

Severidad de los accidentes de tránsito en Ecuador

Severity of traffic accidents in Ecuador

Víctor Miguel Toalombo Vargas¹[0000-0002-9479-6307], Francisco Javier Montalvo Márquez²[0000-0003-2597-1113]

^{1, 2} Universidad Politécnica Estatal del Carchi. Carchi, Ecuador

¹{victor.toalombo@upec.edu.ec, ²javier.montalvo@upec.edu.ec

CITA EN APA:

Toalombo Vargas, V. M., & Montalvo Márquez, F. J. (2024). Severity of traffic accidents in Ecuador. *Tesla Revista Científica*, 4(1), e290. <https://doi.org/10.55204/trc.v4i1.e290>

Recibido: 2023-11-05

Revisado: 2023-11-15 al 2023-12-15

Corregido: 2024-01-02

Aceptado: 2024-01-09

Publicado: 2024-01-15

TESLA

Revista Científica

ISSN: 2796-9320



Los contenidos de este artículo están bajo una licencia de Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

Los autores conservan los derechos morales y patrimoniales de sus obras. The contents of this article are under a Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) license. The authors retain the moral and patrimonial rights of their works.

Resumen: El estudio analiza la severidad de los accidentes de tránsito en Ecuador, enfocándose en siniestros que involucran autobuses de transporte público entre 2017 y 2018. Utilizando una base de datos de 94 accidentes y métodos estadísticos como Random Forest (RF) y Árboles de Clasificación (CART), se identificaron los principales factores que inciden en la gravedad de los accidentes: el tipo de arcén, el tipo de accidente y las características de la vía. Los resultados muestran que factores humanos, vehiculares, de entorno e infraestructura influyen significativamente en la severidad de los accidentes. Además, se destaca que los accidentes en curvas y aquellos que implican vuelco presentan mayor severidad. El estudio proporciona información relevante para orientar políticas públicas, mejorar la seguridad vial y reducir los índices de siniestralidad en el país.

Palabras clave: Accidentes de tránsito, Severidad, Transporte público, Random Forest, Árboles de Clasificación, Seguridad vial, Ecuador.

Abstract: This study analyzes the severity of traffic accidents in Ecuador, focusing on incidents involving public transport buses between 2017 and 2018. Using a database of 94 accidents and statistical methods such as Random Forest (RF) and Classification and Regression Trees (CART), the main factors affecting accident severity were identified: type of shoulder, type of accident, and road characteristics. Results show that human, vehicle, environment, and infrastructure factors significantly influence accident severity. It is also highlighted that accidents occurring on curves and involving rollovers are more severe. The study provides valuable information to guide public policies, enhance road safety, and reduce accident rates in the country.

Keywords: Traffic accidents, Severity, Public transport, Random Forest, Classification Trees, Road safety, Ecuador.

1. INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, los accidentes de tránsito causan un impacto negativo económico-social en la población, debido a que superan el 1.35 millones de accidentes por año. Distintos organismos World Health Organization (WHO) – UN, coinciden en señalar a los accidentes de tránsito como una de las principales causas de muerte y especialmente en los colectivos de edades más tempranas. También señala que los accidentes de tránsito son la segunda causa de muerte en edad adulta, y la primera dentro de la población juvenil comprendida entre 15 a 29 años, constituyendo uno de los principales problemas de Salud Pública en España (1).

Las pérdidas económicas a nivel mundial causadas por los accidentes de tránsito han resultado ser significativas en 2018, en el que han representado un costo a los países de alrededor del 3% del producto interno bruto (2). Estos efectos negativos provienen de pérdidas materiales y vidas humanas a causa de vehículos o autobuses implicados, daños a edificaciones o infraestructura vial. Es importante considerar que las lesiones provocadas por accidentes de tránsito afectan económicamente al conductor y/u ocupante

accidentado, así como también a sus familiares, ya que los costos de tratamiento pueden ser representativos, asimismo el tiempo de los familiares que involucra atenderlos (3).

El incremento de la densidad poblacional en el mundo, el cual es directamente proporcional con la modernización de los países y la mejora de su nivel de desarrollo; hace que el parque automotor se incremente directamente proporcional a este hecho. El incremento del parque automotor en Ecuador en el año 2016 fue del 10.6% respecto al 2015 con un total de vehículos 2056213 (15), en el 2017 fue del 8.8% respecto al 2016 con un total de vehículos 22237264 (16), en el 2018 el 7.4% en referencia al 2017 con una total de vehículos 2403651 (17) y en el año 2022 fue el 13,61% respecto al 2021 con un total de vehículos 2880910 (18), con lo que se debe considerar en el país efectos positivos en el ámbito de la seguridad vial por la mejora de los equipamientos de seguridad con una amplia multitud de vehículos. Lo contrario, ocurre con vehículos más antiguos y menos dotados de equipamiento de seguridad, lo que produce impactos negativos sobre la seguridad vial, convirtiendo a las lesiones por accidentes de tránsito en un problema de Salud Pública.

El transporte de viajeros por carretera a nivel global es fundamental en las ciudades y las políticas de salud, calidad del aire y la potenciación de un medio ambiente sostenible propugnan por la potenciación del transporte público. En los países de la región como en muchos otros, este tipo de transporte es el único medio accesible para amplios sectores de la sociedad, por precio, por accesibilidad, por frecuencia y por la oportunidad, siendo en muchos casos el único medio de transporte disponible. Por ello la seguridad es un parámetro de calidad muy importante y valorado por los usuarios del sistema de transporte público.

En Europa, el Observatorio Europeo de Seguridad Vial indica, que 594 personas fallecieron a causa de accidentes de tráfico con implicación de autobuses y autocares, alrededor de 4000 personas murieron en accidentes de tráfico en las que estaba implicado algún tipo de vehículo de mercancías de más 3.5 toneladas. La tasa de mortalidad en la Unión Europea es de 1.2 por millón de habitantes y en España es del 1.4 en relación con accidentes originado por autobuses y autocares, mientras que el 8.1 por millón de habitantes y 6.1 en España es para los vinculados con vehículos pesados.

En referencia a pérdidas humanas según la Dirección General de Tráfico en España, durante el año 2017, los diferentes miembros policiales notificaron un total general de 102.233 accidentes con víctimas. Estos accidentes ocasionaron 1.830 fallecidos (en el momento del accidente y hasta 30 días después del mismo); además, 9.546 personas fueron ingresadas en un centro hospitalario y 129.616 resultaron heridas no hospitalizadas. (4)

En 2018, en España se produjo un aumento de los accidentes de tráfico del 0,06%, con un descenso del 1,31% de fallecidos, así como de los ingresos en centros hospitalarios del 6,4%. En los 102.299 accidentes perdieron la vida 1.806 personas y otras 138.609 resultaron heridas, de las cuales 8.935 requirieron ingreso hospitalario. Las principales causas fueron: las distracciones, alta velocidad y consumo de alcohol/drogas. Sólo en el 11% de los accidentes de tráfico en España estuvieron implicados vehículos pesados como son los autobuses y camiones, y el 1% de las víctimas fue en carreteras interurbanas. Los

accidentes con vehículos que sobrepasan las 3,5 toneladas son más severos en relación con las lesiones ocasionadas, debido a las masas y dimensiones de estos, en las estadísticas se refleja que en 2269 accidentes con víctimas hubo autobuses/autocares implicados y en ellos murieron 56 personas. (5)

Los accidentes ocurridos en vías interurbanas de España (300 del total) representan el 13% mientras que los 1969 (87%) ocurrieron en vías urbanas. El número de fallecidos alcanza a 35 y 21 para vías interurbanas y urbanas respectivamente. Estos números ponen en evidencia la lesividad de los accidentes en vías interurbanas. (5).

Al hablar del continente americano, la tasa de mortalidad ocasionado por accidentes de tránsito es de 10.2 por 100000 habitantes en América del Norte, 23.4 en la Zona Andina, seguido de 21.0 y 16.6 del cono Sur y del Caribe latino respectivamente. (5)

En Ecuador, según la Agencia Nacional de Tránsito (14) existió 6599 personas fallecidas en accidentes de tránsito entre el 2010 al 2012, 4304 entre los años 2017 y 2018 y 8104 desde el año 2019 al 2022 (21). En referencia a los datos del Observatorio Iberoamericano de Seguridad Vial (OISEVI) indicó que el Ecuador se encuentra en tercer lugar en los índices de mortalidad y por lo contrario España presentó índices bajos de tasa de fallecidos. (12) Con base en lo mencionado por (6) analizaron los factores de riesgo y la causa más frecuente del origen de los accidentes de tránsito en las provincias de Pichincha y Guayaquil. Los datos fueron tomados del INEC y se aplicó un enfoque descriptivo y diseño no experimental, el cual dio como resultado que los principales factores causantes de accidentes de tránsito se debieron a la impericia del conductor ligada a uso de aparatos electrónicos, el exceso de velocidad, irrespeto de las señales de tránsito, invadir carril contrario al conducir.

En cuanto al estudio efectuado por (7) estudiaron la accidentabilidad de autobuses interprovinciales en Ecuador por medio del método de regresión y clasificación CART determinó que gran parte de los accidentes de tránsito ocurren en horas de la madrugada y mañana donde el tipo de accidente que con mayor frecuencia son la salida de la vía y vuelco sobre la calzada debido a un irrespeto de las señales de tránsito, exceso de velocidad y exceso de confianza. Cabe señalar que existió falta de información y con lo cual no se llenó parámetros en la base de datos.

Para la disminución de accidentes de tránsito se podría tomar en consideración estándares de seguridad activa y pasiva en los vehículos. La seguridad activa examina el comportamiento del conductor y vehículo, el cual se divide en dispositivos de seguridad primaria y secundaria. Por otra parte, la seguridad pasiva son las condiciones técnicas que evita, minimiza daños o se pueda interactuar al momento del suceso de un accidente de tránsito (8). Se debe cumplir con estándares para valorar la seguridad del vehículo por medio de una escala de una a cinco estrellas donde cinco es el máximo, para lo cual, existen programas de seguridad denominados Euro NCAP y Latin NCAP; es difícil comparar entre las dos ya que Latin NCAP cumple la misma función que Euro NCAP pero con modelos del mercado latinoamericano donde las exigencias de seguridad son menores a las de Europa. Los parámetros que se analiza son las lesiones del

ocupante adulto, ocupante infantil, vulnerabilidad de peatones y asistencia a la seguridad, mientras mayor sea el número de estrellas se considera un vehículo con mayor seguridad. (13)

Este trabajo se centra en el estudio de los accidentes y factores fundamentales en la ocurrencia de colisiones con implicación de autobuses y autocares de transporte público de pasajeros en Ecuador, por esta razón esta investigación tiene como objetivo analizar la severidad de los accidentes de tránsito en Ecuador identificando factores que intervienen, y aplicando modelos estadísticos en la identificación de patrones accidentológicos.

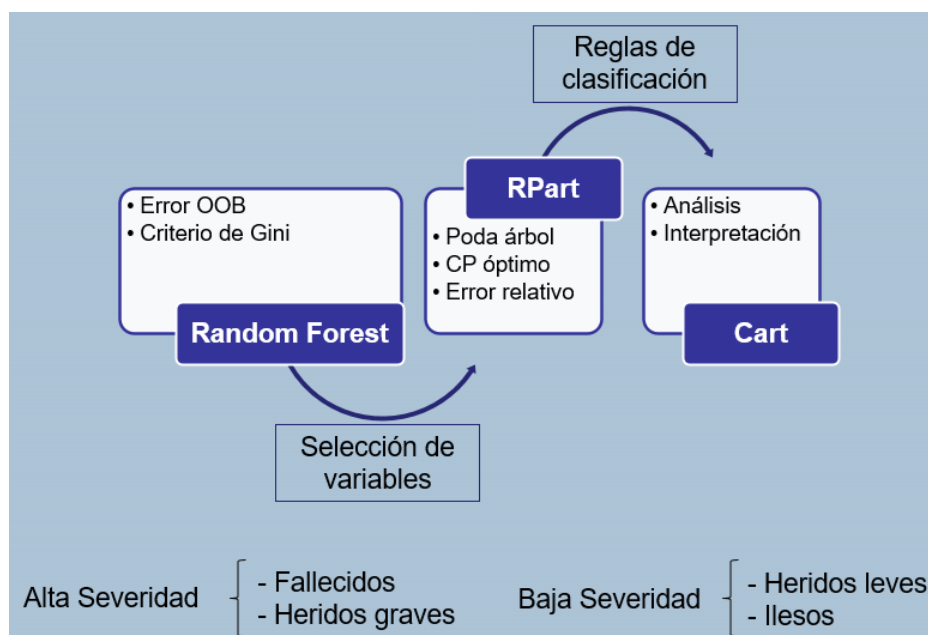
2. METODOLOGÍA O MATERIALES Y METODOS

La muestra de análisis consta de 94 accidentes de tráfico con implicación de autobuses en Ecuador entre los años 2017 al 2018 y constituye la base de datos que contiene más de 80 variables. Se ha realizado una selección de variables que evite repetición de la información, valores nulos o vacíos, etc. resultando del proceso un total de 13 variables explicativas que se han agrupado en 4 grupos: factor infraestructura, vehículo, entorno y factor humano. Con las variables seleccionadas, se desarrollará un modelo de análisis de la severidad del accidente.

Del conjunto de 4 factores se han seleccionado las variables de mayor importancia mediante Random Forest (RF) considerando su error de clasificación. Se seleccionan las 13 variables superiores en la clasificación con las que se elabora un modelo final. La base de datos se obtuvo del proyecto COOPERA XVII-12 que partió de una metodología de (7) datos publicados en medios de difusión masiva.

En el gráfico 1 se muestra en resumen la metodología que se va a utilizar en la presente investigación, con referencia a la selección de variables, Error OOB, Criterio de Gini, la poda de árbol, CP óptimo, error relativo y las reglas de clasificación, lo cual se detalla en este capítulo.

Gráfico 1. Esquema metodología para determinar la severidad de accidentes de tránsito.



Definición de variables

Para las variables se recurrió a datos oficiales disponible y ampliados con la información obtenida con la metodología de recogida de la información retrospectiva para la caracterización de los accidentes de tránsito para autobuses en países de la región latinoamericana como Ecuador, del proyecto de investigación COOPERAXVII-12(TCP) . El análisis de los datos dio como resultado la base de datos (BBDD-AyA) de la que se ha extraído toda la información disponible que son 94 accidentes comprendidos entre los años 2017 y 2018 para el tratamiento estadístico descriptivo y aplicación de modelos para cumplir con los objetivos descritos.

La citada base contiene variables, que se han agrupado en categorías: Infraestructura, Vehículo, Entorno y Factor Humano, siguiendo la estructura clásica de análisis por factores o categorías. Dentro de cada categoría se listan las variables correspondientes.

Para la determinación de la importancia de las variables se realiza un proceso de muestreo de datos denominado “Bootstrap”, contenidos en un sub método llamado Random Forest (RF) que significa “Bosque Aleatorio” utilizado por el software estadístico R, donde aproximadamente un tercio de datos no se usan para el entrenamiento, pero se usan para el test o validación de datos, a este conjunto de datos se le conoce como Out Of Bag (OOB) Samples; donde el error estimado de este conjunto de datos tiene el nombre de Out Of Bag estimate error (OOB).

Según (10) el error estimado (OOB) se determina en el proceso del “bootstrapping” mediante (RF) que conlleva a poder predecir la respuesta de la observación “i” haciendo uso de aquellos árboles en los que esa observación ha sido excluida (OOB) y promediándolos (la moda en el caso de los árboles de clasificación).

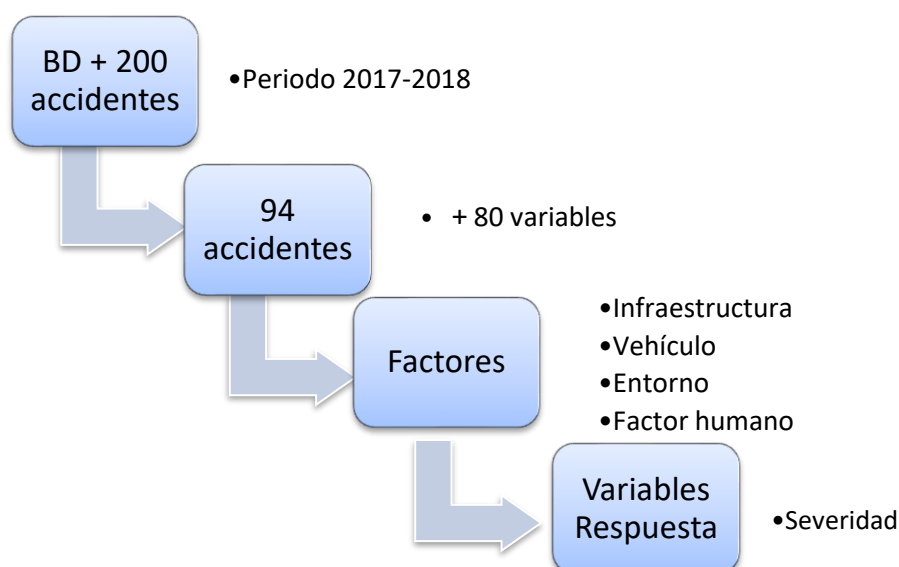
Iniciando con el tratamiento de la nueva base de datos se crean dos grupos llamados “Train” y “Validate” Data, donde cada uno obtiene un porcentaje de 70% y 30% respectivamente, tomados según procedimiento experimental.

Cada grupo de tratamiento de datos presentará la importancia de las variables en forma gráfica y por medio de tablas.

La selección de variables es muy importante para la interpretación y predicción, especialmente para conjuntos de datos de alta dimensión es por esto por lo que existen razones por las que se eligen dos índices llamados: Precisión de Disminución Media (“MDA” Mean Decrease Accuracy) y Disminución Media de Gini (“MDG” Mean Decrease Gini), para evaluar la importancia de una variable que se encuentran en cuatro aspectos:

- 1) El error OOB proporciona una estimación justa en comparación con el error del conjunto de prueba alternativo habitual, incluso si se considera un poco optimista.
- 2) El índice de Gini no solo es adecuado para la clasificación sino también para la regresión.
- 3) Los dos índices MDA y MDG son todos los resultados predeterminados del procedimiento de RF por lo que es muy conveniente usarlo.
- 4) Usar ambos es más robusto que usar uno solo de ellos.

Gráfico 2. Variables para determinar la severidad en los accidentes de tránsito en Ecuador



Cálculo del parámetro de complejidad

El parámetro de complejidad (C_p) en el software RStudio, es la mejora mínima en el modelo necesario en cada nodo, el valor de (C_p) es un parámetro de espera que ayuda a acelerar la búsqueda de segmentaciones porque puede identificar divisiones que no cumplen con este criterio y podarlas antes de sobre ajustar el modelo. (20)

Para determinar una poda correcta del árbol en crecimiento y evitar el sobreajuste es necesario obtener el parámetro de complejidad (C_p) mediante la manipulación de ajustes dentro de la librería de “rpart” que se encuentra en la plataforma del Software, donde se tiene:

- El parámetro minsplit: fija el número más pequeño de observaciones para que el nodo sea dividido y por defecto es 20, si es inferior al valor defecto en un nodo primario, se etiqueta como un nodo terminal.
- El parámetro minbucket: proporciona el menor número de observaciones permitidas en un nodo terminal. Si una decisión dividida fragmenta los datos en un nodo con menos valor del minbucket, este no lo aceptará. Por defecto es un valor redondeado de minsplit/3.
- El parámetro maxdepth: indica la condición de profundidad máxima del árbol. Por defecto se establece en 30, cualquier cosa más allá de eso, según los documentos de ayuda, puede causar malos resultados, es decir, este umbral de configuración pretende reducir tiempo de CPU. (20)

El parámetro de complejidad (C_p) indica que si el criterio de impureza no es reducido en más de $cp*100\%$ entonces se detiene, por defecto $C_p= 0.01$, es decir, la r desviación (estadística de ajuste para un modelo estadístico) del nodo terminal debe ser menor del 1% de la desviación inicial, finalmente el C_p indica que se evitará cualquier partición que no disminuya la impureza por un factor igual a C_p . (7)

Entonces el Parámetro de Complejidad (C_p) depende del Error Nodal (Root Node Error), que es la tasa de error de sustitución (tasa de error calculada en la muestra de entrenamiento).

La determinación del Cp óptimo se realizó bajo el concepto de error nodal (Root Node Error), que es la tasa de error calculada en la muestra de entrenamiento (TRAIN DATA) y bajo el criterio gráfico de estabilidad de crecimiento del árbol de decisión.

Presentación de la poda del árbol según parámetro de complejidad óptimo

El parámetro de complejidad (Cp) determinado en el proceso anterior permite podar un árbol sobre ajustado, es decir demasiado creciente o lo que es lo mismo permite hacer crecer al árbol hasta un punto máximo, delimitado por el Cp.

El árbol podado presentará información más confiable para determinar patrones de comportamiento en el análisis de la base de datos en estudio y poder determinar los factores más relevantes que influyen en un siniestro de tránsito.

Árboles vinculados con la variable.

Para determinar la matriz de confusión, se requiere aplicar el método de predicción a los datos de validación (Validate data) que corresponden a 1/3 del total de los datos.

La matriz de confusión valida los datos de entrenamiento tomando en cuenta la variable de entrada y como variables predictoras las seleccionadas en cada modelo de árbol respectivo

Desglose de la variable.

El desglose de la variable presenta cada tipo de causa presente en el conjunto definido en la subcategorización, donde cada árbol correspondiente presenta el porcentaje de la causa implicada en el accidente.

Para explicación de los árboles característicos a cada desglose de la variable, se tomará en cuenta el porcentaje de cada nodo final, para las principales causas más relevantes que se obtendrán al final, teniendo así una breve explicación del árbol de decisión presente a cada modelo.

Técnicas e Instrumentos de investigación

Modelos de bosques aleatorios (Random Forest (RF))

Procedimiento que replica subconjuntos de registros y elige al azar un subconjunto de las variables de entrada (10). Esta metodología también se usa para análisis de sensibilidad. Además, se indica que es la técnica de conjuntos de árboles tienen enfoque clásico o de frecuencia, con el algoritmo RF Este algoritmo optimiza la precisión en la clasificación mediante la incorporación de aleatoriedad en la construcción de cada clasificador individual. La herramienta indicada se enfoca en la técnica de aprendizaje automático estándar denominada “árbol de decisiones. Para la selección y optimización se utilizan dos índices: criterio de Gini y de clasificación.

Importancia de la variable mediante criterio de Gini

El mecanismo de construcción de RF establece un baremo que prioriza cada variable en la predicción final. Para ello se calcula el error de la muestra. Para cada variable de la muestra, se intercambia un par de elementos y se calcula el error de la muestra permutada. El resultado debería ser peor que para la

muestra original. Este procedimiento se realiza para todos los valores de cada variable y se calcula el promedio. El proceso es realizado para todas las variables. Las variables de menor importancia deberían alterar menos la diferencia entre el error y el error permutado, que las variables importantes.

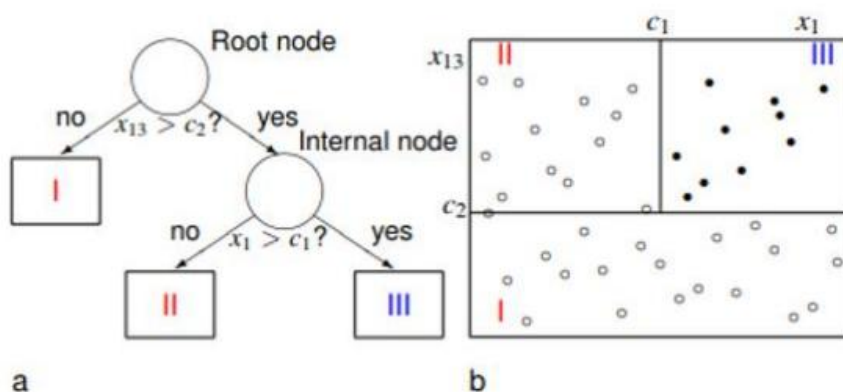
Mediante la función Rpart se analiza el modelo de clasificación con las 13 variables seleccionadas previamente en RF y se ejecuta la poda del árbol en función del % de error relativo y del índice de complejidad de división CP óptimo para generar el árbol de clasificación final.

Modelos de Árboles de clasificación (CART)

Es una técnica de aprendizaje controlado, no paramétrica, de segmentación binaria, es decir, las particiones se hacen de forma permanente hasta alcanzar un criterio de parada, es decir que el árbol se construye dividiendo los datos repetidamente, en cada nueva división los datos son divididos otra vez en dos grupos mutuamente excluyentes. Por lo que se aplican para modelar relaciones entrada – salida. El enfoque algorítmico más habitual para el CART creado por (9) produce de manera inicial un árbol muy grande, para consecutivamente podarlo; es decir, recorta ramas que no incrementen su capacidad predictiva. El grado de poda se define en función de un compromiso entre bondad de ajuste y confusión del árbol.

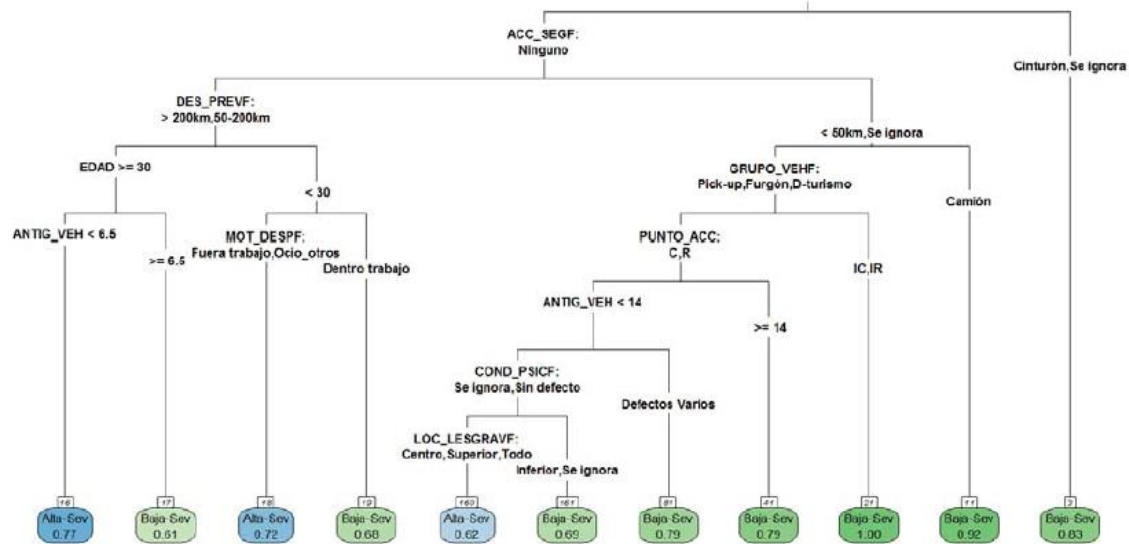
La gráfica 3 muestra un nodo raíz o madre, que se divide después en nodos hijos, y finalmente el procedimiento de partición se aplica a cada nodo hijo por separado, estas divisiones se seleccionan, de modo que la impureza de los grupos hijos sea menor que la del grupo madre, este procedimiento tiene por objetivo, discriminar la respuesta en grupos homogéneos, de tal manera que se pueda mantener el árbol relativamente pequeño (10).

Gráfico 3. Descripción de objetos de un árbol de clasificación (11).



Por último, una vez elaborado el árbol se empieza con el proceso que determina un subárbol de mejor calidad en referencia a que sea lo más predictivo posible y lo menos sensible al ruido de los datos ya que la finalidad de los árboles de clasificación es extraer subgrupos homogéneos de la población o muestra de estudio. En la (Figura 2) es un ejemplo del modelo podado, contiene una muestra de donde se desprenden los siguientes nodos o niveles (nodo raíz), obteniendo únicamente datos de un solo tipo (nodo terminal).

Gráfico 4. Árbol de clasificación (10)



Variables de estudio

En referencia a las variables, se encuentran agrupadas por factores, cada una contiene variables significativas que influyen en la probabilidad de accidentes de tráfico.

Para el factor infraestructura las variables consideradas son: Estado de vía, característica lugar, tipo de calzada, señalización horizontal, señalización vertical, tipo de arcén, tipo de vía, semáforo, lugar.

En cuanto al factor vehículo las variables consideradas son las siguientes: Tipo de autobús, vehículo oponente.

El factor entorno toma en cuenta las siguientes variables: visibilidad, condiciones atmosféricas, nivel de circulación.

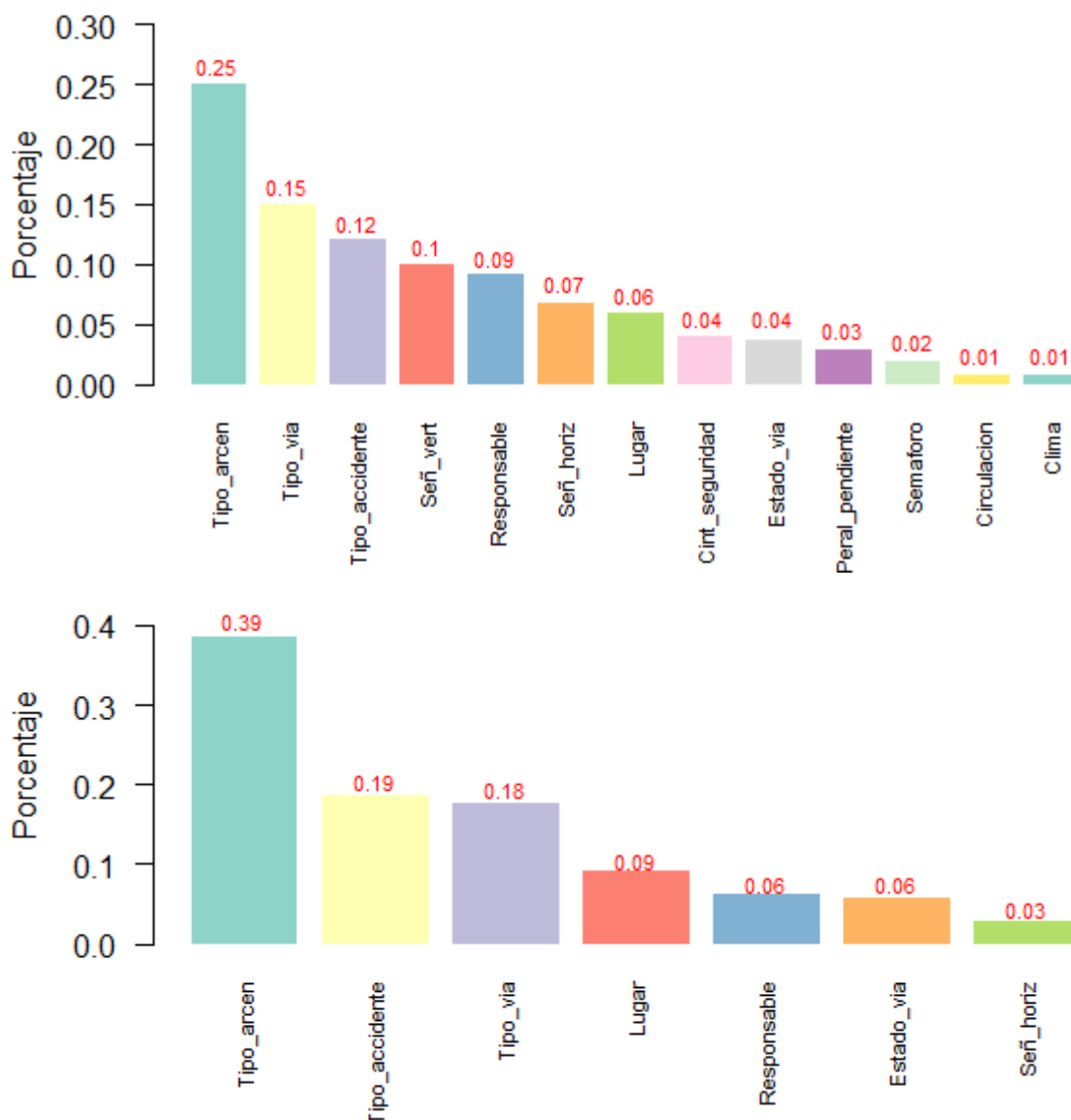
Mientras que el factor humano considera las variables: edad, uso de accesorios de seguridad, presuntas infracciones, posible responsabilidad del conductor del autobús, vehículo contrario.

Finalmente, la variable respuesta es la severidad que involucra: fallecidos, heridos graves, heridos leves, ilesos.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En referencia a las variables seleccionadas se usó el valor del índice de Gini y el error de clasificación por RandomForest. Para las variables más importantes que se encuentran involucradas dentro del modelo, se utiliza el error de predicción que verifica cuanto aporta cada variable para reducir dicho error. En la limpieza de datos se descartaron aquellas variables que no presentaban ningún dato, y aquellas que no aportan o influyen con la ocurrencia de accidentes de tráfico TCP, finalmente se trabajó con 13 de 19 variables que se detallan a continuación.

Gráfico 5. Importancia de las variables con RandomForest.

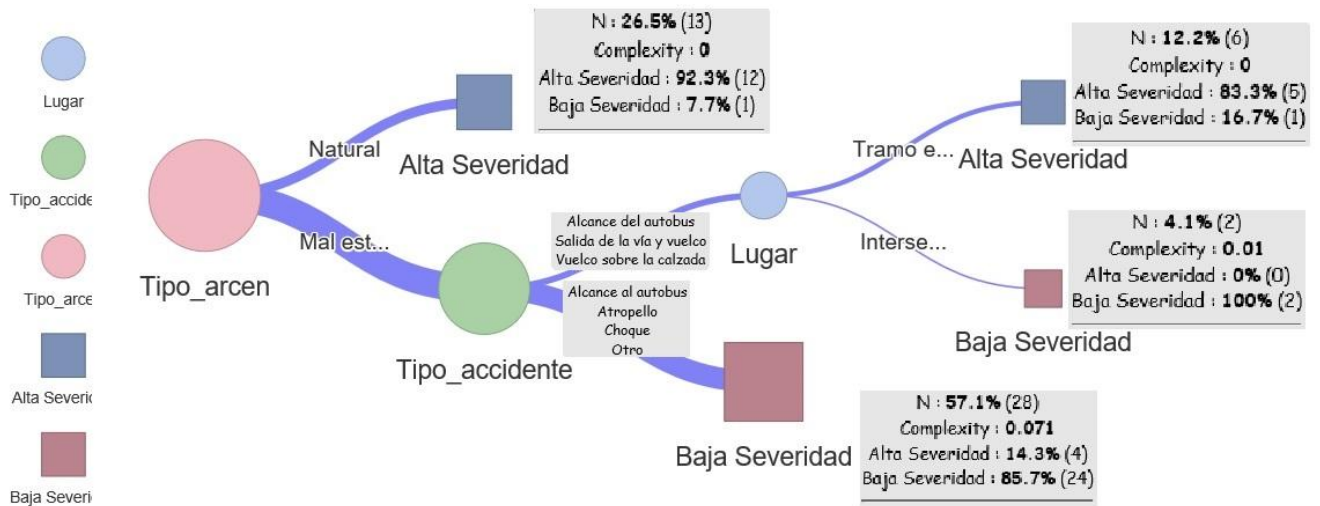


Nota: En el gráfico 1 se muestra un análisis para la jerarquía de las variables, las dos primeras ubicaciones las ocupan tipo de arcén y tipo de vía, las dos siguientes son tipo de accidente y señalización vertical, con lo cual se puede apreciar claramente las variables que se consideran con mayor influencia en un accidente de tráfico.

Modelo CART

Las variables que potencialmente afectan a la severidad de los accidentes de TCP con o sin implicación de otros vehículos, se seleccionaron como entrada para los modelos CART. Existe un árbol podado el cual empieza a estabilizarse con un error relativo de 0.14286 en el nodo 5 y un CP de 0.01.

Gráfico 6. Árbol de clasificación de severidad.



Nota 2: En el gráfico 6 se muestra los resultados del árbol de clasificación con las variables más importantes para determinar la severidad de un accidente que involucra TCP, el cual cuenta con tres divisiones y cuatro nodos terminales. Los nodos terminales se identifican como accidentes en los cuales se ha producido alta severidad (color azul) y accidentes de con baja severidad (color lacre).

Del árbol podado se puede extraer las siguientes ideas fundamentales:

- Tipo de arcén.

Según los resultados mostrados, se determina que la severidad asociada al tipo de arcén natural es alta con una probabilidad del 92.3%, menciona que en la República de África Central existe una alta variación de este tipo de severidad. Los peores índices, todos sobre 100, están reportados en Etiopía, Malawi, Tanzania, Uganda y Ghana. Para la mayoría de los países las tasas están entre 40 y 130. En los países desarrollados de Europa Occidental, Norteamérica, Australia y Japón el rango es de 1,5 a 4. (22)

- Tipo de accidentes.

La severidad asociada al alcance del autobús, vuelco sobre la calzada, salida de la vía y vuelco es alta con el 83.3% cuando el lugar de accidente es en curva o recta.

(23) En muy pocos países de Latinoamérica se mantienen estadísticas confiables del número de vehículos motorizados autorizados para circular o de aquellos que han sido dado de baja por sus dueños. Tampoco existe en todos los países una normativa de entrega de permisos de circulación o de revisión técnica, por lo que es difícil contar con datos que sirvan para estimar, por ejemplo, la edad promedio del parque o controlar su estado (principales fallas, año de falla, kilómetros circulados, etc.). En los que existe un sistema de revisión, no es común que se lleve una estadística del porcentaje y causas de rechazo de la entrega de permisos de circulación.

- Característica de la vía.

La severidad es baja cuando el accidente se produce en una intersección. (23) El Transport Research Laboratory (TRL), de Inglaterra, viene desarrollando desde mediados de los años ochenta un software llamado MAAP (Microcomputer Accident Analysis Package), que ha sido exitosamente puesto en marcha en países como Botswana, Ghana y Zimbabwe. Este programa permite el almacenamiento y análisis de datos de accidentes de manera sistemática con una interfaz fácil para el usuario. Además, permite hacer

cruces de datos, lo que ayuda a los investigadores a la identificación de patrones de accidentes, lo que facilitaría el habilitar un sistema de similares características en los países de LAC y el desarrollo de una base de datos que pueda ser consultada por los países de la región, de manera de tener una visión actualizada periódicamente de la situación de seguridad vial en la región y por cada país

4. CONCLUSIONES

En el presente estudio, se llevó a cabo un análisis sobre accidentes de tránsito en Ecuador, aplicando de manera sistemática modelos estadísticos basados en árboles de decisión. Los resultados revelaron que los factores determinantes en la severidad de los accidentes son el factor Humano, que presenta una influencia destacada, seguido por los factores Vehículo, Entorno y Vía.

La investigación también evidenció que el incremento de velocidad en carretera, especialmente cuando se combina con factores relacionados con la infraestructura vial, contribuye significativamente a la gravedad de las colisiones. Se destacó que los accidentes clasificados como vuelcos muestran una mayor severidad, subrayando la importancia de abordar estos eventos específicos para mejorar la seguridad vial.

Los patrones accidentológicos identificados como altamente severos en el contexto ecuatoriano incluyen situaciones donde el arcén se encuentra en mal estado, el accidente se manifiesta como vuelco sobre la calzada y el incidente ocurre en tramos curvos de la vía. Estos hallazgos ofrecen valiosa información para orientar estrategias de prevención y políticas de seguridad vial en el país.

La relevancia de este análisis estadístico radica en su utilidad para las entidades gubernamentales competentes, proporcionando parámetros cruciales para diseñar programas de capacitación dirigidos a la población con el objetivo de reducir la incidencia de accidentes de tránsito. Además, se destaca la necesidad de que el sector público priorice la atención al factor infraestructura, dada su influencia directa en el tipo de vía y su impacto en la ocurrencia de accidentes.

FINANCIACIÓN

Los autores no recibieron financiación para el desarrollo de la presente investigación.

CONFLICTO DE INTERESES

Los Autores declaran que no existe conflicto de intereses

REFERENCIAS

1. OMS. Sistema de datos. Manual de seguridad vial para decisores y profesionales. [Internet]. 2010 [cited 2023 Nov 7]. Available from: <https://www.luchemos.org.ar/images/Extranjero/ManualOMSSistDatosesp.pdf>
2. OMS. Traumatismos causados por el tránsito [Internet]. 2022 [cited 2023 Nov 7]. Available from: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs358/en/>
3. OMS. Informe sobre la situación mundial de la seguridad vial 2015: resumen [Internet]. 2015 [cited 2023 Nov 7]. Available from: <https://iris.who.int/handle/10665/354365?&locale-attribute=pt>
4. DGT. Las Principales Cifras de la Siniestralidad Vial. España. 2017 [Internet]. 2017 [cited 2023 Nov 7]. Available from: <https://www.dgt.es/export/sites/web-DGT/.galleries/downloads/dgt-en->

- cifras/publicaciones/Principales_Cifras_Siniestralidad/Las-principales-cifras-de-la-siniestralidad-vial-2017.pdf
5. DGT. Las Principales Cifras de la Siniestralidad Vial. España. 2018. [Internet]. 2018 [cited 2023 Nov 7]. Available from: <https://www.dgt.es/export/sites/web-DGT/.galleries/Images/notas-de-prensa/2020/no-valen-excusas-el-cinturon-es-un-seguro-de-vida/Las-principales-cifras-de-la-Siniestralidad-Vial-Espana-2018.pdf>
 6. Rivas Luna JL, Santos Rodríguez D. Factores de riesgo que inciden en los accidentes de tránsito en el Ecuador [Internet]. 2019 [cited 2023 Nov 7]. Available from: <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/43772>
 7. Espinosa Guajala JP, Mena Andrade RE. Determinación de las variables influyentes en la accidentabilidad de autobuses interprovinciales en el Ecuador mediante el método CART [Internet]. 2019 [cited 2023 Nov 7]. Available from: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/17963>
 8. Barros Barzallo EM, Vicuña Criollo RD. Propuesta para mejoramiento de la seguridad activa y pasiva de los vehículos de la ciudad de Loja. 2010 [cited 2023 Nov 7]; Available from: <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/5085>
 9. Breiman L, Friedman JH, Olshen RA, Stone CJ. Classification and regression trees [Internet]. Classification and Regression Trees. CRC Press; 1984 [cited 2023 Nov 7]. 1–358 p. Available from: <https://www.taylorfrancis.com/books/mono/10.1201/9781315139470/classification-regression-trees-leo-breiman>
 10. Pillajo Quijia GP, Arenas Ramirez B del V, Izquierdo FA. Análisis de severidad de accidentes con implicación de una furgoneta con modelos de clasificación y bosques aleatorios [Internet]. 2018 [cited 2023 Nov 7]. Available from: https://www.researchgate.net/publication/339302744_ANALISIS_DE_SEVERIDAD_DE_ACCIDENTES_CON_IMPLICACION_DE_UNA_FURGONETA_CON_MODELOS_DE_CLASIFICACION_Y_BOSQUES_ALEATORIOS
 11. Zhang H, Singer BH. Recursive Partitioning and Applications. 2010 [cited 2023 Nov 7]; Available from: <https://link.springer.com/10.1007/978-1-4419-6824-1>
 12. Vial II de S. V Asamblea Anual. In 2016. p. 3. Available from <https://www.oisevi.org/a/index.php/noticias/item/265-declaracion-de-la-v-asamblea-general-el-oisevi-realizada-en-cartagena-de-indias-colombia-el-31-de-marzo-y-1-de-abril-de-2016>
 13. NCAP L. LATIN NCAP [Internet]. 2022. p. 4. Available from: <https://www.latinncap.com/es/>
 14. Tránsito AN de. Agencia Nacional de Transito [Internet]. 2022. Available from: <https://www.ant.gob.ec/resoluciones/resoluciones-anos-anteriores/>
 15. Censos IN de E y. Anuario de Transporte [Internet]. 2016. p. 61. Available from: [https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_Economicas/Estadistica de Transporte/2016/2016_AnuarioTransportes_Principales Resultados.pdf](https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_Economicas/Estadistica_de_Transporte/2016/2016_AnuarioTransportes_Principales Resultados.pdf)
 16. Censos IN de E y. Anuario de Transporte [Internet]. 2017. p. 51. Available from: [https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_Economicas/Estadistica de Transporte/2017/2017_TRANSPORTE_PRESENTACION.pdf](https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_Economicas/Estadistica_de_Transporte/2017/2017_TRANSPORTE_PRESENTACION.pdf)

17. Censos IN de E y. Anuario de Transporte [Internet]. 2018. p. 35. Available from: [https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_Economicas/Estadistica de Transporte/2018/2018_ANET_PPT.pdf](https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_Economicas/Estadistica_de_Transporte/2018/2018_ANET_PPT.pdf)
18. Censos IN de E y. Anuario de Transporte [Internet]. 2022. p. 12. Available from: [https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_Economicas/Estadistica de Transporte/2018/2018_ANET_PPT.pdf](https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_Economicas/Estadistica_de_Transporte/2018/2018_ANET_PPT.pdf)
19. Pérez-Planells L, Delegido J, Rivera-Caicedo JP, Verrelst J. Análisis de métodos de validación cruzada para la obtención robusta de parámetros biofísicos. *Rev Teledetec*. 2015;2015(44):55–65.
20. W J. Minería de Datos [Internet]. 2019. Available from: <https://www.learnbymarketing.com/tutorials/rpart-decision-trees-in-r/>
21. ANT AN de T del E-. Visor de Siniestralidad Nacional del Ecuador [Internet]. 2023. Available from: <https://www.ant.gob.ec/estadisticas-siniestros-de-transito-prueba/>
22. Artigas C, UN. ECLAC. La Autoridad Internacional de los Fondos Marinos : un nuevo espacio para el aporte del Grupo de Países Latinoamericanos y Caribeños (GRULAC). 2000. 52 p.
23. Planzer R. La seguridad vial en la región de América Latina y el Caribe. [Internet]. Vol. 17, *Ingeniare Revista chilena de ingenier*. 2002. 1–79 p. Available from: <http://www.eclac.org/publicaciones/xml/9/19539/lcl2169e.pdf>