

La red vial primaria de Colombia frente al cambio climático

Estudio de riesgo climático para la red vial primaria de Colombia a nivel nacional

Resumen Ejecutivo



Este documento se ha construido con el apoyo técnico de:



E3 ECOLOGÍA, ECONOMÍA Y ÉTICA

Avenida Calle 82 # 7-22, of. 304, Bogotá D.C., Colombia

Teléfono: (+571) 7498492 Email: info@e3asesorias.com

Claudia Martínez Zuleta

Directora Ejecutiva



4D ELEMENTS CONSULTORES

Calle 44ª # 53-05, Bogotá D.C., Colombia

Teléfono: (+571) 3151644 Email: 4d.elements.consultores@gmail.com

Milton Romero Ruiz

Director de Proyecto

© Derechos reservados según la ley, los textos pueden ser reproducidos total o parcialmente citando la fuente.

Autores: Claudia Martínez, Mathieu Lacoste, Natalia Cecilia Hernández Escobar, Milton Romero Ruiz, Astrid Pulido, María Cristina Vargas Triana, Adriana Sarmiento Dueñas, Dallan Beltrán Rojas, Juan Camilo Gómez.

Créditos fotográficos: Ministerio de Transporte de Colombia y Agencia Nacional de Infraestructura - ANI

Palabras clave: red vial primaria, adaptación, desarrollo, resiliencia, vulnerabilidad, riesgo climático, planificación.

Diseño y diagramación: Natalia Lleras

Impresión: Ediprint Ltda

Se imprime en Bogotá, Colombia, noviembre de 2015.



Este documento es el resultado de un proyecto encargado a través de la Alianza Clima y Desarrollo (CDKN). CDKN es un programa financiado por el Departamento para el Desarrollo Internacional del Reino Unido (DFID) y la Dirección General de Cooperación Internacional (DGIS) de los Países Bajos en beneficio de los países en desarrollo. Las opiniones expresadas y la información incluida en el mismo no reflejan necesariamente los puntos de vista o no son las aprobadas por el DFID, la DGIS o las entidades encargadas de la gestión de la Alianza Clima y Desarrollo, quienes no podrán hacerse responsables de dichas opiniones o información o por la confianza depositada en ellas.

Esta publicación ha sido elaborada sólo como guía general en materias de interés y no constituye asesoramiento profesional. Usted no debe actuar en base a la información contenida en esta publicación sin obtener un asesoramiento profesional específico. No se ofrece ninguna representación ni garantía (ni explícita ni implícitamente) en cuanto a la exactitud o integridad de la información contenida en esta publicación, y, en la medida permitida por la ley, las entidades que gestionan la aplicación de la Alianza Clima y Desarrollo, Grupo E3 SAS y 4D Elements Consultores no aceptan ni asumen responsabilidad, obligación o deber de diligencia alguno por las consecuencias de que usted o cualquier otra persona actúe o se abstenga de actuar, basándose en la información contenida en esta publicación o por cualquier decisión basada en la misma.

La red vial primaria de Colombia frente al cambio climático

Estudio de riesgo climático para la red vial primaria de Colombia a nivel nacional

Resumen Ejecutivo





Acrónimos

ANI – Agencia Nacional de Infraestructura

CANCILLERÍA – Ministerio de Relaciones Exteriores de Colombia

CDKN – Alianza Clima y Desarrollo (sigla en inglés: Climate and Development Knowledge Network)

DNP – Departamento Nacional de Planeación de Colombia

IDEAM - Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia

INEMAR – Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras de Colombia

INVIAS – Instituto Nacional de Vías

IPCC – Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático

MADS – Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia

MT – Ministerio de Transporte de Colombia

PNUD – Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo

UNGRD – Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres

Contenido

1. Entender el riesgo climático para impulsar las vías del futuro	1
2. Las 10 conclusiones que se deben tener en mente en materia de riesgo climático en la red vial primaria de Colombia al 2040	2
3. Abordaje metodológico para el análisis de riesgo climático	4
3.1 Modelo de riesgo climático	4
3.2 El modelo de riesgo climático aplicado a las vías	4
3.3 Indicadores seleccionados para el estudio	5
3.4 Alcance del análisis	5
4. ¿Cuál es el riesgo climático para la red vial primaria de Colombia?	6
4.1 La red vial primaria frente a las amenazas climáticas	6
4.2 Indicadores de Exposición	10
4.3 Indicadores de Vulnerabilidad	12
4.4 Análisis de Riesgo de la red vial primaria	14
5. ¿Qué nos enseña este estudio para planificar las vías del futuro?	18
6. Un paso estratégico hacia la planificación de vías más adaptadas y resilientes	20
Bibliografía	22
Lista de figuras	22



1. Entender el riesgo climático para impulsar las vías del futuro

El desarrollo de infraestructura vial es una de las grandes apuestas de Colombia. Mejores vías contribuyen a la conectividad de las diferentes regiones del país y a la vez impulsan la competitividad, el desarrollo regional y dinamizan los diversos sectores de la economía. El país cuenta hoy con una red vial primaria limitada, que está requiriendo inversiones importantes para generar vías de cuarta generación con el aporte tanto de actores públicos como privados. Así mismo, mejorar la red vial secundaria y terciaria se perfila como un elemento esencial para dinamizar las regiones y el desarrollo rural de cara al postconflicto.

A la vez, Colombia ha sufrido en repetidas ocasiones de los impactos del cambio climático, en donde se han reportado pérdidas muy cuantiosas en su infraestructura vial. El cambio climático y los eventos climáticos extremos están cambiando la ecuación del desarrollo y de la competitividad del sector de infraestructura vial. Según los escenarios de cambio climático desarrollados por el IDEAM en el 2015, el cambio en los patrones de precipitación y temperaturas, y el aumento del nivel del mar conllevan nuevos riesgos para los territorios, los sectores y la infraestructura vial.

Conscientes de la necesidad de proyectar una red vial primaria resiliente al clima del futuro, el Ministerio de Transporte, el INVIAS y la ANI junto con el Departamento Nacional de Planeación, el Ministerio de

Ambiente y Desarrollo Sostenible, la Unidad Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres, el IDEAM y la Alianza Clima y Desarrollo (CDKN) construyeron el Plan VIAS-CC. Este plan es una hoja de ruta para asegurar vías competitivas y compatibles con el clima a futuro. Hace énfasis en la planificación de las vías del futuro entendiendo su estado actual y vulnerabilidad futura, innovando con medidas de adaptación que aseguren inversiones costo efectivas en el largo plazo, reforzando los marcos legales y técnicos que han prevalecido en el sector para incorporar las dimensiones climáticas, preparando a los profesionales del sector y fortaleciendo la capacidad de las instituciones.

Un paso esencial para lograr incorporar la adaptación al cambio climático en la planificación y el desarrollo del sector es generar una base de conocimiento robusta y confiable.

Por eso, una de las primeras actividades planteadas en el Plan VIAS-CC es la de generar un análisis de riesgo asociado a la vulnerabilidad de la red vial primaria de Colombia frente al clima de hoy y a los escenarios de cambio climático proyectados al 2040.

En este contexto, se ha desarrollado una metodología multi-criterio y multidimensional basada en los modelos del Panel Intergubernamental de Cambio Climático

ES IMPORTANTE SABER...

¿Qué se debe entender por Red Vial Primaria?

Son aquellas troncales, transversales, y accesos a capitales de departamento, a cargo del INVIAS y la ANI, que cumplen la función básica de integración de las principales zonas de producción y consumo del país, y con los demás países.

¿Qué se debe entender por Sistema Vial Primario?

Es el conjunto de instituciones y actores públicos y privados involucrados en la planificación, construcción,

financiación y gestión de las vías primarias del país, así como las reglas formales (normas, políticas, formas de coordinación, etc.) e informales que aplican en el sector.

¿Por qué hablar de sistema vial?

Porque el cambio climático no solo afecta la infraestructura vial sino también a los actores, las instituciones y las formas de hacer en el sector vial.



La red vial primaria de Colombia frente al cambio climático

(IPCC) para desarrollar un análisis de más de 16.000km de vías divididos en 306 tramos, seleccionando 20 indicadores que explican el riesgo a partir de la vulnerabilidad, la exposición y la amenaza

En este documento, se presenta el modelo multidimensional de riesgo climático que se desarrolló en el marco del Estudio de Riesgo Climático de la Red Vial Primaria de Colombia a nivel nacional para analizar los niveles de riesgo, exposición, vulnerabilidad y capacidad de adaptación del sector; los principales resultados arrojados por este modelo permiten identificar las principales zonas de riesgo asociadas al cambio climático a horizonte 2040; y unas reflexiones

en cuanto a la contribución de este estudio a la política que se está impulsando desde las instituciones del sector.

La información producida en este estudio es de carácter estratégico para pensar y planificar el desarrollo futuro del sector; generar vías más resilientes, afianzar la capacidad del sector y de los actores vinculados al sistema vial a tomar decisiones acertadas, generar inversiones más costo-efectivas en el largo plazo, hacer mejores trazados viales, diseños y construcciones, y aumentar la eficacia en las operaciones y el mantenimiento de la infraestructura vial.

2. Las 10 conclusiones que se deben tener en mente en materia de riesgo climático en la red vial primaria de Colombia al 2040

1

Las vías están impactadas por eventos climáticos extremos tales como el fenómeno de la Niña, así como por el cambio climático que progresivamente está modificando los patrones climáticos.

2

Este estudio es el primer ejercicio para entender cuál es el riesgo asociado al cambio climático a nivel nacional para la red vial primaria de Colombia a horizonte 2040.

3

Se ha desarrollado un modelo de análisis único basado en una batería de indicadores que son relevantes para el sector y para los cuales existe información sistematizada. Este modelo es una herramienta flexible que se podrá ir perfeccionando a medida que se genere y tenga acceso a más información. También es un marco para orientar los análisis a nivel de tramo vial, los cuales arrojarán resultados más específicos, detallados y contextualizados.

4

Este estudio es una fotografía que da una visión general de las principales zonas de riesgo y permite identificar las áreas donde hay mayor o menor riesgo climático actual y futuro.

5

Se analizaron 16.660 kilómetros de carreteras divididos en 306 segmentos, las cuales se distribuyen entre 31 zonas hidrográficas del país y se concentran en dos grandes áreas hidrográficas: Magdalena – Cauca y Caribe.

6

Las zonas donde hay mayor riesgo climático al 2040 se encuentran en el Alto Magdalena, el Cauca, Caguán, Patía y Arauca. Las zonas de menor riesgo se encuentran en el Bajo y Medio Magdalena, y el Caribe-Litoral.

7

El tipo de riesgos asociados a cambio climático pueden variar de una región a otra, de un tramo vial a otro. En consecuencia, ciertos indicadores son más relevantes que otros dependiendo de la región o tramo que se analice.

8

Este estudio arroja resultados que son útiles para que las autoridades del sector, así como los profesionales, concesionarios, financiadores y empresas de seguros, tomen decisiones informadas, prioricen y generen inversiones costo-efectivas en el largo plazo y orienten sus políticas y acciones para crear vías duraderas.

9

Este estudio da insumos para priorizar los tramos viales donde realizar un análisis más detallado del riesgo climático que incurre en las vías así como pensar las vías del futuro, desde los trazados viales hasta su construcción, operación y mantenimiento.

10

El modelo utilizado no solo muestra que existen riesgos para la red vial primaria del país sino una capacidad adaptativa en el sector; lo cual constituye una oportunidad para afrontar el reto climático desde el sector.





3. Abordaje metodológico para el análisis de riesgo climático

3.1 Modelo de riesgo climático

Para desarrollar el análisis de riesgo climático de la red vial primaria a nivel nacional, se adoptó como marco de referencia los modelos promovidos por el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (DNP, 2012) y el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, 2014).

De acuerdo con esos modelos, el riesgo climático es función de las **amenazas** o peligros sobre los sistemas socio-económicos y ecosistemas, de su nivel

de **exposición** debido a su ubicación geográfica y de sus condiciones de **vulnerabilidad** frente a dichas amenazas o peligros (Figura 1).

A su vez, la **vulnerabilidad** depende de la **sensibilidad** del sistema a ser afectado por las amenazas, y de la **capacidad adaptativa**, es decir de la capacidad para anticipar, mitigar o recuperarse de los efectos provocados por las afectaciones (Figura 2).

$$\text{Riesgo} = f(\text{amenaza} + \text{exposición} + \text{vulnerabilidad})$$

Figura 1. Ecuación para el cálculo del riesgo

$$\text{Vulnerabilidad} = f(\text{sensibilidad} + \text{capacidad adaptativa})$$

Figura 2. Ecuación para el cálculo de la vulnerabilidad

3.2 El modelo de riesgo climático aplicado a las vías

En el marco de este estudio, la **amenaza** se caracteriza por los cambios en el clima que tienen y tendrán afectaciones en la red vial del país, a través de eventos de variabilidad climática como son los fenómenos del Niño y la Niña, y por el cambio en la temperatura y la pluviosidad prevista para los próximos 100 años.

La **exposición** depende de la localización de las vías y de las características del terreno que influyen en la manifestación de una amenaza como, por ejemplo, las fallas geológicas, la pendiente o la salinidad.

La **sensibilidad** corresponde a la predisposición física de la red vial, es decir a su propensión a ser afectada por las amenazas en función de sus condiciones intrínsecas y del contexto en el que se encuentran,

como por ejemplo la susceptibilidad a inundación, deslizamiento, erosión o desertificación.

Finalmente, la **capacidad adaptativa** es aquella que tiene el sistema del cual hace parte la red vial, para enfrentar y recuperarse ante un evento o serie de eventos por medio de los cuales se materialice la amenaza. Esta capacidad resulta entonces de la interrelación de las siguientes dimensiones: social, económica, político-institucional, ambiental y de infraestructura, que caracterizan la relación de la sociedad con la red vial y el territorio que esta ocupa o sirve.

3.3 Indicadores seleccionados para el estudio

Para efectos del estudio de riesgo climático de la red vial primaria, se seleccionó una batería de indicadores, teniendo en cuenta aquellos sugeridos de manera preliminar en el *Plan VIAS-CC: vías compatibles con el clima*, y aquellos usados en otros estudios similares a nivel nacional e internacional. La selección se hizo también en función de la información disponible. En

total, se consideraron 20 indicadores distribuidos como se muestra en la figura 3.

Se le asignó un color de tipo semáforo al resultado de cada variable con el fin de visualizar los niveles de riesgo en el cual están las vías.

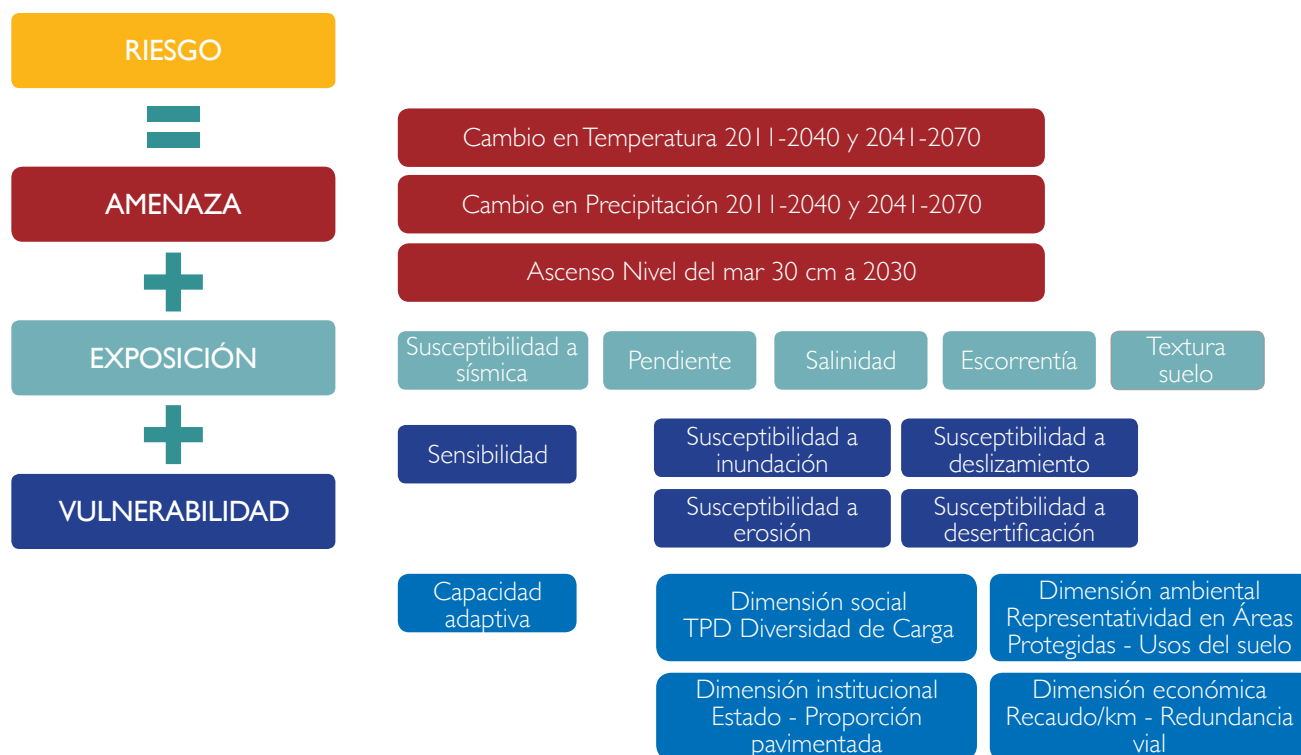


Figura 3. Indicadores calculados para el análisis de riesgo climático de la red vial primaria

3.4 Alcance del análisis

En total se identificaron 306 Unidades de Análisis (correspondientes a distintos tramos viales) con una longitud total de 16.660 kilómetros cuya administración se distribuye entre INVIAS (11.044 km), la ANI (5.332 km) y algunos departamentos (284 km).

El análisis final se hizo a horizonte 2040 para proveer a los tomadores de decisión públicos y privados con información útil en el contexto de las inversiones que se están haciendo en materia de infraestructura vial, y tener niveles aceptables de incertidumbre.



4. ¿Cuál es el riesgo climático para la red vial primaria de Colombia?

4.1 La red vial primaria frente a las amenazas climáticas

4.1.1 Los factores de amenaza

Para efecto de analizar la amenaza, se buscó unir las tendencias pasadas que sirvieron de línea base con las proyecciones climáticas futuras; y se consideraron más particularmente:

- Las tendencias de precipitación y de temperatura (1976-2005);
- Las proyecciones de precipitación y temperatura (2011-2040 y 2041-2070) basadas en los escenarios de cambio climático que fueron modelados por el IDEAM para la Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático (IDEAM, PNUD, MADS, CANCELLERÍA, 2015);
- El nivel del mar en diferentes estaciones (1907 – 2000) y los escenarios de ascenso del nivel del mar elaborados utilizando los escenarios de WorldClim SRES correspondientes a +30 cm para el año 2030 (INVEMAR, 2003).

FACTORES QUE INCIDEN EN LA AMENAZA

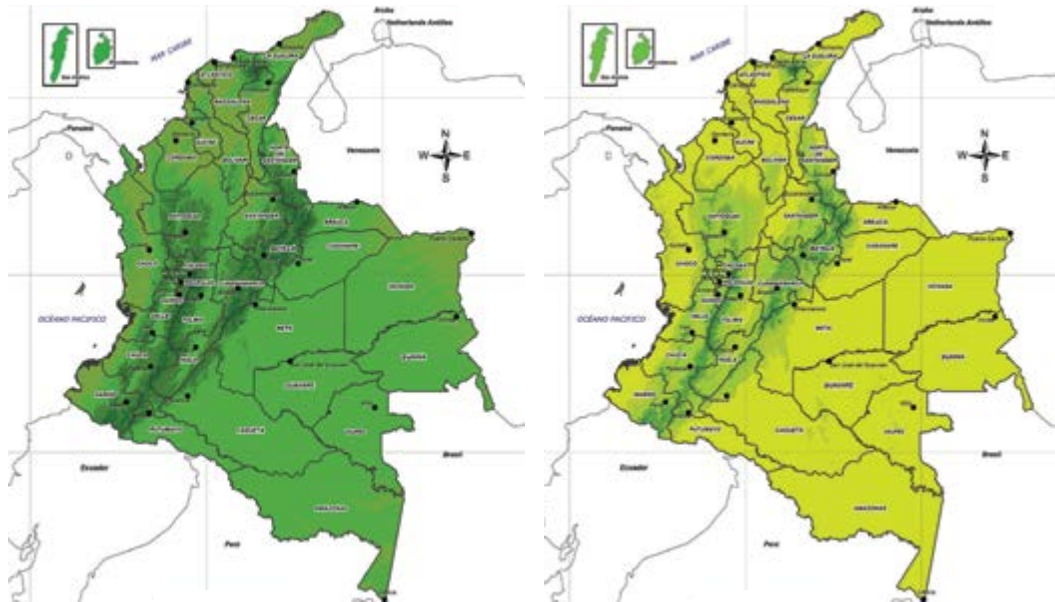


4.1.2 Lo que nos dicen los escenarios de cambio climático al 2040

Según la Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático se espera un aumento de la temperatura promedio en el país del orden 0,9% para el 2040 con unas diferencias entre las distintas regiones del país.

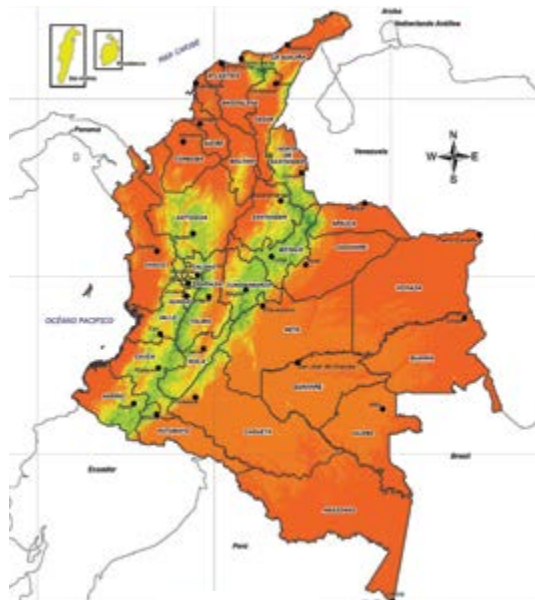
Diferencia de la Temperatura media anual Periodo 2011-2040 con respecto al periodo de referencia 1976-2005

Diferencia de la Temperatura media anual Periodo 2041-2070 con respecto al periodo de referencia 1976-2005



DIFERENCIA DE LA TEMPERATURA MEDIA (°C)

- 0.0 - 0.5
- 0.51 - 0.8
- 0.81 - 1.0
- 1.01 - 1.2
- 1.21 - 1.6
- 1.61 - 1.8
- 1.81 - 2.0
- 2.01 - 2.1
- 2.11 - 2.2
- 2.21 - 2.3
- 2.31 - 2.4
- 2.41 - 2.5
- 2.51 - 2.6
- 2.61 - 2.7
- 2.71 - 3.0



Diferencia de la Temperatura media anual Periodo 2071-2100 con respecto al periodo de referencia 1976-2005

Figura 4. Mapa de proyecciones del cambio en la temperatura en Colombia (Fuente: Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático)



La red vial primaria de Colombia frente al cambio climático

Según la Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático se espera un aumento de la temperatura promedio en el país del orden 0,9% para el 2040 con unas diferencias entre las distintas regiones del país. En materia de precipitación, se proyecta un aumento de las precipitaciones entre el 10% y el 40% en la región andina, y una disminución del mismo orden en la norte del país, la Orinoquia y Amazonía.

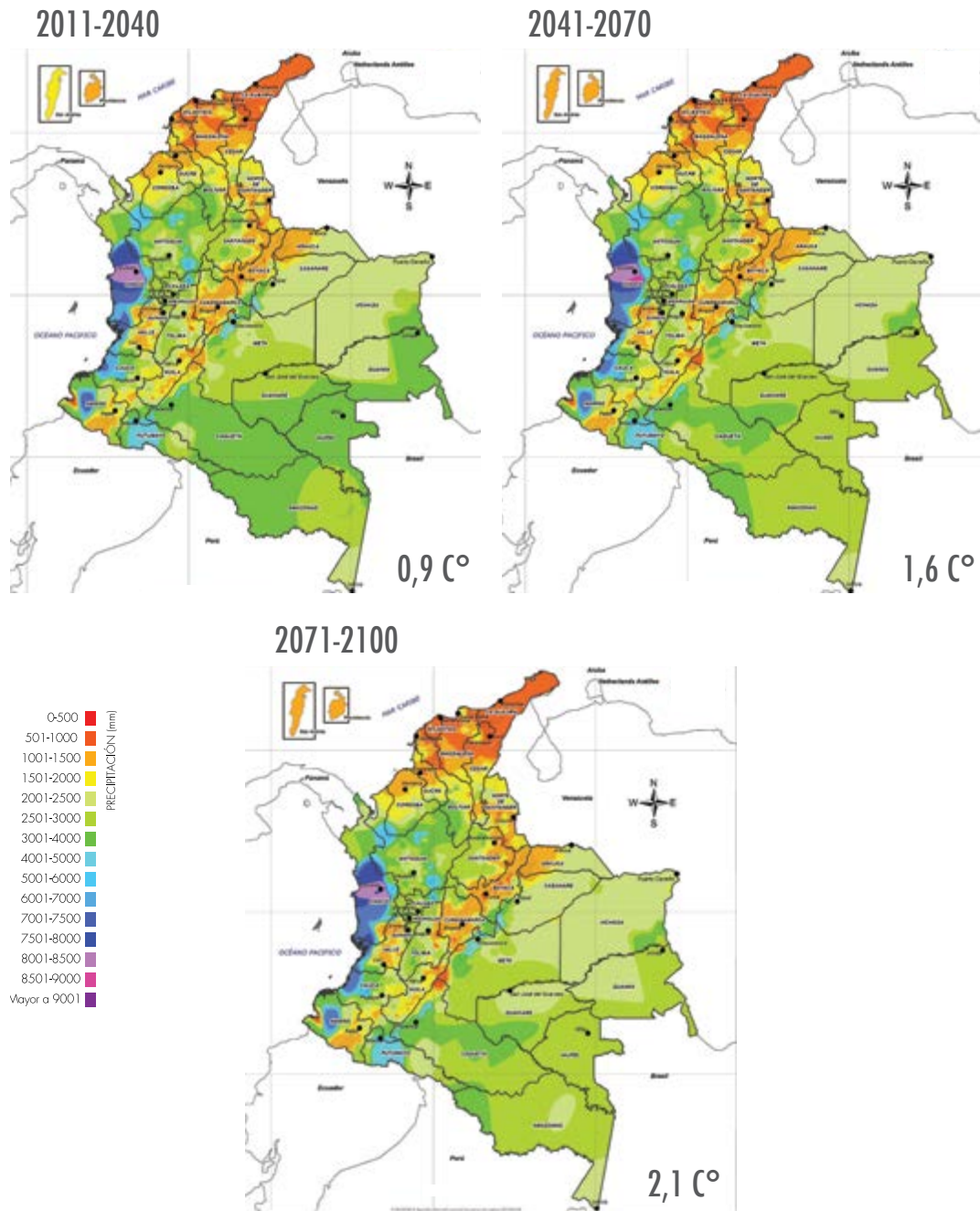


Figura 5. Mapa de proyecciones del cambio en la precipitación en Colombia (Fuente: Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático)

En cuanto al cambio en el nivel del mar, se ha tomado como referencia las proyecciones del INVEMAR, que prevé un aumento del nivel del mar de 30cm al 2030 (INVEMAR, 2003).

4.1.3 La amenaza por zonas geográficas

En el análisis de amenazas por estas variables climáticas se observa que el 58% de la red vial primaria (equivalente a 9.664km) se encuentra dentro de los rangos bajos de amenaza, y el 27% (equivalente a 4.441km) se encuentra en los rangos más altos de amenaza por cambio climático. De manera más

precisa, se puede vislumbrar que los mayores cambios y afectaciones a la red vial primaria se presentarán en la zona Caribe (Cesar, Bolívar, Magdalena, Atlántico, Guajira) y en la zona Andina (Antioquia, Caldas, Risaralda, Tolima, Huila, Valle y Cauca) (Figura 6).

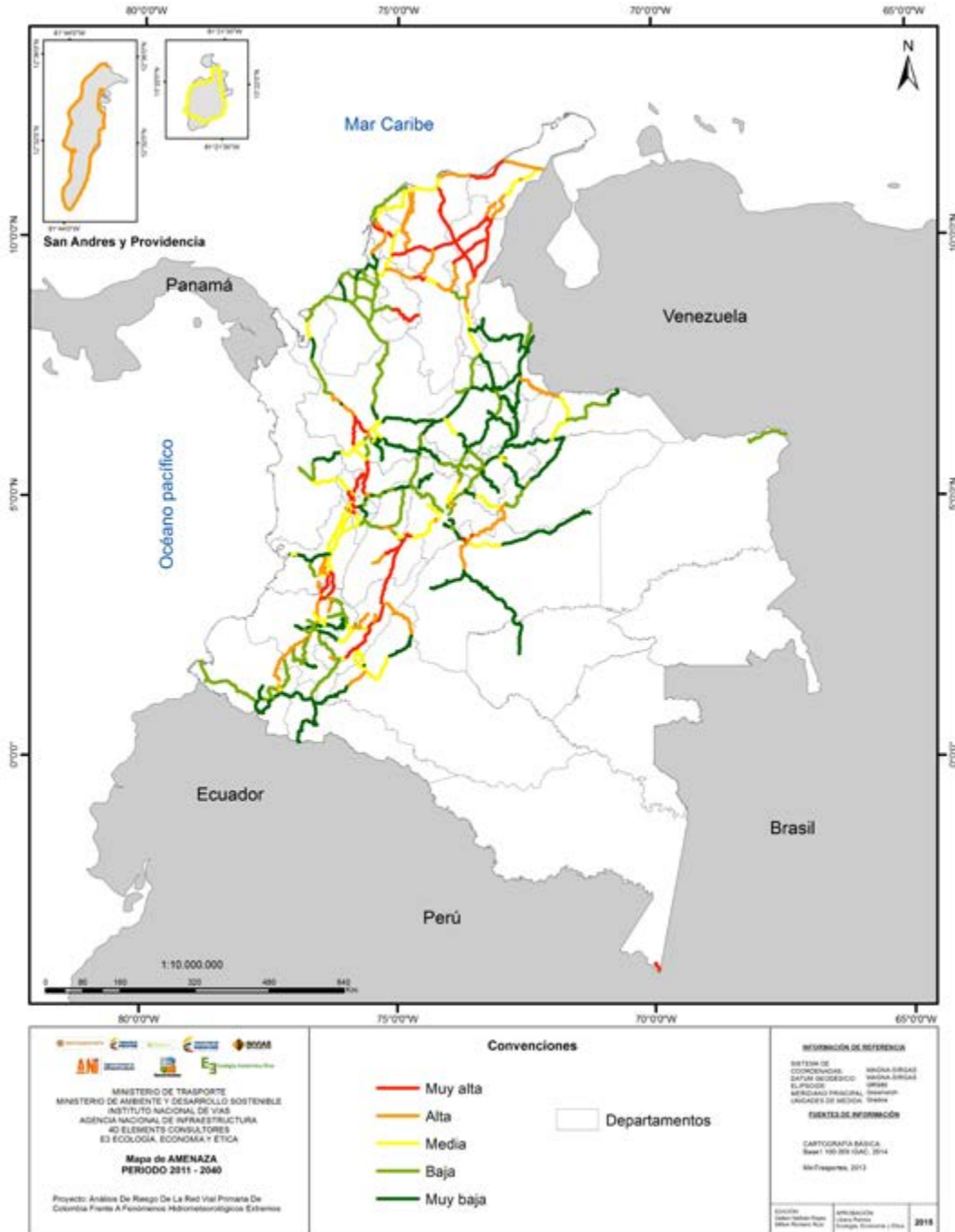


Figura 6. Mapa síntesis de la amenaza al cambio climático de la red vial primaria de Colombia (2040)



La red vial primaria de Colombia frente al cambio climático

La amenaza por aumento en la temperatura promedio al 2040 se dará principalmente en las vías norte del país mientras jugará un papel menor en la región andina. En materia de precipitación, los escenarios de cambio climático proyectan que la amenaza se materializará principalmente en los tramos de la zona Norte del país hacia límites con los océanos, y algunas porciones

de la región Andina central y sur occidental para el mismo periodo. El tema de aumento del nivel del mar aplica en menos del 9% de la red vial de Colombia y principalmente para la zona de la costa atlántica. Solo el 2% de las vías nacionales están bajo un nivel de amenaza alto por aumento del nivel del mar.

4.1.4 La amenaza por entidades encargadas

Este estudio arroja que 1.860 km de las vías administradas por la ANI y 2.498 km administrados por el INVIAS se encuentran bajo niveles altos de amenaza. Pero es principalmente la precipitación quien juega un papel determinante en estos niveles altos de amenaza. Más de 3.800 km de la red administrada por el INVIAS y 2.316 km administrados por la ANI, se encuentran en los rangos más altos de amenaza por precipitación.

LO QUE HAY QUE RECORDAR

Tanto el **cambio climático** como la **variabilidad climática** son factores de amenaza para la infraestructura vial.

Los cambios proyectados en la **temperatura** y la **precipitación** son los factores que más inciden en la amenaza para la red vial primaria de Colombia.

La **elevación del mar** es un factor que incide en las zonas costeras.

4.2 Indicadores de Exposición

4.2.1 Los indicadores de la exposición

Los indicadores de exposición se seleccionaron teniendo en cuenta algunas características del terreno en donde se ubican las unidades de análisis, como son: susceptibilidad sísmica, pendiente, salinidad, escorrentía y textura del suelo. Esos indicadores permiten establecer en qué medida la red vial está expuesta a condiciones naturales, las cuales determinan la posibilidad de ocurrencia de un evento climático extremo. De esta forma, la exposición representa un índice fundamental en el análisis de riesgo y en la definición futura de medidas de mitigación y adaptación al cambio climático.

4.2.2 La exposición por zonas geográficas

Se observa que el 31% correspondiente a 2.030 km del eje vial se encuentra en los niveles más bajos, mientras que el 39%, correspondiente a 1.562 km, se

encuentra en los niveles más altos de exposición. Las vías primarias que presentan los mayores niveles de exposición se concentran al sur de la zona Andina (Cauca, Nariño, Huila, Putumayo) en Antioquia y el viejo Caldas y en la cordillera oriental (Cundinamarca, Boyacá, Santander y Norte de Santander) (Figura 7).

4.2.3 La exposición por entidades encargadas

De los 11.000 km a cargo de INVIAS, 4.785 km se encuentran en los rangos más altos de exposición, 3.109 km se encuentran en los niveles más bajos de exposición, y los kilómetros restantes se encuentran en rangos medios de exposición. ANI cuenta con 1.562 km bajo niveles altos de exposición, 2.030 km en los niveles más bajos, y 1.742 km en el nivel medio.

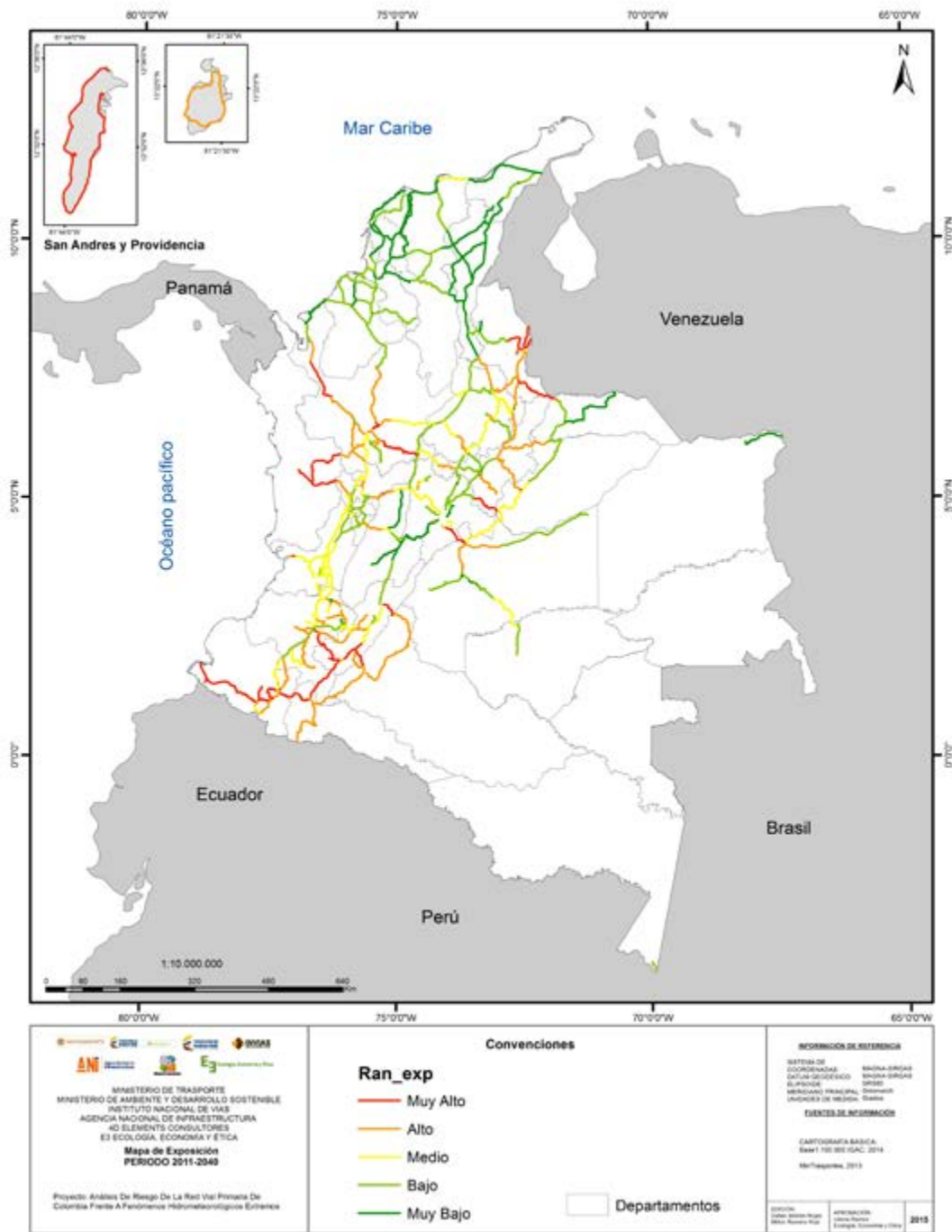


Figura 7. Mapa síntesis de la exposición al cambio climático de la red vial primaria de Colombia (2040)

LO QUE HAY QUE RECORDAR

El **39%** de la red vial primaria del país se encuentra en los niveles más altos de exposición.

Las zonas con **mayor exposición** están ubicadas en el **sur de la zona andina**, Antioquia, el viejo Caldas y en la cordillera oriental.



4.3 Indicadores de Vulnerabilidad

4.3.1 Los indicadores de la vulnerabilidad

El cálculo de vulnerabilidad se realiza a partir de dos grupos de indicadores: **sensibilidad y capacidad adaptativa**.

El indicador de **sensibilidad** se refiere a los indicadores relacionados con la susceptibilidad del terreno en el cual se encuentran las vías frente los efectos originados por la variabilidad climática y el cambio climático, a saber: inundación, deslizamiento, erosión y desertificación.

A su vez, la **capacidad adaptativa** resulta de la interrelación de las siguientes dimensiones: social, económica, político-institucional, ambiental y de infraestructura, que caracterizan la relación de la sociedad con la red vial y el territorio por donde pasan las vías.

4.3.2 La vulnerabilidad por zonas geográficas

Los niveles muy alto y alto de **vulnerabilidad** se concentran en la parte sur de la región andina, Boyacá, Santanderes, Cesar, Bolívar, Magdalena y Córdoba, reflejando el hecho de que son en forma general altamente sensible y/o con baja capacidad adaptativa. Aquellas con baja y muy baja vulnerabilidad se encuentran en el centro de la región andina y en la región caribe (Figura 8), reflejando a su vez que son menos sensibles y/o con mejor capacidad adaptativa.

De manera más detallada las vías con sensibilidad muy alta y alta se concentran en los departamentos de

Nariño, Cauca, Valle del Cauca, Huila, los departamentos del Eje Cafetero, Boyacá, Arauca, Casanare, Santanderes, Guajira, Cesar, Magdalena, Bolívar, Sucre y Córdoba.

En materia de capacidad adaptativa, se encuentra que las vías ubicadas en los departamentos de Nariño, Cauca, Huila, Caquetá, Meta, Vichada, Boyacá, Chocó, Antioquia, Santanderes, Cesar, Atlántico, Bolívar y Córdoba tiene baja capacidad adaptativa. Por su parte aquellas con capacidad adaptativa alta y muy alta se concentran en Valle del Cauca, Tolima, Cundinamarca, Eje Cafetero, Boyacá, Santander y los departamentos caribeños.

4.3.3 La vulnerabilidad por entidades encargadas

De los 11.036 Km de vías administradas por INVIAS el 7% refleja una vulnerabilidad muy baja y el 63% alta o muy alta. Mientras que de los 5.371 Km de vías administradas por la ANI el 30% refleja una vulnerabilidad muy baja y el 16% alta o muy alta. Entre los 285 Km administrados por los departamentos, el 14% refleja una vulnerabilidad muy baja, el 55% baja y el 31% muy alta.

Cabe destacar también que las vías administradas por el INVIAS son más sensibles que las administradas por la ANI, del 38% contra el 29% respectivamente. En cuanto a la capacidad adaptativa, se reporta una capacidad adaptativa baja o muy baja (55%) en el caso de las vías administradas por el INVIAS, mientras para las vías administradas por la ANI, su capacidad adaptativa es alta o muy alta (66%).

LO QUE HAY QUE RECORDAR

La parte **sur de la región andina**, Boyacá, los Santanderes, Cesar, Bolívar, Magdalena y Córdoba son las regiones más vulnerables.

Más de **7.800 km** son altamente vulnerables.

Los niveles de **capacidad adaptativa** divergen entre las vías administradas por la **ANI** y el **INVIAS**.

La red administrada por el **INVIAS** tienen una **redundancia baja**, lo cual reduce su capacidad adaptativa.

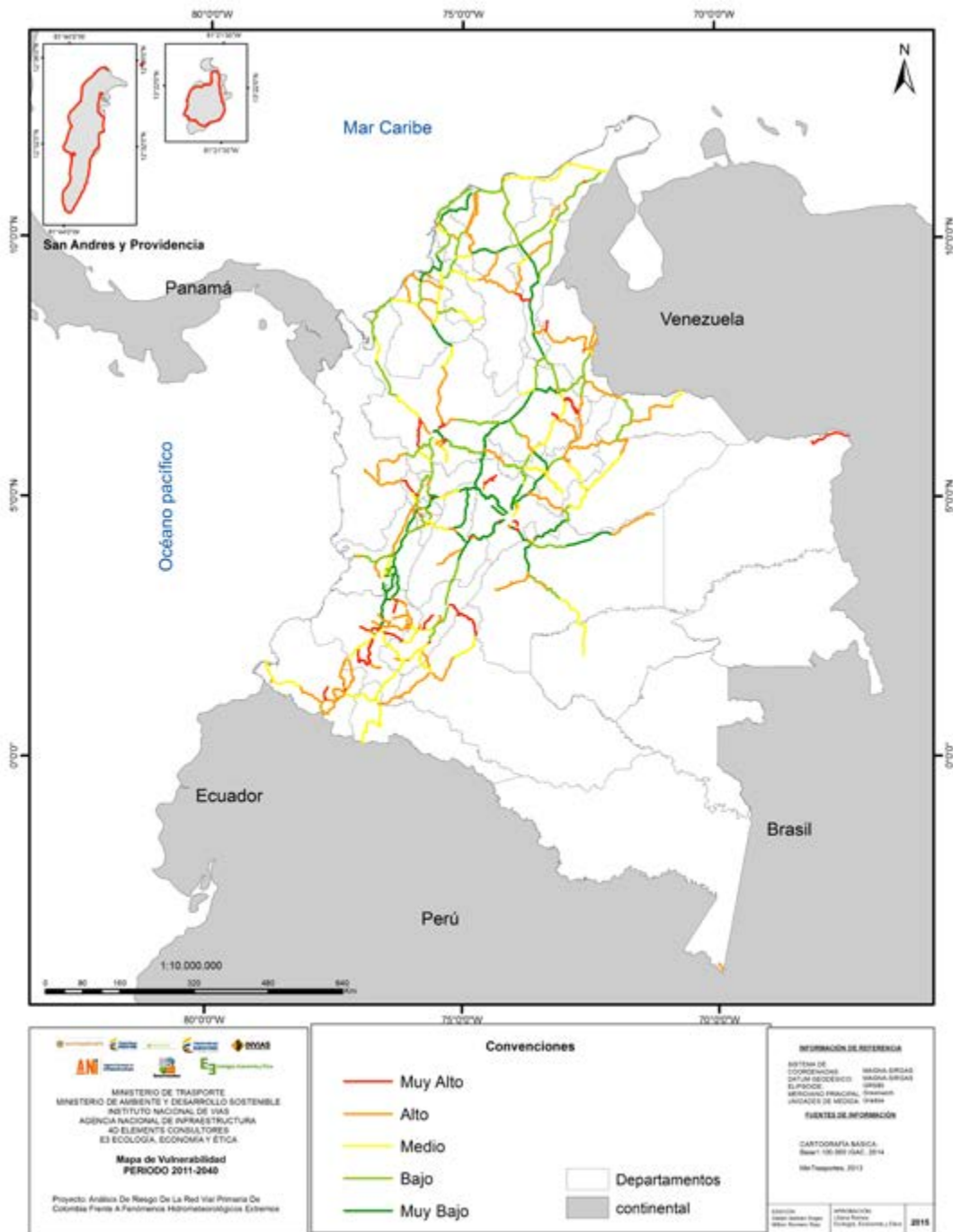


Figura 8. Mapa síntesis de la vulnerabilidad al cambio climático de la red vial primaria de Colombia (2040)



4.4 Análisis de Riesgo de la red vial primaria

Para generar el consolidado del análisis de riesgo climático de la red vial primaria, se sumaron los valores de amenaza, exposición y vulnerabilidad obtenidos a partir de los indicadores, arrojando resultados para las 306 unidades de análisis en 31 zonas hidrográficas. El valor final obtenido se normalizó en cinco cuartiles que se escalonan de “muy bajo” a “muy alto” y siguen una gama de colores que va del “verde” al “rojo”.

El análisis de riesgo frente al cambio climático de la red vial primaria para el 2040 muestra que el 39% de las vías analizadas, es decir 5.800 kilómetros, presentan un nivel alto y muy alto; el 32% con aproximadamente 5.200 kilómetros, presentan nivel medio; y el 29% con aproximadamente 5.600 kilómetros, presentan nivel bajo y muy bajo tal como lo muestra la figura 9.

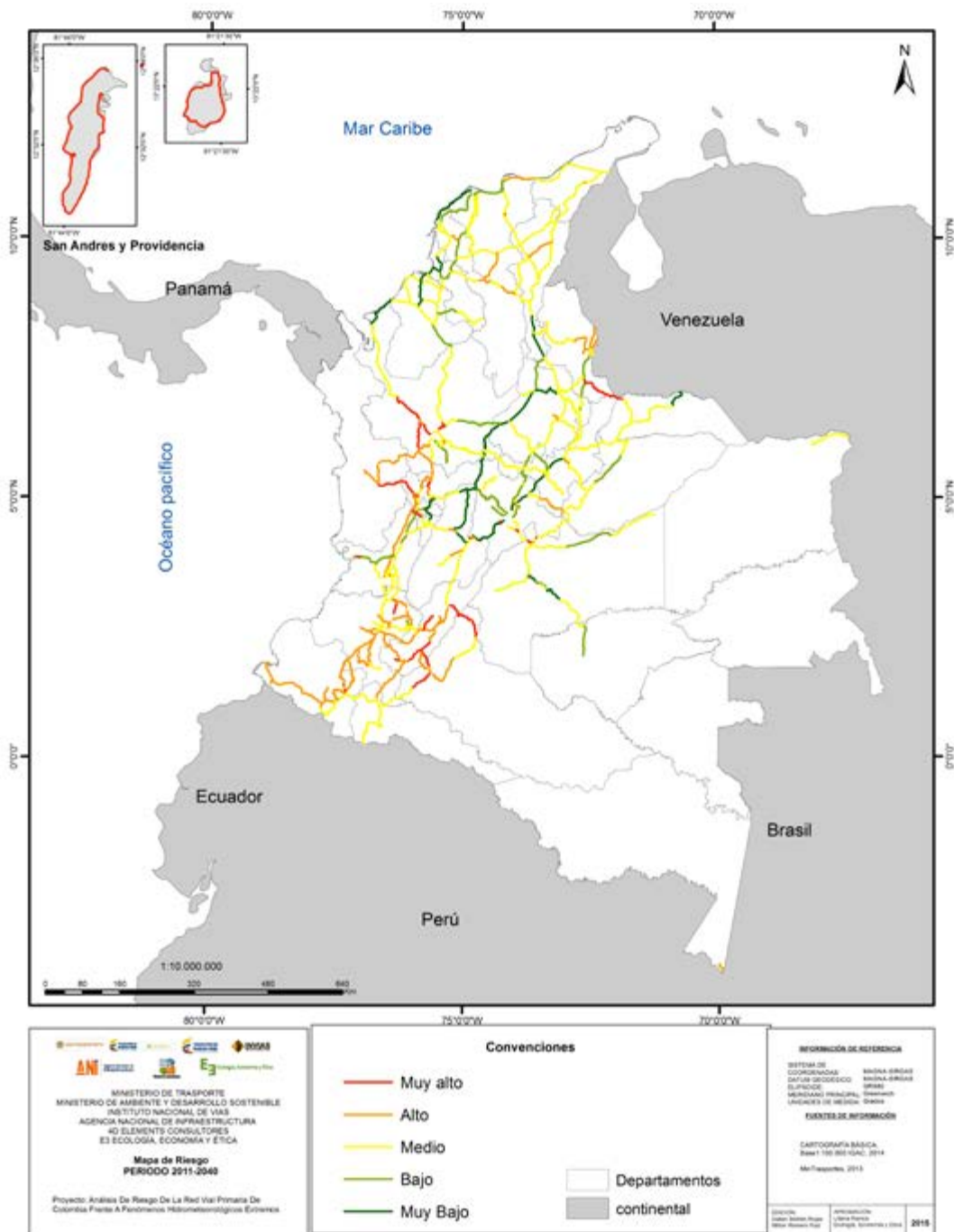


Figura 9. Mapa síntesis del nivel de riesgo climático de la red vial primaria de Colombia (2040)

4.4.1 El riesgo climático por zonas geográficas

Los niveles muy alto y alto de riesgo se concentran en la parte sur de la región andina, Chocó, Eje Cafetero, Antioquia, Boyacá, Norte de Santander, Cesar y Bolívar. Las unidades de análisis con un nivel medio se distribuyen por todo el territorio nacional en donde se encuentra la red vial primaria. Aquellas con nivel de riesgo bajo y muy bajo se encuentran en el centro de la región andina y en el norte de la región caribe.

4.4.2 El riesgo climático por zonas hidrográficas

La red vial primaria se distribuye entre 31 zonas hidrográficas del país concentrándose en dos áreas hidrográficas principalmente: Magdalena – Cauca y Caribe. La mayor extensión de estas carreteras se ubica en las zonas hidrográficas Cauca (2,319 km), Alto Magdalena (1,789 km), Medio Magdalena (1,575 km), Meta (1,286 km), Sogamoso (1,269 km) y Bajo Magdalena (1,006 km). En otras palabras, en estas seis zonas hidrográficas se encuentra el 56% de la extensión de la red vial primaria (Figura 10).

El análisis indica que:

- a. La mayor extensión de vías con riesgo muy alto se ubica en las zonas hidrográficas, Cauca (269 km), Alto Magdalena (227 km), Arauca (149 km) y Caguán (111 km).
- b. La mayor extensión de vías con un nivel de riesgo alto se ubican en las zonas hidrográficas Patía (840 km), Cauca (836 km) y Alto Magdalena (617 km).
- c. Por su parte, la mayor extensión de vías con un nivel medio de riesgo se encuentran en las zonas hidrográficas Cauca (938 km), Meta (930 km), Sogamoso (907 km) y Medio Magdalena (863 km).
- d. La mayor extensión de vías con un nivel de riesgo bajo se encuentran en las zonas hidrográficas Medio Magdalena (309 km), Bajo Magdalena (222 km), Sogamoso (198 km), y Meta (196 km).
- e. La mayor extensión de vías con un nivel de riesgo muy bajo se encuentran en las zonas hidrográficas Medio Magdalena (394 km), Alto Magdalena (381 km), y Caribe-Litoral (273 km).

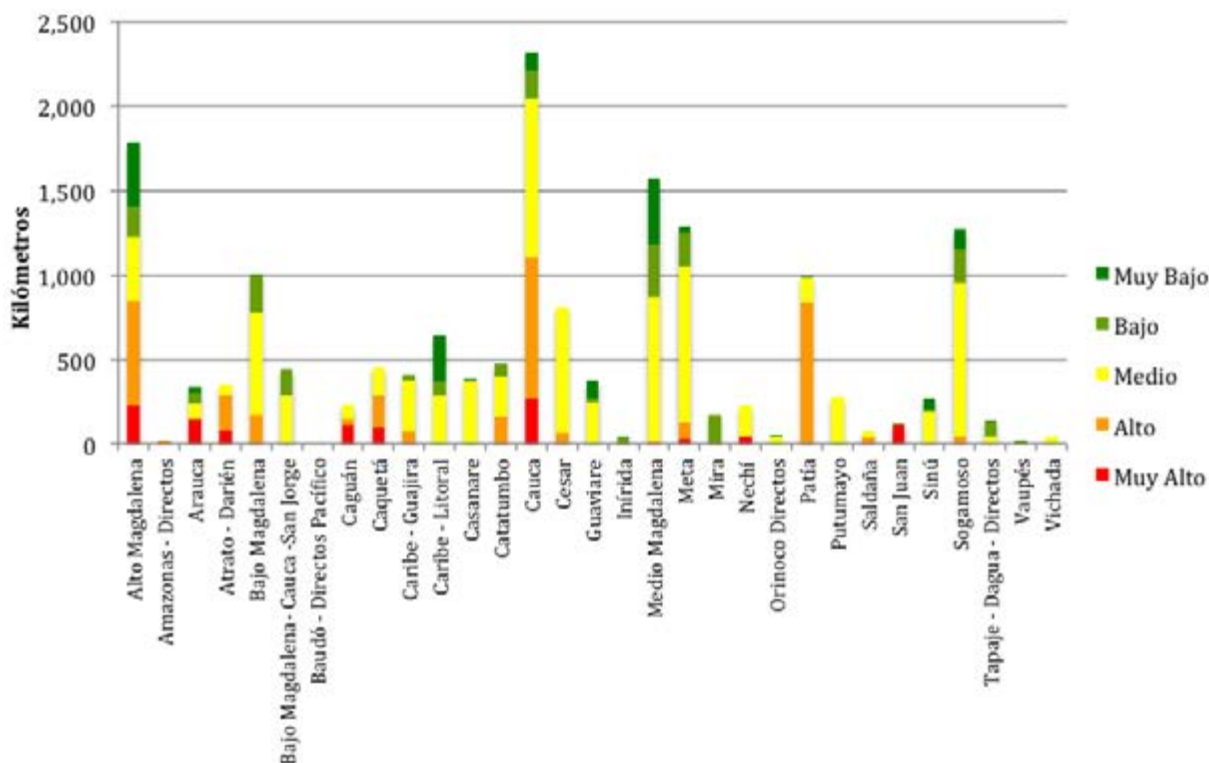


Figura 10. Extensión (Km) de los diferentes niveles de riesgo de la red vial primaria por zona hidrográfica (2040)



La red vial primaria de Colombia frente al cambio climático

El riesgo de la red vial primaria frente al cambio climático es inherente a la dinámica de los recursos hídricos por (i) el cambio en el comportamiento que esta pueda tener como resultado del cambio climático, y (ii) erosión, remoción en masa, escorrentía, etc. Por esta razón, a partir de la Ola Invernal causada por el

fenómeno de La Niña 2010-2011 durante la cual fueron afectados 1.690 km (9,7%) de la red vial primaria, se evidenció la necesidad de incorporar estrategias de adaptación y mitigación al cambio climático así como ante fenómenos hidrometeorológicos extremos en el desarrollo de la infraestructura vial.

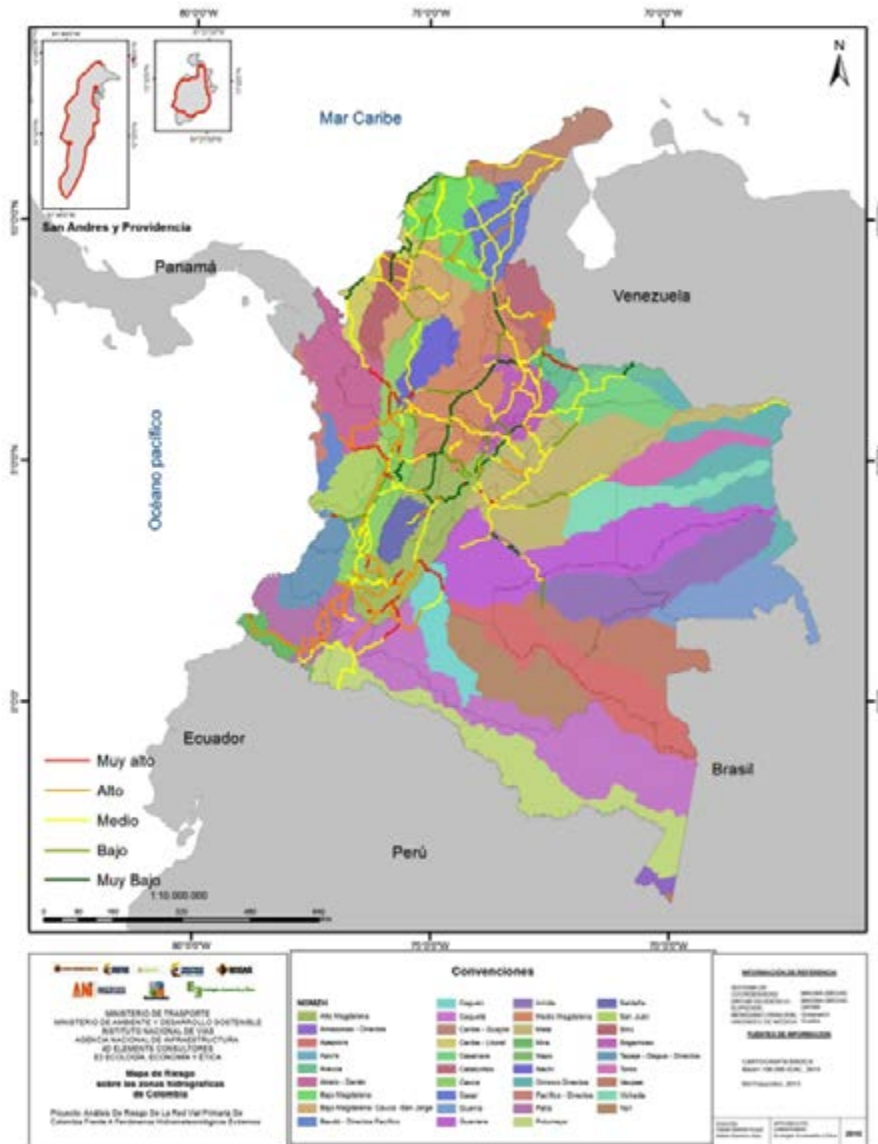


Figura 11. Mapa de riesgo climático de la red vial primaria por zonas hidrográficas (2040)

4.4.3 El riesgo climático por entidades encargadas

De los 11.036 kilómetros de vías administrados por INVIAS el 5% refleja un riesgo muy bajo, el 22% bajo, el 28% medio, el 35% alto y el 10% muy alto. En el mismo sentido, de los 5.371 kilómetros de vías administrados por la ANI, el 19% refleja un riesgo muy bajo, el 32% bajo, el 35% medio, el 12% alto y el 2% muy alto. Entre los 285 kilómetros administrados por los departamentos el 69% refleja un riesgo medio, el 7% alto y el 24% muy alto (Figura 12).

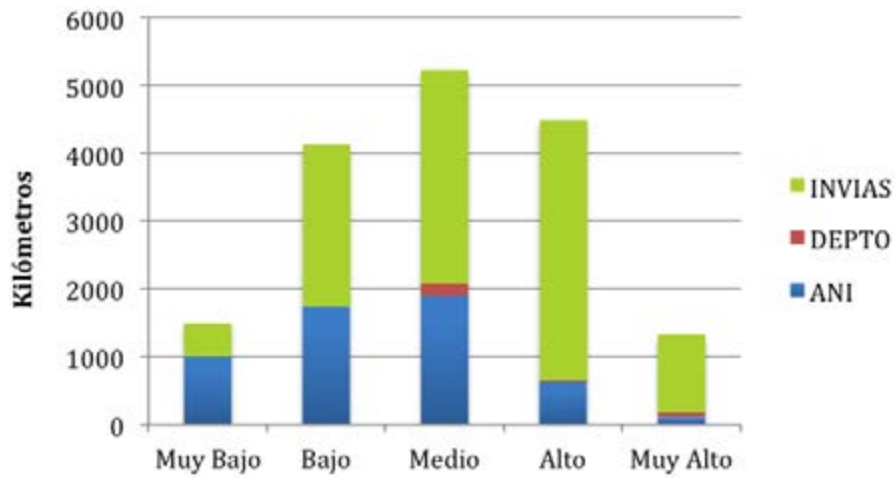


Figura 12. Kilómetros de vías según rango de riesgo frente al cambio climático por entidad encargada (2040)

LO QUE HAY QUE RECORDAR

39% de la red vial primaria está en niveles de riesgo alto.

5.800 km de las vías están en alto riesgo.

El **45%** de las vías administradas por el **INVIAS** están en alto riesgo.

Las cordilleras son las zonas de mayor riesgo.

Las zonas hidrográficas del **Cauca, Alto Magdalena, Arauca y Caguán** son las de más riesgo.





5. ¿Qué nos enseña este estudio para planificar las vías del futuro?

El *Estudio de riesgo climático de la red vial primaria de Colombia a nivel nacional* es un paso estratégico para involucrar las variables hidroclimatológicas y de cambio climático en la planificación y monitoreo de la infraestructura vial, con el propósito de hacerlas más resilientes y competitivas en el largo plazo y mejorar la gestión de las redes de infraestructura vial.

A raíz de la revisión de indicadores e información que se hizo para el propósito del análisis, es posible sacar unas enseñanzas que serán de mayor relevancia para el sector; la planificación, el diseño, la construcción y la administración de la red vial primaria de Colombia.

a) El cambio climático es un factor que cambia la ecuación del desarrollo de la red vial primaria en el largo plazo

Las proyecciones climáticas indican que el cambio climático tiene y seguirá teniendo impacto en la red vial del país, siendo así un factor determinante que considerar a la hora de planificar las vías del futuro. En eco al Estudio de Impactos Económicos del Cambio Climático (DNP, BID, 2014) que muestra que el cambio climático incrementará el riesgo de daños en la infraestructura, este análisis demuestra que existen una serie de riesgos asociados a cambio climático, los cuales implican tomar decisiones en materia de trazados, diseños, estándares de construcción, operaciones y mantenimiento de las vías. Internalizar el riesgo climático desde hoy en las políticas y decisiones del sector será más costo-efectivo que tener que remediar a daños futuros inesperados y una oportunidad para generar un desarrollo vial duradero.

b) Integración de la gestión del riesgo y de la adaptación para mejorar la gestión de las vías

El modelo utilizado en el presente análisis hace énfasis en que la gestión del riesgo y la adaptación son dos conceptos interdependientes. De esta manera, la adaptación contribuye a mejorar y facilitar la gestión del riesgo actual y futura, haciendo que se logren tener vías más resilientes y resistentes ante el clima del futuro y disminuyendo la probabilidad que se manifiesten

impactos negativos inesperados en las vías. Igualmente, una gestión del riesgo eficaz que incorpore las dimensiones de variabilidad climática y cambio climático constituye una medida de adaptación, por lo que permite fortalecer la capacidad del sistema y prepararlo para enfrentar los cambios en el clima.

En este sentido, el presente estudio da insumos para ir fortaleciendo las acciones de adaptación y de gestión del riesgo del sector en el corto, mediano y largo plazo, sirviendo el propósito de hacer inversiones costo-efectivas en materia de construcción y gestión vial, así como aumentar la competitividad futura del sector.

c) Entender el riesgo climático requiere un modelo multidimensional que no se limite a indicadores climáticos

Entender las dinámicas de las vías es entender no solo la infraestructura vial como tal sino también una serie de elementos sociales, económicos, ecosistémicos y político-institucionales que componen su entorno y están interactúan con la vía. Por lo tanto, el modelo de riesgo climático que se generó para efectos del estudio es un modelo multidimensional que refleja estas diferentes dimensiones. Este modelo permite también hacer énfasis no solo en las amenazas y vulnerabilidades sino también en las oportunidades que resultan de la capacidad adaptativa, es decir de la capacidad a responder a los desafíos.

d) Ventajas del enfoque por zonas hidrográficas

El riesgo de la red vial primaria frente al cambio climático es inherente a la dinámica de los recursos hídricos en las cuencas y zonas hidrográficas por donde pasan las vías. En otras palabras, depende de la relación entre el comportamiento actual y futuro del recurso hídrico que resulta de la variabilidad climática y del cambio climático, y las características físicas, geológicas y geomorfológicas de las cuencas por donde pasan dichas vías, lo cual hace que haya mayor o menor propensión a que ocurran procesos de erosión, remoción en masa y escorrentía, entre otros. Por esta razón es relevante abordar el riesgo climático desde las cuencas

hidrográficas para entender la interrelación entre la vía y su entorno, y para mirar como los comportamientos actuales y futuros del recurso hídrico en contexto de clima cambiante pueden impactar el territorio y su infraestructura, más allá de las divisiones administrativas y jurisdiccionales.

e) Los riesgos climáticos son diferentes entre las regiones, requiriendo acciones contextualizadas y diferenciadas

A la luz de las distintas categorías de indicadores que se establecieron para el análisis, cabe destacar que hay indicadores más relevantes que otros dependiendo de la región y del tramo vial que se considere. En este sentido, las amenazas no van a afectar a todas las regiones de la misma manera; no todos los territorios están igualmente expuestos al cambio climático; no todos tienen los mismos niveles de vulnerabilidad considerando su sensibilidad y capacidad adaptativa (ver los resultados por indicador en la sección anterior). Por lo tanto, esa diversidad requiere abordajes y soluciones que respondan al contexto de cada zona.

f) Usar el modelo a nivel local y bajar de escala priorizando tramos viales pertinentes

Este análisis permite identificar las zonas donde más y menos riesgo climático existe. En este sentido el modelo arroja resultados importantes para el país, mostrando que más de 5.800km (39%) de la red vial primaria del país se encuentra en un riesgo alto. Las regiones con más riesgo a horizonte 2040 son la parte sur de la región andina, Chocó, Eje Cafetero, Antioquia, Boyacá, Norte de Santander, Cesar y Bolívar.

Con estos resultados, el sector dispone de información para bajar la escala de análisis y priorizar los tramos viales en los cuales hacer un análisis detallado de vulnerabilidad, dando así alcance a la implementación del Plan VIAS-CC.

g) El modelo de riesgo climático propuesto es dinámico y flexible para que se pueda mejorar a medida que se consolide la información en el país

El modelo utilizado en este análisis adoptó los lineamientos establecidos en la metodología de riesgo climático del IPCC 2014, adaptándolo al propósito de entender el riesgo climático para la red vial primaria.

En este sentido se seleccionaron indicadores relevantes para el sector y se calculó dicho riesgo en función de la información disponible a la fecha.

El trabajo de construcción de este análisis hizo surgir las distintas limitaciones que existen en torno a la disponibilidad, la asequibilidad y la calidad de la información, ya que falta información comparable, series históricas, y existen diferencias en las escalas, entre otros.

Sin embargo, este modelo es una primera aproximación robusta al tema del riesgo climático para la red vial de Colombia. Por primera vez, se integran los escenarios de cambio climático generados por la tercera comunicación nacional de cambio climático y los escenarios de aumento del nivel del mar. Además este modelo se constituye como un marco metodológico flexible que se podrá ir perfeccionando con nuevos indicadores a medida que se genere información sistematizada, asumiendo que a mayor cantidad y calidad de información se podrán generar resultados aún más certeros. De igual manera, será una herramienta que dará las líneas para analizar el riesgo climático de las vías a una escala más pequeña en el orden local o a nivel de tramo vial, arrojando así resultados más específicos, detallados y contextualizados.

h) Toma de decisión informada en los sectores público, privado y financiero

Este estudio ha producido por primera vez un mapa general que permite visualizar las áreas principales de riesgo asociado a cambio climático. De igual manera, se han generado mapas con sistema de semáforos de colores para la amenaza, la exposición y la vulnerabilidad.

Esta información disponible es no solo una herramienta para la toma de decisión de las autoridades que impulsan la política del sector; planifican las vías del futuro y las que administran las vías, sino también para las concesionarias, los financiadores y las empresas seguros. Permitirá a todos los actores tomar decisiones y acciones más acertadas, donde se internalicen el riesgo climático actual y futuro en los planes sectoriales, en las licitaciones, en los estándares de construcción y monitoreo, en las líneas de financiación y en la estructuración de las pólizas de seguro, respondiendo así a la situación que plantea el cambio climático de aquí al 2040.



6. Un paso estratégico hacia la planificación de vías más adaptadas y resilientes

El gobierno nacional está promoviendo un desarrollo vial resiliente y ha impulsado diversas acciones para que las inversiones viales actuales contemplen dimensiones de cambio climático y gestión del riesgo.

En este marco, el estudio de riesgo climático a nivel nacional es una contribución significativa a este esfuerzo de país ya que es la primera aproximación que se realiza en Colombia sobre el riesgo y vulnerabilidad al cambio climático de la infraestructura vial primaria nacional.

Corresponde a la primera acción plasmada en el *Plan VIAS-CC: vías compatibles con el clima* y nutre la visión promovida por las instituciones del sector que buscan un desarrollo vial duradero generando vías más adaptadas y resilientes en contexto de cambio cambiante.

El estudio permite generar una base sólida de conocimiento, y constituye un paso fundamental para proyectar los impactos del cambio climático en el desarrollo vial de Colombia. Da insumos estratégicos para seguir incorporando la adaptación al cambio climático en la planificación y el desarrollo de la infraestructura del país, y pensar los caminos más adecuados para hacer las vías del mañana.

Por medio de este estudio, el sector:

- ✓ Fortalece su entendimiento de lo que es el riesgo climático y cómo impactará el sector a futuro.
- ✓ Tiene información robusta para saber cuáles son las principales áreas de riesgo asociadas a cambio climático a horizonte 2040.
- ✓ Tiene una herramienta y resultados para tomar decisiones en materia de planificación de la infraestructura vial, para priorizar tramos viales donde hacer un análisis más detallado del riesgo climático, y así tomar las medidas de adaptación contextualizadas y adaptadas a cada tramo vial.

✓ Dispone de un modelo de análisis flexible que se compone de distintos indicadores para los cuales existe información confiable y sistematizada. Este modelo se puede bajar a nivel de tramo vial y mejorarse con nuevos indicadores a medida que se produzca y acceda a más información.

✓ Puede identificar las brechas que existen en materia de información y tomar acciones para mejorar el manejo de datos, la calidad y cantidad de información así como su acceso.

Con los resultados de este análisis, las entidades del sector transporte podrán seguir avanzando con la implementación del Plan VIAS-CC, realizando un análisis de riesgo climático más detallado a nivel de tramo vial. Tendrán los insumos científicos para decidir, en función de las inversiones que se proyectan, en qué tramos viales hacer dichos análisis.

De igual manera, este estudio es una oportunidad para seguir impulsando la agenda de desarrollo sostenible del sector y el diálogo proactivo entre las autoridades del sector; las concesionarias viales, los empresarios de seguros, los inversionistas y las comunidades que dependen de las vías, en pro de un desarrollo vial más compatible con el clima donde se hagan inversiones costo-efectivas en el largo plazo, se garantice la competitividad actual y futura del sector y se dinamice la economía nacional.





Bibliografía

Departamento Nacional de Planeación. (2012). Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático. ABC: Adaptación bases conceptuales. Marco conceptual y lineamientos. Bogotá, Colombia: Imprenta Nacional de Colombia.

Panel Intergubernamental de Cambio Climático. (2014). Cambio Climático 2014. Impactos, adaptación y vulnerabilidad. Contribución del grupo de trabajo II al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (Resumen para responsables de políticas ed.). Ginebra, Suiza.

Ministerio de Transporte, INVIAS, ANI, CDKN. (2014). Plan Vías-CC: Vías compatibles con el clima. Plan de adaptación de la red vial primaria de Colombia. 66 p. Bogotá, Colombia.

IDEAM, PNUD, MADS, CANCELLERÍA. (2015). Escenarios de Cambio Climático para Precipitación y temperatura para Colombia 2011-2100 Herramientas Científicas para la Toma de Decisiones - Estudio Técnico Completo : Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático. 278 p. Bogotá, Colombia.

INVEMAR. (2003). Definición de la vulnerabilidad de los sistemas biogeofísicos y socioeconómicos debido a un cambio en el nivel del mar en la zona costera colombiana (Caribe, Insular y Pacífico) y medidas para su adaptación. Informe Técnico, Santa Marta.

Departamento Nacional de Planeación, BID. (2014). Impactos Económicos del Cambio Climático en Colombia - Síntesis). 160p, Bogotá, Colombia

Lista de figuras

Figura 1. Ecuación para el cálculo del riesgo

Figura 2. Ecuación para el cálculo de la vulnerabilidad

Figura 3. Indicadores calculados para el análisis de riesgo climático de la red vial primaria

Figura 4. Mapa de proyecciones del cambio en la temperatura en Colombia (Fuente: Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático)

Figura 5. Mapa de proyecciones del cambio en la precipitación en Colombia (Fuente: Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático)

Figura 6. Mapa síntesis de la amenaza al cambio climático de la red vial primaria de Colombia (2040)

Figura 7. Mapa síntesis de la exposición al cambio climático de la red vial primaria de Colombia (2040)

Figura 8. Mapa síntesis de la vulnerabilidad al cambio climático de la red vial primaria de Colombia (2040)

Figura 9. Mapa síntesis del nivel de riesgo climático de la red vial primaria de Colombia (2040)

Figura 10. Extensión (Km) de los diferentes niveles de riesgo de la red vial primaria por zona hidrográfica (2040)

Figura 11. Mapa de riesgo climático de la red vial primaria por zonas hidrográficas (2040)

Figura 12. Kilómetros de vías según rango de riesgo frente al cambio climático por entidad encargada (2040)



