

Estimando los riesgos penales en accidentes automovilísticos

Vielma Araujo, Claudia A.*
Smith Cayama, Rubén A.**

Resumen

La regresión logística es utilizada para modelar accidentes de tránsito ocurridos en la ciudad de Mérida entre Enero y Diciembre de 2000. Se encontró que el riesgo de que un accidente de tránsito sea penal es menor si el color del vehículo involucrado es rojo, si el accidente ocurre en la segunda semana del mes, si la vía está mojada y si los conductores son turistas. Si el accidente de tránsito ocurre en una carretera, avenida o calle, tiene mayor riesgo de ser penal que cuando ocurre en una intersección u otro tipo de vía, siendo el riesgo mayor en una carretera que en avenidas o calles. El riesgo que un accidente de tránsito sea penal es mayor en el día para conductores que no poseen licencia, sin embargo, en horas de la noche no se encontró diferencia en los riesgos de conductores con o sin licencia de conducir. Al conducir un vehículo de tipo Techo Duro, Panel, Van, u otro tipo que no sea Coupe, Sedan, Ranchera, Pick Up, Colectivo, Microbús, ó Sport Wagon, el riesgo de que el accidente sea penal es significativamente mayor para los conductores que no poseen licencia de conducir que para los que sí la poseen.

Palabras clave: Regresión logística múltiple; Estimadores de máxima verosimilitud; Prueba de bondad de ajuste; Razón de posibilidades; Factores de riesgo.

Estimation of Penal Risk in Automobile Accidents

Abstract

Multiple logistic regression is used to model car accidents occurring in Merida City between January and December 2000. It was found that the risk of a penal car accident is lower if a red car is involved, if the accident occurs in the second week of the month, if the road is wet, and if the drivers are tourists. Higher risks were found related to car accidents occurring on public roads, avenues and streets compared to intersections and other types of roads, the highest risk occurring on public roads instead of on avenues and streets. Among drivers, those who do not possess a driver's license have a higher risk during the day, however, at night, no significant difference was found in risk for drivers

Recibido: 02-06-20. Aceptado: 03-02-18

* Lic. en Estadística. PDVSA-Maracaibo. E-mail: clavie23@hotmail.com

** Ph.D. en Estadística. Coordinador del Doctorado en Estadística. Jefe Sección Docencia. Instituto de Estadística Aplicada y Computación. ULA-Mérida. E-mail: rsmith@cantv.net

with or without a driver license. The risk of penal car accidents is higher if the car involved in the car accident is a hard top, panel truck, van or other type different from coupe, sedan, station-wagon, sport wagon, truck, full size van or microbus and if the driver does not possess a driver's license, in comparison to drivers that possess a driver's license.

Key words: Multiple logistic regression, likeliness-of-fit test, maximum likeliness estimate, odds ratio, risk factors.

Introducción

Cien mil personas mueren cada año y más de un millón doscientas mil resultan lesionadas en accidentes de tránsito en los países de América Latina y el Caribe, situación que deja pérdidas por treinta mil millones de dólares en la región, según un estudio del Banco Interamericano de Desarrollo (Constance, 2000). En Venezuela, la situación es similar, según cifras de Mortalidad (1) del Ministerio de Salud y Desarrollo Social del año 1999. Los accidentes de tránsito constituyen la tercera causa de muerte de venezolanos con edades que oscilan entre los 25 y 44 años de edad. En el año 1999 fallecieron 14.383 individuos en el grupo de edad antes mencionado, de los cuales 6.683 (46%) murieron por causas externas de morbilidad y de mortalidad, 2.153 (15%) por otras causas externas y 1.919 (13%) en accidentes de tránsito.

El organismo encargado de regular y controlar lo relativo al Transporte y Tránsito Terrestre en Venezuela es el Instituto Nacional de Tránsito y Transporte Terrestre, el cual está adscrito al Ministerio de Infraestructura, según Decreto N°1.535 del 8 de noviembre de 2001. Dentro de este Instituto se encuentra el Cuerpo Técnico de Vigilancia de Tránsito y Transporte Terrestre, el cual fue creado el 16 de Octubre de 1956, en resolución Ministerial N°390, asignándosele como misión: "vigilar y controlar la circulación de vehículos terrestres y de peatones, así como velar por el cumpli-

miento de la normativa legal, que regula el tránsito automotor de Venezuela, garantizando la fluidez del tráfico, proporcionando niveles aceptables de seguridad y estableciendo programas de educación vial" según <http://www.setra.gov.ve>.

Una de las funciones principales de este organismo es levantar los accidentes de tránsito notificados, y recolectar la información de cada vehículo involucrado en la Planilla de Reportes de Accidentes de Tránsito. Un accidente es clasificado como "penal" (accidente que produjo heridos y/o muertos), ó "civil" (accidente en donde sólo hubo daños materiales).

La finalidad de este artículo es estimar los riesgos asociados con los accidentes de tránsito penales, basándose en la información disponible en las Planillas de Reporte de Accidente de Tránsito registradas en la Unidad Estatal de Vigilancia de Tránsito Terrestre N°62 del Estado Mérida, de Enero a Diciembre del año 2000.

1. Datos

La Unidad Estatal de Vigilancia de Tránsito Terrestre N° 62 del Estado Mérida, levanta todos los accidentes de tránsito notificados ocurridos desde la intersección de la Avenida Humbolt con las Avenidas Andrés Bello, Las Américas y Los Próceres hasta el Sector El Pedregal, incluyendo la carretera Mérida – Páramo La Culata, carretera Urb. Santa Juana – El Morro, y todas las carreteras

adyacentes a la ciudad que se encuentren dentro de este perímetro. Esta Unidad levantó un total de 2.847 accidentes de tránsito durante el año 2000, equivalente a 3.325 planillas de reporte de accidentes. De interés en este estudio son 1.851 planillas correspondientes a los conductores que ocasionaron o provocaron el accidente de tránsito, una por accidente, las 1474 planillas restantes no se tomaron en cuenta debido a que la información del conductor ó vehículo que ocasionó el accidente estaba incompleta, o se referían a aquellos conductores que no ocasionaron el accidente en el que fueron involucrados.

De la información contenida en la Planilla de "Reporte de Accidentes" se estudiaron cuatro grupos de variables. El primer grupo corresponde a "Características del Accidente", el segundo a "Características del Vehículo" que ocasionó el accidente, el tercero a "Características Demográficas del Conductor" que ocasionó el accidente, y el último a "Características de la Vía" al momento del accidente de tránsito. En Tabla I se presenta un resumen de las variables clasificadas en los diferentes grupos. Esta tabla contiene el número total y porcentaje de accidentes de tránsito en cada nivel de las variables consideradas, y el número total y porcentaje de accidentes penales en cada nivel de cada una de las variables consideradas.

Algunas variables de la Planilla de Reporte de Accidente, no fueron consideradas en el análisis. Las variables *Estado Civil*, *Infracciones cometidas* por el conductor e *Ingesta Alcohólica* por parte del Conductor, por falta de confiabilidad del dato. Las variables *Tipo de Accidente*, *Área dañada del vehículo* y *Daños sufridos por el Conductor*, por ser consecuencia del accidente y no posibles factores de riesgo, y las variables *Servicio del Vehículo* y *Clase de Vehículo*, por estar altamente rela-

cionadas con otras variables en el estudio. Las variables *Semana del Mes*, *Época del año*, *Hora en que ocurrió el accidente*, *Lugar de los hechos*, *Edad del conductor*, *Nacionalidad del conductor*, *Domicilio del conductor*, y *Credencial del Conductor*, son el resultado de la recodificación realizada a los datos que aparecen en la Planilla de Reporte de Accidentes de Tránsito.

2. Metodología Estadística

Para modelar la ocurrencia de accidentes de tránsito penales, con lesionados y/o muertos, ocurridos en la ciudad de Mérida durante el año 2000, se utilizó la metodología estadística conocida como Análisis de Regresión Logística (ver Hosmer y Lemeshow, 2000; Ramsey y Schafer, 1997, Agresti, 1990). Esta técnica a groso modo busca determinar la relación existente entre una variable respuesta binaria y una o más variables independientes. Los análisis estadísticos se llevaron a cabo usando el procedimiento LOGISTIC del paquete estadístico SAS versión 8.0 (SAS Institute Corporation, 1999). La selección de las variables explicatorias que formaron el modelo logístico aditivo de regresión múltiple se llevó a cabo utilizando el método Paso por Paso (Stepwise, ver Hosmer y Lemeshow, 2000), y el modelo final que considera interacciones y recodificación de variables fue encontrado utilizando la Prueba de Razón de verosimilitud, *G*. La Bondad de Ajuste del modelo se evaluó mediante los estadísticos Chi-cuadrado Deviance y Chi-cuadrado de Pearson (ver Hosmer y Lemeshow, 2000; Allison, 1999), los cuales se obtuvieron con la opción AGGREGATE, del procedimiento LOGISTIC.

En este estudio la variable respuesta es Tipo de Accidente y las variables independientes son: *Semana del Mes*, *Día de la Sema-*

Tabla I. Características de la variable respuesta y variables explicatorias provenientes de la Planilla de “Reporte de Accidentes”

Variable (y Código)	Total de Accidentes		Accidentes Penales	
	No.	(%)	No.	(%)
Variable Respuesta				
<i>Tipo de Accidente</i>				
Civil	1559	(84.22)		
Penal	292	(15.78)		
Grupo 1: Características del Accidente				
<i>Semana del Mes</i>				
Primera	435	(23.50)	77	(17.70)
Segunda	402	(21.72)	48	(11.94)
Tercera	421	(22.74)	76	(18.05)
Cuarta	593	(32.04)	91	(15.35)
<i>Día de la Semana</i>				
Domingo	201	(10.86)	47	(23.38)
Lunes	275	(14.86)	34	(12.36)
Martes	254	(13.72)	35	(13.78)
Miércoles	267	(14.42)	33	(12.36)
Jueves	258	(13.94)	42	(16.28)
Viernes	265	(14.32)	33	(12.45)
Sábado	331	(17.88)	68	(20.54)
<i>Mes del Año</i>				
Enero	118	(6.37)	28	(23.73)
Febrero	140	(7.56)	14	(10)
Marzo	158	(8.54)	17	(10.76)
Abril	161	(8.70)	29	(18.01)
Mayo	168	(9.08)	29	(17.26)
Junio	174	(9.40)	28	(16.09)
Julio	155	(8.37)	24	(15.48)
Agosto	131	(7.08)	29	(22.14)
Septiembre	161	(8.70)	24	(14.91)
Octubre	171	(9.24)	28	(16.37)
Noviembre	146	(7.89)	24	(16.44)
Diciembre	168	(9.08)	18	(10.71)
<i>Época del Año</i>				
Vacaciones	319	(17.23)	45	(14.11)
Laboral	1532	(82.77)	247	(16.12)
<i>Hora en que ocurrió el accidente</i>				
Madrugada (00-06)	147	(7.94)	41	(27.89)
Mañana (06-12)	464	(25.07)	56	(12.07)
Tarde (12-18)	743	(40.14)	89	(11.98)
Noche (18-24)	497	(26.85)	106	(21.33)
<i>Lugar de los hechos</i>				
Avenida Principal	972	(52.51)	150	(15.43)
Casco Ciudad	444	(23.99)	50	(11.26)
Estacionamiento	44	(2.38)	3	(6.82)
Otro lugar	391	(21.12)	89	(22.76)

Tabla I (Continuación)

Variable (y Código)	Total de Accidentes		Accidentes Penales	
	No.	(%)	No.	(%)
Grupo 2: Características del Vehículo				
<i>Servicio del Vehículo</i>				
Alquiler, Libre, Taxi	124	(6.70)	17	(13.71)
Carga Pesada o Liviana	243	(13.13)	29	(11.93)
Particular	1111	(60.02)	201	(18.09)
Transporte Público	346	(18.69)	42	(12.14)
Oficial	27	(1.46)	3	(11.11)
<i>Origen del Vehículo</i>				
Americano	1286	(69.48)	187	(14.54)
Asiático	365	(19.72)	71	(19.45)
Europeo	200	(10.80)	34	(17)
<i>Marca del Vehículo</i>				
Chevrolet	366	(19.77)	55	(15.03)
Chrysler	21	(1.13)	2	(9.52)
Daewoo	22	(1.19)	3	(13.64)
Dodge	274	(14.80)	46	(16.79)
Encava	24	(1.30)	4	(16.67)
Fiat	93	(5.02)	18	(19.35)
Ford	355	(19.18)	49	(13.76)
Honda	13	(0.70)	5	(38.46)
Hyundai	48	(2.58)	6	(12.50)
Jeep	74	(4.00)	14	(18.92)
Mitsubishi	22	(1.19)	2	(9.09)
Renault	33	(1.78)	4	(11.76)
Toyota	178	(9.62)	36	(20.11)
Volkswagen	28	(1.51)	6	(20.69)
Yamaha	27	(1.46)	22	(81.48)
Otra Marca	107	(5.78)	20	(18.69)
Información Faltante	166	(8.97)	0	0
<i>Clase de Vehículo</i>				
Automóvil	883	(47.70)	129	(14.61)
Moto	48	(2.59)	39	(81.25)
Camioneta, Rústico	637	(34.41)	100	(15.70)
Autobús, Minibús	137	(7.40)	16	(11.68)
Camión, Maquinaria Pesada	142	(7.67)	8	(5.63)
Otra	4	(0.22)	0	(0)
<i>Tipo de Vehículo</i>				
Coupe, Sedan	851	(45.98)	119	(13.98)
Ranchera, Pick Up	206	(11.13)	26	(12.62)
Panel o Van	34	(1.84)	8	(23.53)
Colectivo, Microbús	312	(16.86)	38	(12.18)
Sport Wagon	164	(8.86)	23	(14.02)
Techo Duro	72	(3.89)	26	(36.11)
Otro	212	(11.45)	52	(24.53)
<i>Transporte de carga</i>				
No	1807	(97.62)	292	(16.16)
Sí	44	(2.38)	0	(0)

Tabla I (Continuación)

Variable (y Código)	Total de Accidentes		Accidentes Penales	
	No.	(%)	No.	(%)
Grupo 2: Características del Vehículo (Continuación)				
<i>Posee Seguro de Responsabilidad Civil</i>				
Sí	849	(45.87)	17	(2.00)
No	1002	(54.13)	275	(27.45)
<i>Color del Vehículo</i>				
Azul	305	(16.48)	51	(16.72)
Rojo	295	(15.94)	38	(12.88)
Verde	233	(12.59)	42	(18.03)
Marrón	129	(6.97)	25	(19.38)
Negro	60	(3.24)	19	(31.67)
Blanco	434	(23.45)	61	(14.06)
Gris	168	(9.08)	27	(16.07)
Otro	227	12.26)	29	(12.78)
Grupo 3: Características del Conductor				
<i>Edad del conductor (Años)</i>				
Menor de 25	415	(22.42)	97	(23.37)
25-35	569	(30.74)	79	(13.88)
35-45	447	(24.15)	62	(13.87)
45-55	292	(15.78)	32	(10.96)
Más de 55	128	(6.92)	22	(17.19)
<i>Estado Civil</i>				
Soltero	980	(52.94)	190	(19.39)
Casado	789	(42.63)	87	(11.03)
Divorciado	70	(3.78)	13	(18.57)
Viudo	12	(0.65)	2	(16.67)
<i>Nacionalidad del Conductor</i>				
Venezolano	1818	(98.22)	288	(15.84)
Extranjero	33	(1.78)	4	(12.12)
<i>Domicilio Conductor</i>				
Residente	1752	(94.65)	288	(16.44)
Turista	99	(5.35)	4	(4.04)
<i>Credencial del Conductor</i>				
Presentó	1719	(92.87)	225	(13.08)
No presentó	132	(7.13)	67	(50.76)
<i>Ingesta Alcohólica por parte del Conductor</i>				
Verificada	140	(7.56)	28	(20.00)
No verificada	1711	(92.44)	264	(15.43)
Grupo 4: Características de la Vía				
<i>Tipo de Vía</i>				
Intersección	212	(11.45)	17	(8.02)
Calle	209	(11.29)	37	(17.70)
Avenida	1197	(64.67)	184	(15.37)
Carretera	142	(7.67)	48	(33.80)
Otra	91	(4.92)	6	(6.59)

Tabla I (Continuación)

Variable (y Código)	Total de Accidentes		Accidentes Penales	
	No.	(%)	No.	(%)
<i>Condiciones de la Vía</i>				
Seca	1586	(85.68)	256	(16.14)
Mojada	265	(14.32)	36	(13.58)
<i>Estado del Tiempo</i>				
Claro	1294	(69.91)	170	(13.14)
Oscuro	557	(30.09)	122	(21.90)

Fuente: Planilla de Reporte de Accidente. Unidad Estatal de Vigilancia de Tránsito Terrestre N° 62 del Estado Mérida. Año 2000.

na, Mes del Año, Época del Año, Hora en que ocurrió el accidente, Lugar de los hechos, Origen del Vehículo, Tipo de Vehículo, Color del Vehículo, Edad del Conductor, Nacionalidad del Conductor, Domicilio del Conductor, Credencial del Conductor, Tipo de Vía, Condiciones de la Vía y Estado del Tiempo.

2.1. Modelo

Sea $x_i = (x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{ip})$ un vector de covariables y una variable aleatoria cuya distribución condicional en el vector de covariables es Bernoulli con parámetro x_i , $i=1, 2, \dots, n$, donde:

$$P(Y_i = 1 | x_i) = \frac{e^{E_0 + E_1 x_{i1} + \dots + E_p x_{ip}}}{1 + e^{E_0 + E_1 x_{i1} + \dots + E_p x_{ip}}} \quad (1)$$

donde $Y_i = 1$ si el accidente es penal y $Y_i = 0$ si el accidente es civil, n el número de observaciones y (E_0, \dots, E_p) es el vector de parámetros desconocidos. Note que de la ecuación (1) se obtiene:

$$\ln \frac{x_i}{1 - x_i} = E_0 + E_1 x_{i1} + E_2 x_{i2} + \dots + E_p x_{ip} \quad (2)$$

La ecuación (2) se denomina modelo de regresión logística y la expresión a la izquierda se conoce como el logit x_i logaritmo de la posibilidad (odds) asociada a un accidente penal. La estimación de los parámetros

del modelo de regresión logística se realiza mediante el método de máxima verosimilitud (Hosmer y Lemeshow, 2000). Observe que de ecuación (2) se deduce, que por cada unidad de incremento en la variable x_{ji} , el logaritmo de la posibilidad se incrementa (decrementa) en E_j unidades, manteniendo constante las otras variables, es decir, la posibilidad es multiplicada por e^{E_j} .

Intervalos de confianza aproximado para e^{E_j} y $e^{(E_j + \beta_k)}$, $k = j, \dots$, con un nivel de confianza de $(1-\alpha) \times 100\%$ se obtienen como

$$\exp \left[\hat{E}_j \pm Z_{1-\frac{\alpha}{2}} \hat{EE}_j \right], \text{ y}$$

$$\exp \left[\hat{E}_j \pm \hat{E}_k \pm Z_{1-\frac{\alpha}{2}} \hat{EE}_{jk} \right], \text{ respectivamente, donde } \hat{EE}_j = \sqrt{\hat{Var} \hat{E}_j}$$

es el error estándar estimado de \hat{E}_j , y $\hat{EE}_{jk} = \sqrt{\hat{Var} \hat{E}_j + \hat{Var} \hat{E}_k + 2Cov \hat{E}_j, \hat{E}_k}$

es error estándar estimado de $\hat{E}_j \pm \hat{E}_k$,

3. Resultados e Interpretación

A continuación se presentan los resultados de aplicar el método Paso por Paso a los datos de accidentes de tránsito ocurridos en la

ciudad de Mérida durante el año 2000. Los niveles alpha de entrada y salida utilizados en este procedimiento fueron 0.15 y 0.20, respectivamente. El procedimiento de selección identificó las siguientes variables como posibles factores de riesgo de la ocurrencia de un accidente de tránsito penal: *Credencial del Conductor, Tipo de Vía, Hora en que ocurrió el accidente, Tipo de Vehículo, Domicilio del Conductor, Condiciones de la Vía, Semana del Mes, Época del Año, Mes del Año, Nacionalidad del Conductor y Color del vehículo.*

Seguidamente para cada variable, se estudió la significancia de los códigos originales utilizando la Prueba de la Razón de Verosimilitud. Tabla II muestra el modelo aditivo considerando la nueva recodificación para cada una de las variables seleccionadas.

Las interacciones dobles que resultaron estadísticamente significativas son: *Hora en que ocurrió el accidente y Credencial del Conductor* ($G = 12,75$ con 1 gl; valor-p = 0.0004) y *Tipo de Vehículo y Credencial del Conductor* ($G = 10,54$ con 1 gl; valor-p = 0,0012). El modelo resultante se presenta en Tabla III. Las pruebas de Bondad de Ajuste señalaron que el modelo propuesto se ajusta bastante bien a los datos (Chi-cuadrado Deviance = 107.82 con 132 gl, valor-p = 0.9392, Chi-cuadrado de Pearson = 119.92 con 132 gl., valor-p = 0.7681).

La Tabla IV presenta las razones de posibilidades e intervalos de confianza del 95% para los códigos de las variables Semana del Mes, Domicilio del Conductor y Tipo de Vía. Los resultados del modelo en términos del problema de interés se presentan a continuación.

a) La posibilidad estimada que un accidente de tránsito penal ocurra durante la segunda semana de cualquier mes es 38,2% menor que la posibilidad de que un accidente similar, con respecto a las otras variables

consideradas en el modelo, ocurra durante las otras tres semanas (Intervalo de Confianza aproximado del 95%: 11,5% a 56,8%).

- b) La posibilidad que un accidente penal le ocurra a un conductor que maneja un vehículo de color rojo es 38,2% menor que la posibilidad que un accidente similar, con respecto a las otras variables, le ocurra a un conductor que maneje un vehículo de otro color (Intervalo de Confianza aproximado del 95%: 7,0% a 59,0%).
- c) La posibilidad que un accidente penal le ocurra a un conductor turista, es decir, a un conductor no residente de la ciudad de Mérida, es 74,8% menor que la posibilidad que un accidente similar, con respecto a las otras variables, le ocurra a un conductor residente de Mérida (Intervalo de Confianza aproximado del 95%: 30,0% a 90,9%).
- d) La posibilidad que un accidente penal ocurra en una carretera es 444,5% mayor que la posibilidad de que ocurra en una intersección o cualquier otro tipo de vía distinto a Avenidas y Calles (Intervalo de Confianza aproximado del 95%: 192,6% a 913,3%). En cuanto a Avenidas y Calles, la posibilidad que ocurra un accidente penal en una de ellas es 154,3% mayor que la posibilidad que ocurra un accidente similar, con respecto a las otras variables, en una intersección u otro tipo de vía que no sea una carretera (Intervalo de Confianza aproximado del 95%: 54,4% a 318,8%).
- e) La posibilidad que un accidente penal ocurra cuando el pavimento se encuentra mojado es 49% menor que la posibilidad que un accidente similar, con respecto a las otras variables, ocurra cuando el pavimento se encuentra seco (Intervalo de

Tabla II
Coefficientes Estimados, Error Estándar, e Intervalos de Confianza del 95%
para el modelo Aditivo con las variables seleccionadas recodificadas (n = 1851)

Variable (y Código)	$\hat{\beta}$	\hat{EE}	IC 95%
Constante	-2,1093	0,2563	-2.6117;-1.6068
Semana del Mes			
Segunda (Primera, Tercera, Cuarta)*	-0,4976	0,1818	-0.8539;-0.1413
Hora en que ocurrió el accidente			
Diurno = (Mañana, Tarde) Nocturno = (Madrugada, Noche)*	-0,8660	0,1456	-1.1515;-0.5806
Tipo de Vehículo			
Techo Duro, Panel, Van, u otro tipo de vehículo no en el nivel de referencia (Coupe, Sedan, Ranchera, Pick Up, Colectivo, Microbús, Sport Wagon)*	0,8330	0,1637	0.5121; 1.1539
Color del Vehículo			
Rojo (No Rojo)*	-0,4034	0,2017	-0.7987; -0.00807
Domicilio del Conductor			
Turista (Residente)*	-1,4677	0,5214	-2.4897; -0.4457
Credencial del Conductor			
No presentó (Presentó)*	1,7525	0,2028	1.3549; 2.1500
Tipo de Vía			
Avenida, Calle Carretera (Intersección, Otra)*	0,8923 1,7526	0,2439 0,3042	0.4142; 1.3704 1.1563; 2.3488
Condiciones de la Vía			
Mojada (Seca)*	-0,6863	0,2143	-1.1064;-0.2662

(Nivel de Referencia)* Logaritmo de la Verosimilitud = -698,001

Tabla III
Coefficientes Estimados, Error Estándar, e Intervalos de
Confianza del 95% para el modelo final (n = 1851)

Variable (y Código)	$\hat{\beta}$	\hat{EE}	IC 95%
Constante	-1,9984	0,2672	-2.5221; -1.4748
Semana del Mes			
Segunda (Primera, Tercera, Cuarta)*	-0,4812	0,1831	-0.8401; -0.1222
Hora en que ocurrió el accidente			
Diurno = (Mañana, Tarde) Nocturno = (Noche, Madrugada)*	-1,0398	0,1560	-1.3455; -0.7340
Tipo de Vehículo			
Techo Duro, Panel, Van, u otro tipo de vehículo que no pertenece al nivel de referencia (Coupe, Sedan, Ranchera, Pick Up, Colectivo, Microbús, Sport Wagon)*	0,6548	0,1833	0.2956; 1.0140
Color del Vehículo			
Rojo (No Rojo)*	-0,4817	0,2090	-0.8912; -0.0721
Domicilio del Conductor			
Turista (Residente)*	-1,3777	0,5211	-2.3991; -0.3564
Credencial del Conductor			
No presentó (Presentó)*	0,4906	0,3537	-0.2027; 1.1839
Tipo de Vía			
Avenida, Calle Carretera (Intersección, Otra)*	0,9334 1,6946	0,2545 0,3169	0.4347; 1.4322 1.0735; 2.3158
Condiciones de la Vía			
Mojada (Seca)* (Diurno) x No Presentó (Techo duro, Panel, Van, Otro tipo de vehículo) x No Presentó	-0,6730 1,6640 1,8075	0,2146 0,4493 0,5644	-1.0936; -0.2524 0.7834; 2.5447 0.7013; 2.9137

(Nivel de Referencia)* Logaritmo de la Verosimilitud = -685,55

Tabla IV
Razones de Posibilidades e Intervalos de Confianza

Variable y (Código)	Razón de Posibilidad	Intervalos de Confianza	
		Límite Inferior	Límite Superior
<i>Semana del Mes</i>			
Segunda (Primera, Tercera y Cuarta)*	0,618	0,432	0,885
<i>Color del Vehículo</i>			
Rojo (No Rojo)*	0,618	0,410	0,930
<i>Domicilio del Conductor</i>			
Turista (Residente)*	0,252	0,091	0,700
<i>Tipo de Vía</i>			
Avenida, Calle	2,543	1,544	4,188
Carretera (Intersecciones, Otro)*	5,445	2,926	10,133
<i>Condiciones de la Vía</i>			
Mojada (Seca)*	0,510	0,335	0,777

(Nivel de Referencia)*

Confianza aproximado del 95%: 22,3% a 66,5%). Es interesante notar que del análisis univariante de la variable independiente *Condiciones de la Vía* y la variable respuesta *Tipo de Accidente* se obtuvo que las condiciones de la vía pavimento seco y pavimento mojado no tienen riesgos significativamente diferentes (valor-p = 0,29). En otras palabras, los datos sugieren que en promedio no existe diferencia significativa en los riesgos de un accidente penal bajo las condiciones de pavimento seco o mojado, sin embargo, al considerar accidentes similares, con respecto a las variables *Semana de Mes*, *Color de Vehículo*, *Domicilio del Conductor* y *Tipo de Vía*, el accidente que ocurre en pavimento mojado tiene menor riesgo de ser penal.

f) La Tabla V presenta las posibilidades e intervalos de confianzas de la variable *Credencial del Conductor* para cada uno de los niveles de la variable *Hora en que ocurrió el accidente*.

De esta tabla se deduce lo siguiente: la posibilidad que un conductor sin licencia tenga un accidente penal en horas del día (06 a.m. a 06 p.m.) es 762% mayor que la posibilidad que un accidente similar, con respecto a las otras variables en el modelo, le ocurra a un conductor que sí posea licencia. Es decir, en horas del día, los conductores sin licencia de conducir poseen mayores riesgos de estar involucrados en accidentes de tránsito penal que los que sí poseen licencia de conducir (Intervalo de Confianza aproximado del 95%: 367,8% a 1490,1%). Por otro lado, los da-

Tabla V. Razones de Posibilidades para la variable *Credencial del Conductor* dentro la variable *Hora en que ocurrió el accidente*

Hora en que ocurrió el accidente	Credencial del Conductor	Razón de Posibilidades	IC 95%
Diurno	No presentó	8,62	4,67; 15,90
	Presentó	1,00	
Nocturno	No presentó	1,63	0,81; 3,26
	Presentó	1,00	

tos muestran evidencia de que no existe diferencia significativa en las posibilidades de que conductores con o sin licencia tengan accidentes penales similares (con respecto a las otras variables en el modelo) en la noche (Intervalo de Confianza aproximado del 95% para la razón de posibilidades: 0.81 a 3.26).

Otra manera de interpretar los resultados sugeridos por la presencia de la interacción, *Hora en que ocurrió el accidente* y *Credencial del Conductor*, es obtenida al estudiar los niveles de la variables *Hora en que ocurrió el accidente* para cada uno de los niveles de la variable *Credencial del Conductor*. La Tabla VI presenta las razones de posibilidades e intervalos de confianzas aproximados para la variable *Hora en que ocurrió el accidente* dentro de la variable *Credencial del Conductor*. De esta tabla se puede deducir lo siguiente: en referencia a los accidentes de tránsito en los cuales el conductor involucrado no presenta credencial, se tiene que no existe diferencia significativa en la posibilidad de tener un accidente penal en horas del día o de la noche, y bajo las mismas condiciones con respecto a las otras variables en el modelo (Intervalo de Confianza aproximado del 95% para la razón de posibilidades:

0.81 a 4.28). La posibilidad de que un conductor que posea licencia de conducir esté involucrado en un accidente de tránsito penal en horas del día es 64,7% menor que la posibilidad de que le ocurra un accidente similar, con respecto a las otras variables, en horas de la noche. (Intervalo de Confianza aproximado del 95%: 52% a 74%).

- g) Seguidamente se interpretarán los resultados de la interacción entre las variables *Tipo de Vehículo* y *Credencial del Conductor*. Tabla VII presenta las posibilidades e intervalos de confianza aproximados para la variable *Credencial del Conductor* dentro de cada nivel de la variable *Tipo de Vehículo*.

De Tabla VII se puede concluir lo siguiente: la posibilidad de que ocurra un accidente penal a un conductor sin licencia de conducir y con vehículo de tipo Techo Duro, Panel o Van, u otro tipo de vehículo distinto a los clasificados en el nivel de referencia (Coupe, Sedan, Ranchera, Pick Up, Colectivo, Microbús ó Sport Wagon) es 895,5% mayor a la posibilidad de que ocurra un accidente penal similar, con respecto a las otras variables, a un conductor con licencia de conducir y con el mismo tipo de vehículo (Intervalo de Confianza aproximado del 95%: 258,7% a 2662,7%).

Tabla VI
Razones de Posibilidades para la variable *Hora en que ocurrió el accidente*
dentro de la variable *Credencial del Conductor*

Credencial del Conductor	Hora en que ocurrió el accidente	Razón de Posibilidad	IC 95%
No presentó	Diurno	1,86	0,81; 4,28
	Nocturno	1,00	
Presentó	Diurno	0,35	0,26; 0,47
	Nocturno	1,00	

Por otro lado, las posibilidades de que ocurra un accidente penal cuando el vehículo involucrado pertenece al nivel de referencia (Coupe, Sedan, Ranchera, Pick Up, Colectivo Microbús ó Sport Wagon) no son significativamente diferentes para conductores con o sin licencia de conducir (Intervalo de Confianza aproximado del 95% para la razón de posibilidades: 0,81 a 3,26).

Otra manera de interpretar la presencia de la interacción se realiza al comparar los niveles de la variable *Tipo de Vehículo* dentro de los niveles de la variable *Credencial del Conductor*. La Tabla VIII presenta la razón de posibilidades y sus intervalos de confianza para la variable *Tipo de Vehículo* dentro de cada nivel de la variable *Credencial del Conductor*.

De Tabla VIII se deriva lo siguiente: si un conductor no presenta licencia de conducir y maneja un vehículo de tipo Techo Duro, Panel, Van, u otro tipo de vehículo diferente a los clasificados en el nivel de referencia, tiene 1.073% mayor posibilidad de estar involucrado en un accidente de tránsito penal que cuando maneja un vehículo de tipo Coupe, Sedan, Ranchera, Pick Up, Colectivo, Microbús ó Sport Wagon, después de controlar por las demás variables en el modelo (Intervalo de Confianza aproximado del 95%: 311,3% a 3246,5%).

Por último, la posibilidad de que un accidente de tránsito penal le ocurra a un conductor que presenta licencia de conducir y maneja un vehículo de tipo Techo Duro, Panel, Van, u otro tipo de vehículo diferente a los clasificados en el nivel de referencia, es 92,5% mayor que la posibilidad de que le ocurra un accidente de tránsito similar, manejando un vehículo de tipo Coupe, Sedan, Ranchera, Pick Up, Colectivo, Microbús ó Sport Wagon (Intervalo de Confianza aproximado del 95%: 34,5% a 175,5%).

4. Conclusiones

La aplicación de un modelo de regresión logística a los datos sobre accidentes de tránsito, recolectados por la Unidad Estatal de Vigilancia de Tránsito Terrestre N° 62 del Estado Mérida, de Enero a Diciembre del año 2000, permitió determinar que los factores de riesgo asociados con la probabilidad de que un accidente de tránsito sea penal (aquél accidente donde ocurren lesionados y/o muertos) son: *Semana del Mes, Hora en que ocurrió el accidente, Tipo de Vehículo, Color del vehículo, Domicilio del Conductor, Credencial del Conductor, Tipo de Vía y Condiciones de la vía.*

Asumiendo que los valores de los otros factores de riesgo son constantes, se puede concluir lo siguiente:

Tabla VII
Razones de Posibilidad para la variable *Credencial del Conductor*
dentro de la variable *Tipo de Vehículo*

Tipo de Vehículo	Credencial del Conductor	Razón de Posibilidades	IC 95%
Techo Duro, Panel, Van, u otro tipo de vehículo no en el nivel de referencia	No presentó	9,95	3,58; 27,62
	Presentó	1,00	
Coupe, Sedan, Ranchera, Pick Up, Colectivo, Microbús, Sport Wagon	No presentó	1,63	0,81; 3,26

Tabla VIII
Razones de Posibilidad para la variable *Tipo de Vehículo* dentro
de la variable *Credencial del Conductor*

Credencial del Conductor	Tipo de Vehículo	Razón de Posibilidad	IC 95%
No presentó	Techo Duro, Panel, Van, u otro tipo de vehículo no en el nivel de referencia	11,73	4,11; 33,46
	Coupe, Sedan, Ranchera, Pick Up, Colectivo, Microbús, ó Sport Wagon	1,00	
Presentó	Techo Duro, Panel, Van, u otro tipo de vehículo no en el nivel de referencia	1,92	1,34; 2,75
	Coupe, Sedan, Ranchera, Pick Up, Colectivo, Microbús, ó Sport Wagon	1,00	

- a) Un accidente de tránsito que ocurre durante la segunda semana de cualquier mes tiene significativamente menor riesgo de ser un accidente penal, que los que ocurren durante las restantes tres semanas.
- b) El riesgo de que un accidente de tránsito sea penal es significativamente menor cuando el auto involucrado es rojo.
- c) Los conductores turistas, es decir, los que no residen en la ciudad de Mérida, tienen significativamente menor riesgo de estar involucrados en un accidente penal que aquellos conductores que residen en Mérida.
- d) Un accidente de tránsito que ocurre en una carretera, avenida o calle, tiene significativamente mayor riesgo de ser penal que cuando ocurre en una intersección o cualquier otro tipo de vía. Sin embargo, los datos muestran evidencia de que el riesgo de que ocurra un accidente de tránsito penal es mayor en una carretera que en una avenida o calle.
- e) Sorprendentemente, los datos muestran evidencia de que cuando el pavimento está mojado, existe menor riesgo de que un accidente sea penal que cuando el pavimento está seco.

- f) Los conductores que no poseen licencia de conducir están significativamente más propensos a verse involucrados en un accidente de tránsito penal en el día, que aquellos que si presentan licencia de conducir. De noche la tenencia o no de licencia de conducir no hace diferencia significativa en los riesgos de tener un accidente penal.
- g) El riesgo de estar involucrado en un accidente de tránsito penal de conductores que no presentan licencia de conducir no es estadísticamente diferente entre horas del día y horas de la noche. En cambio, para los que si presentan licencia de conducir, el riesgo disminuye durante las horas del día.
- h) Conductores de un vehículo de tipo Techo Duro, Panel, Van, u otro tipo de vehículo diferente a los clasificados en el nivel de referencia (Coupe, Sedan, Ranchera, Pick Up, Colectivo, Microbús, o Sport Wagon), que no poseen licencia de conducir, tienen significativamente mayor riesgo de estar involucrados en un accidente de tránsito penal que aquellos que si poseen licencia de conducir. Por otro lado, al conducir vehículos de tipo Coupe, Sedan, Ranchera, Pick Up, Colectivo, Microbús, o Sport Wagon; conductores con y sin licencia, están sujetos a los mismos riesgos de que les ocurra un accidente penal.
- i) En el grupo de conductores sin licencia, el riesgo de estar involucrados en un accidente de tránsito penal es significativamente mayor si manejan vehículos de tipo Techo Duro, Panel, Van, u otro tipo de vehículo que cuando manejan vehículos de tipo Coupé, Sedan, Ranchera, Pick Up, Colectivo, Microbús o Sport Wagon. Entre los conductores que si presentan licencia de conducir, el riesgo de estar involu-

crados en un accidente de tránsito penal es menor si manejan un vehículo de tipo Coupé, Sedan, Ranchera, Pick Up, Colectivo, Microbús o Sport Wagon que cuando manejan un vehículo tipo Techo Duro, Panel, Van, u otro tipo de vehículo mencionados anteriormente.

Estos resultados pueden ser de utilidad para que la mencionada Unidad Estatal de Vigilancia de Tránsito Terrestre tome las medidas pertinentes para elaborar políticas de prevención tendientes a reducir el número de accidentes penales.

Nota

1. Información suministrada a través de Internet. Contacto Lic. Gladys Rojas, MSDS-Estadísticas

Bibliografía Citada

- Agresti, Alan (1990). **Categorical Data Analysis**, Wiley, Inc., New York.
- Allison, Paul D. (1999). **Logistic Regression using the SAS® System: Theory and Application**, Cary, NC: SAS Institute Inc.
- Constance, Paul (2000). "Una Plaga inevitable", **BIDAMERICA**, <http://www.iadb.org/idbamerica/archive/stories/2000/esp/c200i.htm> (consultado el día 20/06/2001).
- Hosmer, David y Lemeshow, Stanley. (2000). **Applied Logistic Regression**, Segunda Edición, John Wiley & Sons, Inc., New York.
- Ramsey, Fred L. y Schafer, Daniel W. (1997). **The Statistical Sleuth, A course in Methods and Data Analysis**, Duxbury Press.
- SAS Institute Corporation. (1999). **SAS Online-Doc®**, Versión 8.0, Cary, NC: SAS Institute Inc. <Http://v8doc.sas.com/sashtml/> (consultado enero-junio 2002).