

Análisis del Impacto del Cambio Climático en las Infraestructuras de América Latina y Caribe: Estudio de la Red Vial Ecuatoriana.

Xavier Espinet

Institute of Climate and Civil Systems, Boulder, Colorado, USA, xavier.espinetalegre@colorado.edu

Kyle Kwiatkowski

Institute of Climate and Civil Systems, Boulder, Colorado, USA, kyle.kwiatkowski@colorado.edu

Paul Chinowsky

Institute of Climate and Civil Systems, Boulder, Colorado, USA, paul.chinowsky@colorado.edu

RESUMEN

Las infraestructuras del transporte son un recurso clave para el desarrollo económico, productividad y prosperidad de cualquier país o región. Gestionar este recurso requiere de tomas de decisión eficiente, normalmente reguladas por el análisis de coste y beneficio económico. El cambio climático es un factor emergente y su consideración es crucial para la protección de las actuales y futuras infraestructuras. Este artículo presenta por primera vez los costes asociados al cambio climático que deberán afrontar los países latinoamericanos, centrándose en el caso particular de Ecuador. Los resultados sirven para demostrar la necesidad de un análisis holístico durante el planeamiento de las infraestructuras de transporte, y permite demostrar como el cambio climático puede ser considerado cuantitativamente y aplicado al nivel de toma de decisiones. Se presenta a la vez la herramienta SSPI, *Sistema de Soporte a la Planificación de Infraestructuras*, desarrollada para obtener este resultado.

Palabras claves: Cambio Climático, Adaptación proactiva, Planeamiento Holístico, Infraestructuras, Carreteras

ABSTRACT

Transport Infrastructure is key to the economic development, productivity, and prosperity of any country or region. Managing this kind of infrastructure requires an efficient decision-making process, normally ruled by economic cost-benefit analysis. Consideration of the emergent factor of Climate Change is crucial to the protection of current and future infrastructure. Using an innovative and cutting-edge tool IPSS, *Infrastructure Planning Support System*, this paper presents the associated cost to transportation infrastructure from Climate Change faced by Latin American countries, based on a case study of Ecuador. This research represents the first time such data has been analyzed; the outcome suggests the need for a more holistic approach during the planning process of transport infrastructures. The results also demonstrate that the effects of Climate Change can be quantified and applied at a decision-making level.

Keywords: Climate Change, Proactive Adaptation, Holistic Planning, Infrastructures, Roads

1. INTRODUCCIÓN

Según el informe del IPCC, *International Panel for Climate Change* (Magrin and Gay 2007), América Latina está sufriendo un gran impacto debido al reciente Cambio Climático. La temperatura ha subido una media de 1°C, la precipitación es más intensa en partes de Brasil, Paraguay, Uruguay y Argentina, y se ha incrementado la frecuencia de inundaciones. Por otra parte en Chile, Perú, y en zonas de centro América, hay una tendencia decreciente en la cantidad de precipitación. A estos cambios de tendencia del clima se debe añadir el incremento de fenómenos climáticos extremos que América Latina ha sufrido en los últimos diez años: intensas

precipitaciones en Venezuela, inundaciones en la pampa Argentina, sequias en la Amazonas y huracanes en el Caribe.

El componente principal, a parte del clima y los fenómenos extremos, que conduce a la vulnerabilidad de las regiones y comunidades es la presión demográfica, el crecimiento urbano irregular, la pobreza y la migración rural y la limitada inversión en infraestructuras.

En particular el informe del IPCC define la inversión en infraestructuras como una de las principales restricciones en el proceso de adaptación al cambio climático, en particular en regiones rurales, donde el sector de la agricultura y los pequeños productores son predominantes. Otras investigaciones recientes también apuntan en la importancia de evaluar los impactos del cambio climático en las infraestructuras del transporte, en especial las carreteras. En particular, el coste del cambio climático pone en peligro el futuro desarrollo de las infraestructuras debido al alto coste de adaptación, mantenimiento, y el impacto negativo en el tráfico (Keener et al. 2013; Hambly et al 2007; Satterthwaite 2007). A pesar de la importancia de estos costes, es de gran dificultad cuantificarlos, y a menudo el estudio de estos costes está desarrollado a una escala industrial o continental.

Este artículo presenta SSPI, *Sistema de Soporte a la Planificación de Infraestructuras*, una herramienta para calcular los costes de adaptación de las carreteras al cambio climático. SSPI ha sido usado para completar distintos estudios, incluidos Sud África, Mozambique, Vietnam, un análisis panafricano, y distintos países asiático incluidos China, Corea del Sud, Mongolia o Japón. El presente artículo es parte de un proyecto que pretende completar el estudio del sistema de carreteras en el conjunto de América Latina, en el que se calcularan los costes del impacto del cambio climático a escala continental, nacional y regional. Este trabajo presenta una revisión más detallada de los costes, destacando los costes a todos los niveles, a la vez que se detallan las capacidades de SSPI. En la primera parte se presentan los antecedentes de la planificación de infraestructuras y cambio climático en América Latina. Seguidamente se proporcionará una breve descripción de la metodología usada durante el desarrollo de la herramienta SSPI. El enfoque principal de este artículo es presentar los primeros resultados del análisis sobre los costes de adaptación de las carreteras para el caso particular de Ecuador. Los resultados de la red viaria ecuatoriana se presentan en gran detalle para poder analizar los problemas principales de la adaptación así como resaltar los distintos niveles de análisis de SSPI.

2. ANTECEDENTES

La construcción y expansión de las infraestructuras del transporte está claramente unidas al crecimiento económico, productividad y desarrollo de las prestaciones sociales (Kessides 1993, Rozas and Sanchez 2004). Los sistemas de infraestructura del transporte, especialmente carreteras, son particularmente vulnerables al cambio climático, debido a la continua exposición de esta a las variables condiciones medioambientales (Bollinger et al. 2013; Koetse and Rietveld 2009). Por esta razón, los riesgos a las carreteras asociados al cambio climático ponen en peligro el crecimiento económico, productividad y desarrollo de los beneficios sociales de la expansión de dicha infraestructuras.

A pesar de la variabilidad en infraestructura viaria en los distintos países, América Latina está muy por debajo del resto del mundo en términos de red de carreteras. En 2010, América Latina contenía solo un 20% de carreteras pavimentadas, solo por encima de la África subsahariana con un 17% de vía pavimentada, mientras otras regiones en desarrollo tiene 51% o un 85% (sud este Asiático y el Oriente Medio respectivamente) (Data: The World Bank 2014). En términos de la calidad de la infraestructura terrestre, menos de un tercio de la red vial nacional se encuentra en buen estado, mientras que si hablamos de las carreteras rurales el porcentaje se reduce a un 10% en países como Ecuador o Perú (Fay and Morrison, 2007).

La precariedad de la red vial latinoamericana representa un claro impedimento al desarrollo económico y competitividad de estos países y dificulta claramente la lucha contra la pobreza y la desigualdad social (Fay and Morrison, 2007). Distinto autores recalcan la importancia de la inversión en infraestructura viaria como herramienta clave para sacar de la pobreza a las comunidades rurales latinoamericanas (Berdegue et al, 2000; Albuquerque, 2004) y para el desarrollo del empleo rural no agrícola (De Janvry et al, 2002).

La inversión en carreteras está normalmente regulada con el clásico análisis coste-beneficio. Este método

tradicional excluye problemas como el impacto del cambio climático o los beneficios sociales que aportan la expansión o mejora de la red vial. Una mayoría de legisladores están reconociendo la necesidad de alejarse del planeamiento tradicional de las infraestructuras hacia un planeamiento holístico donde se incluya un mayor número de criterios de decisión que tengan en cuenta los impactos adicionales (Scheweikert 2012).

Recientemente se han publicado trabajos y estudios en América latina donde se analizan los impactos no económicos de la expansión y nueva construcción de carreteras (Dourojeanni, 2006) (Malky et al, 2011). A pesar de ello los legisladores y planificadores a cargo de las administraciones encargadas de la gestión de las infraestructuras aún están un paso por detrás posiblemente debido a la falta de herramientas e informaciones tangible (García-Montero, 2003) que ayuden al proceso de planificación y a la incorporación de estos impactos indirectos.

La capacidad de SSPI está diseñada para mejorar el proceso de toma de decisiones incorporando un rango mayor de costes holísticos, beneficios y riesgos. Mejorando el proceso de planificación de infraestructuras y de toma de decisiones, SSPI pretende incrementar los beneficios sociales y la resiliencia de las comunidades y países a largo plazo. En comunidades en desarrollo, mejorar la planificación de las carreteras, el mantenimiento y la inversión se manifestara en la mejora del acceso a servicios sociales y en un sistema de infraestructuras más robusto, ambos sirviendo al aumento de la resiliencia de la comunidad a retos generales del desarrollo y a problemas emergentes como el cambio climático. En regiones con un robusto existente sistema de infraestructuras, SSPI ayuda a los responsables de la toma de decisiones a proteger los recursos críticos a la vez que ayuda en proceso de decisión de posibles inversiones y resiliencia a largo plazo.

3. INTRODUCCIÓN A LA HERRAMIENTA SSPI

El estudio que se presenta en este trabajo ha sido desarrollado utilizando el Sistema de Soporte a la Planificación de Infraestructuras (SSPI). SSPI consiste en una herramienta informática que incorpora seis áreas de análisis, entre las que se incluyen el cambio climático, el medio ambiente y el impacto social, para proveer una visión holística y a largo plazo de la planificación de carreteras.

El Sistema combina métodos de análisis cuantitativos y cualitativos para desarrollar un estimado coste fiscal, adicionales a los impactos sociales y en el transporte de la mejora de la red vial. Para el presente estudio hemos utilizado una parte del análisis, la referente al cambio climático. SSPI es una herramienta totalmente innovadora ya que integra las proyecciones del cambio climático en el proceso de planificación y mantenimiento de la red viaria. SSPI utiliza investigación técnica e ingenieril para determinar los costos del impacto del cambio climático en las carreteras.

En la primera aproximación, SSPI evalúa los costes del cambio climático utilizando dos estrategias distintas: adaptar o no adaptar. La estrategia nombrada como adaptar es proactiva, y se basa en incorporar en el diseño y construcción de la carretera medidas de resiliencia climática ante de ser construidas o rehabilitadas. En esta tipología de estrategia se llevan a cabo cambios en los valores estándar durante el proceso de diseño de la carretera (por ejemplo, especificando un aglomerante de distinto tipo en carreteras de asfalto) o cambios en el tipo de carretera construida (por ejemplo, reconstruir las vías de tierra suelta por vías de tierra consolidada). Contrariamente, la estrategia no adaptar no considera el cambio climático futuro durante el diseño. En vez de eso, cualquier impacto del cambio climático será abordado mediante ajustes en el coste del mantenimiento, normalmente resultando en un incremento de la frecuencia en la que se debe realizar el mantenimiento. En ambas estrategias, los costes asociados al impacto del clima se basan en el coste de las acciones requeridas para mantener la vida útil diseñada originalmente para esa carretera.

El análisis climático que se lleva a cabo en SSPI contiene tres pasos básicos. En el primero, se determina el cambio climático en la región específica de estudio. Por defecto, este proceso se desarrolla utilizando los modelos globales de circulación (GCM) aprobados por el IPCC, aunque cualquier modelo climatológico puede ser incorporado en el sistema (Kwiatkowski et al. 2012). Los valores climáticos, que los modelos predicen, se comparan con los datos históricos para obtener valores de futuro cambio climático. En este proceso se utilizan los valores de precipitación y temperatura mensual máxima. SSPI es capaz de desarrollar análisis a nivel de la unidad

de investigación climática CRU (UEA 2013).

Durante el segundo paso se predice el impacto en la existente red vial mediante el use de umbrales climáticos y de ecuaciones impacto/respuesta. Las ecuaciones expresan la respuesta del material de la carretera a cada uno de los impactos climáticos (precipitación y temperatura) y han sido desarrolladas usando una combinación de trabajos previos en la ciencia de los materiales, casos de estudio y datos históricos. Una vez la respuesta de las carreteras ha sido determinada por cada uno de los impactos, se cuantifica resultando en un cambio de los costes de construcción o mantenimiento. Finalmente el coste total debido al cambio climático se calcula para todas las carreteras del área de estudio. Mientras que las ecuaciones y umbrales depende de tanto la tipología de carretera (pavimentada, consolidada o de tierra) y del impacto climático (precipitación o temperatura), los resultados son agrupados en las dos principales estrategias planteadas anteriormente, adaptar o no adaptar. Véase Chinowsky and Arndt (2012), Chinowsky et al. (2011 and 2013), and Schweikert et al. (In review) para una detallada explicación del desarrollo de dichas ecuaciones y metodologías.

Los resultados más relevantes de este estudio son el coste de oportunidad y los valores referentes al arrepentimiento. El coste de oportunidad representa la cantidad de desarrollo de una futura infraestructura que no ocurrirá debido al que ahora la inversión se dirige a paliar los costes relacionados con el cambio climático. Este razonamiento está desarrollado detalladamente en Chinowsky et al. (2011) y la formula básica que se usa en SSPI se presenta seguidamente en la ecuación 1. El coste de oportunidad es un valor que las administraciones gestoras de las infraestructuras deberían considerar porque recalca la necesidad de minimizar los costes directos relacionados con el cambio climático comunicando el valor en término de pérdida potencial de futuras infraestructuras.

$$1) CO_x = (CC_x / CCS_x) / CP_x$$

Dónde:

- X: una región específica
- CO: coste de oportunidad (porcentaje)
- CC: coste total del cambio climático, mantenimiento y nueva construcción.
- CCS: Coste de construcción de un kilómetro de nueva carretera secundaria pavimentada
- CP: Actual red vial pavimentada (kilómetros)

El resultado referente al arrepentimiento se muestra en la sección de resultado de este trabajo. Se presenta un gráfico donde se observa la diferencia entre los distintos escenarios y sus costes asociados. Por ejemplo se muestran los costes de adaptar al cambio climático, estrategia proactiva, asumiendo que el cambio climático ocurre tal y como se predice, comparado con el coste del cambio climático asumiendo que el cambio climático no ocurre como se predice. Esta es un valor métrico muy útil para planificadores de infraestructuras y legisladores, ya que se identifican las ventajas e inconvenientes de cada una de las estrategias adaptación y no adaptación, mientras se reconocer la incertidumbre de los impactos del clima.

4. APLICACIÓN DE SSPI A LA RED VIAL DE ECUADOR

Ecuador es el octavo país más poblado de América Latina con 15 millones de personas, a la vez que la octava potencia económica. Cubre una extensión de 287 000 km², bordeado por Colombia, Perú y 2 000 km de costa pacífica. Ecuador tiene un clima tropical y húmedo, con la particularidad de las regiones de la cordillera de los Andes que sufren un clima más frío.

Relativo a las infraestructuras de transporte, la red vial Ecuatoriana consiste de 43 700 km entre los que se destacan los 6 400 km de vías pavimentadas. A parte Ecuador cuenta con un total de 432 aeropuertos de los cuales solo 104 gozan de pista pavimentada, y una longitud del sistema de ferrocarriles de 975 km. Ecuador también cuenta con 44 puertos marítimos.

Ecuador divide su red vial en tres distintos niveles administrativos, Estatal, Provincial y Cantonal. En este estudio nos centraremos exclusivamente en los dos primeros, Estatal y Provincial, ya que son los más relevantes para la movilidad general del país. A su vez la red Estatal está dividida en dos subsecciones, Arterial y Colectora. Así pues en nuestro estudio consideraremos Arteriales como red primaria, Colectora como red secundaria, y la red

Provincial como terciaria. A parte del nivel administrativo, usando la información cartográfica disponible gratuitamente en la página web del ministerio ecuatoriano de obras públicas, pudimos distinguir entre tres tipologías de pavimento: pavimentado, consolidado y de tierra.

4.1. ANÁLISIS A ESCALA NACIONAL

A continuación se presentan los costes a escala nacional. En la Figura 1 se puede observar la evolución durante los próximos 100 años de las dos estrategias para combatir el cambio climático, proactiva frente reactiva. Se han utilizado los datos del percentil 100, es decir el modelo climático que predice mayores daños. Los costes se presentan en millones de dólares americanos, y representan la inversión anual conjunta para todas las carreteras del país. La opción proactiva resulta en una cantidad mayor de inversión en los primeros 20 años, pero después de 2040, la estrategia reactiva aumenta los costes hasta llegar a ser dos veces mayores al final del periodo de estudio.

Como se mencionó anteriormente una métrica interesante de analizar es el valor de arrepentimiento. En la Figura 1 también se muestra el arrepentimiento de las dos estrategias, es decir la diferencia entre el coste en el caso que el cambio climático ocurra y que nunca ocurra. Se presentan los valores referentes el coste anual para 2050 en millones de dólares y para la mediana y el valor máximo (percentil 50 y 100). El arrepentimiento de la opción proactiva es casi nulo, indicado pues que el riesgo de la opción adaptar es imperceptible. En contraposición el arrepentimiento de la opción reactiva se sitúa en los 10 millones de dólares, así pues si la administración optar por una postura escéptica con el cambio climático, pero finalmente este ocurre las perdidas serán muy substanciales.

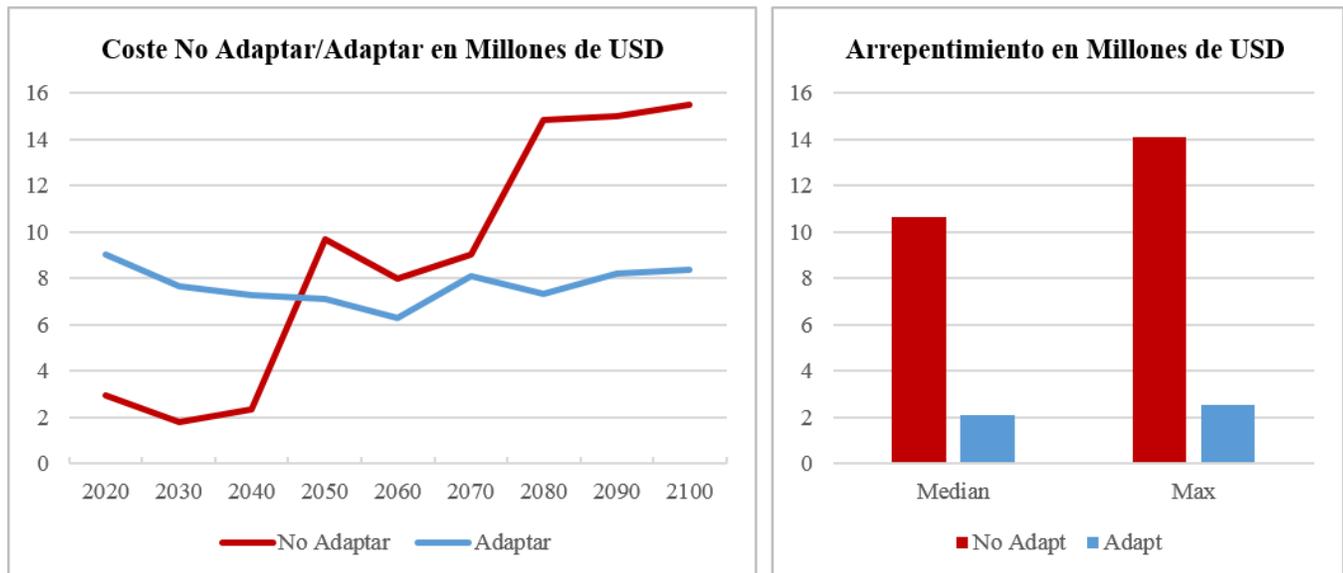


Figura 1: Costes a escala nacional

Parecido al análisis del arrepentimiento, otra métrica de relevancia durante el proceso de toma de decisión, es la agrupación de los costes según en número de veces que han sido predichos. En la Figura 2 se muestra los histogramas para las estrategias proactiva y reactivas. La opción reactiva tiene un mayor rango de valores que viene marcado por la variabilidad del clima, esta estrategia es más vulnerable y tiene mayor dependencia en los valores climatológicos predichos por los distintos modelos. En contra partida la opción proactiva es más estable y como se observa en los histogramas, los 56 modelos predicen dos valores diferentes de rango muy parecido. Así pues conjuntamente con el valor de arrepentimiento, la opción reactiva acarrea mucho más riesgo que la opción proactiva. Presentar los resultados en forma de histogramas da al legislador una idea de la variabilidad y le permite escoger el riesgo que la administración u organización está dispuesta a tomar.

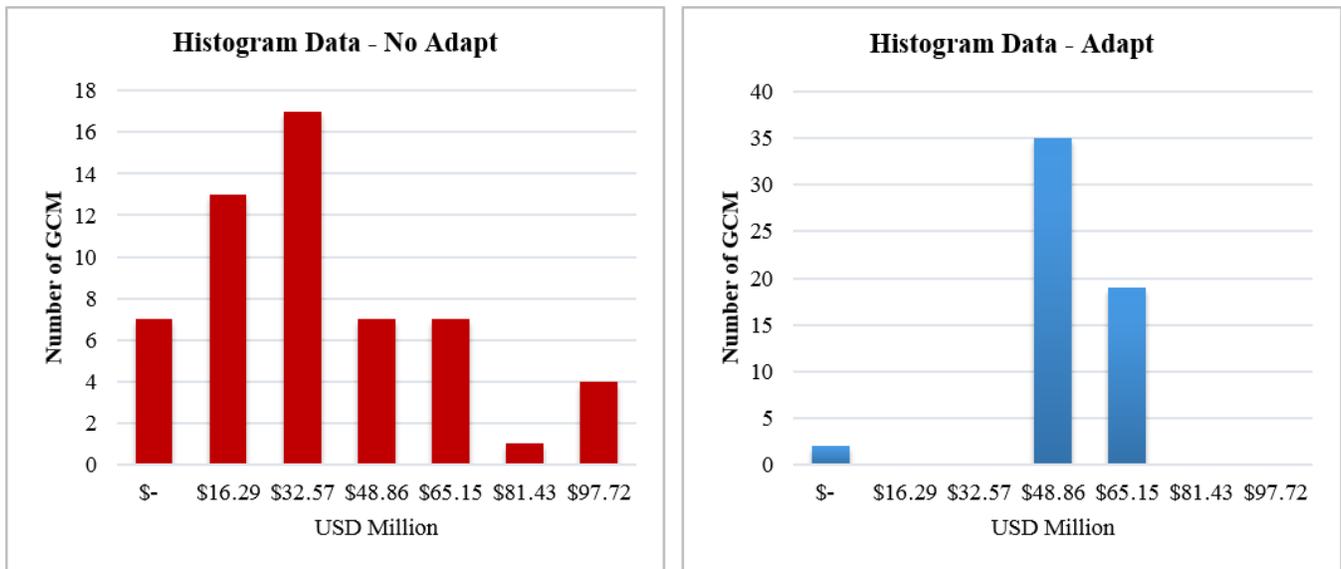


Figura 2: Costes a escala nacional, Histogramas

4.2. ANÁLISIS A ESCALA PROVINCIAL

Mientras que los resultados nacionales muestran el arrepentimiento y los costes de las estrategias a gran escala, los resultados a nivel provincial proporcionan una visión más detallada de la variación dentro de Ecuador. El país entero fue analizado para este estudio, pero solo se destacan los resultados para cinco provincias específicas en la Tabla 1.

Tabla 1: Costes a escala provincial

Provincias	Porcentaje de vía pavimentada	Coste de Oportunidad: Adaptar	Coste de Oportunidad: No Adaptar	Año	Coste Anual Adaptar	Coste Anual No Adaptar
Bolívar	7.8	6.2	9.4	2050	179 963	555 765
				2100	314 773	3 146 649
Guayas	20.3	108.4	48.8	2050	1 147 222	11 228
				2100	1 315 005	415 747
Loja	17.3	5.7	7.5	2050	2 003	636
				2100	144 872	350 102
Orellana	7.0	15.9	6.2	2050	323 336	405 137
				2100	301 847	912 288
Pichincha	26.3	51.4	80.6	2050	885 121	1 865 671
				2100	1 023 746	5 990 583

Al revisar los resultados de los costes, es importante tener en cuenta las características de cada provincia. Esto incluye la superficie de la provincia, los kilómetros de red vial, porcentaje de carreteras pavimentadas, y el impacto climático previsto. Las diferencias en estas características influyen en los costes de la vulnerabilidad y la adaptación de cada región. Un ejemplo de la temperatura y de la precipitación a partir de uno de los modelos climáticos utilizados en este estudio se proporciona en los mapas de la Figura 3.

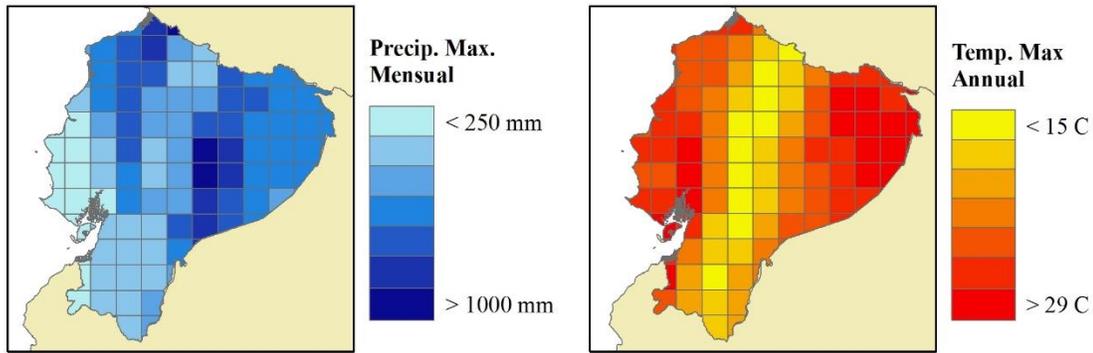


Figura 3: Precipitación y Temperatura en 2050

La Figura 4 proporciona un resumen geográfico de los costes para las estrategias de adaptación proactiva y reactiva. Existe una considerable variación entre provincias. Por ejemplo, Bolívar, que se encuentra en el centro del país, experimentará mayores costes de una estrategia reactiva (\$ 555 765 al año en 2050) en comparación con la sureña provincia de Loja (636 dólares anuales en 2050). Los costes de Loja son más bajos que los de las otras provincias, debido a su ventajoso clima futuro, lo que limita su exposición a los cambios de clima severos. Utilizando un enfoque de adaptación proactiva, los costes de Bolívar se reducen a aproximadamente dos tercios del enfoque reactivo, mientras que los costes de Loja aumentan más del 200% del enfoque reactivo. Como ilustran estos ejemplos, el enfoque de adaptación más eficiente variará según la provincia, lo que demuestra una vez más la necesidad de examinar los resultados nacionales más detalladamente a nivel provincial.

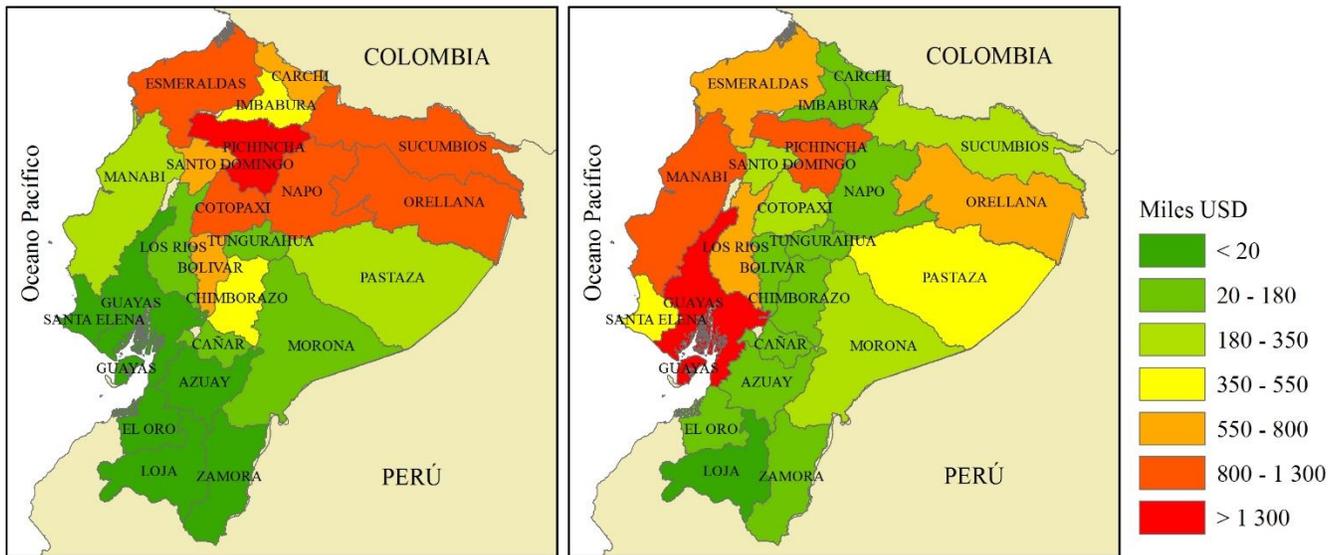


Figura 4: Costes Anuales por Provincias No Adaptar/Adaptar en 2050

Mientras que los costes medios anuales difieren considerablemente entre Bolívar y Loja, los costes de oportunidad son similares, 6,2 % y 5,7 %, respectivamente, para la adaptación proactiva. El coste de oportunidad normaliza los resultados en función de la cantidad actual de la infraestructura vial y el porcentaje de carreteras pavimentadas, lo que permite una comparación más adecuada entre las provincias. Por ejemplo, mientras que el coste medio anual de la estrategia reactiva en Guayas es mucho menor que Bolívar, el coste de oportunidad es mucho más alto (48,8 % frente a 9,4 %). Esto es principalmente debido a mayores niveles de porcentaje de carreteras pavimentadas, lo que se debe en su mayor parte a las carreteras de Guayaquil, la ciudad más poblada de Ecuador.

A nivel provincial, hay una tendencia general de aumento de los costes de oportunidad en las zonas con mayor porcentaje de carreteras pavimentadas. Esto será importante para los administradores de las infraestructuras a considerar en el momento de decidir entre la inversión en asfalto frente al desarrollo sin pavimentar.

Sin embargo, los altos costes no siempre están relacionados con el porcentaje de carreteras pavimentadas. Por ejemplo, Orellana se calcula que incurrirá costes que van desde \$ 323 336 a \$ 405 137 al año, causa principalmente de la exposición a condiciones climáticas más severas que otras provincias. Pichincha representa una combinación de ambos; alto porcentaje de carreteras pavimentadas y riesgos climáticos futuros. Se espera que tenga altos costes de oportunidad, el 51 % para un enfoque proactivo. Esto significa que aproximadamente la mitad del futuro desarrollo de la infraestructura de Pichincha estará en riesgo debido a los costes que tendrán que ser desviados en adaptación al cambio climático. Esto es particularmente importante para Ecuador a considerar, porque la capital del país, Quito, se encuentra en esta provincia vulnerable.

4.3. ANÁLISIS A ESCALA LOCAL - VULNERABILIDAD DE COMUNIDADES

Los resultados del SSPI suelen presentarse a escala nacional y provincial pero el análisis de este trabajo se completa también con el estudio a una escala más reducida, a escala local. Los resultados de los modelos climáticos se dividen en los cuadrantes, llamados CRU, *climate research unit*, de 5° x 5° en latitud y longitud. En consecuencia, los resultados se calculan en este mismo nivel. La ventaja de este análisis detallado es que se pueden identificar las ciudades o regiones particularmente vulnerables, así como centrarse en los partes críticas de la red de carreteras.

La Figura 5 proporciona un ejemplo de esta capacidad, que muestra la red de carreteras y la precipitación en el año 2050 para el área entre las dos ciudades de Puyo y Tena. En este caso, sólo hay un camino de tierra entre las dos ciudades y se encuentra en un área que se prevé contar con altos incrementos en la precipitación. Si bien se trata de una zona del país que no contaba con los altos costes calculados en el ámbito provincial, el análisis detallado pone de manifiesto la necesidad potencial de un aumento más centrado en la inversión de las carreteras para reducir la vulnerabilidad de ambas poblaciones.

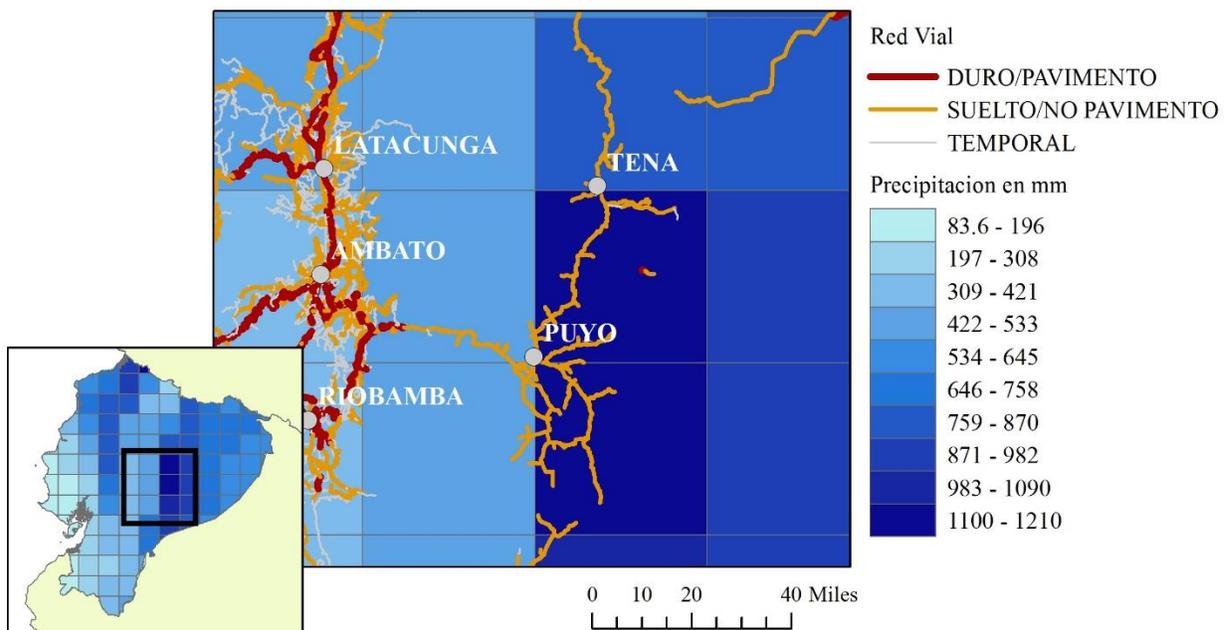


Figura 5: Vulnerabilidad de Comunidades

5. LIMITACIONES Y PRÓXIMOS AVANCES EN EL TRABAJO

El cambio climático representa un problema tanto a corto como a largo plazo para las infraestructuras civiles. Su consideración y estudio es clave para una exitosa adaptación de las infraestructuras, reducir la vulnerabilidad y promover el desarrollo económico y la productividad de las regiones o comunidades.

En este trabajo se han presentado por primera vez los costes asociados al cambio climático que pueden sufrir los países latinoamericanos, en concreto se analiza el caso de Ecuador. Se estudia y presenta el impacto del cambio climático en la red vial a tres niveles distintos, nacional, provincial y local. A nivel nacional se presenta los costes de las dos estrategias que los legisladores pueden optar para afrontar el cambio climático; proactiva o reactiva. Se comparan a largo plazo, y se estudia su variabilidad mediante histogramas. A escala provincial se puede distinguir las regiones del país que sufrirán más severamente el impacto del cambio climático. Finalmente a escala local se pueden identificar las comunidades más vulnerables al deterioro de la infraestructura vial.

El estudio de la red vial ecuatoriana es el primer paso para el futuro análisis de la entera región de América Latina y Caribe. Se pretenden comparar las dos estrategias y obtener los costes del cambio climático de la red vial en los distintos países y así desarrollar una serie de valores que servirán de ayuda en la toma de decisiones durante el proceso de planificación de las infraestructuras.

REFERENCES

- Albuquerque, F. (2004). Desarrollo económico local y descentralización en América Latina. *Revista de la CEPAL*, nro. 83. Abril 2004
- Berdegúe, J. A., Reardon, T., & Escobar, G. (2000, March). Empleo e ingresos rurales no agrícolas en América Latina y el Caribe. In Documento presentado na conferência *Development of the Rural Economy and poverty Reduction in Latin America and the Caribbean*. New Orleans, Louisiana.
- Bollinger, L. A., Bogmans, C. W. J., Chappin, E. J. L., Dijkema, G. P. J., Huibregtse, J. N., Maas, N., Schenk, T. et al. (2013) 'Climate adaptation of interconnected infrastructures: a framework for supporting governance', *Regional Environmental Change*, 1-13.
- Chinowsky, P., and Arndt, C. (2012). "Climate Change and Roads: A Dynamic Stressor-Response Model" *Review of Development Economics*, 16(3), 448-462.
- Chinowsky, Paul , Hayles, Carolyn , Schweikert, Amy , Strzepek, Niko , Strzepek, Kenneth and Schlosser, C. Adam (2011) 'Climate change: comparative impact on developing and developed countries', *Engineering Project Organization Journal*, 1: 1, 67 – 80.
- Chinowsky, P., Schweikert, A., Manahan, K., Strzepek, K., and Schlosser, C.A. (2013) "Climate change adaptation advantage for African road infrastructure." *Climatic Change*, 117.1-2, pp. 345-361.
- De Janvry, A., & Sadoulet, E. (2002). El desarrollo rural con una visión territorial. Ponencia presentada en el Seminario Internacional *Enfoque Territorial del Desarrollo Rural*, Boca del Río, Veracruz, México.
- Dourojeanni, M. (2006). Impactos socioambientales probables de la carretera transoceánica (Río Branco-Puerto Maldonado-Ilo) y la capacidad de repuesta del Perú. Boletín-(EN) CLAVES INSOSTENIBLES: tráfico, género, gestión, y toma de decisiones. <http://habitat.aq.upm.es/boletin>, (19).
- Fay, M., & Morrison, M. (2007). Infraestructura en América Latina y el Caribe. *The World Bank coproduce with Mayol Ediciones*.
- García-Montero, L. G., Bravo, D., Mancebo Quintana, S., Pascual Castaño, I. C., García Cañete, J. J., & García Abril, A. (2003). Ensayo metodológico de planificación física de una autovía en el Estado Miranda (Venezuela). *Observatorio medioambiental*, (6), 141-159.
- Hambly, D., Andrey, J., Mills, B., and Fletcher, C. (2013) 'Projected implications of climate change for road safety in Greater Vancouver, Canada', *Climatic Change*, 116(3-4), pp. 613-629.
- Keener, V.W., Marra, J.J., Finucane, M.L., Spooner, D., and Smith, M.H. (2013) *Climate Change and Pacific Islands: Indicators and Impacts: Report for the 2012 Pacific Islands Regional Climate Assessment*. Island Press.
- Kessides, C. (1993) 'The contributions of infrastructure to economic development a review of experience and policy implications', *The World Bank*, Washington, D.C.

- Koetse, M.J., and Rietveld, P. (2009) 'The impact of climate change and weather on transport: An overview of empirical findings', *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 14(3), pp. 205-221.
- Kwiatkowski, K.P., Stipanovic Oslakovic, I., ter Maat, H.W., Hartmann, A., Chinowsky, P., and Dewulf, G.P.M.R. (2013) 'Climate Change Adaptation and Roads: Dutch Case Study of Cost Impacts at the Organization Level', Working Paper Series, *Proceedings of the Engineering Project Organization Conference*, Winter Park, CO, July 9-11, 2013.
- "Latin America and Caribbean (developing only)" Data: The World Bank. Accessed 02/10/2014 <http://data.worldbank.org/region/LAC>
- Magrin, G., C. Gay García, D. Cruz Choque, J.C. Giménez, A.R. Moreno, G.J. Nagy, C. Nobre and A. Villamizar, 2007: Latin America. Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, UK, 581-615.
- Malky, A., Reid, J., Ledezma, J. C., & Fleck, L. (2011). Filtro de Carreteras: Un análisis estratégico de proyectos viales en la Amazonía. Serie Técnica, (21).
- Rozas, P and Sanchez, R (2004) 'Desarrollo de infraestructuras y crecimiento económico: revisión conceptual' *CEPAL – serie Recursos naturales e infraestructura* nro. 75, Octubre 2004, Santiago, Chile.
- Satterthwaite, D. (2007) 'Adaptation Options for Infrastructure in Developing Countries', *A Report to the UNFCCC Financial and Technical Support Division*, UNFCCC, Bonn, Germany.
- Schweikert, A., & Chinowsky, P. (2012). National Infrastructure Planning: A Holistic Approach to Policy Development in Developing Countries. *EPOC Conference Proceedings*, July 2012, Rheden, Netherlands.
- Schweikert, A., Kwiatkowski, K., Chinowsky, P., and Espinet, X. (2013) "The Infrastructure Planning Support System: Analyzing the Impact of Climate Change on Road Infrastructure and Development." *Transport Policy*, In Review.
- UEA, 2013. "Data." Climate Research Unit. University of East Anglia (UEA). <<http://www.cru.uea.ac.uk/data>> Accessed January 31, 2014.

Authorization and Disclaimer

Authors authorize LACCEI to publish the paper in the conference proceedings. Neither LACCEI nor the editors are responsible either for the content or for the implications of what is expressed in the paper.