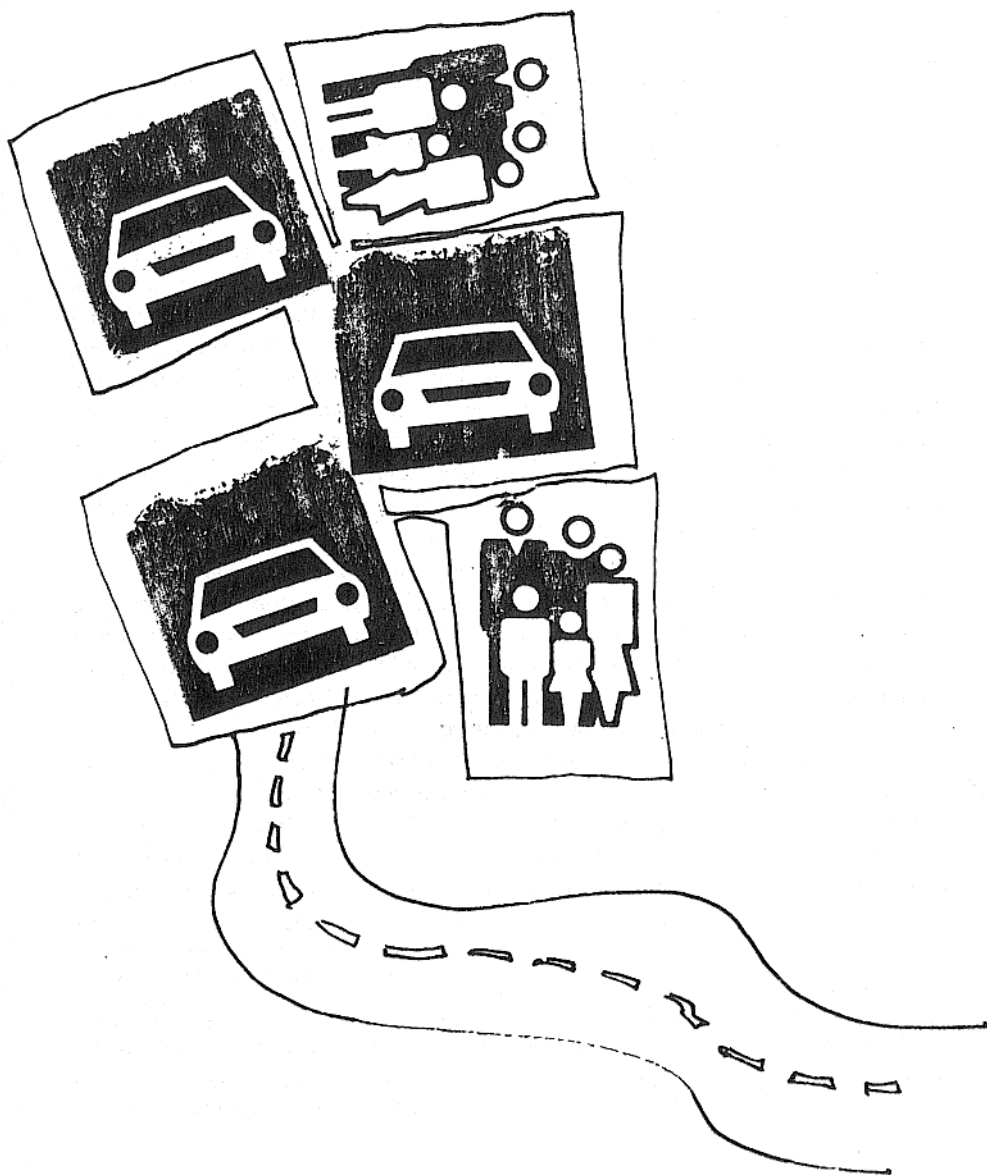


# ACCIDENTES DE TRANSITO: UN ANALISIS ECONOMICO.

HORACIO MATOS DIAZ  
RAMON J. CAO GARCIA



## ACCIDENTES DE TRANSITO: UN ANALISIS ECONOMICO

Horacio Matos Díaz  
Ramón J. Cao García\*

"An economist by training thinks of himself as the guardian of rationality, the ascriber of rationality to others, and the prescriber of rationality to the social world."

Kenneth J. Arrow

### Introducción

### The Limits of Organization

El tema del control de los accidentes de tránsito —o cuanto menos de sus consecuencias— es uno de los asuntos que ha estado influyendo en forma significativa en la política pública durante los últimos años. Los vehículos de motor han sido rediseñados y se les han añadido nuevos artefactos para "hacerlos más seguros". En forma similar, se han introducido nuevos diseños y elementos físicos en las vías públicas para "aumentar su seguridad". El control de los accidentes de tránsito ha estado basado en la premisa de que mientras más seguras sean las condiciones a las que se enfrente el conductor, menos accidentes habrán de ocurrir; y a base de esta lógica se han gastado billones de dólares en la implantación de medidas que se infieren como derivaciones de tal premisa.

La atracción intuitiva que tiene la premisa de "a mayor seguridad menos accidentes" es enorme, de ahí que la política pública se haya basado en esta premisa, sin que nadie se la cuestionara en las esferas decisionales. Pero algo sucedió mal, los accidentes de tránsito no se han reducido en la forma esperada y los expertos en seguridad de tránsito se están declarando impotentes para controlar, y mucho menos explicar, el fenómeno de los accidentes con vehículos de motor,<sup>1</sup> a pesar de la enorme cantidad de recursos que se han invertido.

El problema quizás estriba en que la intuición no es sustituta del sentido común y el análisis formal. La premisa de que "a mayor seguridad menos accidentes" se basa en el supuesto de que las personas no modifican su conducta cuando cambian las condiciones. Sin embargo, el sentido común nos dice que es de esperar que las personas modifiquen su conducta cuando las restricciones que

\*Instructor del Colegio Universitario de Bayamón, U.P.R., y Catedrático Auxiliar del Recinto de Río Piedras, U.P.R., respectivamente. Los autores desean agradecer los comentarios de Antonio J. González, Rafael Corrada y Wenceslao Serra, los cuales mejoraron la calidad del artículo. Los errores que persisten se deben a nuestra testarudez.

1. Para una discusión acerca del fracaso de las técnicas tradicionales para bregar con el problema de los accidentes de tránsito, refiérase a S.A., 1978.

actúan sobre ellas son modificadas; así que debemos esperar que el supuesto de conducta estable no se satisfaga en la realidad, ya que un cambio en los niveles de seguridad implica una modificación en las restricciones que actúan sobre la conducta de los automovilistas.

Es necesario disponer de una teoría capaz de predecir la conducta de los automovilistas cuando cambian las condiciones en que actúan. El propósito de este artículo es intentar elaborar tal teoría, utilizando las herramientas del análisis económico. Una vez que se haya presentado esta teoría, será posible realizar un análisis formal de las implicaciones y consecuencias esperadas de la política pública sobre el control de accidentes de tránsito, así como evaluar posibles alternativas a dicha política pública.

Para estos propósitos, se dedica la próxima sección de este artículo a la derivación de la función de conducta de los automovilistas y la relación entre esta función de conducta y los accidentes de automóviles. La siguiente sección se dedicará a derivar algunas inferencias del análisis previo, las cuales serán formuladas como hipótesis sujetas a verificación. A continuación se revisará la evidencia empírica para determinar si ella es consistente o no con las conclusiones que se deriven de la teoría. Finalmente, se presentará una recopilación de los argumentos presentados, lo que permitirá realizar una evaluación crítica de las políticas públicas acerca del control de accidentes de tránsito, así como la derivación de nuevas alternativas.

## **El Modelo Básico**

Esta sección está dedicada a considerar las causas de los accidentes de tránsito. Una forma sencilla de explicar este fenómeno consiste en decir que la causa de los accidentes radica en que alguien incurre en una negligencia al conducir. (Tullock, 1971, caps. 6-8; McKenzie y Tullock, 1975, caps. 11 y 13)<sup>2</sup> Pero decir que los accidentes son causados por conducta negligente no resuelve el problema, sino que cambia la pregunta, ya que ahora el problema se convierte en tratar de explicar por qué una persona racional ha de manifestar conducta

---

2. Es obvio que si todos los conductores mantuvieran sus vehículos en óptimas condiciones mecánicas, si siempre obedecieran todas las reglas y reglamentos de tránsito, si nunca guiaran bajo los efectos de algún intoxicante y si siempre guiaran a la defensiva, entonces sería extremadamente difícil que ocurriera un accidente. Se conduce negligentemente, para los propósitos de este artículo, cuando no se satisface con algunas de las condiciones previamente establecidas. Así, una de las consecuencias de la negligencia es aumentar el riesgo de incurrir en un accidente de tránsito.

negligente al conducir, si sabe que tal acción aumenta la probabilidad de tener un accidente.

Para contestarnos esta pregunta es necesario comenzar por formular la función de preferencias del conductor y analizar cómo la conducta negligente al conducir puede modificar su bienestar, así como determinar el conjunto de condiciones bajo las cuales se espera que el individuo manifieste un incremento en su conducta negligente. Para estos propósitos postularemos que el individuo tiene unos deseos y que deriva bienestar al satisfacer los mismos.<sup>3</sup> Para propósitos del análisis supondremos que las personas tienen el deseo de transportarse ( $Z_1$ ) y otro deseo compuesto por todas las demás cosas por las cuales el individuo deriva bienestar. A este deseo compuesto se le denominará como  $Z_2$ .

La función de preferencias —o de bienestar— de la persona, entonces, puede ser expresada como:

$$U_i = U(Z_1, Z_2) \quad (1)$$

Se supone, además, que para poder satisfacer estos deseos, el individuo tiene que producir unos artículos básicos a través del uso de bienes o recursos. Para el problema que nos ocupa, es relevante analizar la producción de transportación —o  $Z_1$ — por parte de la persona. En general, se ha de suponer que la función de producción de  $Z_1$  tiene la siguiente configuración:

$$Z_1 = f_1(t_1, x, P) \quad (2)$$

donde:

- $t_1$  = Tiempo requerido para producir transportación
- $x$  = Otros factores físicos que son necesarios para producir transportación, tales como uso de un vehículo, vías públicas, consumo de gasolina, etc.
- $P$  = Probabilidad de incurrir en un accidente de tránsito mientras se produce transportación

Se supone además que existe una función de producción para que el consumidor

---

3. El análisis que sigue se basa en la teoría de la función de producción de los consumidores. Sobre este particular, véase a Becker, 1971. cap. 1.

genere  $Z_2$ . Esta función de producción sólo necesita expresarse en forma general, por lo que se puede representar como:

$$Z_2 = g(Z_2) \quad (3)$$

Es conveniente definir en más detalle la función de producción de transportación. Se ha de suponer que para producir transportación el automovilista dispone de una función lineal<sup>4</sup> que permite transformar los recursos en transportación. Se supone que esta función tiene la siguiente configuración:

$$Z_1 = a + I_1 t_1 + px + PA \quad (4)$$

donde:

$a =$  es el intersepto de la función y depende de factores "ambientales"

$I_1 =$  es el factor de transformación del tiempo en transportación.

$p =$  es el precio de los factores físicos que son necesarios para producir transportación

$A =$  es el costo en que incurre la persona al ocurrir un accidente de tránsito

De esta forma, la cantidad de consumo máximo estará determinada por la cantidad de recursos sobre los que tenga derechos de propiedad y sus gastos en  $Z_1$  y  $Z_2$ . Si denominamos como  $I$  al total de los recursos que controla un individuo, entonces:

$$I = a + I_1 t_1 + px + PA + g(Z_2) \quad (5)$$

lo cual representa al vector de las restricciones que limitan la capacidad del automovilista para obtener bienestar.

Así entonces, se supone que el conductor desea maximizar su función de preferencias, sujeta a las restricciones definidas por la ecuación 5. Con esta información se puede formar la siguiente función de Lagrange, para determinar las condiciones relevantes para la maximización del bienestar del individuo:

$$L = U(Z_1, Z_2) - \lambda(a + I_1 t_1 + px + PA + g(Z_2) - I) \quad (6)$$

4 El supuesto de linealidad tiene el propósito de simplificar el análisis, a la vez que no modifica en forma significativa las conclusiones que se deriven del modelo. Véase a Becker, 1965: 493-517.

donde las condiciones de primer orden para la maximización que son relevantes para nuestros propósitos son:

$$\frac{\partial Z_1 / \partial t_1}{\partial Z_1 / \partial P} = \frac{I_1}{A} \quad (7)$$

donde  $\partial Z_1 / \partial t_1$  puede interpretarse como la productividad marginal del tiempo para producir transportación y  $\partial Z_1 / \partial P$  como la productividad marginal de la probabilidad de accidentes para producir transportación. La proporción  $I_1/A$  es una razón entre precios relativos.

La ecuación 7 nos ofrece la condición familiar para optimización de que la proporción entre las productividades marginales de los factores tiene que ser igual a sus precios relativos. Si no se satisface esta condición, el individuo puede mejorar su bienestar sustituyendo entre factores. Así que esta ecuación nos provee de unas relaciones de conducta para el automovilista. En la próxima sección se derivarán algunas inferencias de tal relación de conducta y su asociación con la política pública sobre el control de los accidentes de tránsito.

### Accidentes de Tránsito . . . ¿Por qué?

Para utilizar al modelo básico, que se derivó en la sección anterior, como un instrumento para predecir los cambios en la conducta de los automovilistas al implementarse las nuevas medidas de seguridad, es necesario que se relacionen los efectos de tales medidas con las variables consideradas en el modelo.

Al examinar los cambios ocurridos en los instrumentos de política pública relacionados con los accidentes de tránsito, surge la posibilidad de agruparlos en tres grandes categorías: 1) la introducción de nuevos diseños y artefactos en los vehículos de motor para aumentar su seguridad, 2) la introducción de nuevos diseños y artefactos en las vías públicas para incrementar su seguridad, y 3) la creación de la Administración de Compensaciones por Accidentes de Automóviles (ACAA).

La introducción de nuevos diseños y artefactos en los vehículos de motor incluyen nuevos tipos de cristales, cinturones de seguridad, parachoques especiales y nuevos diseños estructurales, entre otros. Todas estas medidas tienen el efecto de reducir las lesiones que pueda causar un accidente de tránsito sobre las personas que viajan dentro del vehículo, esto es, el efecto de estas medidas es el de reducir el costo de un accidente de tránsito. En términos del modelo básico esto implica que esta categoría de medidas de seguridad tiene el efecto de reducir el valor de  $A$  en la ecuación 7.

En la categoría de la introducción de nuevos diseños y artefactos en las vías públicas se incluyen vallas de separación entre carriles, postes que ceden ante un impacto, accesos limitados a ciertas carreteras y sistemas para amortiguar el impacto de un choque, entre otros. Estas medidas pueden ser agrupadas en dos categorías de acuerdo con sus efectos; ya que varias de estas medidas tienen el efecto de reducir la probabilidad de que ocurra un accidente de automóvil, mientras que otras tienen el efecto de reducir los efectos que pueda tener un accidente de tránsito sobre las personas que viajan en el vehículo. Este último tipo de medidas de seguridad tiene como resultado el que se reduzca el costo de un accidente de tránsito, lo cual implica que ellas reducen el valor de  $A$  en la ecuación 7.

Finalmente, la Administración de Compensaciones por Accidentes de Automóviles (ACAA) fue creada para proveerle a las víctimas de accidentes de tránsito un instrumento que cubra los gastos médicos ocasionados por un accidente y ofrecer una compensación básica por la pérdida de miembros físicos o de la vida. Todos los vehículos de motor están cubiertos por este seguro y la prima es fija, esto es, no está afectada por el historial que tenga el conductor en cuanto a los accidentes de tránsito que haya podido ocasionar en el pasado.<sup>5</sup> En este sentido, la ACAA cubre, al menos en forma parcial, la responsabilidad civil del conductor que ocasiona un accidente, reduciendo así sus costos.

De la presentación anterior se concluye que uno de los efectos de las medidas de seguridad de tránsito es la reducción de los costos en que incurre el automovilista al tener un accidente. Dada la condición para la maximización de bienestar presentada anteriormente,

$$\frac{\partial Z_1 / \partial t_1}{\partial Z_1 / \partial P} = \frac{I_1}{A} \quad (7)$$

vemos que el efecto es el de reducir el valor de  $A$  en el lado derecho de la ecuación. Al ocurrir este cambio, el automovilista se encuentra que no está maximizando su bienestar, así que tenderá a modificar su conducta para volver a establecer la relación de igualdad entre los dos términos de la ecuación para regresar a una posición donde se satisfagan las condiciones para la maximización de su bienestar.

---

5. En más de un sentido, es posible catalogar a la ACAA como una versión del "no-fault insurance". Para una discusión de este tipo de seguro véase a Vickrey, 1968: 464-487; y Calabresi, 1975.

Es obvio que para que se satisfagan las condiciones para la maximización del bienestar, cuando se reduce el valor de  $A$ , es necesario que ocurra por lo menos uno de los siguientes posibles ajustes:

- (a) que aumente  $\partial Z_1/\partial t_1$ ,
- (b) que se reduzca  $\partial Z_1/\partial P$ , o
- (c) que aumente el valor de  $1_1$ .

Un aumento en  $\partial Z_1/\partial t_1$  implica que aumenta la productividad marginal del tiempo ( $t_1$ ) en la producción de transportación ( $Z_1$ ), esto es, que se utiliza menos tiempo por unidad de transportación. Una reducción en  $\partial Z_1/\partial P$  implica que ocurre una reducción en la productividad marginal de la probabilidad de incurrir en un accidente mientras se produce transportación ( $P$ ), esto es, que la persona estará dispuesta a incurrir en un riesgo mayor de tener accidentes de tránsito por unidad de transportación que produzca. Finalmente, un aumento en el valor de  $1_1$  significa que aumenta el factor de transformación del tiempo en transportación, esto es, que cada unidad de tiempo permite producir una cantidad mayor de transportación, esto es, que es posible recorrer la misma distancia en menos tiempo.

Se puede observar que un automovilista puede realizar simultáneamente estos tres ajustes si aumenta su nivel de negligencia al conducir. Al incrementar su negligencia puede reducir el tiempo que es necesario utilizar para generar una unidad de transportación —de forma que se aumentan  $\partial Z_1/\partial t_1$  y  $1_1$ —, y si bien es cierto que con la negligencia aumenta el riesgo de tener un accidente, este aumento es algo que el conductor está dispuesto a aceptar para satisfacer las condiciones necesarias para maximizar su bienestar.<sup>6</sup>

La conclusión que se deriva de este análisis es un tanto sorprendente: al implantarse un conjunto importante de medidas de seguridad, que reducen el costo asociado con un accidente de tránsito, puede producirse el efecto de inducir un aumento en la conducta negligente por parte de los conductores. Como es posible suponer que la causa de los accidentes de tránsito radica en que alguien incurre en una negligencia al conducir,<sup>7</sup> esto implica que los incrementos en las medidas de seguridad que reducen el costo de un accidente tienden a aumentar el número de accidentes de tránsito.

6. Previamente se había establecido que un posible ajuste en la conducta al reducirse  $A$  es el de reducir el valor de  $\partial Z_1/\partial P$ , esto es, que la persona está dispuesta a aumentar la probabilidad de incurrir en un accidente.

7. Véase pág. 3.



Esta conclusión se puede formalizar en términos de la siguiente hipótesis.

$H_1$ : Es de esperar que en Puerto Rico, como consecuencia de la adopción de mayores medidas de seguridad que tienen el efecto de reducir los costos asociados con un accidente de tránsito, el número de éstos haya aumentado en una proporción mayor que la densidad del tránsito en las vías públicas.

Otro fenómeno que se debe tomar en consideración es el hecho de que la mayoría de las medidas de seguridad están dirigidas a aumentar la seguridad de los que transitan dentro de un vehículo de motor. De ese modo, la posición del peatón tiende a empeorar, ya que no ha ocurrido un aumento comparable en su seguridad, a la vez que es de esperar que esté aumentando la negligencia de los conductores. De tal forma, es de suponer que la proporción de peatones muertos con respecto al total de muertos en accidentes de tránsito habrá aumentado como consecuencia del aumento en las medidas de seguridad. Esta inferencia se podría expresar en términos de la siguiente hipótesis:

$H_2$ : Es de esperar que al aumentar las medidas de seguridad para los automovilistas, aumente la negligencia de los conductores, y como las medidas de seguridad para los peatones no han aumentado en la misma magnitud, el número de peatones muertos tenderá a aumentar desproporcionalmente.

En la próxima sección de este artículo se analizará si la evidencia empírica de los accidentes de tránsito en Puerto Rico es o no consistente con las dos hipótesis anteriormente presentadas y, por ende, con el modelo teórico que aquí se ofrece.

### **La Evidencia Empírica**

En esta sección se pretende analizar si la evidencia empírica disponible es o no consistente con las hipótesis derivadas del modelo anterior. Pero antes de proceder con el análisis, es conveniente que se considere —por lo menos brevemente— la calidad de la información estadística disponible, ya que ella constituye una restricción a las alternativas metodológicas disponibles para la investigación y, como consecuencia, de la calidad de los resultados.

Normalmente, los datos estadísticos son recopilados en una forma general, sin que exista una guía teórica respecto a los usos que se le puedan dar a tales datos. Esto es así porque los funcionarios encargados de la recolección de datos

estadísticos no pueden predecir los desarrollos teóricos que ocurrirán en el futuro; así que se ven forzados a recopilar los datos en una forma "ad hoc", esto es, recogen la información que según su criterio, o sentido común, entienden que puede ser más útil. Los métodos que utilizan para construir las series de información estadística también son, necesariamente, de tipo "ad hoc".

La situación que se describe en el párrafo anterior es normal en prácticamente todos los estudios que se realizan y en todos los países. Por esta razón, los investigadores frecuentemente encuentran que la información estadística que necesitan no está disponible, o que ha sido recopilada de alguna forma que no es la más adecuada para sus propósitos.

No debemos esperar que este estudio sea una excepción a esta situación. En realidad aquí nos encontramos con que una serie de datos de relevancia —como los gastos anuales privados y públicos en medidas de seguridad— no están disponibles. Esta circunstancia obliga a los investigadores a utilizar métodos alternos de análisis para compensar, al menos parcialmente, tales deficiencias.

Otro problema que suele estar presente es el grado de confiabilidad de la información estadística. Es normal que los investigadores supongan que los datos que utilizan son confiables. La razón de este supuesto se basa en que, por lo general, un investigador no puede hacer mucho para reconstruir una serie histórica de datos, por lo que tiene que aceptarla como buena. Este es también el caso de este estudio, donde se aceptan los datos como buenos, aun cuando se mantienen serias dudas acerca de su confiabilidad.

Por ejemplo, es razonable dudar de la confiabilidad de un dato tan básico como el número anual de muertes en accidentes de tránsito. Si se observa la Tabla I se encuentra que el total oficial de las muertes en accidentes de tránsito tiende a ser mayor que el total que se obtiene al sumar las diferentes categorías en que se desglosa este total. Es obvio que esta situación implica la existencia de errores en el proceso de recopilar la información estadística; pero un investigador no puede hacer mucho para corregir tales errores, aunque la existencia de errores de este tipo pueda limitar la utilidad de cualquier investigación empírica.

**TABLA I**  
**MUERTES EN ACCIDENTES DE TRANSITO EN PUERTO RICO**  
**1960 a 1975**

Años	Muertes en Accidentes				Suma de las Columnas 2, 3 y 4 (5)
	Total Oficial (1)	Peatones (2)	Conductores (3)	Pasajeros (4)	
1960	346	170	83	92	345
1961	317	182	74	52	308
1962	367	200	89	75	364
1963	425	213	103	100	416
1964	451	225	115	87	427
1965	429	202	103	102	407
1966	407	197	98	100	395
1967	490	242	116	115	473
1968	551	250	128	156	534
1969	541	242	137	143	522
1970	452	224	118	97	439
1971	482	237	117	116	470
1972	580	268	157	145	570
	595	231	183	165	579
1974	579	241	170	129	540
1975	511	234	121	119	574

Fuente: Departamento de Estadística, Cuartel General de la Policía de Puerto Rico y Departamento de Transportación y Obras Públicas.

#### El Total de Accidentes de Tránsito

La primera hipótesis que se derivó del modelo sostiene que a medida que aumentan las medidas de seguridad tiende a aumentar la negligencia de los conductores y, en consecuencia, es de esperar que aumente el número de los accidentes de tránsito. Así que esta hipótesis postula que existe una relación directa entre el número de accidentes de tránsito y el número de las medidas de seguridad que se han implementado.

Para docimar esta hipótesis es necesario controlar los efectos de otras

variables que también pueden afectar la ocurrencia de un accidente de tránsito. La principal variable en este caso es la densidad en las vías públicas, la cual se ha definido como la proporción del número de millas recorridas en el período  $t^8$  dividido entre el total de millas de carretera disponibles en ese período. La densidad se dividió entre densidad en las autopistas y densidad en las otras carreteras, porque las condiciones de seguridad varían significativamente entre estos dos tipos de vías de tránsito.

Un problema que se presenta al tratar de docimar esta hipótesis lo es el hecho de que no se dispone de información acerca de la magnitud de las medidas de seguridad existentes para cada año en Puerto Rico. Para escapar de este problema se supuso que existe una diferencia cualitativa entre las medidas de seguridad de tránsito existentes en el período de 1960 a 1965 y las del período de 1970 a 1975. Esto es, que durante el período de 1970-75 existían medidas de seguridad de tránsito en un nivel significativamente mayor que en el período anterior. De ser cierta esta hipótesis es de esperar que ocurra un desplazamiento hacia arriba con relación a los accidentes de tránsito.

La ocurrencia de un desplazamiento de este tipo puede ser medida a través de una variable binaria que asuma el valor de cero para el período de 1960 a 1965 y el valor de uno para el período de 1970 a 1975. Así que la hipótesis tenderá a ser validada si el coeficiente resultante en el análisis de regresión es positivo.<sup>9</sup>

De esta forma, el modelo a estimarse es el siguiente:

$$ATT_t = a + b_1 B_t + b_2 DC_t + b_3 DA_t + u_t$$

donde:

8. El número de millas recorridas en un período  $t$  se calculó como sigue:

$$TMR_t = TPD \cdot D \cdot 365.25$$

donde:

TMR <sub>t</sub>	:	total de millas recorridas en el período $t$ .
TPD	:	tránsito promedio diario
D	:	distancia en millas
365.25	:	días del año.

9. Para una discusión acerca del uso de variables binarias para la docimacia de hipótesis en el análisis de regresión y su relación con el análisis de varianza, refiérase a (Kmenta, 1971: 409-430).

- $ATT_t$ : total de accidentes de tránsito en el período  $t$ ,  
 $t = 1960$  a  $1965$  y  $1970$  a  $1975$ .  
 $B_t$ : variable binaria, donde  $B_t = 0$  si  $t = 1960$  a  $1965$   
y  $B_t = 1$  si  $t = 1970$  a  $1975$ .  
 $DC_t$ : densidad en las vías públicas en el período  $t$ .  
 $DA_t$ : densidad en las autopistas en el período  $t$ .  
 $u_t$ : error aleatorio.

Para estimar esta ecuación se utilizó el método de Cochrane-Orcutt para modelos con autocorrelación en los errores.<sup>10</sup> La razón para utilizar esta técnica es que en estimaciones preliminares del modelo se encontró que el estadístico de Durbin-Watson asumía valores en el área de indecisión,<sup>11</sup> por lo que es posible que el modelo padeciese del problema de autocorrelación en los errores.

Los resultados obtenidos al estimar la ecuación son los siguientes:

	Intersecto	$B_t$	$DC_t$	$DA_t$
Coefficiente de Regresión	3108.33	15799.3	82.8408	.00149365
Error Estándar	10876.7	82.49.79	29.8754	.00208035
Estadístico t	.717978	1.91511*	2.77288*	.717978

$$R^2 = .9687$$

$$F_c(3.7) = 72.2052$$

$$P(U_t) = .38$$

\* = significativo a un nivel de significancia de .10.

Según se puede observar, los resultados obtenidos son consistentes con la teoría presentada en este artículo. De acuerdo a lo esperado, el signo de la variable binaria es positivo y significativamente diferente de cero. Una interpretación aplicable a este resultado es que, en promedio, durante el período

10. Para una discusión acerca del problema de la autorrelación de los errores y de cómo resolverlo a través de la técnica de Cochrane-Orcutt, véase a (Dutta, 1975: 115-117).

11. Para una discusión acerca de la definición, uso e interpretación del estadístico de Durbin-Watson, véase a (Johnston, 1972, cap. 8).

en que aumentan las medidas de seguridad tienden a ocurrir 15,800 accidentes anuales más que en el período en que existían menos medidas de seguridad. Este aumento en el número anual de accidentes no es explicado por las otras variables tomadas en consideración.

### Las Muertes de Peatones

Una vez que se ha encontrado que la evidencia empírica es consistente con la hipótesis de que el número de accidentes ha aumentado con el aumento en las medidas de seguridad, se puede proceder a considerar la segunda hipótesis. Esta hipótesis formula que la proporción de peatones muertos en accidentes de tránsito tenderá a aumentar con el aumento en las medidas de seguridad implementadas.

Para docimar esta hipótesis se sigue un procedimiento similar al que se utilizó en el caso anterior, aunque es necesario hacerle algunas modificaciones al modelo. En primer término es necesario eliminar la variable  $DA_t$ , ya que ella se refiere a las autopistas por donde no transitan peatones. Por la misma razón, y para mantener la consistencia entre los datos, las muertes por accidentes de tránsito tienen que ser ajustadas para eliminar aquellas que ocurren en las autopistas. Así, la proporción de peatones muertos se define como el número de peatones muertos durante un año dividido entre el total de conductores y pasajeros que han muerto en accidentes de tránsito que no han ocurrido en autopistas.

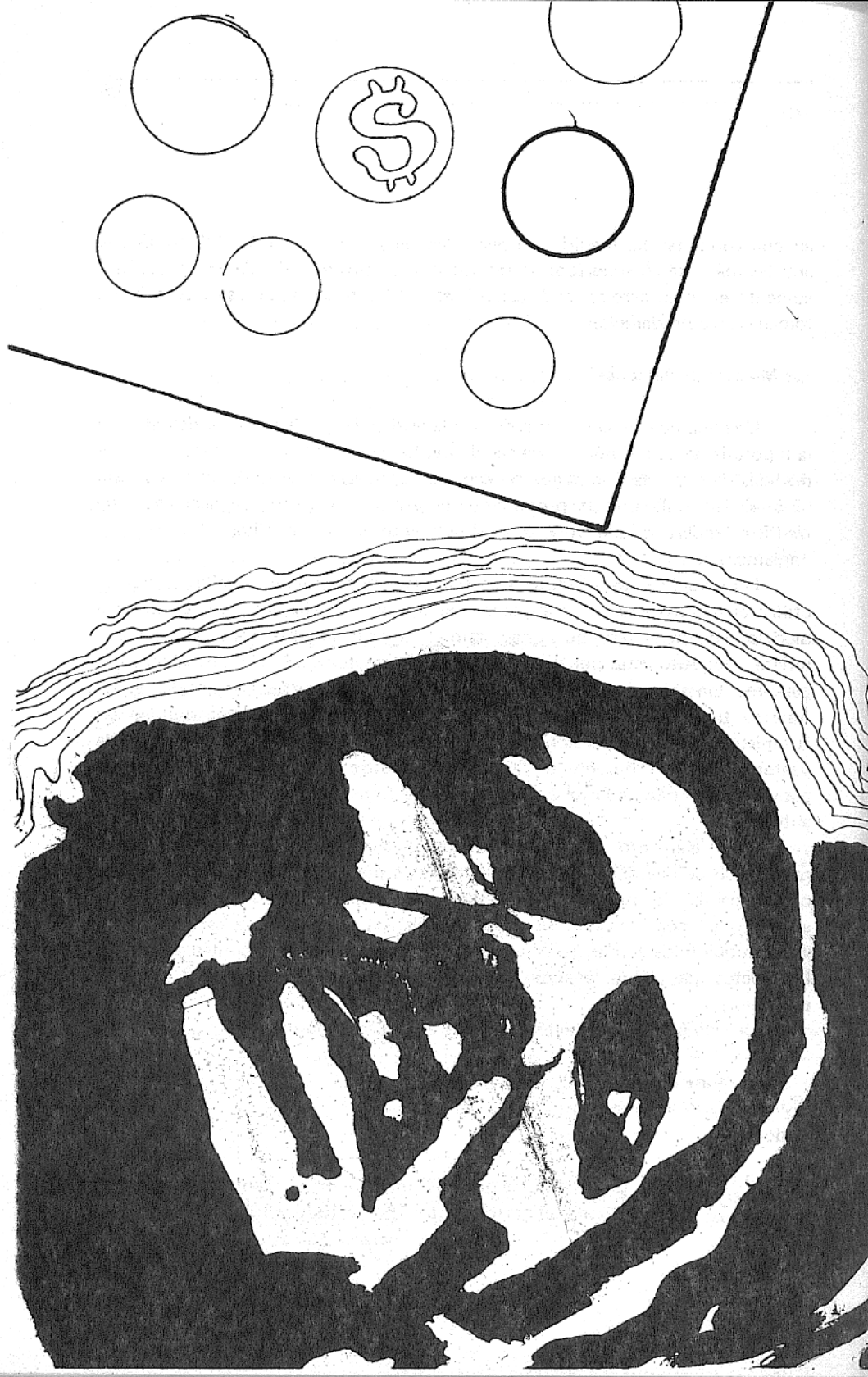
Otro elemento importante a tomar en consideración es el que la proporción de peatones muertos en accidentes puede variar como consecuencia de que cambie la proporción de personas que sean peatones. Para tomar este elemento en consideración se puede incluir, en la ecuación a estimarse, una variable que mida el número de vehículos de motor per cápita, controlándose así los efectos que pueda tener un cambio en la proporción de personas que sean peatones.

De esta forma, la ecuación a estimarse resulta ser la siguiente:

$$RPM_t = a + b_1 B_t + b_2 DC_t + b_3 VPC_t + u_t \quad (9)$$

donde

$RPM_t$ : proporción de peatones muertos en accidentes de tránsito durante el período  $t$ ,  $t = 1960$  a  $1965$  y  $1970$  a  $1975$ .



- $B_t$ : variable binaria, donde  $B_t = 0$ , si  $t = 1960$  a  $1965$  y  $B_t = 1$  si  $t = 1970$  a  $1975$   
 $DC_t$ : densidad en las vías públicas que no sean autopistas durante el período  $t$ .  
 $BPC_t$ : vehículo de motor per capita en el período  $t$ .  
 $u_t$ : error aleatorio.

Por las mismas razones que en el caso anterior, este modelo se estimó a través del método de Cochrane-Orcutt, obteniéndose los siguientes resultados:

	Intersecto	$B_t$	$DC_t$	$VFC_t$
Coefficiente de Regresión	1.75681	.223723	.0021465	1.77849
Error Estándar	.358931	.361358	.00144078	3.89778
Estadístico t	4.89447*	.619118	1.48985	.456283

$$R^2 = .4780$$

$$F_C(3,7) = 2.13637$$

$$F(u_t) = .36$$

\* = significativo a un nivel de significancia de .10.

Los resultados que se obtienen al estimar esta ecuación no son tan obvios como los que se obtuvieron en el caso anterior. En primer lugar ninguna variable, con la excepción del intersepto, pasa las pruebas convencionales de significancia estadística; además de que el coeficiente de determinación registra un valor muy bajo para una serie de tiempo. Por otra parte, el coeficiente asociado a la variable binaria asume el signo esperado de acuerdo a la hipótesis formulada.

### Recapitulación y Conclusiones

Este artículo intenta presentar una teoría formal para analizar la conducta de los conductores cuando cambian las medidas de seguridad establecidas. En este sentido ofrece una aportación al estudio de los problemas de los accidentes de tránsito, ya que —a diferencia de los enfoques tradicionales— se supone que



los conductores modifican su conducta cuando cambian las condiciones bajo las cuales guían sus vehículos de motor.

El modelo desarrollado no sólo permite la posibilidad de que los conductores modifiquen su conducta, si no que se demuestra formalmente que los conductores habrán de modificar su conducta cuando ocurren cambios en las medidas de seguridad. En específico, el modelo teórico concluye que si las

medidas tienden a reducir el costo de los accidentes de tránsito, entonces los conductores tenderán a aumentar su negligencia al guiar; por lo que es de esperar que —en este caso— tiendan a aumentar los accidentes de tránsito. Así que se infiere que, paradójicamente, el aumento en ciertos tipos de medidas de seguridad promueve incrementos en el número de accidentes de tránsito.

Como un número significativo de las medidas de seguridad establecidas en Puerto Rico son del tipo de las que reducen los costos en que incurre un conductor al tener un accidente, es de esperar que el número de accidentes de tránsito estén aumentando como consecuencia de esta política de seguridad en el tránsito. Al analizar la evidencia empírica se encontró que ésta era consistente con la anterior.

Otra inferencia que se derivó del modelo fue con respecto a las muertes de peatones en accidentes de tránsito. Se infirió que, si se esperaba que los accidentes de tránsito tienden a aumentar, y si la mayoría de las medidas de seguridad están dirigidas hacia las personas que están dentro del vehículo, la proporción de los peatones muertos también aumentará.

En este caso la evidencia empírica no ofreció un apoyo concluyente a la teoría presentada en este artículo, pero tampoco la refuta en forma definitiva.<sup>12</sup>

Es obvio que la teoría presentada en este artículo requiere de mayores verificaciones empíricas, especialmente, que se desarrollen series estadísticas más adecuadas y con un mayor grado de confiabilidad. Pero la principal aportación de este artículo no es la de ofrecer un ejercicio estadístico, sino la de plantear la deseabilidad de que las decisiones de política se tomen y se evalúen a base de modelos teóricos formales en los que se reconozca que las personas habrán de modificar su conducta cuando cambian las condiciones dentro de las cuales ellas actúan.

El argumento que se presenta aquí es que, en el caso de los accidentes de

---

12. Se debe recordar que los signos para los coeficientes relevantes siguieron un patrón consistente con la teoría y que este hecho puede ser más importante que las pruebas formales de significancia. Sobre este particular, véase a (Fisher, 1966).

tránsito, el que no se dispusiera de un modelo formal para predecir la conducta de los automovilistas puede haber tenido un resultado adverso, ya que lo que parece haberse logrado es exactamente lo opuesto a lo deseado. Este resultado adverso es precisamente lo que predice nuestro modelo para aquellos casos en que se reduce el costo de tener un accidente. El modelo también predice que para reducir el número de accidentes de tránsito se debe aumentar el costo de la negligencia y establecer más medidas que reduzcan la probabilidad de tener un accidente.<sup>13</sup>

En conclusión, no creemos que este modelo ofrezca una regla definitiva para bregar con el problema de los accidentes de tránsito, pero sí creemos que puede abrir el debate al ofrecer una metodología que pueda provocar que el tema sea analizado de una forma más racional. Se espera también que este análisis ofrezca un ejemplo de que la intuición no es un sustituto deseable ante análisis formal cuando se van a tomar decisiones de política pública.

---

13. Entre las medidas de seguridad que reducen la probabilidad de tener un accidente se pueden incluir las vallas entre carriles, las carreteras con accesos limitados, y la vigilancia preventiva por parte de la policía, entre otras.

APENDICE: DATOS GENERALES SOBRE LOS ACCIDENTES  
DE TRANSITO EN PUERTO RICO 1960-1975

Tabla 1

Años	Accidentes					Vehículos Registrados
	Total	Fatales <sup>1</sup>	Con heridos	Con daños a la propiedad		
1960	27590	311	8708	18572	176628	
1961	28859	297	9154	19508	199411	
1962	31370	345	10270	21115	211341	
1963	33027	390	11285	21352	245688	
1964	36699	414	12662	23623	279538	
1965	39537	398	13038	26101	312321	
1966	42701	374	13822	28505	371723	
1967	49295	447	15001	33847	411396	
1968	51967	505	15691	35771	459786	
1969	57325	480	16809	40036	538000	
1970	60118	428	18542	41148	614200	
1971	70589	447	20751	49391	534803	
1972	80318	543	23306	56469	674059	
1973	76963	535	24011	52346	681596	
1974	74523	534	22439	51550	738465	
1975	80392	480	25080	54830	772742	

1.- Por lo menos hubo una muerte

APENDICE: DATOS GENERALES SOBRE LOS ACCIDENTES  
DE TRANSITO EN PUERTO RICO 1960-1975 (cont.)

Tabla 2

Años	Muertos en Accidentes					Población (miles)
	Total	Peatones	Conductores	Pasajeros		
1960	346	170	83	92		2360
1961	317	182	74	52		2394
1962	367	200	89	75		2428
1963	425	213	103	100		2462
1964	451	225	115	87		2496
1965	429	202	103	102		2530
1966	407	197	98	100		2564
1967	490	242	116	115		2580
1968	551	250	128	156		2632
1969	541	242	137	143		2666
1970	452	224	118	97		2700
1971	482	237	117	116		2765
1972	580	268	157	145		2867
1973	595	231	183	165		2951
1974	579	241	170	129		3030
1975	511	234	121	119		3110

**APENDICE: DATOS GENERALES SOBRE LOS ACCIDENTES  
DE TRANSITO EN PUERTO RICO 1960-1975 (Cont.)**

**Tabla 3**

Años	Millas de Carreteras Disponibles		Millas Recorridas (Millones)	
	Vías Normales	Autopistas	Vías Normales	Autopistas
1960	7708800	---	2227.4	---
1961	7899200	---	2338.0	---
1962	7980800	---	2797.6	---
1963	8252800	---	3042.0	---
1964	8470400	---	3484.3	---
1965	8704000	---	3620.8	---
1966	8773600	---	4019.0	---
1967	9075200	---	4305.8	---
1968	9328000	---	4610.9	---
1969	9392000	---	5136.8	---
1970	9492000	---	5453.3	---
1971	9945600	---	6201.3	---
1972	10107200	39.6	6589.9	4.2
1973	10255200	49.76	7374.2	81.9
1974	10453952	56.84	7243.1	91.7
1975	10492736	56.84	6635.6	104.3

**APENDICE: DATOS GENERALES SOBRE LOS ACCIDENTES  
DE TRANSITO EN PUERTO RICO 1960-1975 (Cont.)**

**Tabla 4**

Años	Muertes en Autopistas		
	Total	Conductores	Pasajeros
1960	---	---	---
1961	---	---	---
1962	---	---	---
1963	---	---	---
1964	---	---	---
1965	---	---	---
1966	---	---	---
1967	---	---	---
1968	---	---	---
1969	---	---	---
1970	---	---	---
1971	---	---	---
1972	10	4	6
1973	14	5	9
1974	13	5	8
1975	14	7	7

Fuentes:

1.-Oficina de Estudios Económicos, Dpto. de Transportación y Obras Públicas de Puerto Rico.

2.-Dpto. de Estadísticas, Cuartel General de la Policía de Puerto Rico.

## BIBLIOGRAFIA

- Becker, Gary S. 1965. "A Theory of the Allocation of Time". *Economic Journal*, Vol. 75, Núm. 299 (septiembre) 493-517.
- , 1968. "Crime and Punishment: An Economic Approach". *Journal of Political Economy*, Vol. 76 (marzo-abril).
- , 1971. *Economic Theory*. New York: Alfred Knopf, Inc.
- Calabresi, Guido. 1975. *The Costs of Accidents*. New Haven: Yale University Press.
- Chou, Ya-Lun. 1975. *Statistical Analysis*. New York: Holt, Rinehart, and Winston, Inc.
- Dutta, M. 1975. *Econometric Methods*. Cincinnati: South Western Publishing Co.
- "End the 55 mph Speed Limit?" 1978. *U.S. News World Report*, (20 de marzo) pág. 49-50.
- Fisher, F. M. 1966. *A Priori Information and Time Series Analysis*. Amsterdam: North Holland Publishing Co.
- Friedman, Milton. 1968. "The Methodology of Positive Economics", en Breit y Hochman, eds. *Reading in Microeconomics*, Holt, Rinehart, and Winston, Inc. 23-47.
- Holmes, R. A. 1970. "On the Economic Welfare of Victims of Automobile Accidents". *American Economic Review*, Vol. 60, 143-151.
- Johnston, John. 1972. *Econometric Methods*. McGraw-Hill Book Company Inc.
- Kmenta, Jan. 1971. *Elements of Econometrics*. New York: The Macmillan Company.
- Lefwich Richard y Ansel M. Sharp. 1976. *Economics of Social Issues*. Dallas: Business Publications, Inc.
- McKenzie, Richard y Tullock, Gordon, 1975. *The New World of Economics*. Richard D. Irwin, Inc.
- Nagel, Ernest, 1968. "Assumptions in Economic Theory". *American Economic Review*, Vol. 53 (mayo) 198-122.
- S.A. 1978. "Why Reducing Traffic Deaths Proves Elusive". *U.S. News and World Report*, (24 de abril) 47-48). ----- . 1972. "Economic Imperialism", en James M. Buchanan y Robert D. Tollison, eds. *Theory of Public Choice*, Ann Arbor, The University of Michigan Press 317-329.
- Vickrey, William. 1968. "Automobile Accidents, Tort Law, Externalities, and Insurance: An Economist's Critique". *Law and Contemporary Problems*, Vol. 58 (marzo), 464-487.
- Wu, Roland U. 1976. "A Microeconomic Analysis of Highway Speed Limitations". *Economic Inquiry*, Vol. 14 (junio), 309-312.

### RESUMEN

En este artículo los autores demuestran cómo los conductores de automóviles modifican su conducta cuando se introducen cambios en las medidas de seguridad en las carreteras. Paradójicamente, cuando se implantan medidas para reducir los accidentes de tránsito, los conductores tienden a incrementar su conducta negligente, lo que hace que aquéllas produzcan un resultado opuesto a su intención original. Se señala la necesidad de "mayores verificaciones empíricas" y que las decisiones de política "se tomen y se evalúen a base de modelos teóricos formales en los que se reconozca que las personas habrán de modificar su conducta cuando cambian las condiciones bajo las cuales ellas actúan.



**ABSTRACT**

The authors demonstrate how drivers modify their behavior when security measures are implemented in the streets. Paradoxically, drivers negligent behavior increases when measures to prevent accidents are introduced, thus provoking these to produce a non-expected result. The authors point out to the necessity of "major empirical verifications" and that "policies should be established in base to formal theoretic models which recognize that people change their behavior when conditions under which they behave change".