

# Evaluación del riesgo ambiental en el transporte terrestre de sustancias químicas de clases de riesgo 3 y 9, Ecuador

Paulina Poma Copa ✉ Mirian Jiménez Gutiérrez  Stalin Rojas Oviedo 

Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Sede Orellana, El Coca EC220001, Ecuador.

✉ Correspondencia: [paulina.poma@esepoch.edu.ec](mailto:paulina.poma@esepoch.edu.ec) ;  +593 990660104



Check for updates

**Recibido:** 15 julio 2020; **Aceptado:** 18 agosto 2020; **Publicado:** 20 agosto 2020

DOI/URL: <https://www.greenworldjournal.com/doi-021-gwj-2020>



**Resumen:** El transporte es una actividad esencial del desarrollo social y económico de un país, en Ecuador el transporte de combustible se distribuye a nivel nacional, lo cual no sólo trae beneficios sino también consecuencias negativas si se tiene en cuenta los posibles accidentes que se pueda presentar. Por consiguiente, el objetivo de esta investigación fue evaluar el riesgo ambiental de transporte terrestre de sustancias químicas de clases 3 y 9 de 14 rutas a nivel nacional para elaborar acciones de prevención, mitigación y dar una pronta respuesta ante un evento. En efecto para la evaluación se dividió en varias etapas, primero se definió los tramos de estudio, se obtuvo datos históricos de accidentes dentro del período 2014 al 2019, el estado de las vías mediante el uso de ArcGIS y finalmente se procede a evaluar los riesgos con el método de Chemical Process Quantitative Risk Analysis que considera los factores vías, ambiental, humano y vehículo. Por último, de la evaluación se identificó que presentan riesgos altos a causa de los factores vías 67 %, humano 69 % y ambiental 90 %, cabe decir que es necesario estudios adicionales de evaluación del riesgos individuales y sociales que permitan una eficiente gestión del riesgo en transporte terrestre de carga pesada.

**Palabras claves:** Riesgo ambiental; sustancia química; transporte; peligro

## Environmental risk assessment in land transport of chemicals of risk classes 3 and 9, Ecuador

**Abstract:** Transport is an essential activity for the social and economic development of a country. In Ecuador, fuel transport is distributed nationally, which not only brings benefits but also negative consequences if one considers the possible accidents that may occur. Therefore, the objective of this research was to evaluate the environmental risk of land transport of class 3 and 9 chemicals from 14 routes at the national level in order to develop prevention, mitigation and prompt response actions to an event. In effect, the evaluation was divided into several stages. First, the study sections were defined, historical accident data was obtained for the period 2014 to 2019, the state of the roads was obtained through the use of ArcGIS, and finally the risks were evaluated with the Chemical Process Quantitative Risk Analysis method, which considers the road, environmental, human and vehicle factors. Finally, the evaluation identified that they present high risks due to the pathways factors 67%, human 69% and environmental 90%, it can be said that additional individual and social risk assessment studies are needed to allow efficient risk management in heavy land transport.

**Keywords:** Environmental risk; chemical; transport; danger

## 1. Introducción

El transporte es un componente esencial del desarrollo social y económico de la economía de un país [1], en la actualidad el transporte terrestre es la modalidad más extendida para el transporte de carga en los países desarrollados [2]. En el Ecuador el transporte de carga pesada es un aliado estratégico en los servicios de logística de acuerdo a cifras del Banco Central del Ecuador, el sector del transporte represento un promedio del 6 % del Producto Interno Bruto (PIB) durante el periodo 2000-2017 alrededor del 50 % corresponde al sector de carga pesada. En efecto según la Federación Nacional de Transporte Pesado del Ecuador (FENATRAPE) indica que existe alrededor de 4432 empresas de transporte de carga pesada, así mismo la demanda de productos a nivel nacional hace que grandes cantidades de sustancias químicas deban ser transportadas generando riesgos [3] que pueden afectar a la población, pérdida del valor de las propiedades y daños al ambiente.

Así pues, en el año 2019 se presentaron 1076 siniestros, 1243 lesionados y 147 fallecidos según el reporte nacional de siniestros de tránsito diciembre 2019 de la Agencia Nacional de Tránsito (ANT).

Por lo cual las sustancias químicas constituyen insumos claves para el desarrollo socioeconómico [4], por lo consiguiente según el Acuerdo Ministerial 099, emitido por el Ministerio del Ambiente, Registro oficial Nro. 601, define a las sustancias químicas peligrosas como " aquellos elementos químicos o sus compuestos obtenidos de la naturaleza o a través de procesos de transformación físicos y/o químicos que poseen características de inflamabilidad, explosividad, toxicidad, reactividad, radioactividad, corrosividad o acción biológica dañina y que pueden afectar al ambiente, a la salud de las personas expuestas o causar daños materiales", por una parte a pesar de contar con el Sistema de Gestión de Sustancias Químicas y Desechos Peligros donde el Ecuador es parte de los Convenios de Basilea instrumentos internacionales relacionados con las sustancias químicas y desechos peligrosos, Convenio de Estocolmo sobre, Contaminantes Orgánicos Persistentes, Convenio de Rotterdam sobre el procedimiento de consentimiento fundamentado previo aplicable a ciertos plaguicidas y productos químicos peligrosos objeto de comercio internacional, Convenio de Minamata sobre Mercurio y el Enfoque Estratégico para la Gestión de Sustancias Químicas a Nivel Internacional (SAICM), que en conjunto ha creado medidas para apoyar en la reducción del riesgo destinadas a proteger la salud y el medio ambiente [5] la probabilidad del riesgo siempre está presente en todas las etapas de la gestión de sustancias químicas.

De ahí que el Ecuador entre el año 1994 a 2018 ha transportado 403 toneladas de mercurio Hg, donde el 90 % fue utilizado en el sector minero, ubicando al país en el sexto lugar que más importe esta sustancias química, según el reporte del sector petrolero el segundo trimestre del año 2019 la producción de petróleo llegó a un total de 48.28 millones de barriles donde el 64.7 se ha transportado a través de Sistema de Oleoducto Transecuatoriano SOTE y Oleoducto de Crudo Pesados OCP y el 35.3 % por transporte terrestre de los derivados de hidrocarburo los despachos realizados en el año 2019 a diferentes sectores del país, se ha realizado para el sector petrolero 2.89 %, producción especial 13.60 %, pesquero 1.60 %, naviero 5.78 %, industrial 9.66 %, eléctrico 4.37 %, doméstico 13.60 %, cemento 2.89 %, automotriz 58.42 %, agrícola 5.78 %, aéreo 0.16 % [6], las víctimas a causa del siniestro de tránsito en junio 2020 fue 47 % de lesionados a causa de la actividad de transporte, mismo que para realizar la actividad de transporte deben contar con la licencia ambiental donde conste el análisis de riesgos ambiental en la ruta.

Por consiguiente, la evaluación del riesgo es un instrumento de carácter preventivo que identifica los factores de riesgo ambiental la interpretación de los peligros que pueden ser fuente de riesgo para el ambiente [7]. Inicia con la elaboración de un inventario de todos aquellos peligros que pueden causar algún daño a la institución, la integridad humana y a los recursos naturales y ambientales. En términos generales, riesgo es la probabilidad de que ocurra algo con consecuencias negativas [8]. En el transporte de sustancias químicas, materiales y desechos peligrosos el riesgo se refiere a la probabilidad de ocurrencia de consecuencias indeseables ocasionadas por una posible liberación de material que puede conducir a una variedad de resultados, incendio o explosión, nube tóxica o inflamable en el caso de gases licuados a presión [9-11]. Las consecuencias indeseables de estos incidentes pueden ocurrir por riesgos ambientales de origen natural que es la probabilidad de que un espacio geográfico sea afectado por las consecuencias de distinta vulnerabilidad de un proceso natural que afecten los asentamientos y las actividades humanas [12] y riesgo antrópico que es la probabilidad de que ocurra un evento que desencadene unas consecuencias que hay que eliminar o mitigar por el peligro que este representa para las personas y el ambiente.

Los pronósticos de crecimiento del turismo estimados para el 2020 se cumplieron anticipadamente, lo que demuestra lo solidificado que se encuentra la industria del turismo [1]. Los factores condicionantes para el crecimiento ininterrumpido desde el 2010 se deben a un entorno económico favorable, fuerte demanda de los principales mercados emisores, consolidación y recuperación de destinos anteriormente afectados por la crisis, mejor y mayor conectividad aérea y nuevas relaciones diplomáticas dando como resultado la facilitación para la obtención de visados [2,3]. El precio de petróleo, viajes aéreos asequibles, mejor conectividad aérea y la fuerte demanda de mercados emisores emergentes son los principales factores positivos para el turismo en el 2019. Mientras que los riesgos se asocian con una ralentización económica, incertidumbre por el Brexit y tensiones geopolíticas y comerciales [4,5].

Por lo consiguiente es necesario realizar una evaluación de riesgos durante el transporte terrestre de las sustancias químicas peligrosas de acuerdo a la clase de riesgo clase 1 explosivos, clase 2 gases, clase 3 líquidos inflamables, clase 4 sólidos inflamables, clase 5 sustancias comburentes y peróxidos orgánicos, clase 6 sustancias tóxicas y sustancias infecciosas, clase 7 material radioactivo, clase 8 sustancias corrosivas y clase 9 sustancias y objetos varios, incluidos las sustancias peligrosas para el ambiente [13], mediante el método de Chemical Process Quantitative Risk Analysis considerando las variables independientes peligro, dependiente riesgo, temporal período 2014-2019 y como indicadores la probabilidad, consecuencia, exposición para la clase de riesgo 3 y 9, con el propósito de elaborar acciones de prevención, mitigación y dar una pronta respuesta ante un evento.

## **2. Materiales y métodos**

### *2.1 Área de estudio*

Para la evaluación de riesgo, se definió las rutas en base a la ubicación de la carga y descargar de la clase de sustancia química riesgo 3 combustible, para ello se ha considerado Información proporcionada por el Ministerio de Transporte (MTO), mismo que se alojado en la Infraestructura de Datos Espaciales (IDE) del Instituto Geográfico Militar (IGM) actualizada al año 2019. La información proporcionada por MTO, permite conocer información de la ruta a un nivel de detalle, que permite organizar la información por tramos viales, ya que un tramo vial

puede pertenecer a más de una ruta, permite además diferenciar el tipo de administración del tramo vial, el estado de la vía, ancho de la calzada, entre otros detalles importantes que permite analizar el tramo vial representada en la figura 1.

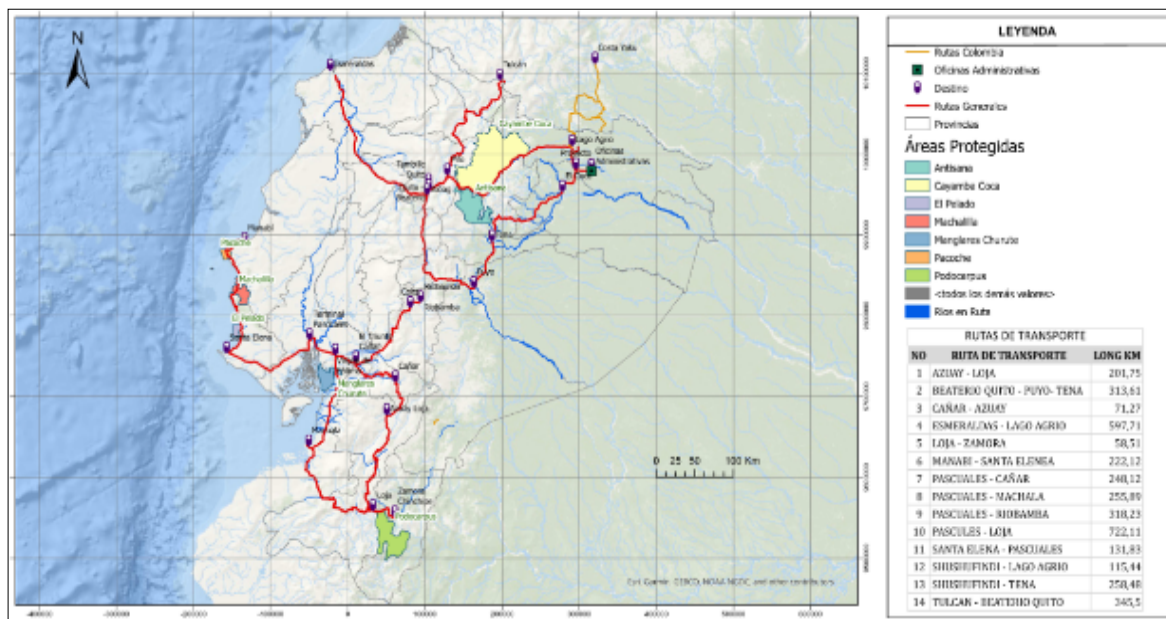


Figura 1. Rutas de estudio de transporte terrestre sustancias químicas clase de riesgo 3 y 9.

## 2.2 Métodos

Para la evaluación análisis del riesgo durante el transporte terrestre de las sustancias químicas peligrosas de la clase riesgo 3 y 9, se utilizó el método Chemical Process Quantitative Risk Analysis, CPPS. 1989 [9], mismos que se dividió en 4 etapas: etapa 1. definir los tramos de estudio, etapa 2. datos históricos de accidentes a causa del transporte terrestre de carga pesada de los años 2014 y 2019, etapa 3. identificar el estado de vías mediante el uso de ArcGIS, etapa 4. identificación de los peligrosos, evaluación de riesgos.

### Etapa 1- Rutas de transporte

El transporte se realiza en 14 rutas (Tabla 1) para el abastecimiento de las sustancias químicas de clase de riesgo 3 y 9.

Tabla 1. Rutas de transporta sustancias químicas de clase de riesgo 3 y 9.

Nº	Ruta de Transporte	Long Km
RT-01	Azuay - Loja	201,75
RT-02	Beaterio Quito - Puyo- Tena	313,61
RT-03	Cañar - Azuay	71,27
RT-04	Esmeraldas - Lago Agrio	597,71
RT-05	Loja - Zamora	58,51
RT-06	Manabí - Santa Elena	222,12
RT-07	Pascales - Cañar	248,12
RT-08	Pascales - Machala	255,89
RT-09	Pascales - Riobamba	318,23
RT-010	Pascales - Loja	722,11
RT-011	Santa Elena - Pascales	131,83
RT-012	Shushufindi - Lago Agrio	115,44
RT-013	Shushufindi - Tena	258,48
RT-014	Tulcán - Beaterio Quito	345,5

## Etapa 2- Datos históricos

Para obtener los datos historias de accidentes, se accedió a la base reportes nacional de siniestros de tránsito de los años 2014 al 2019 reportados por la Agencia Nacional de Tránsito ANT donde, se considerará el tipo de siniestro choque lateral, atropello, choque frontal, estrellamiento, choque posterior, rozamiento, pérdida de pista, otros, volcamiento colisión, caída de pasajero y arrollamiento.

## Etapa 3- Identificar el estado de las vías mediante el uso de ArcGIS

Para la identificación del estado de vías de las rutas de transporte, se utilizó la información del Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional IGEPN de cada uno de las rutas, información que será procesada con ArcGIS 2.5.

## Identificación de los peligrosos, evaluación de controles (IPERC)

Para la elaboración de la matriz de identificación de peligros, evaluación de riesgos y controles factor vías, ambiental, humano y vehículo donde, para fines de evaluación de riesgos viales se utilizó variables de probabilidad o frecuencia, consecuencia y exposición [11,14] como se muestra en la ecuación 1.

$$R = E \times P \times C \quad (1)$$

Donde, (R) = Riesgo vial, (E) = Tiempo de duración expuesto a un peligro en la vía, (P) = Probabilidad que se manifieste un evento no deseado y (C) = Consecuencia de la magnitud de daño ocurrido en un accidente de tránsito. Para calcular la exposición, la probabilidad y la consecuencia se utilizó las siguientes escalas detalladas a continuación:

- Escala de exposición (E): se considera la escala del peligro como se muestra en la tabla 2.

Tabla 2. Escala de peligro.

Nro.	Exposición	Tiempo (min)	Criterio
1	Tramos cortos, máximo 3 veces	30	No es constante
2	Tramos largos, 4 veces o más	30	Mayor tiempo de exposición

- Escala de probabilidad (P): la probabilidad de que ocurra un evento no deseado, donde el conductor como el principal de este variable para calcular la probabilidad se utiliza la ecuación 2. Donde el resultado se compara con los valores de la escala de probabilidad tabla 3.

$$P = f1 + f2 \times f3 \quad (2)$$

Tabla 3. Valores escalares [15].

Variable	Criterio	Valor	Valor final P = f1+f2+f3
<b>f1</b>	1 o 2	1	El conductor tiene percepción del riesgo tolerable
		2	El conductor subestima el riesgo
<b>f2</b>	0 o 1	0	Medio físico aceptable para conducir sin tráfico, buena visibilidad) / Conductor estable, controla el medio.
		1	Medio físico difícil para conducir / Conductor inestable (sueño, fatiga, alterado), no controla el medio.
<b>f3</b>	0 o 1	0	Control o ausencia de perturbación externa.
		1	Perturbación externa ajena al conductor (Deslumbramiento, invade vía vehículo de carril contrario, cruce imprudente de peatón).



Para conocer la percepción, aceptabilidad y perturbación de los riesgos el conductor el valor de estas variables se detallan en las siguientes tablas 4.

Tabla 4. Variable de Percepción del riesgo del Conductor (f1) [15]

Valor	Descripción
1	El conductor conoce los peligros a los que se puede exponer en la conducción, toma las precauciones necesarias sabiendo que siempre va a existir un pequeño riesgo el cual asume con responsabilidad
2	El conductor no percibe los peligros que puede encontrarse en la carretera por tanto no controla las velocidades al ingreso a una curva, asume riesgo

La Variable de aceptabilidad para la Conducción considerando el medio físico y/o Conductor (f2). El medio físico es aceptable cuando haya ausencia de elementos que no permitan una conducción segura tales como: ausencia de tráfico, buena visibilidad y condiciones climáticas favorables. El estado aceptable del conductor será cuando este en ausencia de elementos que perturben su capacidad de manejo como el sueño, la fatiga y el estrés.

Variables de perturbación externa f3: son elementos que pueden alterar la concentración del conductor durante la conducción y por lo tanto aumenta la probabilidad de generar un accidente de tránsito como: deslumbramiento por luces de vehículo en carril contrario durante la noche, adelantamiento imprudente de otro vehículo invasión de carril por vehículo de carril contrario o cruce imprudente de peatones o animales toque excesivo de bocina por otro vehículo y caída de piedras o rocas en la vía como se detalla en la tabla 5 y 6.

Tabla 5. Escala de Probabilidades [15].

Valor	Probabilidad	Criterio
1	El conductor reconoce los peligros / regula la velocidad (sabe calcular distancias para adelantar) / evita actos inseguros (ejemplo Usar celular) / controla las perturbaciones externas (manejo a la defensiva) / reviso su vehículo, documentos en regla, es preventivo.	Baja probabilidad de generar un accidente
2	El conductor reconoce los peligros, pero no siempre regula la velocidad / de vez en cuando comete actos inseguros (ejemplo, usa celular) / controla las perturbaciones externas / reviso su vehículo, documentos en regla, es preventivo.	Moderada probabilidad de generar un accidente
3	El conductor no reconoce bien los peligros/ no regula la velocidad / comete actos inseguros / no controla bien las perturbaciones externas (ejemplo, deslumbramiento de luces en la noche, cruce de otros vehículos) / no reviso su vehículo, no es preventivo, no tiene revisiones actualizadas.	Alta probabilidad de generar un accidente
4	El conductor no percibe los peligros / no regula la velocidad / comete muchos actos inseguros / maneja en condiciones no aceptables (fatiga, sueño, estado ebrio, etc.) / no reconoce ni controla las perturbaciones externas / no reviso su vehículo no es preventivo, no tiene revisiones actualizadas.	Muy alta probabilidad de generar un accidente

- c. Escala de Consecuencia: considerando la magnitud del daño en caso de ocurrir un evento no deseado en la carretera, mostrado en la tabla 6.

Tabla 6. Escala de Consecuencia [15].

Nro.	Consecuencia
1	Ausencia de daño o daño leve sin consideraciones
2	Daño moderado, golpes a lesiones con recuperación rápida en días a semanas
3	Daño grave lesiones incapacitantes
4	Daños muy graves con recuperación lenta en meses a años, muerte

- d. Valoración del riesgo: la valoración del riesgo se muestra en la tabla 7.

Tabla 7. Valoración del Riesgo

Criterio	Riesgo			
Bajo	1	2	3	4
Medio	6	8	12	
Alto	16	24	32	

Para la identificación del peligro y evaluación de riesgo, se realizará una matriz donde constara el análisis de los factores vías, ambiental, humano y vehículo. Los factores a analizar son: los factores de riesgo viales, humano, ambiental y vehículo. Donde los riesgos viales consideran la longitud (Km) del tramo, ubicación, ancho, número de carriles, tipo de rodadura y el estado de las vías [16,17]. Los riesgos humanos son elementos relacionados con el conductor que están asociados a los procesos se identifica los siguientes factores que se detallan en la tabla 8.

Tabla 8. Factores de riesgo humano [15].

Factor	Peligro	Riesgos
Poco descanso	Conductor con Fatiga y Somnolencia	Atropello
		Choque
		Volcadura
		Despiste
Trabajo de rutina	Conductor con presencia de estrés	Atropello
		Choque
		Volcadura
		Despiste
Mal juicio	Invasión de carril	Atropello
	Adelantamiento de vehículos en zonas prohibidas	Choque
		Despiste
Estado etílico	Conducción de vehículo con el conductor en estado alcohólico	Atropello
		Choque
		Volcadura
		Despiste
Límites de velocidad	Conductor con Falta de atención en la vía	Atropello
		Choque
		Volcadura
Perturbaciones externas	Conductor con: Problemas familiares, Deudas económicas, Distracción	Despiste
		Choque
		Volcadura
		Atropello
	Conductor Fatigado	Atropello

Incapacidad de reacción	Reacción lenta frente a terceros en las vías	Choque
		Volcadura
		Despiste

Los factores de riesgo ambiental son las condiciones o elementos relacionados con el clima como se muestra en la tabla 9.

Tabla 9. Factores de riesgo ambiental [15].

Factor	Peligro	Riesgos
<b>Neblina</b>	Estado deficiente de visibilidad de vehículo	Choque
	Falta de visibilidad de la señalética en las vías	Volcadura
<b>Llovizna</b>	Estado deficiente de adherencia de los neumáticos en las vías	Despiste
		Choque
<b>Excesiva Calor</b>	Conductor sofocado y con estrés	Despiste
		Atropello
		Choque
<b>Luz solar</b>	Presencia de deslumbramiento solar durante la conducción	Despiste
		Choque
<b>Oscuridad nocturna</b>	Deslumbramiento por luces delanteras de vehículos en sentido contrario	Atropello
		Choque

Factor de riesgo vehículo destinado para el transporte de sustancias químicas con clase de riesgo 3, combustibles mantenimiento de las cisternas donde se considera los siguientes factores como se muestra en la tabla 10.

Tabla 10. Factor de riesgo vehículo [15].

av	Peligro	Riesgos
Vehículo sin mantenimiento preventivo	Vehículo no seguro para la conducción	Choque
		Atropello
		Despiste
Avería mecánica/ eléctrica	Exposición a vehículos en carreteras	Atropello
		Choque
Sistema pasivo del vehículo no operativo	Vehículo no seguro para la conducción	Choque
		Atropello
		Despiste
Salida de neumático en la ruta	Vehículo sin control	Despiste
		Choque
Incendio del vehículo con carga de material	Vehículo con fuego expuesto	Atropello
		Incendio
Rotura de válvula de carga/descarga	Derrame de material peligroso (combustible)	Explosión
		Contaminación Ambiental
Apertura de tolva de camión	Derrame de material peligroso (concentrado de cobre)	Intoxicación a pobladores
		Contaminación Ambiental
		Intoxicación a pobladores



### 3. Resultados

#### 3.1 Estado de las vías rutas de transporte

La zona de estudio se ha dividido en 14 rutas de transporte a nivel nacional donde se ha considerado la ubicación, longitud, ancho del carril, rodadura, derecho vía para identificar el estado de las vías en los tramos codificados de la siguiente forma RT- 01 Azuay - Loja, RT-02, Beaterio Quito - Puyo- Tena, RT-03 Cañar - Azuay, RT-04 Esmeraldas - Lago Agrio, RT-05 Loja - Zamora, RT-06 Manabí - Santa Elena, RT-07 Pascuales - Cañar, RT-08 Pascuales - Machala, RT-09 Pascuales - Riobamba, RT-010 Pascuales - Loja, RT-011 Santa Elena - Pascuales, RT-012 Shushufindi - Lago Agrio, RT-013 Shushufindi - Tena, RT-014 Tulcán - Beaterio Quito.

#### 3.2 Datos históricos de siniestros

Para la obtención de los datos históricos de los años 2014 al 2019 de acuerdo a los tipos de siniestros, se accedió a la base de datos reportados por Agencia Nacional de Tránsito ANT donde presento que el choque lateral 27 %, atropello 16 %, choque frontal 12 %, estrellamiento 12 %, choque posterior 10 %, rozamiento 6 %, pérdida de pista 6%, otros 3 %, volcamiento 3 %, colisión 3%, caída de pasajero 2% y arrollamiento 1% como se muestra en la figura 2.

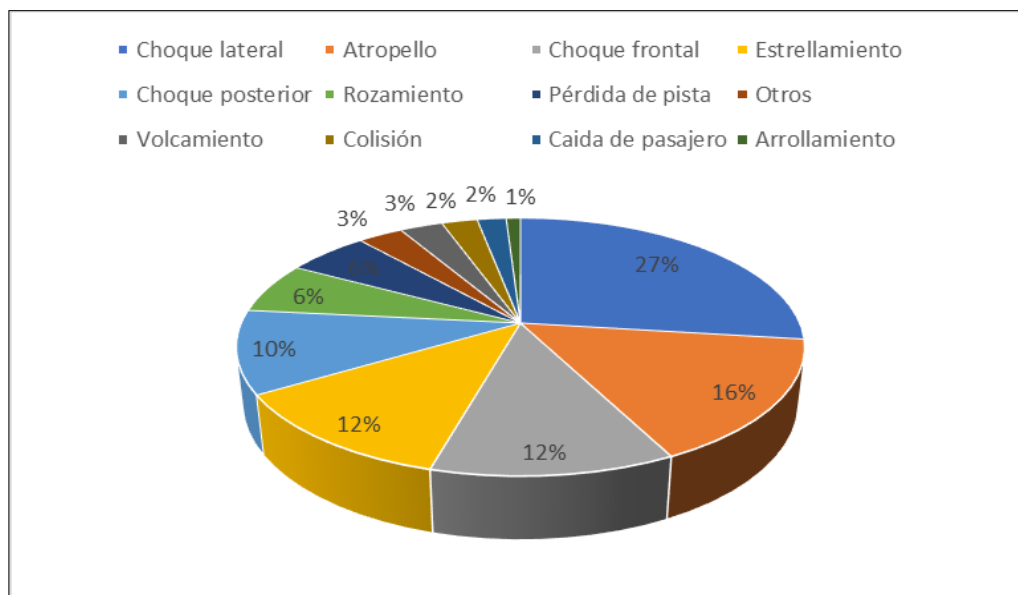


Figura 2. Siniestros presentados durante el año 2014 al 2019

#### 3.3 Identificar los peligros de las rutas mediante el uso de ArcGIS

En base a la información proporcionada por el Instituto Geográfico Militar y el uso de la herramienta que permiten procesar la información espacial como es el ArcGIS 2.5 que permitieron conocer el estado de las vías de cada una de las rutas, identificadas de con un color muy bueno verde, bueno celeste, regular naranja y malo rojo como se muestra en la tabla 11. Información que permitirá identificar el peligro en base a las vías.

Tabla 11. Estado de las vías en las rutas de transporte

N°	Ruta de Transporte	Ubicación	Estado
RT-01	Azuay - Loja		Bueno
RT-02	Beaterio Quito - Puyo- Tena	E35 - E20	Bueno
RT-03	Cañar - Azuay	E35	Regular
RT-04	Esmeraldas - Lago Agrio	E10 - E45	Malo
RT-05	Loja - Zamora	E50	Regular
RT-06	Manabí - Santa Elena	E15	Bueno

RT-07	Pascuales - Cañar	E-40	Muy Bueno
RT-08	Pascuales - Machala	E25	Bueno
RT-09	Pascuales - Riobamba	E47	Malo
RT-010	Pascuales - Loja	E35 - E50	Bueno
RT-011	Santa Elena - Pascuales	E40	Bueno
RT-012	Shushufindi - Lago Agrio	E45A	Malo
RT-013	Shushufindi - Tena	E45A	Malo
RT-014	Tulcán - Beaterio Quito	E35 - E20	Malo

### 3.4 Identificación de los peligros, evaluación de riesgos.

Como consecuencia de la evaluación de riesgos en los tramos de estudio RT-01, RT-02, RT-03, RT-04, RT-05, RT-06, RT-07, RT-08, RT-09, RT-10, RT-11, RT-12, RT-13, se analizaron 4 factores vías, humano, ambiente y vehículo donde se identificaron 43 peligros, mismos que presentan un nivel de riesgo por vías las vías el 23 %, factor humano 34 %, ambiente 35 % y vehículo 38 % como se muestra en la figura 3.

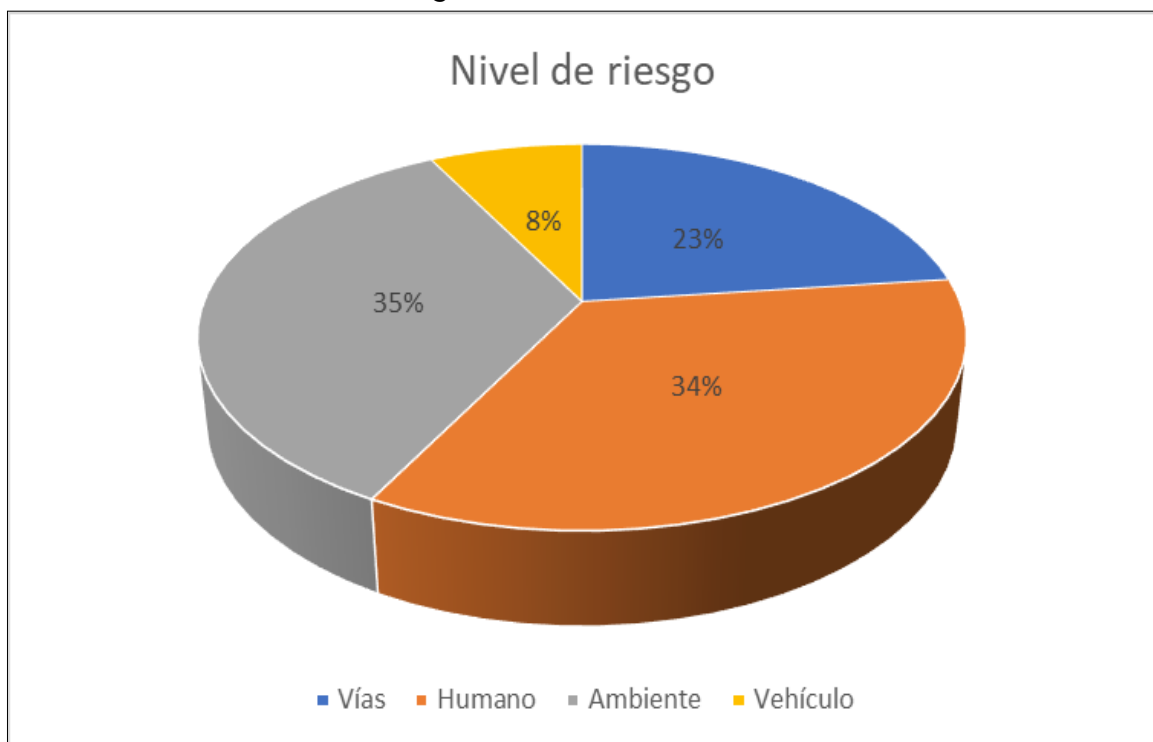


Figura 3. Nivel del riesgo -Factor

De ahí que los riesgos identificados en la vía presenta 67 % de riesgo alto y el 33 % de riesgo medio a causa de los peligros cruces de vías, pendientes pronunciadas, curvas cerradas y rodaduras flexible, así como en el factor humano presenta un riesgo 69 % alto, bajo 23 % y medio el 8 % acusa de los peligros identificados poco descanso, estado etílico, exceso de velocidad, estrés y falta de pericia de igual manera los riesgos identificados por el factor ambiental presenta el 90 % de riesgo alto y 10 % de riesgo medio ocasionado por presencia de neblina, llovizna, excesivo calor, presencia de fauna, deslizamiento de masa y oscuridad nocturna, al igual que el factor vehículos presenta un riesgo de 55 % medio, 18 % alto y el 27 % bajo por la falta de mantenimiento preventivo de vehículo, salida de neumáticos en la ruta, explosión de ruedas, falla en el sistema de luces y recalentamiento frenos como se indica en la tabla 12.

Tabla 12. Evaluación de riesgo en el transporte terrestre sustancias químicas clase de riesgo 3 y 9.

Factor	Peligro	Nivel del riesgo		
		Alto	Medio	Bajo
Vías	9	6	3	0
Humano	13	9	1	3
Ambiente	10	9	1	0
Vehículo	11	2	6	3

#### 4. Discusión

Se determino 14 rutas de transporte a nivel nacional codificadas de la siguiente forma RT- 01 Azuay - Loja, RT-02, Beaterio Quito - Puyo- Tena, RT-03 Cañar - Azuay, RT-04 Esmeraldas - Lago Agrio, RT-05 Loja - Zamora, RT-06 Manabí - Santa Elena, RT-07 Pascuales - Cañar, RT-08 Pascuales - Machala, RT-09 Pascuales - Riobamba, RT-010 Pascuales - Loja, RT-011 Santa Elena - Pascuales, RT-012 Shushufindi - Lago Agrio, RT-013 Shushufindi - Tena, RT-014 Tulcán - Beaterio Quito. De los datos históricos por el tipo de siniestro de los años 2014 al 2019 presento por choque lateral 27 %, atropello 16 %, choque frontal 12 %, estrellamiento 12 %, choque posterior 10 %, rozamiento 6 %, pérdida de pista 6%, otros 3 %, volcamiento 3 %, colisión 3%, caída de pasajero 2% y arrollamiento 1%, de la identificación del peligro de las rutas de transporte en base al uso de la herramienta ArcGIS 2.5, se identificó que la rutas RT-01, RT-02, RT-06, RT-08, RT-010, RT-11, en estado bueno y las rutas, RT-03, RT-05 presentan un estado regular, la rutas RT-04, RT-09, RT-012, RT-013 malo, De ahí que de la evaluación de los riegos identificados en la vía presenta 67 % de riesgo alto y el 33 % de riesgo medio, factor humano presenta un riesgo 69 % alto, bajo 23 % y medio el 8 %, factor ambiental presenta el 90 % de riesgo alto y 10 % y por el factor vehículos presenta un riesgo de 55 % medio, 18 % alto y el 27 % bajo.

Al mismo tiempo en Ecuador existe estudios del análisis de riesgo en transporte de productos químicos peligrosos donde factor humano presenta el 83.3 % riesgo alto debido a que no descansan en la noche , siendo una de las principales causas de accidentes de tráfico y derramamiento de la carga [18], según la Agencia Nacional de Tránsito en el año 2019 identifico que el 23.2 % de los siniestros presentados a causa del desatento a las condiciones de transito el 17.6 % conducir el vehículo superando los límites máximos de velocidad y el 16.8 % no respetan las señales de tránsito, por otra parte el 50 % de los conductores realizar paradas exclusivamente para ir al baño, alimentarse y el control de la carga y no descansan el otro 50 % prefiere conducir más de cinco horas a fin de llegar o más pronto del destino [19].

Sin embargo una de las limitaciones presentadas en la evaluación del riesgo ambiental en el transporte terrestre de sustancias químicas de clases de riesgo 3 y 9, fue la salida a la inspección visual de la ruta, se utilizó información espacial proporcionada por el Instituto Geográfico Militar (IGM) actualizada del año 2019, datos estadísticos de siniestros de tránsito de los años 2014 al 2019 proporcionados por la Agencia Nacional de Transito ANT, sin embargo existe estudios donde se ha identificado que el transporte de sustancias químicas en el entorno humano presenta riesgo alto por la liberación de vapores en tal razón las empresas que realizan este tipo de actividades deberá contar con planes de contingencia con objetivos específicos, medibles, alcanzables, relevantes y relacionados en el tiempo a fin de emitir una pronta respuesta en caso de una emergencia y una rápida identificación de peligros específicos de las sustancias químicas [20].

En efecto las futuras líneas de investigación para la actividad de transporte terrestre de sustancias químicas, se deberá realizar un análisis del riesgo ambiental para las clases de riesgo clase 1 explosivos, clase 2 gases, clase 4 sólidos inflamables, clase 5 sustancias comburentes y peróxidos orgánicos, clase 6 sustancias tóxicas y sustancias infecciosas, clase 7 material radioactivo, clase 8 sustancias corrosivas donde se realice una evaluación de las amenazas por deslizamiento de masa [21], y en la elaboración de planes de contingencias para cada clase de riesgo químico

## 5. Conclusión

En síntesis en la presente investigación, se evaluó el riesgo, mediante el análisis de los factores vía que presenta 67 % de riesgo alto y el 33 % de riesgo medio a causa de los peligros cruces de vías, pendientes pronunciadas, curvas cerradas y rodaduras flexible, así como en el factor humano presenta un riesgo 69 % alto, bajo 23 % y medio el 8 % acusa de los peligros identificados poco descanso, estado etílico, exceso de velocidad, estrés y falta de pericia de igual manera los riesgos identificados por el factor ambiental presenta el 90 % de riesgo alto y 10 % de riesgo medio ocasionado por presencia de neblina, llovizna, excesivo calor, presencia de fauna, deslizamiento de masa y oscuridad nocturna, al igual que el factor vehículos presenta un riesgo de 55 % medio, 18 % alto y el 27 % bajo por la falta de mantenimiento preventivo de vehículo, salida de neumáticos en la ruta, explosión de ruedas, falla en el sistema de luces y recalentamiento frenos. En todo caso es necesario realizar estudios adicionales de evaluación del riesgos individuales y sociales que permitan una eficiente gestión del riesgo en transporte terrestre de carga pesada.

**Contribución de autores:** Idea, trabajo de campo, tabulación (M.J.G. y P.P.C.); Financiamiento, trabajo de campo, redacción (P.P.C. y S.R.O.); Revisión, redacción, idea, metodología (M.J.G. y P.P.C.).

**Financiamiento:** Los autores financiaron a integridad el estudio.

**Conflictos de interés:** Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

## Referencias

1. Carrera, P.F. De Estudio del transporte de mercancías IMDG en contenedor y análisis de los riesgos actuales. **2016**.
2. Taufiq Rohman, S.Pd.I, M.P. Aplicación de un método aleatorio de simulación a la. Psikol. Perkemb. **2019**, 30, 1 224, doi:10.1017/CBO9781107415324.004
3. Campuzano, J. Análisis cuantitativo de riesgo y ordenamiento territorial: Transporte de combustibles en trayecto urbano. **2014**.
4. Correa, R.; Aguiñaga, M.; Soria, J.; Urrutia, M.; Vinueza, P. Perfil Nacional Para la gestión de Sustancias Químicas del Ecuador; **2011**;
5. Manga, P.L. Estimación de las afectaciones ambientales por pérdida de contención en sistemas de transporte de hidrocarburos por ductos: Un método simple. **2014**, 1–13.
6. Represa, S.; Mellado, D.; Bali, L.; Colman, L.; Sánchez, Y.; Porta, A. Aplicación de tecnologías de sistemas de información geográficas(SIG) para. Assoc. Bras. Geol. Eng. e Ambient. **2016**, 1–6.
7. Halliday, M.A.K.; Matthiessen, C.M.I.M.; Santosa, R.; Priyanto, A.D.; Nuraeni, A.; Ellyawati, H.C.; Rohmawati, I.; Alvionita, R.; Iedema, R.; Feez, S.; et al. Análisis y actualización del sistema de gestión ambiental mediante los requisitos de la NTC ISO 14001:2015. Nusa **2016**, 5, 1689–1699, doi:10.1017/CBO9781107415324.004.
8. Duhalde, D. Análisis de riesgo Ambiental por transporte de sustancias químicas, **2017**.

9. Rodríguez, C.; María, D. Gestión del riesgo ambiental en almacenamiento y comercialización de productos químicos. *Prod. + Limpia* **2017**, 12, 24–32, doi:10.22507/pml.v12n1a2.
10. Pietri, D. De; Dietrich, P.; Mayo, P.; Carcagno, A. Evaluación multicriterio de la exposición al riesgo ambiental mediante un sistema de información geográfica en Argentina. **2011**, 30, 377–387.
11. Rivera, R. Metodología para la evaluación del riesgo en el transporte terrestre de materiales peligrosos; **2019**; Vol. 1; ISBN 9788578110796.
12. Durango, J.; Saqalli, M.; Laplanche, C.; Locquet, M.; Elger, A. Spatial analysis of accidental oil spills using heterogeneous data: A case study from the North–Eastern Ecuadorian Amazon. *Sustain.* **2018**, 10, doi:10.3390/su10124719.
13. INEN Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 706 : 2013 Segunda revisión. **2013**, 19.
14. Campuzano, J.A. Análisis cuantitativo de riesgo y ordenamiento territorial: Transporte de combustibles en trayecto urbano. **2014**.
15. MAPFRE, I. de S.V. la F. Prevención de los riesgos laborales viales; Madrid, **2009**;
16. Hincapié, A.; Andrés, E.D.; Cortázar, A.B. Masivo Trolebús Risk and Insurance Assessment for a Trolleybus. **2015**, 9, 44–56.
17. Rodríguez, D. Gestión del riesgo ambiental en almacenamiento y comercialización de productos químicos. *Prod. + Limpia* **2017**, 12, 24–32, doi:10.22507/pml.v12n1a2.
18. Monge, A. Análisis de riesgos en el transporte de productos químicos peligrosos (sosa cáustica) en la ruta Quito–Latacunga., **2018**.
19. Latorre, F.; Pérez, D. Parametrización De Ecoeficiencia En Análisis SIG De Redes Para El Transporte Intermodal. *Metal. Mater.* **2003**, 59, 462–464.
20. Riesgo, A.D.E.; Por, A.; Químicas, T.D.E.S. Análisis de riesgo ambiental por transporte de sustancias químicas (área industrial de Bahía Blanca), **2017**.
21. Quesada, A.; Feoli, S. Comparación de la Metodología Mora–Vahrson y el Método Morfométrico para Determinar Áreas Susceptibles a Deslizamientos en la Microcuenca del Río Macho, Costa Rica. *Rev. Geográfica América Cent.* **2018**, 1, 17–45, doi:10.15359/rgac.61-2.1.

#### Reseña de autores:



Paulina Poma Copa. Ingeniera Química. Magister en Calidad, Seguridad y ambiente. Docente – Investigador de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Sede Orellana. Integrante del Grupo de Investigación Causana Yachay.



Mirian Jiménez Gutiérrez. Ingeniera en Gestión Turística. Magister en Ecología y Gestión Ambiental. Docente– investigador de la Escuela Superior Politécnica Chimborazo – Sede Orellana. Integrante del Grupo de Investigación Causana Yachay.



Investigador profesor miembro activo del ministerio de salud pública. Bioquímico Farmacéutico representante de farmacias y clínicas privadas. Miembro de grupo de profesionales de farmacología Ecuador. Docente – investigador de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo



© 2020 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).