierde por dedicarse a actividades ilegítimas y el producto de la probabilidad de aprehensión por la pena de ser condenado. Mientras que la curva de demanda es vista como una relación negativa entre tolerancia y número de delitos, dónde a mayor número de crímenes la sociedad tendrá menos flexibilidad, esto a su vez tiene un efecto sobre el gasto en protección, siendo entonces que entre más crimen exista habrá menos tolerancia ante los delincuentes, y esto llevaría a un mayor gasto en protección. Con lo anterior se da por sentado el mercado de ofensas, en el cual el objeto de análisis es, bajo que incentivos responde de mejor manera el crimen, si a los incentivos positivos como la participación alternativa al delito, siendo el caso de un mayor salario por actividades legales, o los incentivos negativos, como mayores castigos, mejor vigilancia, etc. Ante lo anterior se concluye en que los incentivos negativos suelen ser los que cumplen de mejor manera su finalidad.

Hasta ahora se ha podido observar como es la dinámica entre criminales y propietarios por medio del número de crímenes, los niveles de protección y la vigilancia de la policía, mostrando una posible interacción entre víctimas y delincuentes, lo que nos lleva a la teoría de juegos, planteando modelos bajo una dinámica evolutiva, donde la literatura es algo limitada, pero bastante provechosa para esta investigación (Cressman et al., 1998; Maynard,

1976; Vila & Cohen, 1993). Y es que, una consideración que se debe hacer sobre el criminal es que este al tomar una decisión tiene más de una estrategia, es decir, las condiciones son las que hacen que opte por cometer un crimen, dado que tanto el criminal como la posible víctima están observando sus posibles estrategias, existiendo entonces una interacción entre ambos. Por tanto, el crimen tendrá una o varias posibles soluciones por medio de un cruce en las estrategias, definido en la literatura como equilibrio de Nash (*NE* por sus siglas en inglés: Nash Equilibrium) en juegos no cooperativos (Nash, 1950) que para estos casos implicaría un refinamiento definido como Estrategia Evolutivamente Estable (*ESS* por sus siglas en inglés: Evolutionarily Stable Strategy).

Dentro de la teoría de juegos existe la teoría de juegos evolutivos, la cual estudia la dinámica de las estrategias a través del tiempo y dentro de esta se comprenden dos enfoques, uno utilizado por biólogos y socio-biólogos (Cohen & Machalek, 1988; Maynard, 1976; Vila & Cohen, 1993), y otro por economistas (Cressman et al., 1998; Friedman, 1991), de manera que para ser puntuales en la literatura revisada se dará de manera concreta el aporte de cada rama a esta investigación.

Para el estudio del crimen mediante la teoría de juegos evolutivos por parte de los socio-biólogos, encontramos un juego simétrico bajo un comportamiento adaptativo en las estrategias, en el cual según fueran las características del juego y considerando la Retención Potencial de Recursos (RHP por sus siglas en inglés: Resource Holding Potential), será la manera en que la población se encamine a una *ESS*, bajo las condiciones dadas por las características sociales y adaptativas de los individuos (Cohen & Machalek, 1988). Dentro de la literatura que estudia el crimen por medio de este enfoque existe un supuesto esencial sobre la racionalidad, la cual se plantea como una capacidad limitada y se enfocan en la RHP como capacidad clave para la toma de decisiones, además de que solo se supone la evolución de una población.

Mientras que en la literatura desde el enfoque de los economistas, que es la utilizada para este caso, existe un juego asimétrico con dos poblaciones que evolucionan con racionalidad limitada, bajo lo cual se desarrolla la teoría de juegos evolutivos desde los aportes de Friedman (1991). Para este trabajo se parte de lo planteado por Cressman et al., (1998), quien

introdujo la idea de dividir la seguridad en pública y privada para dar un mejor análisis, dónde la policía pública es proporcionada por el gobierno, quien interactúa en el juego por medio de la variable vigilancia (conforme a un juego de riesgo moral) la cual afecta de manera directa los pagos y condiciona las estrategias de los jugadores. Una característica que se planteó, fue un comportamiento adaptativo de los criminales, en el que según el periodo y la información obtenida modifican sus estrategias, imitando el comportamiento exitoso y obteniendo equilibrios de Nash.

El trabajo de Cressman incorpora las aportaciones de Tsebelis (1989), quién planteaba que los enfoques hasta ese momento planteados eran poco viables, por la consideración de que el patrullaje era visto como una actividad que se distribuía de manera normal, sin considerar que los policías tienen un efecto condicionante sobre las estrategias mixtas de los demás jugadores, supuesto que complementa el modelo de Cressman. Además de que para fines teóricos, la investigación puede ser enriquecida con distintos supuestos sobre los jugadores (Ekblom, 1999), como el plantear interacciones entre jugadores miopes, información imperfecta o hasta modelar la existencia de características desarrolladas por grupos de criminales e imitadas por los nuevos, además de los supuestos del mercado de ofensas de Ehrlich (1996). Dadas las especificaciones y supuestos anteriores, en el nuevo modelo se plantea un juego con dos poblaciones; propietarios y oportunistas, con una policía que condiciona las estrategias.

III. Estadísticas Descriptivas

Antes de pasar al desarrollo del modelo y como este se relaciona con el estudio del crimen es necesario dar el contexto de inseguridad bajo el cual se vive en Guadalajara conforme a los reportes de la Comisaría Municipal de Guadalajara (CMG), contrastando estos datos con los obtenidos de la Encuesta Nacional de Victimización y Percepción sobre Seguridad Pública (ENVIPE), y a partir de esto hacer una caracterización del juego a estudiar.

Es importante mencionar las distintas limitantes que se presentaron al momento de la caracterización de las poblaciones. La primera de ellas es referente a los sesgos que existen en la información, dónde según Cortez (2015) 3 de cada 10 delitos son denunciados en la Zona Metropolitana de Guadalajara (ZMG), por lo que estaríamos trabajando con solo una pequeña parte del crimen. La segunda es referente a los sesgos existentes entre denuncias y detenidos, debido a que por 10 delitos denunciados 2 logran ser detenidos, por tanto, se tendría un espectro aún menor del crimen, pero dadas las necesidades de este trabajo y la falta de información de edad, sexo y escolaridad que presentan los datos de denuncias, se optó por utilizar la información de la CMG, quién proporcionó todos los detalles antes mencionados para 2017, años con los cuales se trabajó. Para finalizar, se debe señalar que los datos sobre detenidos fueron reportados en el día que se logró la detención y no necesariamente cuando ocurrió el robo, por lo que para estudiar la estacionalidad se recomienda consultar datos de denuncias.

En la primer parte utilizaremos la base de datos de reportes y detenidos que nos proporciona la CMG, con el objetivo de ver cuáles son las características más comunes en las víctimas y detenidos, identificándolos por sexo, edad, escolaridad, operatividad y el mes de ocurrencia, además se comparó el número de policías en Guadalajara con la recomendación hecha por la Organización de Naciones Unidas (ONU) y el nivel promedio correspondiente para México, buscando dar una aproximación del estado de vigilancia. Continuando con el análisis con información de la ENVIPE sobre las variaciones que se han tenido en la protección mediante programas del tipo “Vecinos Alerta”, mejoras en la seguridad personal o algún tipo de esfuerzo que desincentive el crimen en su colonia o municipio y niveles de percepción de seguridad.

Para la caracterización de las poblaciones se utilizó la base de datos de Detenidos y Víctimas¹ en 2017 con periodicidad diaria, la razón por la cual se tomó solo este periodo es debido a que solo para este año se tiene información completa sobre la escolaridad de las víctimas y detenidos. El enfoque que se utilizará para este trabajo solo trata de explicar los robos² que la base proporciona, siendo estos los que de manera teórica mejor se adaptan al modelo.

Las primeras características que se obtuvieron fueron los intervalos de edad en dónde se ubica el robo (CUADRO 1), esto bajo la necesidad de ver cuáles podrían ser los posibles incentivos. Se encontró que la edad de los delincuentes está ubicada entre los 15 y 25 años con un 39.61 por ciento de los detenidos, los cuáles han tenido como víctimas en su mayoría a jóvenes de entre 15 y 25 años con un 34.74 por ciento, lo que nos estaría diciendo que tenemos una interacción del crimen entre jóvenes, por lo cual, si consideramos un intervalo simétrico obtendríamos que entre detenidos y víctimas de entre 15 y 25 años se concentra un 14.77 por ciento, siendo este el cruce con mayor porcentaje.

CUADRO 1
Tabulado Cruzado de Edad entre Víctimas y Detenidos en 2017

Víctimas(%)	Detenidos (%)				Total (%)
	15 a 25	26 a 35	36 a 45	46 o mas	
15 a 25	14.77	11.36	7.14	1.46	34.74
26 a 35	9.58	8.60	3.73	1.95	23.86
36 a 45	8.44	6.17	4.06	1.95	20.62
46 o mas	6.82	7.63	3.90	2.44	20.78
Total	39.61	33.77	18.83	7.79	100.00

Fuente: Comisaria Municipal de Guadalajara con Elaboración Propia

Dado que se conoce en que edades se concentraron las interacciones del robo es necesario profundizar sobre sus características educativas (CUADRO 2), punto importante para los incentivos, debido a que un delincuente con solo formación básica podría aspirar a un sueldo relativamente bajo, y si este ve una oportunidad para cometer un delito en el cual pueda obtener una ganancia mayor o adicional, se verá motivado a hacerlo, y el punto aquí es, ¿Qué

¹ La base fue proporcionada de manera específica para el autor de esta investigación con fines académicos, esperando en un futuro se aporte una estrategia clara sobre el comportamiento del crimen.

² Robo a banco, a casa en construcción, casa habitación, farmacia, hotel, institución federal, institución pública, minisúper, negocio, persona, plantel educativo, tienda de autoservicio, tienda departamental, vehículo repartidor y accesorios de vehículo.

tan fácil es superar el monto que ganaría en una actividad legal? De manera qué, se plantea una relación positiva entre escolaridad e ingreso (Mincer, 1974) y por tanto habría una mayor motivación para cometer algún acto delictivo puesto que tienen un monto menor a superar. Y en este caso según los datos obtenidos por la Comisaría se observó que los delincuentes detenidos tenían en su mayoría educación básica (Primaria y/o secundaria) y sus víctimas serían las personas con educación media superior (Preparatoria), siendo más puntuales, el cruce más frecuente es entre educación básica y media superior con cerca del 46 por ciento de los detenidos totales para el año 2017. Este tipo de conclusiones son recurrentes en distintos trabajos de delincuencia juvenil (Jiménez, 2005). Un dato interesante fue que para el actual periodo de estudio no existieron detenidos que hayan cometido alguno de los delitos mencionados hacia personas con formación universitaria, sin embargo, si se detuvieron delincuentes con este nivel educativo y representan el 3.37 por ciento, dato que nos hace retomar el argumento antes presentado de que no todos los detenidos son los criminales reales, debido a que no se cuenta con información del proceso jurídico.

CUADRO 2

Tabulado Cruzado de Educación entre Víctimas y Detenidos en 2017

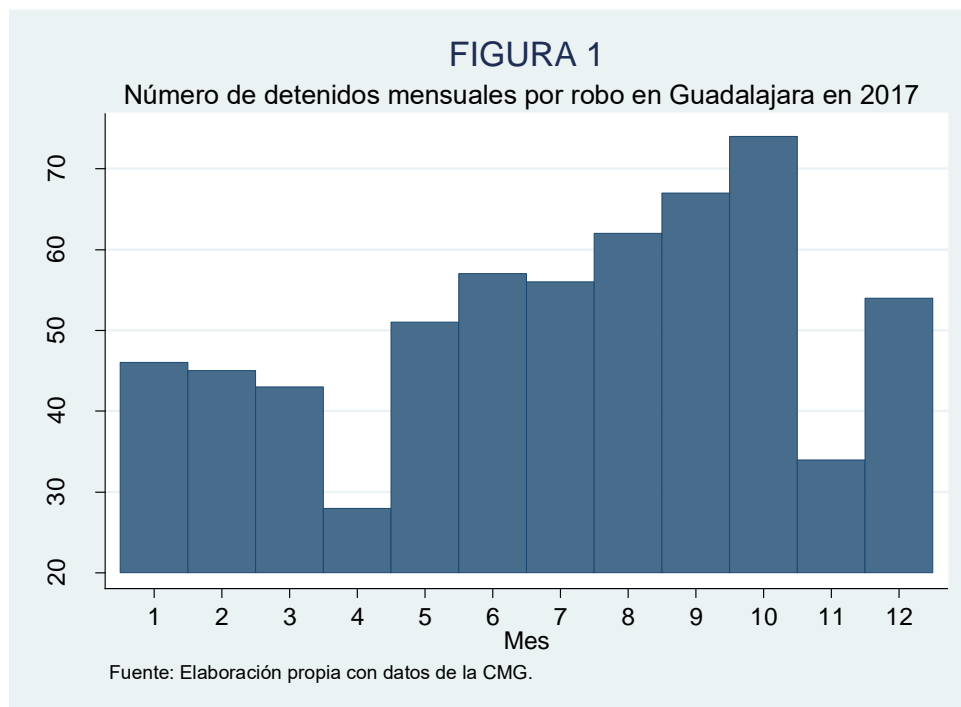
Víctimas (%)	Detenidos (%)				Total (%)
	Sin educación	Básica	Media Superior	Universitaria	
Sin educación	0.90	4.95	0.45	0.00	6.31
Básica	2.25	22.97	1.35	0.90	27.48
Media superior	2.25	45.50	14.86	3.60	66.22
Total	5.41	73.42	16.67	4.50	100

Fuente: Comisaría Municipal de Guadalajara con Elaboración Propia

Dentro de las características importantes de los delincuentes está si estos usaron algún tipo de objeto a la hora de cometer el delito, encontrando que, de los 185 detenidos que reportaron el uso de arma un 37.84 por ciento utilizó arma blanca y 33.51 por ciento arma de fuego, y siendo puntuales, casi un 92 por ciento de los delincuentes hizo uso de algún arma, pasando desde un agente químico hasta una arma de utilería (CUADRO A.2), así también se encuentra que el 53 por ciento de los detenidos tienen una ocupación adicional a sus actividades delictivas (CUADRO A.3). Para complementar las características se obtuvo que un 91.872 de los delincuentes fueron hombres, mientras que las víctimas fueron 34.42 por ciento mujeres y 65.58 por ciento hombres, en este último caso se observa que existe mayor

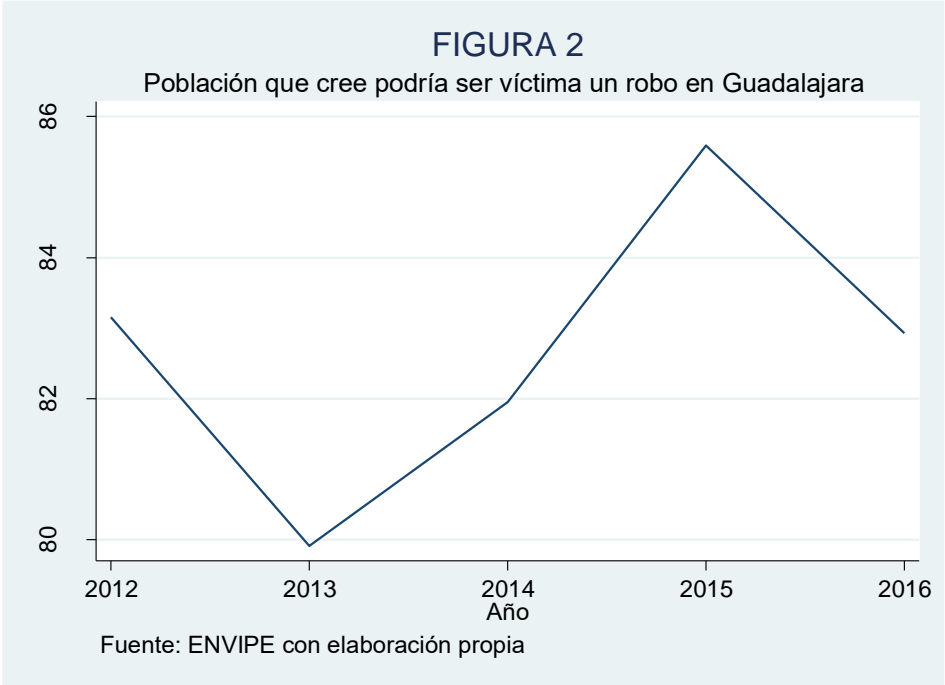
distribución entre las oportunidades, además de que cerca del 70 por ciento de los delincuentes son residentes de Guadalajara, mientras que los municipios que más exportan robo son Zapopan con 9.32 por ciento, Tonalá con 7.60 por ciento, Tlaquepaque con 7.03 por ciento y Tlajomulco con 2.28 por ciento. Cerrando con este planteamiento, se encontró que según los datos obtenidos de la CMG y dados los valores de la mayoría de los casos, el perfil de las víctimas serán, jóvenes varones de entre 15 y 25 años con educación media superior, mientras que los delincuentes son jóvenes varones de entre 15 y 25 años con educación básica y en su mayoría han hecho uso de algún arma para cometer el delito, y en ambos casos residentes de Guadalajara con una mayor concentración en la Zona Centro de dicho municipio (CUADRO A.4).

Ahora, pasando a las características generales del escenario del crimen tenemos que las denuncias siguen el comportamiento esperado (FIGURA 1), teniendo un aumento a mediados del año y un descenso a finales, aunque, es importante señalar que en este periodo de tiempo solo se concentran los detenidos y no el robo, por tanto, los resultados deben ser tomados bajo dicha consideración debido a la limitante de los datos que se presentó.



Para concluir con el análisis de los datos de la CMG, se obtuvo que en 2017 existía un total de 2,570 policías, mientras que la población era alrededor de un millón 521 mil 700 habitantes, según el Consejo Nacional de Población (CONAPO), de manera que, tendríamos un aproximado de 169 policías por cada 100,000 habitantes; contrastando este número con la recomendación de la Oficina de la Droga y el Delito de la ONU de 300 policías por cada 100,000 habitantes, estaríamos situados por debajo del nivel recomendado, ahora, comparando con datos del INEGI, el promedio en México es de 231 policías por cada 100,000 habitantes, situándonos de igual forma por debajo de los niveles nacionales.

Para finalizar con la parte estadística de este trabajo se revisarán los datos de la ENVIPE de 2012 a 2016 tratando de obtener una aproximación del nivel de protección de la población y gasto en seguridad.



Las primeras proporciones a considerar serán el nivel de percepción de inseguridad de la población, a través de dos variables, la primera es la “proporción de la población que cree podría ser víctima de un robo” y la segunda “que tan seguro se siente en su colonia y municipio”, si consideramos el nivel de inseguridad por la proporción de personas que reportaron sentirse seguras se observa que el nivel de personas que se sienten seguras en su

colonia, superan a las que se sienten seguras en su municipio, con un 47 por ciento de la población contra un 31 por ciento, lo cual está reflejando que las personas al salir de su colonia empiezan a sentir mayor temor debido a que consideran que es más probable convertirse en víctima de un delito.

La serie observada para la proporción de la población que cree podría ser víctima de un robo (FIGURA 2), obtuvo una pendiente positiva para el periodo, pero en el año con mayor número de denuncias se obtuvo la menor percepción de los 5 años, lo cual nos estaría diciendo que la crisis de 2013 afectó la percepción del año posterior, mostrando que los cambios se dan según sean las experiencias y no hay una previsión como tal de los posibles estados del crimen.

Para la respuesta por parte de los propietarios hacia el robo tenemos que la proporción de la población que formó parte del programa “Vecinos Alerta” o algún otro tipo de medida de organización vecinal después de haber sufrido un delito es en promedio un 14.87 por ciento de la población con una variación aproximada del 2 por ciento, mientras que los tipos de organización por parte de los vecinos como medida de disuasión del crimen fueron del 23.73 por ciento. Además de que el gasto en seguridad promedio fue de \$4,713.92 con una varianza de \$326.79, lo cual refleja un gasto considerablemente alto en comparación con las Líneas de Bienestar del CONEVAL, que para enero de 2018 fue de \$2,990.

Como ya se mencionó, existen una serie de limitantes en los datos, razón por la cual estaríamos diciendo que si los datos anteriores se cumplen tendríamos un juego asimétrico con dos conjuntos de jugadores diferentes, puesto que incluso siendo de edades relativamente semejantes, el nivel académico nos muestra poblaciones diferentes, una de propietarios y oportunistas, donde estos últimos mostrarían aversión al riesgo, siendo evidenciado por su constante uso de armas a la hora de cometer delitos, así como también conforme a la ENVIPE estaríamos hablando de una baja proporción de la población protegiéndose del robo. Por tanto, conforme a lo anterior y sus restricciones haremos algunos supuestos sobre el juego, buscando dar una perspectiva para el robo en Guadalajara.

IV. Desarrollo Teórico

0. Elementos Básicos

Se formaliza el juego conforme Friedman (1991) considerando un conjunto de poblaciones que interactúan, indexadas $k = 1, \dots, K$. Donde un miembro de cada k población tiene disponible un conjunto finito de estrategias, indexadas $i = 1, \dots, N$. Cualquier r^k punto en los $N - simplex$ $S^k := \{x = (x_1, \dots, x_N): x_i \geq 0, \sum x_i = 1\}$ representa una posible estrategia mixta para un miembro de la k población. Cualquier s^k punto en el mismo simplex representa una fracción de la k población empleando una estrategia disponible. De tal modo que el producto cartesiano de las K copias del simplex, $S := S^1 \times \dots \times S^K$, son el conjunto de acciones de las poblaciones (espacio de configuraciones).

La dinámica evolutiva esta resumida en una función de adaptación, la cual especifica como los individuos de cada población evolucionarán conforme a los pagos esperados por la estrategia propia y el estado de la población. Formalmente, una función de adaptación consta de mapas $f^k: S^k \times S \rightarrow \mathbb{R}$, $k = 1, \dots, K$, los cuales asumen linealidad en el primer argumento (estrategia propia) $r^k \in S^k$ y continuamente diferenciables en el segundo argumento (estado de la población) $s \in S$. La función de adaptación se puede escribir de manera más compacta si $f: S \times S \rightarrow \mathbb{R}^K$, con $f(r, s) := (f^1(r^1, s), \dots, f^K(r^K, s))$. La linealidad en $x = r^k$ puede considerarse una suposición de “números grandes”. Esta linealidad permite una representación alternativa en términos del vector gradiente de adaptación $\hat{f}^k(s) \in \mathbb{R}^N$ para una k población de individuos dado un estado $s \in S$, con $x \cdot \hat{f}^k(s) = f^k(x, s) \forall x \in S^k$.

El elemento final del modelo básico es una estructura dinámica que especifica como un estado s evoluciona a lo largo del tiempo. En tiempo continuo se especifican los cambios como $\dot{s}^k = (\dot{s}^1, \dots, \dot{s}^K)$, con $\dot{s}^k := (\dot{s}_1^k, \dots, \dot{s}_N^k) := (ds_1^k/dt, \dots, ds_N^k/dt)$, por medio de alguna función $F: S \rightarrow \mathbb{R}^{NK}$. Permitiendo que $\dot{s} = F(s)$ sea un sistema autónomo de ecuaciones diferenciales ordinarias cuya curva de solución $s(t)$ dada las condiciones iniciales $s(0) \in S$ describe la evolución de todas las poblaciones comenzando en cualquier estado de interés.

La dinámica requiere cumplir con algunas restricciones. Se dice que $F: S \rightarrow R^{NK}$ es aceptable si:

- (a) $\sum_{i=1}^N F_i^k(s) = 0 \quad \forall s \in S$ y $k = 1, \dots, N$;
- (b) $s_i^k = 0$ implica que $F_i^k(s) = 0$, y
- (c) F es continua y diferenciable por partes en S

Las dos primeras condiciones aseguran que s^k no sale del simplex S^k : por (a) las fracciones de la población continuarán sumando la unidad, y (b) evitará que estas se vuelvan negativas. También (b) previene que regresen estrategias inactivas. Mientras que (c) es una condición técnica leve para ayudar a garantizar soluciones de "buen comportamiento"; de hecho, la débil suposición de la continuidad de Lipshitz garantiza curvas de solución únicas y suficientes para la mayoría de los propósitos.

1. Planteamiento

El modelo a considerar es el planteado por Cressman et al. (1998), el cuál fue diseñado con la finalidad de observar la dinámica evolutiva entre propietarios y oportunistas ante variaciones en los niveles de seguridad mediante la dinámica del replicador, dónde existen dos planteamientos, uno con solo policía privada y otro incluyendo a la policía pública y su nivel de vigilancia, la cual es pagada con los impuestos de las personas. Y, lo que se busca es un nivel óptimo de vigilancia que nos conduzca hacia una *ESS*.

Para el juego más sencillo se plantean dos poblaciones, la primera de propietarios ($k = 1$) que tiene un conjunto de estrategias definidas $S^1 = \{A, P\}$, las cuales son "Activo" y "Pasivo" contra una población de oportunistas³ ($k = 2$) que cuenta con $S^2 = \{NR, R\}$, definidas como "No Robar" y "Robar". Para fines prácticos se definirá la protección como cualquier tipo de esfuerzo, actividad o gasto que logré desincentivar a cualquier jugador de la población de oportunistas de elegir R en un periodo determinado de tiempo, con una efectividad del 100 por ciento de detener al oportunista, adicionalmente se considera que existe un efecto vecinal positivo por A entre un grupo de propietarios.

³ Para este trabajo, suponemos que los oportunistas están agrupados en una sola categoría, teniendo entonces en una misma población a los delincuentes reales y potenciales (Ehrlich, 1996).

El juego se expresa de manera normal (JUEGO 1), en el cuál todos los pagos están definidos de manera inicial y no cambian en el tiempo, sino que la población se mueve entre estrategias según se dé la dinámica del replicador.

JUEGO 1

Jugadores	<i>No Robar</i>	<i>Robar</i>
<i>Activo</i>	a, α	b, β
<i>Pasivo</i>	c, ε	d, δ

Los pagos⁴ para el juego cumplen con $c > a \geq b > d$ para $k = 1$, y $\delta > \varepsilon \geq \alpha > \beta$ para $k = 2$, esto es explicado por el pago obtenido al jugar una estrategia dado lo que está haciendo el otro jugador, para los propietarios, $U^1(P, NR) > U^1(A, NR) \therefore c > a$, $U^1(P, R) < U^1(A, R) \therefore b < d$ y $a \geq b$ según sea el posible daño por el intento de robo, si este existe entonces $a > b$ y *EOC* $a = b$. Las utilidades para los oportunistas están expresadas por $U^2(P, R) > U^2(P, NR) \therefore \delta > \varepsilon$, $U^2(A, NR) > U^2(A, R) \therefore \alpha > \beta$, además según sea el costo de sospecha $\gamma \geq \alpha$, en el caso de que exista $\varepsilon > \alpha$ y *EOC* $\gamma = \alpha$.

Considerando las desigualdades anteriores y la estructura del juego, no existe *NE* para estrategias puras, por consiguiente se busca un equilibrio en estrategias mixtas (proporciones de la población jugando una estrategia pura), el cual viene dado por las utilidades esperadas, que son definidas como los valores de probabilidad para cada estrategia, p para A y $1 - p$ para P , q para NR y $1 - q$ para R , por tanto, los pagos esperados $E(A) = q(a) + (1 - q)b$ y $E(P) = q(c) + (1 - q)d$, para $k = 1$, y para $k = 2$, $E(NR) = p(\alpha) + (1 - p)\varepsilon$ y $E(R) = p(\beta) + (1 - p)\delta$.

Igualando los pagos esperados para cada jugador y resolviendo para p y q se obtienen el *NE* en estrategias mixtas (1,2), qué para un juego poblacional esto es descrito como la proporción de la población jugando una estrategia pura dada.

⁴ Tenemos V : El valor de la propiedad, G : Costo de la protección, F : Penalidad por robar, D : Daño por haber sufrido un robo además de la propiedad (V), U : El tiempo que el oportunista se ahorra al no robar, E : Costo para los oportunistas impuesto por alguien con protección (costo de sospecha). Los pagos para la posible víctima $a = V - I$, $b = V - I - D$, $c = V$, $d = -D$, mientras que para el oportunista están definidos como $\alpha = U - E$, $\beta = -E - F$, $\gamma = U$, $\delta = V$.

$$p^* = \frac{\delta - \varepsilon}{(\alpha + \delta) - (\beta + \varepsilon)} \quad (1), \quad q^* = \frac{d - b}{(a + d) - (b + c)} \quad (2)$$

Entonces, dado un juego poblacional, se introduce la dinámica del replicador (dinámica malthusiana), la cual consiste en como los jugadores imitan las estrategias de los demás con base en el éxito observado.

Para obtener la dinámica del replicador se consideran los pagos esperados⁵ y las proporciones de la población, por lo cual para $k = 1$ se obtendría (3) y (4) para $k = 2$, en donde se describe como los jugadores se ven incentivados a imitar un comportamiento en el tiempo a través de un sistema de ecuaciones diferenciales no lineales.

$$\dot{p} = p(1 - p)(b - d - (b + c - (a + d))q) \quad (3)$$

$$\dot{q} = q(1 - q)(\varepsilon - \delta - (\varepsilon + \beta - (\alpha + \delta))p) \quad (4)$$

Para el caso particular con policía privada, la dinámica está condicionada por el nivel de protección, debido a que si suponemos que en un primer momento que gran parte de la población está jugando “Activo”, el “Robar” es una estrategia poco viable, por lo cual se optará por “No Robar”, teniendo entonces $p > 1 - p$ y $q > 1 - q$, pero conforme el crimen se reduzca, la protección se irá aligerando, hasta llegar a un nivel de “Pasivo” expresado entonces como $p < 1 - p$, lo cual haría que se opte por elegir “Robar” con $q < 1 - q$, mostrando un ciclo que se repite y dónde el valor esperado entre estrategias podría ser definido como un *NE*.

JUEGO 2

Jugadores	<i>No Robar</i>	<i>Robar</i>	
<i>Activo</i>	a, α	b, β	$-T(x)$
<i>Pasivo</i>	c, ε	σ, θ	

⁵ $E(P) = E(NP) \rightarrow E(P) - E(NP) = 0$. Esta forma es la que se utilizó para este trabajo a partir de la planteada por (Friedman, 1991), la cual es descrita en el Apéndice de este trabajo y se demuestra que ambas cumplen para la dinámica del replicador.

Ahora, para el segundo caso con policía pública y privada, las estrategias de ambas poblaciones estarán condicionadas por la vigilancia de la policía pública (x), la cual está representada por el porcentaje de crímenes que logran ser detenidos, y este servicio es pagado mediante un impuesto “lump-sum” para toda la población $T(x)$.

Tenemos entonces un juego expresado en forma normal con una matriz de pagos en función del patrullaje en el que las poblaciones imitan las estrategias más exitosas (JUEGO 2) en donde $U^1(P, NR) > U^1(A, NR)$ dado que $c > a$ y $U^2(A, NR) > U^2(P, R)$ por $\alpha > \beta$, solo que para este nuevo juego existe una modificación en los pagos de $\{P, R\}$ y no se puede definir si se cumplen las desigualdades antes planteadas, ya que, aún sin protección y con un oportunista robando existe la posibilidad de lograr detenerlo gracias a la policía pública, por tanto los pagos para $\{P, R\} = (\sigma, \theta)$, dónde $\sigma = x(b + G) + (1 - x)d$, el cual está en función de la vigilancia (probabilidad de detener a un criminal), por lo cual sería un pago esperado compuesto por dos términos, el primero es la probabilidad de detener a un criminal multiplicado por el pago de haberse protegido, ya que este tendría una recompensa de un jugador que se protege gracias a la policía pública y además se estaría ahorrando el gasto el protección (G), el segundo término es la probabilidad de no detener al criminal por el pago de no haberse protegido. Para $k = 2$, $\theta = x(\beta) + (1 - x)\delta$, en el que igual será un pago esperado, pero para este caso es expresado como la vigilancia por el pago de haber jugado contra alguien que se protege más la no vigilancia por el pago de “Robar” en el juego con solo policía privada.

Para esta parte del modelo es necesario considerar el impacto del nivel de patrullaje sobre las estrategias y como éstas nos llevarían a una *ESS*. El desarrollo es el siguiente; primero, se define un nivel de patrullaje, el cual tiene un efecto sobre los pagos, lo que nos da un nivel en la dinámica del replicador mediante un efecto directo, después entra el proceso de imitación de estrategias entre poblaciones y se muestra como estas van cambiando a lo largo del tiempo en el diagrama de fases y su proximidad con un estado estacionario (*SS* por sus siglas en inglés: Stationary State).

Entonces, el efecto del nivel de patrullaje en el aprendizaje de la población está definido por (5, 6), el cual está compuesto por dos términos (Véase Apéndice), el efecto del pago sobre la probabilidad y el patrullaje sobre el pago.

$$p^* = \frac{\theta - \varepsilon}{(\alpha + \theta) - (\beta + \varepsilon)}, \frac{dp^*}{dx} = \frac{dp^*}{d\theta} \left(\frac{d\theta}{dx} \right) < 0 \quad (5)$$

$$q^* = \frac{\sigma - b}{(a + \sigma) - (b + c)}, \frac{dq^*}{dx} = \frac{dq^*}{d\sigma} \left(\frac{d\sigma}{dx} \right) < 0 \quad (6)$$

Por tanto, si partimos de un punto inicial (p^0, q^0) y suponemos un aumento del nivel de patrullaje x , tanto que vuelve a θ un valor pequeño, a tal grado que $\theta < \varepsilon$, esto estaría reflejando pocos incentivos a jugar R incluso cuando los propietarios estén en “Pasivo”, y esto es atribuido a la alta vigilancia de la policía; conforme a esto tendríamos que el aumento en x traería un aumento en q^* , mientras que el efecto de x en la posible víctima sería expresado como una reducción en p^* dada la seguridad que percibe, de manera que no tendría incentivos a gastar en protección.

Con lo anterior tendríamos un efecto en los pagos y por tanto en el proceso de adaptación de la población, por lo que nos centraremos en la dinámica del replicador (3.1, 4.1).

$$\dot{p} = p(1 - p)(b - \sigma - (b + c - (a + \sigma))q) \quad (3.1)$$

$$\dot{q} = q_1(1 - q_1)(\varepsilon - \theta - (\varepsilon + \beta - (\alpha + \theta))p) \quad (4.1)$$

Entonces, dado que estamos en un nuevo punto del diagrama de fases, en donde $q > 1 - q$ y $p < 1 - p$, y si se mantiene esta relación a lo largo del tiempo, se llegaría a un punto en el cual exista un valor muy bajo de p , lo cual cree oportunidades por los bajos niveles de protección (incluso manteniendo el nivel de vigilancia x), propiciando incentivos para una movilidad de oportunistas de “No Robar” a “Robar”, y este movimiento se mantiene en el tiempo hasta que se llegue a un nuevo punto de reacción de los propietarios, que generé que se pase de “Pasivo” a “Activo”, conformando una trayectoria definida como la dinámica del replicador.

2. Caso Particular

Con respecto a los datos presentados en la sección 3 se plantea un juego para un panorama de inseguridad, conforme a lo observado para Guadalajara considerando el juego de Cressman et al. (1998) bajo ciertas modificaciones de fondo y con algunos aportes.

JUEGO PROPUESTO		
Jugadores	<i>No Robar</i>	<i>Robar</i>
<i>Activo</i>	$V - G, U - E$	$V - G - D, U - F + \lambda_2$
<i>Pasivo</i>	V, U	$V - D - \lambda_1, U + \lambda_2$

El planteamiento inicial del juego fue modificado en la interpretación de los pagos, pasando a una propuesta más intuitiva y diferenciando las especificaciones del oportunista. Los cambios son basados en el supuesto de que el oportunista es un criminal a tiempo parcial (Ehrlich, 1996), por tanto, él solo comete actos delictivos si se presenta la oportunidad adecuada, es de ahí que venga el término que lo define. Continuando con el juego propuesto, solo existió un cambio con respecto al de Cressman, el cual fue en las estrategias $\{(A, R), (P, R)\}$ introduciendo λ (De λ_1 a λ_2)⁶ como la transferencia del propietario al oportunista por el robo, creando una explicación relativamente diferente al juego original pero siendo más práctica en su entendimiento, por lo que se sugiere al lector que los pagos no trate de entenderlos en valores monetarios, sino como un nivel de bienestar e incentivos a partir del cual se hace una comparativa y se define qué estrategia se jugará.

Para $\{P, R\}$ tenemos un cambio total de los pagos, mientras que Cressman menciona solo el daño como pago para el propietario, se propone que el valor (V) menos el robo ($-\lambda_1$) y el posible daño ($-D$) sean el nuevo pago, mientras que para el oportunista su pago será la utilidad que tiene por la actividad legal (U) más la transferencia por el robo ($+\lambda_2$) que en este caso será el aumento en el bienestar por el robo, razón por la cual lo cometió. Mientras que $\{A, R\}$ mantiene el pago para el propietario y se modifica para el oportunista, donde solo existe una reducción en su pago en $\{P, R\}$ menos el efecto de la penalidad ($-F$) por haber sido detenido.

⁶ λ_1 es el bienestar perdido por el propietario y λ_2 es el bienestar ganado por el oportunista. Para el caso propuesto $\lambda_1 = \lambda_2$, mas no es necesario que esta igualdad se cumpla en todos los casos.

Antes de plantear los pagos para el caso particular es necesario definir cuatro estados aparentes para este juego, **Paz:** ($p^* < 1/2, q^* > 1/2$), **Inseguridad:** ($p^* < 1/2, q^* < 1/2$), **Seguridad:** ($p^* > 1/2, q^* > 1/2$) y **Conflicto:** ($p^* > 1/2, q^* < 1/2$), a partir de los cuales se creará un panorama en el cual exista un nivel agravado de inseguridad. Recordando que el estado ($p^* = q^* = 1/2$) no es considerado, debido a que en este el azar define las estrategias de mejor respuesta.

Para el planteamiento de un juego bajo un contexto de inseguridad se tomó como referencia el planteado en Cressman et al. (1998) y fue modificado conforme a una magnitud de pagos mayor tal como en Bianco, Ordeshook, & Tsebelis (1990), obteniendo de este nuevo juego un $NE = \{p^* = 17/37, q^* = 9/19\}$ con una vigilancia del 5 por ciento, situado ligeramente en el estado aparente de inseguridad, pero no cumple con el objetivo de estudio, por lo que se le hicieron algunas consideraciones para obtener $NE = \{p^* < 1/2, q^* < 1/2\}$.

Las modificaciones al juego consisten en una serie de consideraciones sobre los pagos, tratando de reflejar un estado de inseguridad mucho más agravado que el anteriormente mencionado, por lo cual se sugiere entender las modificaciones como cambios en los incentivos y que en algunos casos se tratará de explicar por medio de la estructura de los pagos conforme al **JUEGO PROPUESTO**.

En los datos presentados en la sección anterior encontramos como propietarios y oportunistas corresponden a poblaciones diferentes, lo que nos llevaría a plantear un juego de forma asimétrica, con una diferencia considerable en los estados de bienestar de los jugadores, ambos en un mismo intervalo de edad pero con diferentes niveles de educación, variable clave para la primer consideración sobre el nivel de desigualdad, visto como una reducción en el nivel de bienestar del oportunista cuando se está jugando $\{P, NR\}$, por lo que un oportunista no puede tener el mismo nivel que un propietario, incluso y cuando haya mejorado su bienestar por “Robar”, es por esto que los pagos ε, δ sufrieron una reducción, para δ fueron dos efectos, un menor nivel de bienestar en actividades legales (U) y una menor transferencia por el robo (λ), mientras que para ε solo fue el efecto de U . El pago δ fue el que presento mayor variación, por lo que apoyándonos en su efecto sobre p^* ($dp^*/d\delta > 0$) se obtiene una reducción. La segunda consideración será en el contexto que propicie las

actividades delictivas; primero se plantea la no existencia del costo de sospecha, $E = 0$, y de manera conjunta la reducción general de U , concluyendo en un aumento de α , debido a que la reducción de U fue menor a la de E , por lo que los propietarios no tienden a sospechar de los oportunistas y no toman acciones contra ellos. La siguiente consideración será sobre las penalidades por cometer un delito (F), las cuales fueron menores, adicionalmente a esto, la reducción de U y λ , se obtiene un aumento de β . Las variaciones en α y β son neutrales, dado que actúan en sentidos opuestos ($dp^*/d\alpha < 0$, $dp^*/d\beta > 0$), mientras que el efecto de δ fue dominante, por tanto el resultado final fue una reducción en la probabilidad de ser “Activo”.

Mientras que para el caso del propietario solo se hizo una consideración, definiendo un mayor costo de haber sido víctima (D), visto como una reducción en b y dado que $dq^*/db > 0$, se da una reducción en q^* .

El planteamiento es concluyente en el JUEGO 3, el cual tiene un nuevo sistema de incentivos y por consiguiente las estrategias mixtas tienen valores diferentes, derivando así en una nueva dinámica del replicador (FIGURA 3).

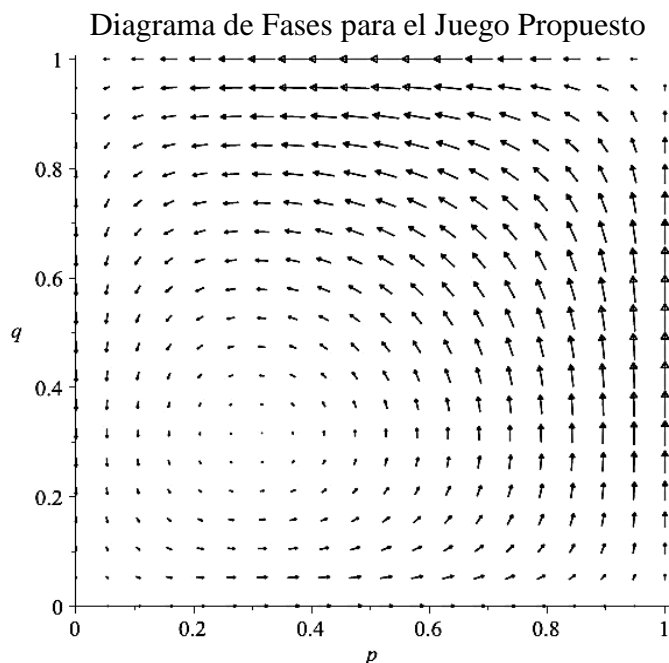
JUEGO 3		
Jugadores	<i>No Robar</i>	<i>Robar</i>
<i>Activo</i>	8,7	5,5
<i>Pasivo</i>	10,7	4,8

Dado que ya tenemos un juego planteado pasamos al desarrollo de la teoría de juegos evolutivos, en dónde se analizarán los NE en el diagrama de fases, los distintos SS y la ESS , como es que estas se clasifican y que tan fácil es llegar a este nivel, así como su evolución en el tiempo.

Para este sistema existen cinco EE , (i) $\{p = 0, q = 0\}$, (ii) $\{p = 0, q = 1\}$, (iii) $\{p = 1, q = 0\}$, (iv) $\{p = 1, q = 1\}$, (v) $\{p = p^*, q = q^*\}$, reflejando distintos escenarios del crimen; el punto (i) nos habla de una situación total de inseguridad, ya que todos los oportunistas están en “Robar” y no hay ningún propietario “Activo”, lo que nos habla de un NE con estrategias estrictamente dominantes (SDS por sus siglas en inglés: Strictly Dominant Strategy), las cuales son $\{P, R\}$; para el punto (ii) se tiene el mejor de todos los escenarios,

paz, debido a que no hay oportunistas cometiendo delitos y por tanto es innecesario hablar de propietarios buscando protegerse; el punto (iii) nos plantea un escenario en el cual incluso sin crimen (NR domina a R) todo los propietarios están protegidos, por lo que, se podría considerar una posible aversión al riesgo por sufrir el delito; continuando con (iv) se tiene un punto de conflicto en donde todos los oportunistas están en “*Robar*” y todo los propietarios en “*Activo*”, concluyendo en que todo el tiempo hay una lucha constante contra el crimen. Para finalizar se obtiene que (v) representa el NE del juego, mostrando una combinación entre poblaciones, que para este caso tendremos un mayor número de propietarios siendo pasivos y una gran población de oportunistas actuando de manera ilegal.

FIGURA 3



Ahora, es necesario evaluar la estabilidad dinámica del modelo, para lo cual se creó una matriz jacobiana y se examinaron los distintos autovalores para los SS del sistema. Según Friedman (1991) los autovalores pueden ser clasificados en 4 tipos, (1) Si ambos son positivos tenemos un equilibrio **Inestable**, (2) Con signos diferentes es un **Punto de Silla**, (3) Ambos negativos es un equilibrio **Estable** y (4) Complejos, un **Círculo Concéntrico** que gira en sentido anti horario. Los autovalores encontrados para los primeros cuatro puntos arrojaron que son Puntos de Silla y para el ultimo $SS := \{p = p^*, q = q^*\}$ se obtuvo que es un círculo concéntrico que gira en sentido anti horario.

Hasta ahora solo se han analizado aspectos evolutivos del juego y bajo qué características es que estos se desarrollan, pero no hemos analizado la primicia del modelo de Cressman, en donde se plantea como la vigilancia de la policía es el incentivo que genera que las estrategias mixtas pasen de ser una proporción de la población a una *ESS*. Por tanto, se calcularon las trayectorias de distintos niveles de vigilancia $x = 0.10, x = 0.20, x = 0.30$ y $x = 0.40$, considerando un solo punto inicial $(p^0, q^0) = (0.15, 0.30)$ para todas ellas y obteniendo como para los diferentes valores de x el *NE* tiene variaciones negativas sobre p^* y q^* mediante cambios en los pagos (Véase Apéndice), las cuales modifican las estrategias mixtas.

$$(*) \frac{dp^*}{dx} = \frac{dp}{d\theta} \left(\frac{d\theta}{dx} \right) < 0, (**) \frac{dq^*}{dx} = \frac{dq^*}{d\sigma} \left(\frac{d\sigma}{dx} \right) < 0$$

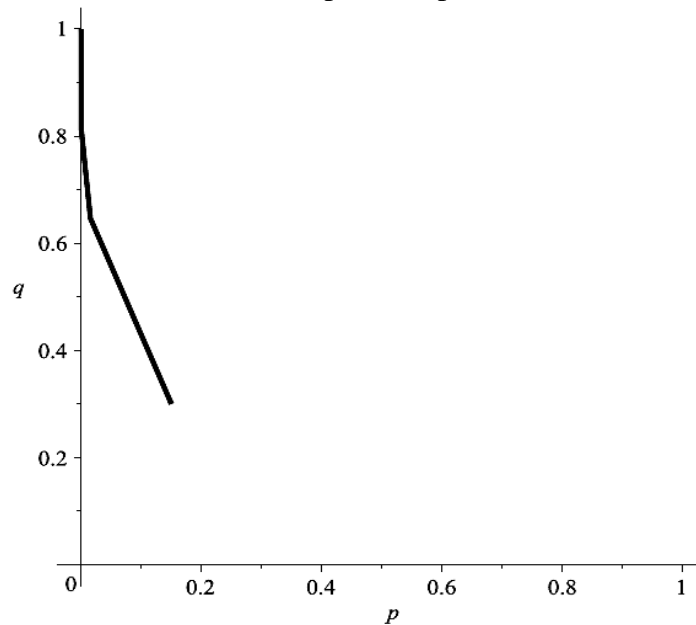
Para (*) el cambio es negativo dado el producto de dos efectos (LEMA 1), el primero de ellos es como un aumento de θ tiene una relación directa sobre p^* , mediante incentivos sobre el pago del oportunista por robar, el cual sería mayor y, el propietario al considerar este nuevo pago tiene incentivos para aumentar su protección, dado que él supone que a mayor recompensa por jugar “*Robar*” el oportunista tendrá más incentivos para moverse hacia esa estrategia, mientras que el efecto de x sobre θ es negativo dado que se cumple que $\beta < \delta$ y por tanto, aumentos en la vigilancia de la policía genera reducciones en los pagos por “*Robar*” dado el incremento en la probabilidad de ser detenido.

Ahora, para (**) el cambio es de igual forma compuesto por dos efectos (LEMA 2), el primero de ellos es de σ sobre q^* , en donde un aumento del pago por ser pasivo genera que el oportunista suponga que el propietario cambiará a esta estrategia y por tanto este cambia de igual forma hacia “*Robar*”, mientras que el segundo efecto es por medio de un sentido de protección, ya que ante un aumento de la vigilancia de la policía las personas perciben una mejora en la seguridad y por tanto se ven incentivadas a dejar de gastar en seguridad porque esta ya es brindada por el gobierno.

Dadas las derivadas anteriores se esperaría que a mayores niveles de vigilancia se llegará a un *SS* = $\{p^* = 0, q^* = 0\}$ debido a sus relaciones negativas, pero lo que ocurre es una senda hacia $\{p^* = 0, q^* = 1\}$. Esto es explicado por las variaciones de $d\theta/dx$ las cuales son negativas y conforme este pago se hace más pequeño se llega a un punto en el cual $\varepsilon > \theta$ y

por tanto “No Robar” se vuelve una *SDS* y el *NE* pasa a ser una *SS*, por lo que para un nivel de vigilancia lo suficientemente alto existe una senda de probabilidades que nos conducen a una *ESS* (FIGURA 4).

FIGURA 4
Dinámica del Replicador para una *ESS*



Las pruebas anteriormente implementadas sirven como método de corroboración y estilización del modelo presentado por Cressman, por lo que se concluye que el juego planteado y modificado para el robo en Guadalajara es consistente y por consiguiente es un caso particular del modelo inicial y aunque las características del juego cumplen en lo general, el nuevo planteamiento refleja un contexto del robo diferente, en donde los supuestos esenciales no son violados.

V. Resultados

1. Análisis comparativo

Para esta parte del trabajo se hizo un desarrollo comparativo entre los planteamientos anteriores, tomando como referencia el juego inicial $NE: \{p^* = 17/37, q^* = 9/19\}$, un punto relativamente céntrico, en el que se describe un escenario cercano a donde el azar define las estrategias, característica que facilitará el contraste con un juego de inseguridad agravada. La idea es examinar todos los pagos modificados, uno a uno para comparar que está ocurriendo para cada población a través de las distintas combinaciones de estrategias, y complementar el análisis revisando las diferentes formas del diagrama de fases, sus cambios en el tiempo y su respuesta ante la vigilancia, buscando concluir en cuales son los incentivos claves para el desarrollo de un contexto de inseguridad.

Como aspecto principal se vuelve a retomar la idea sobre desigualdad, en la cual los oportunistas no pueden estar igual de bien que los propietarios (supuesto también planteado por Cressman), esto es compuesto por dos pagos $\{(P, NR), (P, R)\}$; el primero de ellos $\{P, NR\}$, esta expresado en $\varepsilon^i > \varepsilon^p$, mostrando así que el valor del pago inicial es mayor al propuesto, lo que refleja una mayor diferencia en $c^i - \varepsilon^i > c^p - \varepsilon^p$ dado que c^i permanece constante, donde según Cohen & Machalek (1988) sería un equilibrio en el que cada jugador estaría dedicándose a actividades productivas legales, y el hecho de que haya una brecha entre estos, quiere decir que el nivel natural de bienestar que alcanza el propietario está muy por encima del obtenido por el oportunista, característica que incentiva el robo (LEMA 3) y por lo que entre mayor sea esta brecha por aumentos en c , q^* se irá haciendo más pequeña, mientras que por disminuciones en ε se generará un efecto de protección en los propietarios (LEMA 4). El segundo pago $\{P, R\}$, nos habla de que el oportunista incluso cuando comete un robo no puede estar en el mismo nivel del propietario, dado que $\delta^i > \delta^p$, lo que generaría confianza en los propietarios pues estos consideran que bajo esto no hay incentivos a robar y con lo cual habría una menor probabilidad de protegerse (LEMA 5).

Para el juego propuesto en comparación con el inicial encontramos una menor penalidad para los oportunistas que juegan “Robar” ($F^i > F^p$), lo que nos hablaría de un sistema penal con castigos ligeros sobre los detenidos, esto se ve reflejado en un aumento de β , que genera un efecto positivo en p^* , ya que los propietarios al saber que existen bajos castigos para los oportunistas creerán que estos se ven incentivados a “Robar” y por consecuencia se volverán más activos, concluyendo en que entre más “relajado” sea el sistema, mayores inquietudes se despertarían en los propietarios y estos buscarían la manera de evitar ser víctimas, este efecto también se da de forma inversa, por tanto, se puede generar conformidad o desconfianza según sean las penalidades (LEMA 6).

Como aspecto final para las comparaciones en el esquema de pagos de los oportunistas, se tiene que no existe costo de sospecha ($E^p = 0$), es decir, las personas no suelen buscar problemas al sospechar que alguien puede llegar a generarles un daño, por lo que aunque parecería que es un oportunista con incentivos a “Robar”, las personas no tomarán ninguna medida precautoria ante esto. La eliminación de esta variable en el sistema de pagos generaría un aumento en α y tendríamos que $\varepsilon = \alpha$, por lo que un oportunista que juega “No Robar” es indiferente ante la estrategia del propietario, pero el que se tenga una variación en α si tiene una relación negativa con p^* (LEMA 7), esto es visto por parte del propietario como un incentivo para que el oportunista opte por “No Robar” y se ve reflejado como una mayor pasividad.

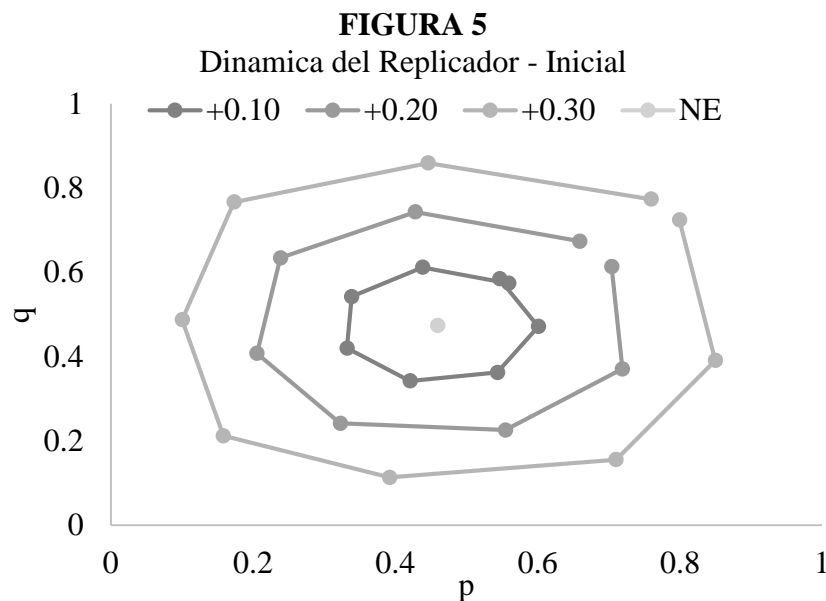
En tanto a los pagos del propietario no existieron muchas modificaciones, por lo que solo podemos hacer referencia a qué en el juego propuesto existe un mayor daño por ser víctima de un oportunista ($D^i < D^p$), con lo que se tendría una reducción en b , que será visto por los oportunistas como un incentivo a “Robar”, debido a que él sabe que el propietario estará temeroso como consecuencia de la existencia de un posible costo adicional por ser víctima, y esto hará que el pago esperado de ser “Activo” sea menor, teniendo como efecto final una reducción en q^* (LEMA 8).

En el aspecto dinámico del modelo se generó una comparativa a partir de distintos puntos iniciales hacia la derecha del NE en 0.10, 0.20 y 0.30, donde se probó la velocidad del modelo para completar un ciclo, tamaño y forma del círculo, la velocidad de cambio entre

estrategias y sus distintos niveles de respuesta para $x = 0.05, 0.10, 0.20, 0.30, 0.34$ y 0.40 , demostrando que ambos sistemas convergen a un SS en un mismo grado de vigilancia.

Para el estudio de la velocidad de cambio entre estrategias se hizo una aproximación de las variaciones mediante una solución numérica. La idea para este análisis comparativo es considerar el tiempo como una variable continua, dado que es discreta, y aproximar mediante el método de Runge-Kutta-Fehlberg los puntos en el tiempo para un proceso completo, y a partir del NE dividir la trayectoria en cuatro estados, (i) $(p < p^*, q > q^*)$, (ii) $(p > p^*, q > q^*)$, (iii) $(p < p^*, q < q^*)$ y (iv) $(p > p^*, q < q^*)$. Mostrando como el sistema responde a distintas velocidades según sea la estrategia de la población y el estado del juego.

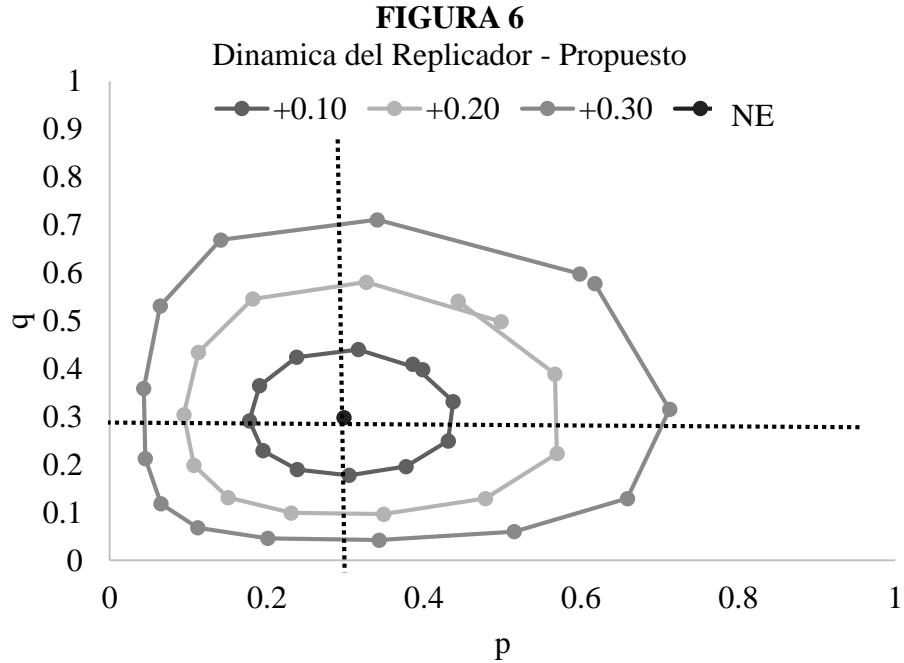
Para ambos modelos se planteó el sistema dinámico correspondiente al JUEGO 3 y 4, obteniendo un diagrama de fases para $(p^0, q^0) = (NE + 0.10, NE + 0.20, NE + .30)$ donde $NE = \{p^* = 17/37, q^* = 9/19\}$ y $NE: \{p^* = 17/57, q^* = 17/57\}$, respectivamente. Continuando con el método de Runge-Kutta-Fehlberg se aproximaron los diagramas de fase en tiempo discreto para un proceso completo, los cuales difieren en t según el juego, demostrando así que las poblaciones responden en diferente velocidad según la estrategia y el estado.



En la FIGURA 5 se observa de manera gráfica como las variaciones conjuntas entre p y q tienen dimensiones semejantes. Vemos como el cambio de $p_t \rightarrow p_{t+1}$ en toda la dinámica del replicador no difiere entre estados, siendo relativamente proporcionales incluso y en procesos más largos como $+0.30$, en donde se observa de un proceso de aprendizaje más lento.

Para el modelo propuesto las variaciones conjuntas son diferentes según el estado en el cual esté situado el punto (p, q) y su distancia del NE , característica que no expresa el modelo inicial. En la FIGURA 6 tenemos la aproximación del diagrama de fases en tiempo discreto para el JUEGO 4, donde existe un sesgo hacia el estado de inseguridad. Lo que se observa es como las variaciones conjuntas en las estrategias mixtas son relativamente más grandes conforme se alejan del NE ; en la primer dinámica con $+0.10$ no se observa tan marcado este efecto, ya que tiene una forma regular, mientras que en $+0.20$ y $+0.30$ se muestra más clara una figura irregular, en la que la dinámica del replicador tiene cambios mayores en el estado (ii) y (iv), lo que nos reafirma lo antes planteado en la velocidad de cambio entre “*No Robar*” y “*Robar*”. Este efecto es explicado por las características adaptativas de las poblaciones, cuando se sitúa un punto inicial lejano a NE se da una dinámica de aprendizaje más lenta, en comparación con puntos más cercanos, por tanto genera que la interacción tenga comportamientos diferenciados. El proceso adaptativo se va dando de mayor a menor, para $(p > p^*, q > q^*)$, siendo en primer instancia una reducción de p a la vez de un ajuste de q , lo que nos llevaría a $p < p^*$, incentivo suficiente para cambiar de “*No Robar*” a “*Robar*”, ubicándose en probabilidades cercanas al NE , por lo que los jugadores muestran menos movilidad entre estrategias, pero incluso y en este estado el propietario tiene incentivos a ser “*Activo*”, lo que nos estaría alejando del NE y llevaría a repetir el proceso.

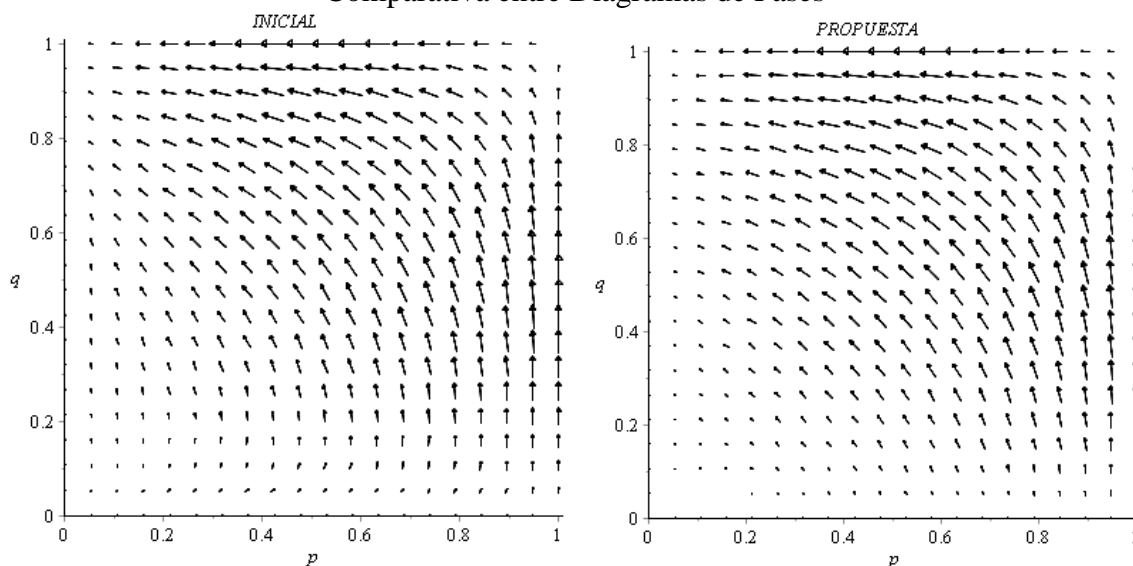
Concluyendo con el análisis comparativo de los modelos, se mostrará en que niveles de vigilancia se da la convergencia hacia el SS y si este cumple con ser una ESS , por lo que se propone obtener los distintos valores de σ y θ para $x = [0.05, 0.40]$, mostrando con esto como un NE se vuelve una ESS , y además a partir del valor de x generar un diagrama de fases que muestre como el sistema conduce hacia un SS , tratando de concluir en la existencia de diferencias en la convergencia.



En el juego inicial se observó que para $x = [0.05, 0.30]$ no existe *ESS* y la relación de desigualdades $c > a \geq b > d$ y $\delta > \varepsilon \geq \alpha > \beta$, se mantiene, lo que resulta en un *NE* con una población segmentada, por lo que se buscó aumentar la vigilancia en 1 por ciento de manera acumulativa, llegando a $x = 0.34$, donde se obtuvo que $U_i^2(S^1, NR) > U_i^2(S^1, R)$, lo que nos refleja que *NR* es estrictamente dominante sobre *R*, concluyendo en $NE = \{P, NR\}$, visto como un $SS = \{p^* = 0, q^* = 1\}$, siendo esta la *ESS* que se plantea en modelo de Cressman. Mientras que para el modelo propuesto se replicó el método y se obtuvieron los mismos resultados para $x = [0.05, 0.30]$ un *NE* con una población segmentada y al plantear una vigilancia del 34 por ciento se logra que *NR* sea estrictamente dominante sobre *R*, y conjuntamente se obtiene que $U_i^1(P, S^2) > U_i^1(A, S^2)$, al ser $b^i > b^p$, por lo que el *NE* es definido como un conjunto de *SDS*.

Ahora, dado que se conocen los niveles de vigilancia que logran un *ESS*, se prueba su estabilidad por medio el método de Friedman (1991), en donde los autovalores arrojados fueron negativos y lo cual los clasificó como un equilibrio estable. Para reafirmar lo anterior se muestran los diagramas de fases para cada juego (FIGURA 7), observando que aunque tiene un comportamiento semejante, el modelo propuesto pierde una parte de la curvatura de los aumentos y después reducciones de *p*, en comparación con el modelo inicial.

FIGURA 7
Comparativa entre Diagramas de Fases



Dado lo anterior se concluye en que el juego tiene características distintas en cuanto a su respuesta en el tiempo, por lo que en las siguientes secciones se explicará cómo pudo haber sido que se llegó a este estado de inseguridad, y a partir del equilibrio de largo plazo se estudiarán las implicaciones de la intervención gubernamental.

2. ¿Cómo llegar a un estado de inseguridad?

Para esta sección del trabajo se hablará en términos más aplicados de la teoría de juegos evolutivos para el análisis del robo, dado que ya se tiene todo el contexto teórico y ante cualquier punto de discusión el modelo ya está sustentado en todas las bases que la rigurosidad matemática exige.

El objetivo para esta parte será el estudiar qué posibles factores nos han conducido a este estado de inseguridad, a través de las variables planteadas en la matriz de pagos (**JUEGO PROPUESTO**), revisando un posible escenario y dejando al lector el estudio de los demás, explicando cómo se llegó a este nivel conforme las variaciones de corto plazo definidas en la dinámica del replicador, y el *NE* visto como un equilibrio de largo plazo.

Para el estudio del cambio en el equilibrio de largo plazo se utilizaron los estados aparentes antes mencionados, buscando plantear cómo pudo haber sido el cambio estructural sobre las estrategias poblacionales y su posible desplazamiento, generando con esto una variación en

la tasa de cambio del robo a corto plazo, visto como una nueva dinámica del replicador y un nuevo punto alrededor del cual se oscila. Por lo cual es necesario retomar la dinámica del replicador de la FIGURA 6, en la cual el estado de paz será la parte superior izquierda del plano, seguridad la superior derecha, inseguridad la inferior izquierda y conflicto la restante.

Ahora, si suponemos que estamos situados en la región superior derecha del plano, tendríamos que $p > p^*$ y $q > q^*$, mientras que para el caso opuesto, la región inferior izquierda, tenemos que $p < p^*$ y $q < q^*$, por lo que según sea el punto en el cual hubiéramos estado situados el cambio fue diferente. Para el primer caso podríamos considerar una serie de posibles cambios, un aumento de α o ε , así como también una reducción de β o θ , y viceversa, generando un menor valor de p , mientras que para la reducción de q , podría haber ocurrido un aumento de c o σ , en tanto que en otro caso sería una reducción de a o b . Siendo que para el segundo caso la relación planteada es totalmente inversa, debido a que se necesita aumentar p y q , razón por la cual nos centraremos en el estudio de un solo caso, siendo la misma forma de explicar los cambios en los incentivos para las otras tres regiones.

Para esta parte se ejemplificará el ejercicio más sencillo, en donde se supondrá que estamos situados en un equilibrio de largo plazo $NE = \{p_0, q^*\}$, donde $p_0 > p^*$, por tanto se buscará explicar cuál fue el cambio y que variable nos llevó de p_0 a p^* , llegando a un nuevo NE ; explicando así el comportamiento de la población y la velocidad de cambio.

Como ya se mencionó anteriormente, la reducción en p podría ser por medio de un cambio en cualquiera de los pagos del oportunista, por lo que para este caso se tomó un aumento de F , visto como penalidades más altas, por lo que β tuvo una reducción y dado el LEMA 6, la proporción de propietarios jugando “Activo” presentó una caída, dado que estos suponen que mayores castigos desalentarían jugar “Robo” y debido a que existe un costo de protección, los propietarios creen que partiendo de lo que hacen los oportunistas su mejor respuesta será “Pasivo”. Conforme a lo anterior, se tendría que el estado del crimen en el largo plazo se situaría en $NE = \{p^* = 17/57, q^* = 17/57\}$, siendo este el punto alrededor del cual se estaría oscilando, sin embargo, es necesario estudiar cuales serían los efectos de corto plazo y como estos cambian, debido a que suponemos que el robo es un círculo alrededor del

equilibrio de largo plazo. Por tanto, se retoma la FIGURA 6 y la dinámica “ $NE + 0.30$ ”, ya que esta muestra de manera más visual como son los cambios de corto plazo.

El primer efecto que se ocasionaría ante un aumento de las penalidades sería una reducción de la proporción de oportunistas jugando “*Robar*”, debido a que esto generaría menos incentivos para cometer actos delictivos, a este cambio le sucede una reducción de propietarios jugando “*Activo*”, ya que estos consideran que hay menos oportunistas robando y al existir un costo de protección se buscaría una mayor pasividad, además de que estos efectos son los que se dan de manera más rápida, mostrando que las variaciones conjuntas de esta región son mayores.

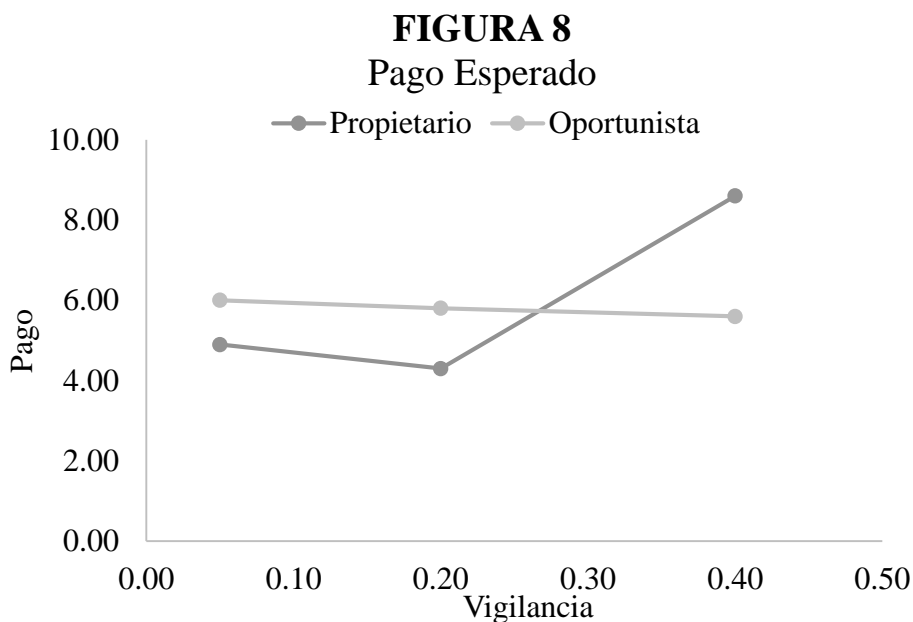
Lo anterior sería un primer cambio en el corto plazo, el cual, aparentemente cumplirá con el objetivo de dicha acción, sin embargo, este primer efecto presenta incentivos para los oportunistas, donde estos al ver que la protección tuvo una reducción, ven mayores oportunidades de robo, por lo que existe una mayor imitación de los oportunistas que juegan “*Robar*”, y mientras esta proporción crece se llegará a un nivel mínimo de autoprotección, a partir del cual se empieza a reaccionar a los aumentos de robos, con la particularidad de que las variaciones conjuntas de esta región son menores a las de cualquier otra, debido a que estamos en la parte de la dinámica del replicador más cercana al NE , pero incluso en esta parte existen incentivos para desviarse, por lo que la dinámica continúa y se vuelve a llegar al mismo punto en el cual se inició.

Concluyendo en cómo los efectos fueron positivos en un primer momento, pero estos cambian conforme a las proporciones de la población, además de que el nivel de robos en el largo plazo no tuvo ningún cambio, sino que se mantuvo en su valor inicial y solo existió una mayor pasividad en los propietarios. Lo anterior en términos de Bienestar Social no tuvo efectos, dado que $d\pi_2/d\beta = 0$, esto por medio del valor de p^* , el cual es muy pequeño y en el cálculo del valor esperado para el oportunista no genera mayor efecto, siendo que en teoría este debería tener un efecto negativo $d\pi_2/d\beta < 0$.

3. Implicaciones de la intervención gubernamental

Como ya vimos, existen bastantes formas de reducir el número de robos, pero es importante señalar cuales de ellas son las que en realidad podemos modificar directamente, de qué manera y sus implicaciones, es por eso que en esta sección estudiaremos la intervención del gobierno mediante las variables de vigilancia y penas, además de considerar un posible subsidio al costo de la autoprotección, haciendo que este sea más barato de adquirir. Conforme a lo anterior se concluye en un estudio del bienestar y cómo este se modifica ante la intervención gubernamental, así como cuál es la mejor forma de maximizar el Bienestar Social (BS).

Para la primer parte se toma el aumento en las penalidades, que como ya vimos tiene un efecto negativo sobre p^* y no genera cambios en q^* , por lo que se pasa directo a revisar las variaciones de corto y largo plazo y como el nivel de BS se reduce conforme aumentan la vigilancia antes de llegar a un espectro en el cual se desincentive totalmente el robo y se de una ESS.



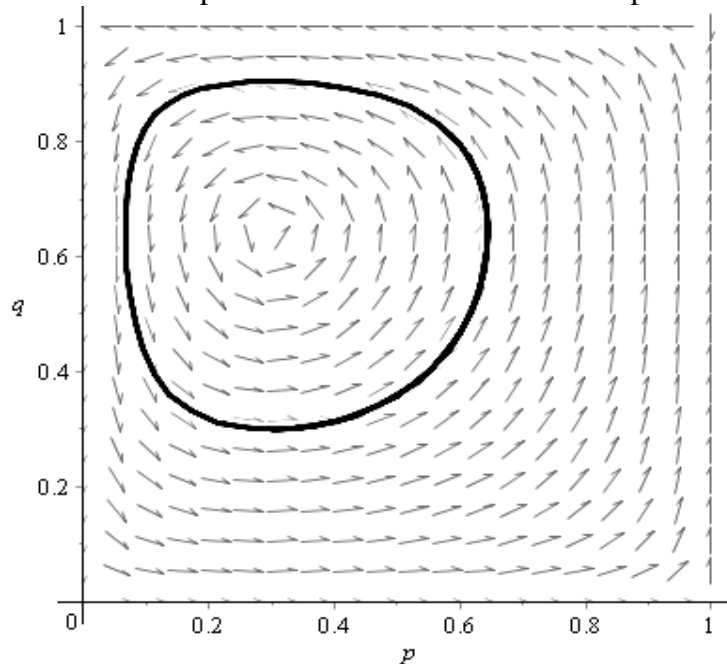
Como se revisó en la sección anterior sabemos las implicaciones de un aumento en las penas, por lo cual la parte del diagrama de fases ya no se retomará, sino que ahora se plantea como es que cambia el nivel de bienestar de los jugadores, visto como el pago esperado, conforme

aumenta la vigilancia, la cual es financiada con impuestos lump-sum, y que para este caso aumenta en manera lineal en x , por lo que tendríamos $T(x)$, planteando así tres niveles de vigilancia $x = (0.05, 0.20, 0.40)$ los cuales corresponderían al mismo número de niveles de impuestos $T(x) = (1, 1.20, 1.40)$, conforme a los que se obtuvo la FIGURA 8.

Se observó cómo conforme aumenta la vigilancia existe una reducción en el pago esperado para ambos jugadores (FIGURA 8), solo con la característica de que para los oportunistas las reducciones son debido a los impuestos y retomando que ante aumentos en las penalidades estos no tienen consecuencias ($d\pi_2/d\beta = 0$), mientras que para los propietarios si existe un efecto negativo conforme aumenta la vigilancia y adicionalmente a esto existe el cobro de impuestos, por lo que el primer incremento termina repercutiendo en mayor manera a los propietarios, hasta llegar al espectro en donde se desincentiva totalmente el robo y se llega a $\{P, NR\} = (10, 7) - T(x)$ (ESS), a partir del cual ya no hay incentivos para aumentar la vigilancia, ya que esta solo generaría costos innecesarios en la sociedad.

Continuando ahora con un posible cambio en el costo de la autoprotección, se supone una reducción y se revisa como cambia la dinámica ante esto, considerando el equilibrio de largo plazo como el punto inicial de la nueva dinámica del replicador.

FIGURA 9
Dinámica del Replicador con un subsidio a la autoprotección



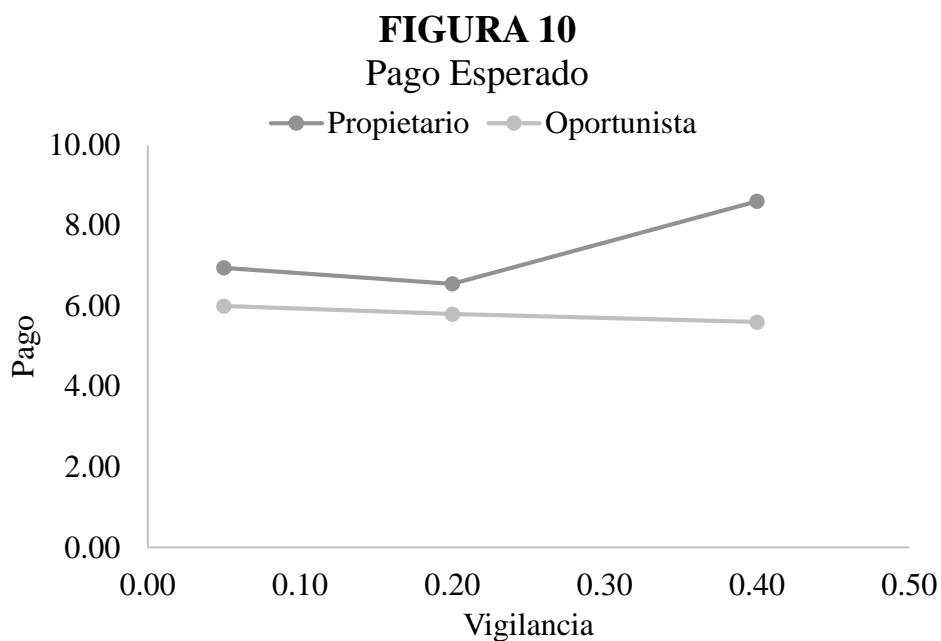
La reducción en G , genera un aumento en a , variable que afecta q^* de manera directa ($dq^*/da > 0$), debido a que un menor costo haría que existieran mayores incentivos para ser “Activo”, lo cual supondría que los oportunistas tendrían más riesgo de ser detenidos si juegan “Robar”, concluyendo así en una reducción de los niveles de robo, además de un efecto positivo sobre el pago esperado de los propietarios ($d\pi_1/da > 0$). Lo anterior nos conduce a un nivel mayor de BS y nos sitúa en la región de paz del diagrama de fases.

En la FIGURA 9 observamos el comportamiento entre propietarios y oportunistas en la dinámica del replicador ante una reducción en el costo de autoprotección, donde el primer efecto generaría un aumento de la población de propietarios siendo activos, lo cual conllevaría a una primera reducción del nivel de robos, esto a una velocidad mayor en comparación con las distintas regiones, de nuevo, evidenciado por la gran variación conjunta en el cambio de las proporciones de la población. Adicionalmente a esto, los niveles de protección alcanzarían un máximo, llegando a ser cerca del 70 por ciento de la población, a este nivel le sucede una segunda reducción del nivel de robos y conforme los propietarios observan que los robos van disminuyendo relajan sus esfuerzos, dándose un menor número de robos con una caída en la protección, y ante esto los oportunistas consideran un mayor número de oportunidades de robo y se continúa con la dinámica, este último cambio entre estrategias se da en un nivel cercano al NE , por lo que la velocidad de cambio es menor y empieza a tomar velocidad conforme se aleja.

El equilibrio de largo plazo en comparación con el anterior muestra una reducción en la proporción de oportunistas robando, manteniendo el nivel de propietarios siendo activos, esto debido a que solo se da un efecto sobre q^* de corto plazo, debido a que los oportunistas suponen que a menor costo de protección habrá menos oportunidades y pueden llegar a ser detenidos, por lo cual se reduce dicha población.

Ahora, es importante mencionar las implicaciones que esto tendría sobre el BS, para lo cual se consideran los posibles efectos de un aumento de la vigilancia pagados con impuestos (FIGURA 10). Obteniendo una tendencia negativa e igual a la de la FIGURA 9 para los oportunistas, solo que, a diferencia del caso anterior, en este los propietarios tienen un nivel

mayor de bienestar y las reducciones ocasionadas por el impuesto no repercuten en la misma proporción.



Conforme a lo anterior, se concluye para esta parte que las penalidades no tiene ningún efecto importante sobre la reducción del robo, siendo que no afecta el BS y solo genera pasividad en los propietarios, mientras que la reducción en el gasto tiene implicaciones positivas, siendo que aumenta el BS por el efecto sobre el pago esperado del propietario y en el largo plazo reduce el nivel de robos, manteniendo un mismo nivel de protección, por tanto podría ser porque con el mismo nivel de gasto ahora te proteges más (primer efecto de corto plazo).

VI. Conclusiones

En este trabajo se plantearon tres conjeturas iniciales, las cuales se demostraron conforme a lo esperado, bajo algunas particularidades. La primera de ellas consistía en que, ante una modificación en los pagos, la velocidad de cambio entre estrategias sufriría una variación, situación que era obvio que ocurriera. Lo interesante de esto es qué fue lo que hizo que esa dinámica adoptara otra forma. Por lo que se debe recordar que, los movimientos entre estrategias están motivados por cambios en los incentivos y qué al haber una modificación en estos las velocidades también se vieron alteradas, es decir, la movilidad del estado de conflicto hacia seguridad está explicada por los incentivos que tenga el oportunista y los cambios de seguridad hacia paz son por parte del propietario, y estos movimientos al tener mayores incentivos generaron que la velocidad fuera mayor. Además de que se debe considerar la naturaleza de los sistemas dinámicos, siendo que estos al estar más alejados del equilibrio tienden a tener variaciones mayores.

La segunda conjetura está relacionada directamente con el bienestar social, que, si bien se planteó que este sería menor, no se consideró el efecto de los impuestos como medio de financiamiento, lo cual nos mostró que a mayor “vigilancia inefectiva” menor bienestar para la población de propietarios. Lo que nos llevó a concluir en que se necesitan niveles altamente efectivos, y la existencia de niveles bajos solo estaría generando pasividad sin dar solución al problema.

Como última conjetura, tenemos la importancia de la intervención gubernamental y su relación con el conocimiento común, en dónde se evidenció su importancia como herramienta para la creación de políticas públicas, considerando el “yo supongo que tu supones” como un elemento dado en el comportamiento de la sociedad podríamos pasar de una policía reactiva hacia una proactiva, partiendo del supuesto en el cual conocemos su posible respuesta.

Conforme a lo anterior, no se debe olvidar que este trabajo presenta un modelo teórico, basado en una serie de supuestos que se espera se cumplan, y que si alguno de estos llegara a ser violado es necesaria una reestructuración del modelo y su estudio, por tanto, se debe tener esto a consideración. Asimismo, se debe ver a la teoría de juegos como una herramienta

normativa, más que predictiva, debido a que esta explica cómo debería ser el comportamiento, y no como será en un futuro (Accinelli & Carrera, 2012).

La utilidad que podría tener un modelo de estas características para el estudio del robo en Guadalajara sería hacia un modelo espacial, donde se pueda mostrar como las distintas poblaciones interactúan y replican las estrategias que consideran más exitosas, mediante la contigüidad y los cambios en el estado del robo en las zonas a analizar. Por tanto, hablaríamos de un estudio dinámico aplicando la econometría espacial, buscando probar que los distintos lemas que se plantean cumplen con los mostrados en este trabajo.

Así mismo, los resultados anteriores encuentran como un modelo de teoría de juegos evolutivos puede ser una herramienta útil en el estudio de fenómenos como el descrito por Wilson & Kelling (1982) titulado “Broken Windows” donde a partir de la creación de una oportunidad las poblaciones comienzan a imitar una acción que para esa situación consideran exitosa, ya que, observan como hay personas que actúan y no tienen consecuencias por eso, por tanto, la imitación del robo es una estrategia viable.

Es por esto que se hacen algunas propuestas para trabajos futuros; la primera de ellas sería considerar una vigilancia con rendimientos decrecientes, creando así el espectro bajo el cual ya no existen incentivos hacia el robo (*ESS*) se modifique, pudiendo ser uno más alto, debido a que ahora una vigilancia del 40 por ciento no sería suficiente, siendo que esta no tendría una efectividad del valor planteado. Para complementar lo anterior también se podría analizar una relación no lineal entre impuestos y vigilancia, generando un posible escenario en donde se necesite un mayor nivel de impuestos con respecto al planteamiento lineal, esto generaría posibles modificaciones sobre el óptimo de bienestar social que se alcanza cuando ya no hay incentivos a robar.

Apéndice

LEMA 1. El aumento de la vigilancia de la policía genera pasividad en los propietarios por medio de dos efectos, el directo de x sobre θ y otro por la interacción entre θ y p^* .

$$\frac{dp^*}{dx} = \frac{dp^*}{d\theta} \left(\frac{d\theta}{dx} \right) < 0, \frac{dp^*}{d\theta} > 0 \ \& \ \frac{d\theta}{dx} < 0$$

El efecto directo es negativo por el resultado de una reducción en el pago por $\{P, R\}$ ante un aumento de x , si $\delta > \beta$.

$$\frac{d\theta}{dx} = \beta - \delta < 0$$

Y el efecto de interacción esta dado porque el propietario supone que ante un mayor patrullaje la recompensa por “*Robar*” será menor y por tanto reduce su protección, si $\alpha > \beta$.

$$\frac{dp^*}{d\theta} = \frac{1}{-\beta + \theta + \alpha - \varepsilon} + \frac{\varepsilon - \theta}{(-\beta + \theta + \alpha - \varepsilon)^2} > 0$$

LEMA 2. El aumento de la vigilancia de la policía genera una mayor cantidad de oportunistas en “*Robar*” por medio de dos efectos, el directo de x sobre σ y otro por la interacción entre σ y q^* .

$$\frac{dq^*}{dx} = \frac{dq^*}{d\sigma} \left(\frac{d\sigma}{dx} \right) < 0, \frac{dq^*}{d\sigma} < 0 \ \& \ \frac{d\sigma}{dx} > 0$$

El efecto directo es positivo, debido a que una mayor vigilancia de la policía haría que los propietarios pasivos se vean beneficiados, ya que, tendrían un pago como si estuvieran actuando de manera activa, si $b + G < d$.

$$\frac{d\sigma}{dx} = b + G - d > 0$$

Mientras que el efecto de interacción esta explicado por qué el oportunista supone que a mayor vigilancia se generará pasividad y ante esto ve más oportunidades, si $c < a$.

$$\frac{dq^*}{d\sigma} = \frac{1}{-c + \sigma + a - b} + \frac{-\sigma + b}{(-c + \sigma + a - b)^2} < 0$$

LEMA 3. Ante un mayor valor de c , visto como un aumento en el nivel de bienestar de los propietarios en “Pasivo”, cuando los oportunistas juegan “No Robar”, generaría incentivos a la imitación de “Robar”, suponiendo que los propietarios imitaran “Pasivo” dado un aumento en los pagos esperados de esta estrategia, lo cual ocasionaría mayores oportunidades de robo, si $b > \sigma$.

$$\frac{d(1 - q^*)}{dc} = \frac{b - \sigma}{(a + \sigma - (b + c))^2} > 0$$

LEMA 4. Un menor valor de ε , visto como una reducción en el nivel de bienestar de los oportunistas en “No Robar”, cuando los propietarios juegan “Pasivo”, generaría incentivos a la protección, partiendo de la idea de que los oportunistas tienen menos incentivos para no robar, y por tanto estarían aumentando los robos, ante lo cual la mejor estrategia es “Activo”, si $\theta > \varepsilon$.

$$\frac{dp^*}{d\varepsilon} = \frac{\varepsilon - \theta}{(-\beta + \theta + \alpha - \varepsilon)^2} < 0$$

LEMA 5. Para una estructura inicial sin patrullaje, una reducción de δ por una menor λ_2 incentivaría la pasividad, debido a que el aumento en el bienestar del oportunista por un robo es menos redituable, y como consecuencia los propietarios creerían que “No Robar” es mejor estrategia para los oportunistas, y ante esto habría una reducción en “Activo”, si $\alpha > \beta$.

$$\frac{d(1 - p^*)}{d\delta} = \frac{\beta - \alpha}{(\alpha + \delta - (\varepsilon + \beta))^2} < 0$$

LEMA 6. Un aumento de β por menos penalidades incentivaría la protección de los propietarios, ya que, estos considerarían que un sistema penal relajado ocasionaría que sea menos costoso imitar “Robar” lo cual generaría una movilidad hacia dicha estrategia, ante lo cual la mejor respuesta por parte de los propietarios es “Activo”, si $\theta > \varepsilon$.

$$\frac{dp^*}{d\beta} = \frac{\theta - \varepsilon}{(-\beta + \theta + \alpha - \varepsilon)^2} > 0$$

LEMA 7. Un aumento en α por una reducción en el costo de sospecha E , incentivaría en los oportunistas una mayor pasividad, dado que estos se confiaran en que los oportunistas imitaran “No Robar” debido a que esta es una estrategia más redituable que “Robar”, y por tanto habría una mayor población de propietarios en “Pasivo”, si $\theta > \alpha$.

$$\frac{d(1 - p^*)}{d\alpha} = \frac{\theta - \alpha}{(\alpha + \theta - (\varepsilon + \beta))^2} > 0$$

LEMA 8. Una reducción en b podría ser explicada por un mayor costo en la protección o un mayor daño al sufrir el robo. Para ambos casos el robo se ve incentivado, solo que para el primer caso es debido a que el oportunista sabe que el costo de protegerse es mayor y supone que por dicha razón le será más difícil al propietario ser “Activo”, mientras que, para el segundo caso los propietarios prefieren ser pasivos ante el robo y no sufrir el daño, por tanto la estrategia más exitosa será “Robar”, ambos casos se cumplen si $c > a$.

$$\frac{d(1 - q^*)}{db} = \frac{a - c}{(a + \sigma - (b + c))^2} < 0$$

Referencias

- Accinelli, E., & Carrera, E. J. S. (2012). Imitación y Juegos Evolutivos en Economía.
- Becker, G. S. (1968). Crime and punishment: An economic approach. In *The economic dimensions of crime* (pp. 13–68). Springer.
- Bianco, W. T., Ordeshook, P. C., & Tsebelis, G. (1990). Crime and Punishment: Are One-Shot, Two-Person Games Enough? *The American Political Science Review*, 84(2), 569. <https://doi.org/10.2307/1963536>
- Cohen, L. E., & Machalek, R. (1988). A general theory of expropriative crime: An evolutionary ecological approach. *American Journal of Sociology*, 94(3), 465–501.
- Cortez, W. (2015). Ensayos sobre victimización, percepción de inseguridad y corrupción en México. 2015, 138.
- Cressman, R., Morrison, W. G., & Wen, J.-F. (1998). On the Evolutionary Dynamics of Crime. *The Canadian Journal of Economics / Revue Canadienne d'Économique*, 31(5), 1101. <https://doi.org/10.2307/136461>
- Ehrlich, I. (1996). Crime, punishment, and the market for offenses. *The Journal of Economic Perspectives*, 10(1), 43–67.
- Eide, E. (1994). The Determinants of crime. In E. Eide (Ed.), *Contributions to Economic Analysis* (Vol. 227, pp. 7–85). Emerald Group Publishing Limited. [https://doi.org/10.1108/S0573-8555\(1994\)0000227004](https://doi.org/10.1108/S0573-8555(1994)0000227004)
- Eide, Erling. (2000). Economics of criminal behavior. *Encyclopedia of Law and Economics*, 5, 345–389.
- Eklblom, P. (1999). Can we make crime prevention adaptive by learning from other evolutionary struggles? *Studies on Crime and Crime Prevention*, 8, 27–51.

- Figuroa, C. O. (2016). *Una caracterización de los delitos de la Zona Metropolitana de Guadalajara 2009-2015*. Guadalajara
- Friedman, D. (1991). Evolutionary Games in Economics. *Econometrica*, 59(3), 637.
<https://doi.org/10.2307/2938222>
- Horcasitas, B. U. (1996). El determinismo biológico en México: del darwinismo social a la sociología criminal. *Revista Mexicana de Sociología*, 58(4), 99.
<https://doi.org/10.2307/3541043>
- Jiménez Ornelas, R. A. (2005). La delincuencia juvenil: fenómeno de la sociedad actual. *Papeles de Población*, 11(43), 215–261.
- Laverde, M. G., Miranda, F. C., & Arce, A. F. (2011). La teoría racional del crimen. Aplicaciones de Gary Becker en Bogotá, DC. *Criterio Libre*, 9(14), 91.
- Maynard, J. (1976). Evolution and the theory of games: In situations characterized by conflict of interest, the best strategy to adopt depends on what others are doing. *American Scientist*, 64(1), 41–45.
- McGahey, R. (1984). *Crime, Criminal Justice, and Economics: Phillips & Votey, Schmidt & Witte*. JSTOR.
- Mincer, J. (1974). *Education, income, and human behavior*. New York: McGraw-Hill.
- Nash, J. (1950). *Non Cooperative Games*. Princeton, Princeton.
- Tsebelis, G. (1989). The Abuse of Probability In Political Analysis: The Robinson Crusoe Fallacy. *The American Political Science Review*, 83(1), 77.
- Vila, B. J., & Cohen, L. E. (1993). Crime as strategy: Testing an evolutionary ecological theory of expropriative crime. *American Journal of Sociology*, 98(4), 873–912.
- Wilson, J. Q., & Kelling, G. L. (1982). Broken windows. *Atlantic Monthly*, 249(3), 29–38.

Anexo

CUADRO A.1

Tabulado Cruzado de Sexo entre Víctimas y Detenidos en 2017

Víctimas (%)	Detenidos(%)		Total (%)
	Mujer	Hombre	
Mujer	2.60	31.82	34.42
Hombre	5.68	59.90	65.58
Total	8.28	91.72	100.00

Fuente: Comisaria Municipal de Guadalajara con Elaboración Propia

CUADRO A.2

Tabulado de Armas en 2017

Arma	Frecuencia	Porcentaje (por ciento)
Agente Químico	1	0.54
Arma Blanca	70	37.84
Arma de Aire	3	1.62
Arma de Fuego	62	33.51
Arma de Utilería	26	14.05
Objeto Contundente	6	3.24
Pies y Manos	17	9.19
Total	185	100.00

Fuente: Comisaria Municipal de Guadalajara con Elaboración Propia

CUADRO A.3

Ocupación de los Detenidos en 2017

	Número	Porcentaje (por ciento)
Con ocupación	39	53.42
Sin ocupación	34	46.58
Total	73	100

Fuente: Comisaria Municipal de Guadalajara con Elaboración Propia

CUADRO A.4

Colonias con más robos en 2017

Colonia	Frecuencia	Porcentaje (por ciento)
Centro	58	9.40
Mexicaltzingo	24	3.89
Santa Teresita	17	2.76
Sagrado Corazón	12	1.94
Lomas Del Paraíso 1	11	1.78

Fuente: Comisaría Municipal de Guadalajara con Elaboración Propia