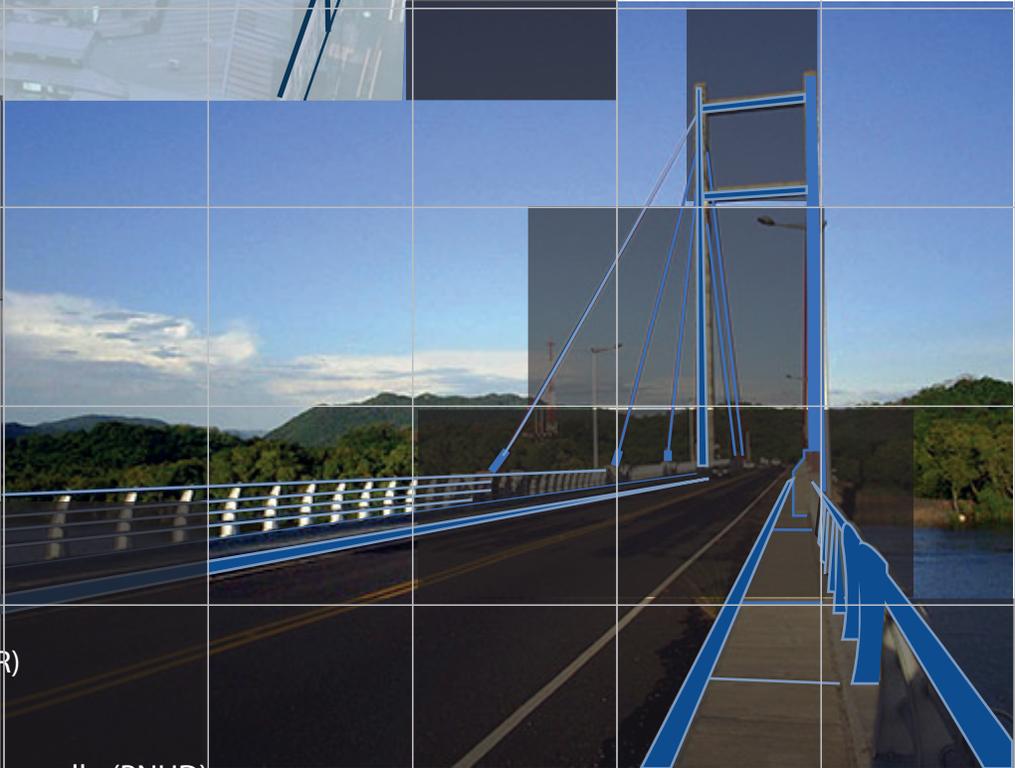
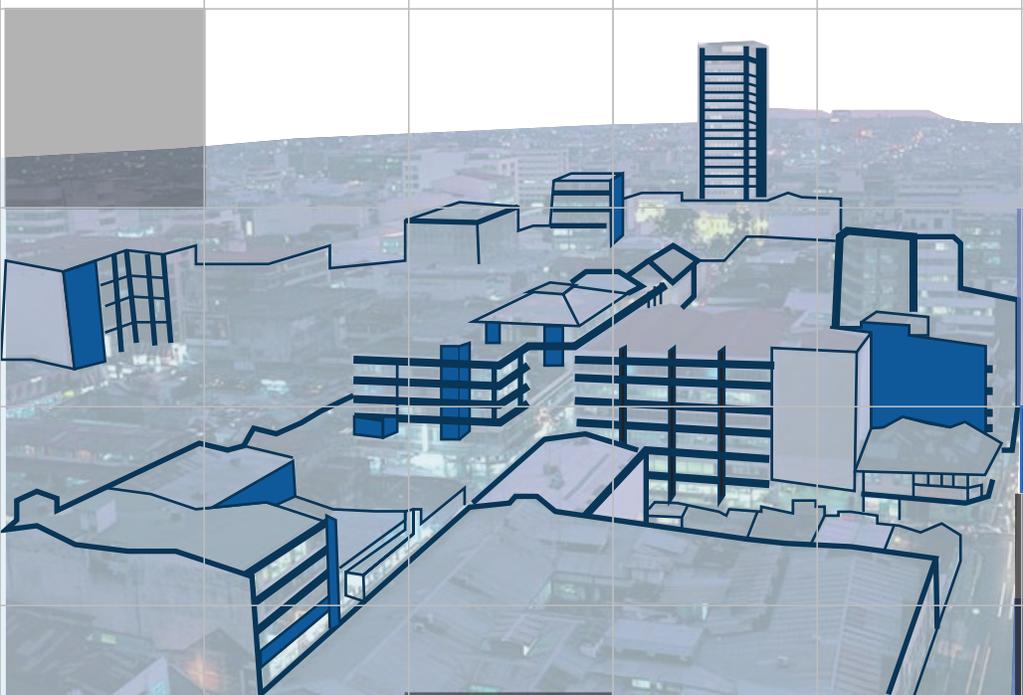


Evaluación de la vulnerabilidad y adaptación de infraestructura ante el cambio climático



Elaborada por:
Programa de Investigación en
Desarrollo Urbano Sostenible (ProDUS - UCR)

Para:
Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD)



Contenido

1	INTRODUCCIÓN	1
1.1	Cambio climático: una amenaza global irremediable con incertidumbres inevitables.....	1
2	LAS VULNERABILIDADES DE LA INFRAESTRUCTURA AL CAMBIO CLIMÁTICO..	3
2.1	Visión sistémica de la infraestructura	3
2.2	Malas prácticas de crecimiento de los asentamientos humanos.....	3
2.3	El sistema de transporte	5
2.4	Infraestructura para el abastecimiento de agua potable.....	9
2.5	Vulnerabilidades del sistema eléctrico al cambio climático y algunas posibles respuestas	10
2.6	El caso de los asentamientos humanos	12
2.7	Vulnerabilidades sociales	14
3	POLÍTICAS DE ADAPTACIÓN.....	14
4	POLÍTICAS DE SOLUCIÓN.....	155
4.1	Ordenamiento territorial como herramienta para disminuir vulnerabilidades a largo plazo	16
4.2	Costos y oportunidades económicas	16
4.3	Opciones de Adaptación.....	17
4.4	Algunos Objetivos e indicadores importantes.....	18
4.5	Debilidades Importantes	20
5	CONCLUSIONES	22

1 INTRODUCCIÓN

Este trabajo es un esfuerzo para encontrar oportunidades para enfrentar el cambio climático a través de medidas de adaptación en los sistemas de la infraestructura en Costa Rica. Para ello analiza algunas realidades del cambio climático, de las debilidades de la infraestructura en Costa Rica en particular la de transporte y evalúa las posibilidades de cambio hacia el futuro.

1.1 Cambio climático: una amenaza global irremediable con incertidumbres inevitables

Existe una extensa literatura del IPCC y de muchos investigadores sobre la existencia del cambio climático denominada por algunos “variabilidad climática adicional” causada por las actividades antrópicas de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). La ocurrencia en todas partes del mundo de más y más eventos extremos asociados directa o indirectamente a fenómenos hidrometeorológicos, en un período muy corto de tiempo, insinúa un proceso global fuera de control que está cambiando las características del sistema.

La relación de la sociedad con los sistemas naturales está construida sobre el equilibrio cambiante, pero relativamente estable de ese sustrato natural. Con el desarrollo científico y tecnológico las actividades humanas ganan independencia relativa de la naturaleza, pero aun así estos cambios pueden afectar muy seriamente las actividades humanas, desde la agricultura hasta dónde y cómo un lugar puede ser utilizado.

La esencia de la evolución de las sociedades humanas es la adaptación, por lo tanto hay experiencia ancestral. Sin embargo, hay que tener dos precauciones importantes en este caso, primero los cambios pueden ser mucho más rápidos y en ocasiones inesperados, segundo, las medidas de adaptación no deben agravar el problema de emisión de gases de efecto invernadero (GEI).

El cambio climático existe y aumenta las temperaturas promedio, y los extremos meteorológicos, por lo tanto aumenta o disminuye los caudales máximos en cunetas, alcantarillas, quebradas y ríos. Sin embargo, la inherente variabilidad hidrológica es tan grande que es difícil identificar cuantitativamente su impacto en cada caso específico.

Se puede afirmar entonces, de la existencia de un componente adicional de variabilidad climática causada por los seres y actividades humanas, que acentúa la ya conocida variabilidad de los fenómenos hidrometeorológicos. En muchos casos, esos cambios no se han podido cuantificar adecuadamente por la ausencia de suficientes mediciones por períodos largos de tiempo. El sentido de precaución ante los fenómenos ambientales llama a la prudencia especialmente en aquellos casos que los costos financieros adicionales de la adaptación no son realmente significativos.

En el caso de Costa Rica las altas precipitaciones tradicionales, la topografía quebrada y orografía del país implican amenazas naturales importantes desde siempre. La sociedad costarricense ha tenido que tomar en cuenta estas realidades y ha aprendido a reaccionar con rapidez y a veces con eficiencia antes estos numerosos eventos que ocurren todos los años en algún punto del territorio.

Sin embargo, en la inmensa mayoría de los casos la sociedad costarricense repara, pero no mejora; logra recuperar la situación anterior parcialmente pero no logra fortalecer adecuadamente los sistemas de infraestructura y las inversiones públicas y privadas para que sean más capaces de responder ante eventos similares en el futuro. O sea, no se aumenta la resiliencia de los sistemas después de que ocurren los daños y el desastre.

Esta realidad es consecuencia de varios factores simultáneos: primero, hay una enorme presión de la sociedad costarricense por reparar lo dañado rápidamente; segundo, no hay una planificación previa de cómo se podría mejorar lo construido en el caso de que sea destruido en un evento específico; y tercero, muchas veces no hay, o no se asignan recursos para lograr hacer cambios significativos.

Todavía más grave es la tendencia a construir obras, específicamente diques, que parecieran proteger asentamientos localizados en terrenos altamente vulnerables, que nunca deberían haber sido construidos y cuyos habitantes y actividades no se quieren desplazar para no enfrentar a la población o por no reconocer los errores anteriores.

Esta es la realidad actual. No se sabe con certeza si los eventos de los últimos años son los primeros productos del cambio climático en el sentido de aumento de la frecuencia y magnitud de los mismos. Pero paradójicamente esa incertidumbre de la causalidad no es tan importante puesto que pareciera claro, al menos a los ojos de los expertos, que las respuestas ante esos eventos extremos deben mejorarse significativamente. Hay que prever que esos eventos extremos van a hacerse más frecuentes, pero es sabido en hidrología que las variaciones de las magnitudes entre períodos de retorno largos son más bajas que las variaciones para períodos de retorno cortos.

El fenómeno del cambio climático y el aumento de la variabilidad climática son globales, pero la necesidad de adaptación tiene fuertes componentes locales y regionales. Es en lo local donde se deben encontrar las respuestas y para muchos de los fenómenos directos o indirectos causados por el cambio climático como inundaciones y deslizamientos ya existen y ya se han manejado con éxitos y fracasos. Por lo tanto, analizar los éxitos y fracasos de las políticas actuales es esencial para planificar la respuesta y preparación ante eventos un poco mayores.

Por supuesto, en algunos casos, ya sean sequías u oleaje fuerte en la costa, la experiencia del país es más limitada y se requiere una reflexión más detallada, aprovechando eso sí, el conocimiento nacional e internacional sobre estas temáticas.

Hay que ver estas nuevas realidades sin catastrofismo. Hay que enfrentarlas como un nuevo elemento transversal que afecta a las diferentes disciplinas que han enfrentado los problemas de eventos naturales extremos, de la planificación territorial, del diseño de la infraestructura y de la protección de asentamientos humanos. No se puede enfrentar el cambio climático sin los expertos en los sistemas que se quieren proteger. En ocasiones la efectividad de los esfuerzos ha sido muy baja, por lo tanto se debe partir de esas realidades para mejorarlas, tan pronto como se pueda. Por supuesto, esta nueva reflexión puede ayudar a enfrentar mejor los problemas de ineficiencia e ineficacia de políticas sociales y económicas o de disminuir la desigualdad o la pobreza, pero lo fundamental es enfrentar mejor los eventos hidrometeorológicos extremos así como tendencias de aumento de las temperaturas en el largo plazo.

Este trabajo se divide en varias partes. Primero un análisis general acompañado de un anexo sobre vulnerabilidades a las inundaciones de instalaciones de escuelas y colegios.

Posteriormente se crean una serie de fichas de situaciones específicas de vulnerabilidad física agrupadas por tipo. Finalmente se presenta una bibliografía comentada.

El análisis general se compone de cinco secciones. La primera es una introducción. La segunda es un análisis de las vulnerabilidades de la infraestructura al cambio climático, la tercera discute posibles acciones de adaptación. La cuarta sección plantea problemas estructurales de carácter político e institucional que deben tomarse en cuenta y enfrentarse. La quinta y última sección son las conclusiones y recomendaciones.

2 LAS VULNERABILIDADES DE LA INFRAESTRUCTURA AL CAMBIO CLIMÁTICO

En esta sección se presentan las más importantes vulnerabilidades de la infraestructura costarricense al Cambio climático. Se considera que la infraestructura vial es fundamental y se habla muy poco del sistema eléctrico porque existe otro trabajo de consultoría que está analizando ese tema.

2.1 Visión sistémica de la infraestructura

Casi cualquier elemento de un sistema de infraestructura no es funcional por si sólo sino como parte de un todo mucho más complejo. Sin embargo, en muchas ocasiones las vulnerabilidades de un componente se transmiten a todo el conjunto especialmente cuando este no tiene suficiente redundancia. En ocasiones se habla de endurecer a un sistema ante eventos extremos. Esto implica simultáneamente dos cosas: hacer cada componente más resistente a cualquier tipo de amenaza y segundo y todavía más importante lograr que el sistema pueda seguir funcionando aunque ese elemento no opere apropiadamente, esto es redundancia física. Además, hay que complementar esta estrategia con prácticas equivalentes para los recursos humanos que administran el sistema.

Obviamente no todo elemento o personal puede ser duplicado o triplicado y por lo tanto una política razonable es plantearse, dadas las formas como opera el sistema, cuáles son sus vulnerabilidades más importantes y graves para cualquier tipo de amenaza y definir cómo se puede lograr que el sistema resista mejor esas amenazas, pero también como esos esfuerzos pueden ayudar a aumentar la resiliencia del sistema en el futuro.

En general es importante indicar dos reglas fundamentales para aumentar la redundancia de un sistema, primera independencia entre los componentes que reciben el apoyo del elemento redundante y segunda equivalencia en la capacidad de elemento redundante. Estas dos reglas se aplican tanto a elementos físicos como humanos.

La visión de sistema es importante al diseñar medidas correctivas, puesto que cualquier acción que se tome va a implicar diversas respuestas de diversos actores, por lo que además hay que visualizar los impactos de corto y largo plazo.

2.2 Malas prácticas de crecimiento de los asentamientos humanos

Las malas prácticas de crecimiento de los asentamientos humanos agravan el problema de vulnerabilidad a los grandes eventos hidrometeorológicos. Se ocupan laderas, márgenes y cauces de los ríos. Muchas cuencas altas urbanas se pavimentan y las

prácticas tradicionales de sacar el agua lo más pronto posible de “mi propiedad”, acentúan los problemas.

La infraestructura vial en muchos casos, tanto en pueblos como ciudades y en carreteras de todo tipo consiste en puentes bajos y cortos que no dejan suficiente espacio para caudales significativamente más grandes y que con la velocidad adicional que tienen ante un evento extremo son capaces de arrastrar troncos y piedras muy grandes.

El crecimiento disperso de los asentamientos humanos en muchos lugares de Costa Rica aumenta las dificultades para proveer infraestructura a costos razonable en muchos casos, especialmente aquellas con impactos ambientales (tratamiento de aguas servidas y recolección de residuos sólidos) y de vulnerabilidad ante eventos extremos como alcantarillados pluviales.

Los problemas deben verse como oportunidades que requieren inversión y políticas públicas para mejorarse. Las excusas para no hacer cosas en el corto plazo son inaceptables en el largo plazo. La ocupación de zonas a las orillas de los ríos, la invasión de cauces y de márgenes debe detenerse y las ocupaciones actuales disminuirse tan pronto se pueda. Para mejorar la situación, el Estado es esencial ejerciendo su autoridad y promoviendo usos alternativos de recreación y protección ambiental en las áreas críticas en cooperación con las comunidades. También es importante la formación de recursos humanos de alto nivel que permita identificar las amenazas más importantes en un grupo de lugares ya reconocidos como potencialmente vulnerables. Igualmente es fundamental conocer las vulnerabilidades de cada comunidad y las formas para enfrentarlas con educación y procesos de incorporación de los pobladores al proceso de solución.

Particularidades de los asentamientos humanos. El sistema vial costarricense y la infraestructura de sus asentamientos humanos tiene enormes debilidades no resueltas en un manejo adecuado de las aguas pluviales por falta de diseño o por diseños inadecuados. Un desafío es cómo se identifican y enfrentan amenazas y vulnerabilidades específicas en puntos determinados del territorio.

Hay algunos indicios en Costa Rica y en otros países por ejemplo México y Estados Unidos (Colorado) donde pueden darse enormes lluvias intensas por períodos relativamente cortos de tiempo y con graves daños para la infraestructura y las ciudades.

Hay una creciente vulnerabilidad de la sociedad costarricense al ocupar terrenos inadecuados por las amenazas presentes que muy probablemente aumenten en el futuro y en muchos casos, por manejar mal aguas pluviales y servidas.

En casos de duda, hay que darle preferencia a puentes sobre alcantarillas, especialmente para ríos de cuencas medianas puesto que la capacidad hidráulica de los puentes es mucho mayor. La urbanización aguas arriba y el cambio climático aumentan los picos de los caudales que transportan ríos y quebradas. En otras ocasiones la creciente deforestación y las lluvias algo más intensas favorecen deslizamientos que terminan en el cauce y por lo tanto la crecida con mucha frecuencia arrastra muchos troncos y rocas de gran tamaño que se atorán mucho más fácilmente en una alcantarilla que en un puente. Si se decide construir alcantarillas debe protegerse adecuadamente los taludes aguas arriba que eventualmente podrían obstruirlas si se deslizaran.

Deben identificarse tramos de carreteras donde la socavación por efectos de ríos o deslizamiento podría ser posible dadas las experiencias del pasado.

La falta de diseños apropiados, la obsesión y/o necesidad histórica en construir cruces de ríos y quebradas con alcantarillas y no con puentes implica que no se necesitan huracanes o tormentas tropicales extremas para producir daños.

2.3 El sistema de transporte

El sistema de transportes es esencial para garantizar acceso y movilidad a todas los habitantes de una sociedad, pero también a los productos físicos que consumen, compran o venden.

El sistema es muy complejo y está relacionado con los sistemas globales. Por supuesto el sistema vial en Costa Rica es el más importante, pero también son importantes las terminales portuarias y aeroportuarias. También en tierra están los ferrocarriles, los oleoductos, los ferries o transbordadores y los muelles para todos estos sistemas.

Todos ellos tienen actualmente vulnerabilidades importantes y específicas que podrán ser discutidas más adelante. Las vulnerabilidades deben ser evaluadas no solo para los proyectos ya existentes sino para los nuevos o proyectados entre los que se encuentran el aeropuerto de Palmar Sur, la posible refinería en la ciudad de Limón, la ampliación de la ruta 32 en las llanuras de la provincia de Limón.

a. Infraestructura vial

La infraestructura vial en Costa Rica tiene grandes limitaciones, no por su extensión que es enorme dado el nivel de desarrollo y tamaño del país, sino por sus deficiencias y vulnerabilidades. Las vulnerabilidades son consecuencia de varios factores importantes: (a) La zona más poblada del país es muy quebrada y/o lluviosa, esto implica muchos ríos y quebradas en las zonas montañosas, además en las zonas planas algunos ríos cambian su curso; (b) los asentamientos humanos están muy dispersos por todo el territorio con densidades sumamente bajas, pero requieren caminos de acceso; (c) los políticos prefirieron extender el sistema a mejorar su calidad; (d) las carreteras fueron diseñadas suponiendo algunos deslizamientos “de estabilización” después de su apertura y (e) las inversiones en transporte han sido insuficientes y no muy efectivas por varias décadas. Ahora, aún con un mejor sistema de mantenimiento, en parte por la vigilancia del Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LANAMME), no son suficientes para arreglar las vías adecuadamente.

El sistema se divide en carreteras nacionales y cantonales. Unas pocas carreteras^[1] nacionales tienen carriles separados y/o flujos relativamente significativos de más de 10 mil vehículos diarios. El resto forma parte de la red nacional de accesibilidad con menor demanda (ver los mapas de flujos). La red cantonal complementa la red nacional con flujos viales mucho más pequeños. La excepción es la Gran Área Metropolitana (GAM) donde muchas vías cantonales tienen funciones intrarregionales con flujos significativos.

Por otro lado, mucho del crecimiento urbano de las últimas décadas es disperso, no se integra a las cuadrículas de calles originales y en algunas ocasiones como Guápiles, Flores pero también Alajuela dificulta significativamente la circulación interna y la conectividad general.

En general en el sistema predomina su estructura radial con centros nacionales y regionales. San José domina con casi todas las carreteras importantes entrando o saliendo del cantón central, y algo similar ocurre con las rutas de buses. Por otro lado, las tres capitales provinciales de la GAM tienen también su sistema radial y muchas ciudades

secundarias importantes sean o no capitales de provincia son centros importantes de vías y rutas de buses. Se pueden mencionar San Isidro del General, Ciudad Quesada, y en menor grado Liberia y Puntarenas.

Una red ideal para dotar de redundancia y alternativas al sistema es una retícula en donde además de las vías radiales, existen otras que no pasan por el centro del país y que brindan posibilidades de interacción entre zonas periféricas sin pasar por el centro. El país ha avanzado algo en ese sentido y es bueno mencionar la costanera central y sur (34) y la vía (4) en el norte. En realidad cualquier vía importante nueva que se construya implicará ahora redundancia.

El sistema tiene dos problemas institucionales muy graves, para empezar es muy difícil expropiar terrenos en Costa Rica. Las carreteras son especialmente vulnerables a los abusos de algunos propietarios porque basta que uno resista la expropiación y todo el proyecto tiene dificultades para concretarse. Muchos proyectos han sido víctimas de esta disfuncionalidad, entre los que se pueden mencionar la carretera 27 a Caldera, la terminación de la vía 39 de circunvalación al norte de la ciudad de San José, la ampliación de la Bernardo Soto a San Ramón, la nueva carretera a San Carlos.

Otro problema institucional muy importante es la invasión generalizada del derecho de vía por parte de grandes y pequeños propietarios. Legalmente las vías son un bien demanial, esto es, la propiedad estatal que nunca caduca, pero tanto el gobierno nacional como las municipalidades no han sido capaces de defender esos derechos. Esto crea serios problemas con las ampliaciones de las vías y puentes cuando además en ese derecho de vía se colocan diversas infraestructuras de transporte de agua, fibra óptica, oleoductos y otros.

Para facilitar el análisis es importante diferenciar tres tipos de vulnerabilidades: (a) la física que es la posibilidad de falla de cada componente o tramo; (b) la sistémica que indica la importancia de la vía que podría fallar porque no existen muchas alternativas a las posibilidades de circulación que provee y (c) la funcional que indica la cantidad de vehículos de diferentes tipos que pueden ser afectados por diferentes períodos de tiempo.

b. Vulnerabilidades físicas importantes del sistema vial

Las carreteras costarricenses son vulnerables a fenómenos hidrometeorológicos que van a aumentar su frecuencia y magnitud con el cambio climático. Hay dos grandes fenómenos que muestran esa vulnerabilidad (a) cruces de ríos y quebradas que pueden ser por medio de puentes o alcantarillas y (b) deslizamientos sobre la superficie de rodamiento o socavación de la misma, especialmente cuando el método de construcción fue de corte y relleno.

El trabajo reciente del LANAMME-UCR (2013) sobre la red nacional importante en la GAM muestra de forma muy clara cómo evaluar la vulnerabilidad física de diferentes pasos de ríos y quebradas tomando en cuenta: el caudal del río basado en el área tributaria, las características de alineamiento de la alcantarilla con respecto al curso de agua, las características geológicas de las márgenes y el grado de atascamiento de materiales en el acceso o dentro de la alcantarilla.

Trabajos académicos anteriores de la Escuela de Ingeniería Civil dirigidos por el Doctor William Vargas y también por Rosendo Pujol (ver proyecto final de Graduación del Ingeniero Fred Corrales sobre la carretera 32 en su cruce del Parque Nacional Braulio Carrillo) analizaron la vulnerabilidad a deslizamientos de diferentes carreteras del país.

Entre otros aspectos se demostró que la geología de los taludes y la posición de la vía con respecto a la divisoria de aguas son factores importantes. Además, se encontró que las lluvias intensas por unas pocas horas son importantes disparadores de deslizamientos.

El alcance de este trabajo es de largo plazo y de todo el sistema de infraestructura, en cualquier lugar del país por lo que la aproximación debe ser general. Un grave error en gran parte de la infraestructura vial costarricense es que los puentes son demasiado bajos y cortos, debido a que se han construido rellenos de aproximación en uno o ambos extremos. Esta práctica es inconveniente cuando se esperan muchos eventos importantes.

Además, en muchos lugares incluidas la Ruta 34 o Costanera y la Ruta 36 que lleva a Puerto Viejo de Talamanca, los puentes tienden a ser muy bajos. Finalmente muchas de estas vías se han transformado por ausencia de suficientes alcantarillas en verdaderos diques que impiden que el agua circule libremente en las llanuras de inundación de las zonas costeras de Costa Rica. Como consecuencia de esto, se crean importantes diferencias en los niveles del agua a los lados de la vía, que la debilitan estructuralmente. En algunas ocasiones el agua se estanca después de un gran evento, porque no puede fluir apropiadamente debido en parte a los diques que en muchas partes, se han construido para proteger cultivos agrícolas, lo que facilita la inundación de los poblados tales como, Sixaola de Talamanca, Matina o Filadelfia.

c. Factores que aumentan la vulnerabilidad sistémica de la red vial

La vulnerabilidad sistémica está asociada a la importancia de un componente para el sistema completo. Usualmente cuando en el sistema existen varios componentes o tramos de vía en paralelo, que facilitan la circulación entre un punto A y B esa vulnerabilidad es baja. La importancia topológica del tramo es menor porque existen alternativas. La vulnerabilidad sistémica asociada a un tramo de vía es mayor cuando, ese tramo es importante física y funcionalmente, pero sobre todo cuando no hay alternativas de capacidad similar, al menos en una parte del mismo en el sistema existente. Corregir este tipo de debilidades que son comunes en el sistema vial costarricense es urgente

El primer elemento importante de cualquier sistema de líneas vitales, y las vías de transportes son uno de ellos, es que cualquier eslabón que falle o se rompa implica la interrupción de ese tramo o componente. La única excepción es cuando ese componente o subcomponente tenga una alternativa de circulación equivalente.

El sistema vial costarricense, especialmente por su carácter radial, tiene muy poca redundancia y muchas veces, cuando existen las vías, estas no son realmente equivalentes, por lo que aunque ayudan a reducir el impacto su contribución es limitada. Por ejemplo interrupciones de la vía 32 en el Zurquí genera grandes problemas en la carretera 10 que pasa por Cartago y Turrialba. Cuando se interrumpe la vía 27 se recarga significativamente la interamericana norte de San Ramón a Barranca y/o tramos de la vieja carretera a Atenas y Orotina. El tramo de la carretera 32 entre Guápiles y Limón no tiene prácticamente alternativas.

Algunas que requieren aumentar con urgencia la redundancia son la nueva carretera a Cartago por Tobosi, el anillo norte de Circunvalación. Por otro lado es urgente mejorar

otras vías donde es difícil proveer redundancia como la interamericana sur después de Palmar Norte y la vía de Paraíso a Turrialba. En estos casos tiene mucho sentido aumentar la redundancia del sistema vial. En otros casos, es más dudoso por lo que la estrategia debería ser fortalecer la capacidad de los componentes más débiles, sean puentes o tramos de vía para que la probabilidad de falla ante un evento hidro meteorológico disminuya significativamente. Identificar los problemas es esencial para planificar, pero ante una situación de recursos escasos, no es suficiente para evitar futuros problemas.

d. Importancia funcional de una vía

Los flujos viales son un componente significativo de la importancia funcional de una vía pero no lo explican todo. Igualmente importante es la posición de la vía o partes de la misma donde se encuentra el cruce de río o el tramo vulnerable a deslizamiento o socavación. Entonces la importancia funcional está asociada al impacto efectivo que puede tener una interrupción para las actividades productivas, el comercio exterior o inclusive las actividades diarias en la región metropolitana porque una interrupción produce un aumento significativo de la duración de los viajes cuyo propósito es ir al trabajo o a una institución educativa.. También muy importante en este análisis es la existencia de alternativas equivalentes y aún más la cantidad de kilómetros de la vía alterna. En las zonas urbanas como San José, San Ramón, Liberia, y partes de Alajuela, Heredia y Cartago ayuda mucho a disponer de alternativas cuando hay una interrupción. Sin embargo en los bordes de las viejas ciudades y en los condominios horizontales, especialmente los muy grandes (por ejemplo los mayores a 3 hectáreas) el problema se agrava significativamente.

Por eso, un indicador útil del impacto de la vulnerabilidad funcional de una interrupción de vías específica podría ser el cambio en vehículo-kilómetro de pasajeros para vehículos particulares, el cambio en pasajero-kilómetro adicional para transporte público y la tonelada-Km adicional para vehículos de carga.

También es importante recordar, por ejemplo, que flujos de más de 30 000 vehículos diarios (utilizados como criterio por el LANAMME) solo se presentan dentro de la GAM (ver mapas 1 y 2). Otros criterios a tomar en cuenta son los flujos de vehículos pesados directamente relacionados a la producción o de buses que implican una importancia mayor en la movilidad de la población (ver Mapas 3 y 4).

Los mapas de flujos viales del total de vehículos y de vehículos pesados (de más de tres ejes) muestran realidades muy interesantes.

Para el caso de flujos totales es evidente que la totalidad de los tramos que superan los 25 mil vehículos diarios de flujo total están dentro de la Gran Área Metropolitana (ver mapas 1 y 2). La nueva carretera a Caldera, que no se incluye en el mapa adjunto, muestra en la estación de conteo cerca del Río Grande, aproximadamente en el borde de la GAM flujos promedio diarios (TPDA) de 16 mil vehículos en el 2012.

Fuera de la GAM los puntos de mayores flujos son los corredores de actividad económica y social, la 32 a la ciudad de Limón, la ruta 1 hasta la frontera de Peñas Blancas, pero especialmente hasta Liberia, la 2 o interamericana sur que llega hasta Paso Canoas y por supuesto la costanera sur o ruta 34. Pero aún más importantes son las vías cercanas a las ciudades intermedias fuera de la GAM como Ciudad Quesada, San Isidro de Pérez Zeledón, Puntarenas, Limón y otros

Para el caso de flujos de vehículos pesados (ver mapas 3 y 4), la GAM también muestra la mayoría de los tramos con mayores flujos, pero la diferencia no es tan grande y la vía 32 a Limón, la Bernardo Soto a San Ramón, y las vías cerca de Barranca muestran volúmenes muy importantes.

Hay que indicar además que por las vías más importantes del sistema nacional circulan muchos buses que transportan la mayoría de los pasajeros kilómetro en Costa Rica. Sin embargo los buses son mucho más importantes como forma de acceso dentro de la GAM y entre todos los puntos del territorio y San José y cantones adyacentes.

e. Otros tipos de infraestructura de transportes: Puertos y aeropuertos

El país tiene cuatro terminales internacionales importantes, el aeropuerto Juan Santamaría, el aeropuerto Daniel Oduber Quirós de Liberia, el Puerto de Moín y el Puerto de Caldera, a ellos se les pueden añadir los dos puertos de cruceros en Puntarenas y Limón. No hay señales de problemas de eventos hidrometeorológicos importantes en los aeropuertos pero si podrían verse afectados los puertos por vientos huracanados o subida del nivel del mar. En cuanto a aeropuertos y aeródromos menos importantes hay algunos que tienen vulnerabilidades, se pueden citar el de la ciudad de Limón que se inunda a veces y el de Puerto Jiménez ocupa al menos parcialmente un humedal.

Además, el nuevo aeropuerto de Palmar Sur fue localizado en una zona que tradicionalmente se inunda por lo que la obra indudablemente, si se construye, tendrá que levantar el nivel del terreno varios metros para garantizar que la pista de aterrizaje no se inunde ante eventos hidrometeorológicos de gran magnitud.

Por supuesto todos los puertos, en particular los de Limón, Puntarenas y Caldera están sujetos a los oleajes fuertes. El último informe del IPPC del 2013, presenta estimaciones de levantamiento del nivel del mar de 30 a 90 centímetros para 2100, pero esto hay que contrastarlo con las estimaciones de levantamiento del territorio costarricense, a consecuencia de terremotos de subducción, a ritmos superiores a 60 centímetros por siglo por lo que en gran parte de la costa el problema no será grave. Sin embargo, en Puntarenas toda la ciudad podría estar seriamente afectada, incluido su muelle y también su planta de tratamiento de agua servidas.

Es importante contrastar las vulnerabilidades ya documentadas con los niveles de elevación del nivel del mar predichos y también monitorear la realidad. Hay que recordar que parte de la costa costarricense se levanta como parte del proceso de subducción, usualmente en saltos concentrados de elevación asociados a terremotos. Hay que evaluar la importancia esperable de este fenómeno en la ciudad de Puntarenas. Por otro lado, cualquier infraestructura nueva de carácter estratégico debería localizarse, siguiendo el principio de precaución, fuera de la punta para protegerla de la combinación de fuerte oleaje y elevación del nivel de las aguas del mar.

2.4 Infraestructura para el abastecimiento de agua potable

El agua es un bien abundante y público en Costa Rica, aunque algunos han intentado privatizarlo, esto facilita significativamente las oportunidades de mejoramiento.

La infraestructura para el abastecimiento de agua potable muestra gran diversidad en sus fuentes, calidad de la infraestructura, sofisticación tecnológica y capacidad institucional. Unas pocas empresas públicas como Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados y la Empresa de Servicios Públicos de Heredia, abastecen a muchas

decenas de miles de abonados. Por otro lado, las municipalidades como en Alajuela, tienen gran importancia. Y en las zonas rurales las ASADAS son con mucho, las grandes proveedoras del servicio.

Desde el punto de vista de las fuentes, una gran parte del país es servido por aguas superficiales como el proyecto Orosí de Acueductos y Alcantarillados, y otros proyectos que abastecen muchos cantones del país dentro y fuera de la GAM (como Puntarenas). Otra fuente importante son los pozos que le sirven tanto al AyA como a la ESPH y a muchas municipalidades para proveer agua cuando no hay disponibilidad de aguas superficiales.

Obviamente la extracción de agua subterránea requiere bombeo lo que a su vez requiere energía eléctrica. Esto implica una importante relación entre los dos sistemas y una vulnerabilidad adicional del suministro de agua en esos sistemas la que puede ser reducida en parte con políticas de almacenamiento apropiadas para bombear de noche y reducir el costo de la electricidad y protegerse de posibles interrupciones del fluido eléctrico.

Sin embargo, la falta de conectividad entre sistemas y de fuentes en muchos casos es la vulnerabilidad sistémica más importante. AyA tiene un programa de construcción de tanques adicionales y tuberías de interconexión que minimizarán el problema en el Area Metropolitana.

Por mucho tiempo, especialmente en las zonas rurales la población rechazaba que el agua potable accesible dentro del hogar tiene un costo importante que debe ser pagado por el usuario. En otros lugares, solo la intervención de ARESEP logró que subieran las tarifas exageradamente bajas. La penuria financiera de las ASADAS, combinada con la falta de conocimiento de muchos de sus responsables implica que en muchos lugares los sistemas se niegan a recibir nuevos clientes, cuando en realidad es una obligación pero que debe ser retribuida adecuadamente para compensar los costos que cada abonado o grupo de abonados implica para el sistema.

2.5 Vulnerabilidades del sistema eléctrico al cambio climático y algunas posibles respuestas

La medida de adaptación más importante en el campo del consumo de electricidad es reducirlo a través de medidas de eficiencia y efectividad. El crecimiento del consumo de electricidad, en los últimos años, ha sido lo suficientemente bajo, como para mostrar que es posible aumentar la efectividad en el uso de la electricidad, especialmente cuando un fuerte aumento de precios, como en 2013, sirve como estímulo adicional.

Si las precipitaciones anuales son fenómenos independientes. La posibilidad de varios años de sequía es una función multiplicativa de la probabilidad de cada año. Por lo tanto, este fenómeno compuesto es menos esperable que una sequía anual.

Existen posibilidades crecientes con el cambio climático de que se repitan situaciones de escasez de lluvias multianuales que reducen la producción de hidroelectricidad y obliga a usar las plantas térmicas. Obviamente, ampliar la capacidad de producción de electricidad de fuentes eólicas, geotérmicas e inclusive solares ayudaría a disminuir la vulnerabilidad.

Sin embargo, el carácter intermitente de la energía eólica y la incapacidad actual de acumular su producción, implica riesgos adicionales para la estabilidad del sistema, especialmente si se compara con las plantas hidroeléctricas que pueden almacenar agua en embalses grandes. El país debe avanzar en el desarrollo de la geotermia como energía firme y garantizada que le permitiría estabilizar el sistema e inclusive absorber más energía eólica sin mucho problema.

El uso de gas en el sistema eléctrico de Costa Rica no se puede descartar pero solo en plantas termoeléctricas o sistema de transporte en la costa, puesto que el país no tiene un gasoducto para el transporte de gas natural al Valle Central de manera eficiente.

Hay que recordar que el quemado de gas natural en la producción de electricidad o combustión de motores de vehículos, disminuye las emisiones de CO₂ en aproximadamente un 30%, lo que tendría un efecto positivo en la mitigación y permitiría compensar cualquier problema con la producción hidroeléctrica con menores impactos ambientales. Sin embargo, es muy difícil que los precios del gas natural en EEUU se mantengan tan bajos o que ese gas esté realmente disponible para Costa Rica.

Sin embargo, una gran oportunidad tecnológica es el desarrollo de baterías para el almacenaje de energía eólica o especialmente solar. Si su costo bajará como prevé la agencia de energía del gobierno estadounidense (EIA), de los 1000 dólares por KWh actuales a 150 para el año 2023, abriría nuevas posibilidades de utilización más intensiva de esa energía renovable.

En todo caso para Costa Rica, la combinación de producción hidroeléctrica y geotérmica con eólica y eventualmente el apoyo de alguna energía solar es una solución casi perfecta porque permite utilizar de una manera muy efectiva las energías renovables que tienen un costo marginal cero. Para eso obviamente hay que construir más plantas de producción de electricidad con recursos renovables, pero muchas ya están planeadas.

Es lamentable que el debate sobre el futuro eléctrico del país y su respuesta al cambio climático se haya polarizado. Por un lado, los que promueven grandes exportaciones de energía a Centroamérica, cuando se sabe que muchos de los potenciales proyectos están en parques nacionales y/o Territorios indígenas. Los oponentes más extremos se oponen a casi cualquier alternativa de crecimiento del sistema, con el argumento de que su crecimiento será para exportar. La verdad es que comerciar energía por exportación e importación en diferentes momentos del año es una forma muy inteligente de reducir el tamaño máximo del sistema y sus impactos ambientales para un nivel de servicio similar.

El desafío es buscar un medio político justo combinado con un esfuerzo continuo para mejorar la eficiencia en el uso de la electricidad, bajando su consumo por unidad de producto económico. Esto es, continuar y acentuar el desacople del crecimiento del consumo de electricidad, del crecimiento económico. Por otro lado, hay que hacer esfuerzos para generar más autoproducción con energía solar, al menos para el calentamiento de agua, en diversos sectores en particular el hotelero y en fomentar la producción de energía eólica de una forma diversificada y preferiblemente cerca de los concentraciones geográficas de consumo para evitar los graves inconvenientes como los que se presentan en este momento en Alemania y España. Por supuesto el desarrollo tecnológico del almacenaje de electricidad favorecería enormemente este esfuerzo. Menos sentido tiene el intentar producir electricidad de los desechos sólidos municipales por su alto costo y porque compite con todos los esfuerzos de reciclaje que el país ha

construido por varias décadas y fue codificado en la nueva Ley de Manejo de Residuos Sólidos.

2.6 El caso de los asentamientos humanos

Los asentamientos humanos albergan personas y sus actividades productivas, sociales y de recreación. Hay muchas vulnerabilidades dentro de los asentamientos humanos en zonas, relativamente pequeñas en la mayoría de los casos vulnerables a inundaciones o deslizamiento.

Los asentamientos humanos tienen vulnerabilidades especiales en su propio territorio debido a las características de los sitios en que se localizan. Parte o la totalidad del asentamiento puede ser vulnerable a deslizamientos o inundaciones o inclusive a fuego propagado de la zona cercana después de un incendio.

En el caso costarricense las inundaciones, los deslizamientos y el socavamiento de rellenos artificiales mal compactados son las situaciones más importantes.

Dentro de los asentamientos humanos hay vulnerabilidades específicas en barrios concretos, pero también mal manejo de las aguas pluviales que producen inundaciones locales, muy comunes en Costa Rica y muy serias en pueblos y ciudades como Paso Canoas y Alajuela, por falta de un alcantarillado pluvial adecuado, lo que se detalla en algunas fichas más adelante en este documento.

Pero además, cualquiera que sea la forma de la amenaza hay infraestructura social o productiva que puede ser afectada; en ellos se encuentran, escuelas, colegios, EBAIS, centros de salud y muchos otros. Existen pocos estudios de las vulnerabilidades concretas en cada caso y falta mucho por hacer para crear las priorizaciones necesarias y urgentes. Un ejemplo de lo que se debe hacer es el estudio de vulnerabilidad de las alcantarillas en la GAM realizado por el LANAMME de la UCR.

Hay que indicar que el promover edificios altos dependientes de ascensores, bombas para elevar el agua potable y aire acondicionado aumentan significativamente la dependencia de tecnologías que consumen electricidad cuya alimentación exterior podrían fallar en cualquier momento, obsérvese las consecuencias del terremoto de Fukushima (11 de marzo del 2011) y de los apagones de Buenos Aires (2013).

Otro peligro muy importante es asumir que la población, que creció al 1% al año en el período inter censal 2000-2011 va aumentar mucho más en los próximos años como hacen muchos promotores inmobiliarios para lograr que se liberalice el crecimiento de las ciudades y en particular de la GAM en todas las direcciones.

Sin embargo eso no es todo. Tanto personas como empresas e instituciones requieren los servicios que proveen las redes de infraestructura (bienes transportados, electricidad, agua, telecomunicaciones). Esas necesidades son servidas por redes que mayoritariamente no están propiamente en los asentamientos humanos, como redes viales y de agua potable que se discuten en otras partes de este documento.

Pero para una comunidad es esencial proteger infraestructura fuera del asentamiento que le brinda servicios vitales como una fuente de agua, especialmente cuando carece de redundancia.

a. Aumentar la resiliencia de pueblos y ciudades

Se define resiliencia como la capacidad de cualquier sistema natural o humano de recuperarse ante la adversidad, e inclusive mejorar su estado después de la recuperación. La adaptación a los impactos del cambio climático en sus diversas formas incluye el reducir los impactos del mismo tanto como se pueda en cada caso específico. Una parte esencial de disminuir las consecuencias del impacto es disminuir las vulnerabilidades de largo plazo y la resiliencia es un concepto fundamental en esa estrategia. Resiliencia ante el cambio climático en pueblos y ciudades es lograr que los fenómenos asociados no logren afectar significativamente las posibilidades de mejoramiento de la calidad de vida y posibilidades de producir bienes y servicios en el mediano y largo plazo. Es inevitable que cualquier fenómeno natural extremo produzca daños a la economía y la sociedad, sin embargo, resiliencia es que la recuperación permita mejorar significativamente la infraestructura y las capacidades de producir y de promover que los siguientes eventos hidrometeorológicos extremos produzcan impactos menores cuando vuelvan a ocurrir en el futuro.

La construcción, ampliación y mejoramiento de alcantarillados pluviales es un elemento central de cualquier estrategia de adaptación al cambio climático. Igualmente importante es mejorar el mantenimiento de los existentes. Los problemas en los alcantarillados pluviales son la causa de muchas de las inundaciones urbanas en Costa Rica.

También es muy importante que los nuevos proyectos de construcción dentro y en los bordes de pueblos y ciudades no amplíen los problemas de picos de flujo de aguas. Esto se logra creando en cada urbanización u obra industrial o comercial importante tanques que almacenen temporalmente los picos de la lluvia. Por lo tanto el reglamento de construcciones y otras herramientas del ordenamiento territorial pueden ser muy efectivos, si se hacen cumplir efectivamente, para minimizar los problemas de largo plazo y adaptarse mejor a los eventos extremos del futuro.

b. Infraestructura urbana

En este trabajo se decidió tratar específicamente y de manera separada las infraestructuras más importantes como son: transporte, agua potable y electricidad (evaluada en otro trabajo y que se comentó brevemente). Se presenta también más adelante un anexo sobre las vulnerabilidades a inundaciones de las escuelas y colegios en algunas zonas de Costa Rica. El resto de los sistemas de infraestructura se agrupó como infraestructura dentro de los asentamientos humanos más grandes e importantes.

En Costa Rica las principales amenazas son las lluvias intensas, asociadas a inundaciones y deslizamientos, las sequías que producen problemas de abastecimiento de agua potable, disminución de la producción hidroeléctrica, y también aumentar la vulnerabilidad a incendios provocados por seres humanos.

Más específicamente hay comunidades sujetas a potenciales inundaciones rápidas o lentas. Hay lugares dentro de las ciudades propensos tanto a inundaciones como a deslizamientos, pero también hay ciudades completas amenazadas usualmente por inundaciones lentas como Parrita, Matina, Filadelfia y algunas otras. Algunas pocas como Ciudad Neilly e inclusive San Isidro de Pérez Zeledón o partes de Guápiles podrían sufrir inundaciones rápidas bastante destructivas. También Turrialba puede sufrir sobre todo por

socavación de los márgenes del río que cruza la ciudad, pueblos y comunidades al este de la ciudad de Cartago son también vulnerables a inundaciones rápidas.

Muchos asentamientos humanos de Costa Rica carecen de alcantarillado pluvial, lo que produce inundaciones locales, en muchos otros casos la capacidad del mismo es limitado o está parcialmente bloqueado por desechos sólidos o por puentes urbanos demasiado cortos y bajos. Cualquier aumento en la escorrentía produciría problemas adicionales a menos que se solucionen los cuellos de botella existentes o previstos.

Dentro de las ciudades hay diversas instalaciones como escuelas, colegios y EBAIS que en ocasiones están muy cerca de ríos y quebradas o son propensas a socavación y deslizamientos. Para definir con precisión esta realidad se necesitan estudios específicos que requieran análisis mucho más detallados.

En unos pocos casos como Puntarenas o San Isidro de Pérez Zeledón hay plantas de tratamiento de aguas servidas que podrían verse afectadas por inundación de la planta o por exceso de caudal llegando a la misma lo que impediría que funcione apropiadamente. Este caso podría repetirse en muchos hoteles de la costa cuando la topografía es plana y hay probabilidades de aumentos significativos del oleaje.

ProDUS-UCR ha realizado algunas estimaciones usando como referencia las zonas de inundación lenta de la CNE y los mapas de localización de escuelas y colegios. Además se cruzó esa información con las declaraciones de vulnerabilidad indicada por los directores de las instituciones educativas (ver anexo y sus mapas correspondientes).

En general las reglas de evaluación de las amenazas de inundación deben ser inicialmente heurísticas y concentradas en la localización de cada asentamiento o parte de una ciudad. Las características relevantes más importantes son:

- Pendiente predominante del terreno
- Intensidad de la precipitación mensual máxima así como horaria y diaria máxima.
- Grado de impermeabilización del asentamiento
- Existencia y capacidad del alcantarillado pluvial
- Velocidades estimadas en inundación rápidas del pasado con base en los daños causados por las mismas.
- Profundidad de la inundación en diferentes lugares del poblado, esto es importante tanto para inundaciones rápidas como lentas.
- Duración de la inundación porque facilita la propagación de vectores (mosquitos) transmisores de enfermedades.

2.7 Vulnerabilidades sociales

Las vulnerabilidades físicas se interrelacionan en muchos casos con vulnerabilidades sociales. Los pobres ocupan en muchos lugares los sitios más amenazados por inundaciones y deslizamientos. Los agricultores dependen mucho más de las variabilidades de la naturaleza, y en particular de la ausencia de lluvia. En general, todas las personas de bajos recursos casi no disponen de reservas de agua o de alimentos.

La falta de recursos lleva a las personas más pobres a ocupar lugares más amenazados pero además la falta de conocimiento sobre las especificidades de las amenazas y de

dinero para construir apropiadamente implica un mal manejo de las aguas servidas y pluviales en zonas de altas pendientes, que provocan deslizamientos posteriores.

Otro punto importante es que en muchas ocasiones el Estado costarricense ha desplazado a las familias que ocupaban las márgenes e inclusive el cauce de los ríos, reubicándolas en lugares más seguros, pero poco después otras personas y familias ocupan de nuevo los lugares amenazados. Es por lo tanto esencial darle a esos espacios, un uso alternativo, usualmente recreación y/o restauración ambiental como reforestación.

Adicionalmente, y tal vez lo más importante, los eventos extremos pueden ocasionar en las familias de más escasos recursos económicos un golpe financiero y psicológico tal que debilitan permanentemente su capacidad de recuperarse o sea su resiliencia. Por eso, además de las razones éticas y morales es tan importante apoyarlos en los momentos críticos para evitar que sean abrumadas por las situaciones de desastre y que puedan mantener su resiliencia personal y familiar.

3 POLITICAS DE ADAPTACIÓN

La importancia del análisis marginal de largo plazo de las medidas de adaptación

Es importante evaluar los beneficios y costos de las actividades de adaptación y mitigación que diferentes sectores proponen, muchas veces para proteger o compensar pérdidas individuales. En muchas ocasiones, diferentes actores ocupan lugares que se conoce, por la sabiduría popular colectiva adquirida por muchas personas vivir mucho tiempo en un lugar, que son vulnerables a inundaciones y deslizamientos. El cambio climático solo amplifica la frecuencia y magnitud de los eventos extremos, pero en la mayoría de los casos no es una realidad totalmente nueva. Por lo tanto, es importante aprovechar los grandes eventos para “corregir” los abusos de los “vivazos”.

Específicamente es esencial hacer análisis marginal de todas las propuestas que algunos hacen inmediatamente después de cada evento o de las grandes flexibilizaciones que algunos piden para poder enfrentar esos problemas. Muchos de los diques que se han construido en Costa Rica no mejoran realmente a la sociedad sino a alguna empresa agropecuaria y perjudican efectivamente a los pueblos cercanos, esto es cierto tanto en Matina como en Filadelfia.

Otros afirman que es más sostenible autorizar edificios de grandes alturas e inclusive imponérselos a los diferentes cantones de la GAM (Plan GAM, 2013). Renunciar a planificar y a poner límites de altura no ayuda realmente a mejorar la sostenibilidad de las ciudades y provocan otros inconvenientes a las personas que viven cerca de esos lugares y a los que se les cambian por completo las reglas del suelo de privacidad, luz, tráfico y carácter de los lugares donde construyeron sus viviendas.

Por lo tanto es esencial que cualquier propuesta que diga que ayudará a la adaptación o a la mitigación deba contestar a las siguientes preguntas antes de ponerse en práctica:

- ¿Cuánto costarían las diferentes medidas de adaptación o mitigación que se proponen?
- ¿Qué tan efectivas serían? ¿Cuáles son sus costos y beneficios marginales?
- ¿Cuánto cambian las emisiones por metro cuadrado de construcción cuando aumentan el número de pisos?

- ¿Cómo se miden vulnerabilidades? ¿Cómo reducir las vulnerabilidades en cada caso?

4 POLÍTICAS DE SOLUCIÓN

4.1 Ordenamiento territorial como herramienta para disminuir vulnerabilidades a largo plazo

El trabajo de Ordenamiento Territorial y Amenazas Naturales de Rosendo Pujol, publicado en el libro de PREVENTEC, es un documento apropiado para este tema. Hay que resaltar que el ordenamiento territorial bien hecho puede ayudar muchísimo a reducir las vulnerabilidades a un costo mucho más razonable que las soluciones estructurales de intervención física que muchas veces son inapropiadas, insuficientes, degradables y en ocasiones aumentan el riesgo para algunas zonas en el futuro.

No siempre es posible utilizar ordenamiento territorial como herramienta de política pública, hay muchas razones para esto. La primera y más importante es que el ordenamiento territorial es combatido ferozmente por algunos propietarios de tierras y promotores inmobiliarios que “tienen sus planes” sobre determinadas áreas de las ciudades y del territorio. En numerosos lugares del país es posible encontrar personas que asume que la ciencia no tiene nada que aportar y que ponen sus intereses económicos por encima de todo lo demás. Por supuesto la falta de penalización a sus actividades implica que ellos combaten el ordenamiento territorial y el conocimiento subyacente mientras puedan y construyen proyectos que desafían las mejores prácticas y el sentido de precaución. Una vez que logran vender sus productos no hablan más del asunto dado que transfirieron la vulnerabilidad de un determinado sitio a sus compradores.

4.2 Costos y oportunidades económicas

Cualquier sistema de infraestructura que sufra daños requiere ser reparado tan pronto sea posible. Sin embargo, si los daños implican una suspensión de servicio muy grave eso conducirá a una incapacidad para prestar el servicio para el que fue creado. Esta interrupción del servicio afectará a muchas personas y empresas y por lo tanto implicará pérdidas directas e indirectas en esas empresas y en particular incapacidad de funcionar de manera normal. Esta realidad se denomina “lucro cesante”.

Los sistemas de redes bien diseñados tienen suficiente redundancia o alternativas de enlaces, fuentes e instalaciones de control y de transferencia del producto que transportan que son capaces de seguir funcionando cuando uno o varios enlaces dejan de funcionar. Esta redundancia es el elemento base e indispensable de la resiliencia, pero esta significa mucho más. Es necesario que exista una capacidad institucional, social y económica de seguir rápidamente funcionando después del evento, pero además continuar operando igual o mejor en el corto plazo.

Algunos de los sistemas de infraestructura costarricense en particular el vial y el de agua potable carecen de redundancia y muchos no tienen suficiente resiliencia. Este no es un problema nuevo, es un problema viejo no resuelto, que se va a agravar con el cambio climático pero que adquiere más urgencia puesto que se sabe que probablemente los eventos extremos ocurran con mayor frecuencia y/o serán de mayor magnitud. Por lo tanto, intervenir ahora es más efectivo y rentable siempre y cuando se tomen las precauciones para que las medidas estructurales y no estructurales de aumento de la

resiliencia sean suficientemente conservadoras para cubrir eventos mucho más grandes y poco frecuentes hasta el pasado reciente. El proceso de cálculo tiene grandes incertidumbres por lo que es obviamente necesario seguir investigando y acumulando información sobre la variabilidad climática pero también tener un sentido más crítico sobre que se debe proteger y que se debe abandonar porque no es realista protegerlo.

Este tipo de problemas requieren un análisis de ciclo del producto de los sistemas de infraestructura, que incluyan las externalidades de momentos de falla. El análisis del ciclo de producto es por definición un análisis de largo plazo que involucra externalidades de diversos tipos que son esenciales en los sistemas de infraestructura aunque los diferentes actores en muchas ocasiones prefieren que no se contabilicen.

Una forma financiera de evitar riesgos catastróficos para una familia o empresa es asegurarse con una compañía de seguros que a su vez usualmente se reasegura. Esto es un método muy apropiado cuando los riesgos son muy altos y muy infrecuentes. Asegurarse muy difícilmente reducirá las pérdidas para el conjunto de la sociedad puesto que aunque el reaseguro sea internacional, cualquier pérdida más alta implicará primas más altas en el futuro. Una estrategia esencial y que al menos debe ser complementaria es hacer esfuerzos significativos para reducir el riesgo de las amenazas naturales.

Una práctica que se ha usado en Estados Unidos es que el gobierno federal ha pagado un seguro por inundaciones a muchos propietarios por mucho tiempo. A consecuencia de esta generosidad, muchas más viviendas se construyeron en lugares sujetos a grandes amenazas y los costos para el gobierno de EEUU aumentaron exponencialmente. Recientemente ha tratado de suspender ese seguro, pero esto ha generado grandes conflictos con propietarios que construyeron confiando en que si tenían pérdidas el gobierno las asumiría.

Alguna lecciones es que el seguro garantizado en cualquier sitio como en alguna ocasión se le exigió al INS es una mala política que estimula el comportamiento irresponsable de propietarios de tierra que edifican donde no deben.

Es urgente definir mapas de inundación extrema, restringir las construcciones en los sitios muy vulnerables y compensar a posteriori a los que están en sitios en los que no se preveía un daño.

4.3 Opciones de adaptación

Este análisis permite hacer numerosas recomendaciones en torno a una diversidad de temas. Hay que recordar que son importantes: los plazos de las acciones, las vulnerabilidades sociales, así como el nivel de conocimiento y capacidad institucional de reacción en cada sistema y localidad. Entre los temas importantes están:

- Crear métodos para identificar y corregir las vulnerabilidades físicas de los sistemas de infraestructura y los asentamientos humanos.
- Generalizar el conocimiento entre actores locales para que sean verdaderos “fiscales territoriales” que vigilan los cambios en los sistemas naturales ya sean causados por los seres humanos o por las variabilidades temporales esperables en todos los sistemas.

- Aumentar el conocimiento sobre el cambio climático y sus impactos en las diferentes zonas del país.
- Clarificar las particularidades de Costa Rica que definen el vector de amenazas específico para cada región y subregión.

Cualquier construcción de diques no sólo debe estar fundamentada en la vulnerabilidad actual de una comunidad específica sino en la posibilidad real de que en el largo plazo se pueda reducir significativamente esa vulnerabilidad.

Es necesario prepararse para que cada evento y cada componente de infraestructura dañado se conviertan en una oportunidad de mejorar la resiliencia de los sistemas y de los poblados y ciudades ante eventos hidrometeorológicos de gran magnitud. Esto también se puede llamar planificación contingente para sistemas de infraestructura

Hay que buscar sinergismos entre las tareas tradicionales de la sociedad costarricense y el cambio climático

- Enfrentar amenazas naturales
- Avanzar en reducir la pobreza y la desigualdad, invirtiendo en las comunidades más vulnerables que están sometidas a un círculo vicioso de vulnerabilidad y pobreza acentuada por los amenazas hidrometeorológicas.
- Mejoramiento paulatino de la infraestructura
- Reducir los problemas de inundaciones en la ciudades
- Cambios en las actividades productivas
- Reacomodo de la población hacia zonas más seguras

No es bueno fomentar el pánico ni a las excusas, sobre el cambio climático. Si es muy importante mejorar la calidad del diseño y la construcción de infraestructura. Hay grandes oportunidades de mejorar.

No es tampoco conveniente construir infraestructura de protección que tiene poca garantía de ser suficiente en el futuro relativamente próximo debido a la variabilidad climática cualquiera que sea su causa.

El ordenamiento territorial es una herramienta poderosa y efectiva para evitar aumentar las vulnerabilidades de un asentamiento humano, y para ayudar a corregir si va acompañado de inversiones a veces muy costosas para fortalecer la resiliencia o capacidad de respuesta y recuperación ante eventos extremos en los asentamientos y zonas ya ocupadas.

Si la precipitación se concentra en unos pocos eventos con gran escorrentía, la infiltración total podría disminuir y el abastecimiento de agua volverse menos estable, esto es, disminuir el caudal base que fluye en la época seca. Esta realidad podría obligar a tener tanques o depósitos más grandes aunque esto probablemente no sea suficiente y haya que depender de agua subterránea más profunda que implica más consumo de electricidad.

Es necesario aprovechar cualquier estudio de vulnerabilidades de la red vial como el terminado recientemente por el LANAMME como guía de intervención para aumentar la resiliencia de los sistemas de infraestructura. Los planes de acción deben ser renovados

continuamente a medida que se resuelven los problemas más graves, se conoce más sobre las vulnerabilidades mediante investigaciones específicas y se incorporan nuevos análisis sobre las variabilidades territoriales de las amenazas hidrometeorológicas.

Es urgente mejorar los sistemas de captura de datos fortaleciendo y mejorando las redes de estaciones meteorológicas, así como las mediciones de caudales.

Es urgente, y la CNE debería financiarlos, hacer estudios de las amenazas hidrometeorológicas en lugares críticos de Costa Rica. Además es urgente estudiar como un mejor ordenamiento territorial podría disminuir las vulnerabilidades.

Es necesario fortalecer la capacidad de respuesta de las comunidades localizadas en zonas de amenazas de inundaciones y deslizamientos. En algunos casos será necesario el reasentarlos en lugares más seguros y utilizar los terrenos que se evacuan como áreas recreativas de baja inversión en infraestructura.

Finalmente, privatizar la zona marítimo costera como proponen algunos proyectos de ley de manera directa o indirecta, es automáticamente, aumentar la vulnerabilidad a las amenazas naturales en una parte importante de la costa. No se debe destruir lo que la sociedad costarricense construyo en el pasado.

4.4 Algunos objetivos e indicadores importantes

Enfrentar cualquier desafío de carácter colectivo implica la necesidad de medir tanto la situación actual como la evolución de la realidad, de los esfuerzos realizados y de los resultados obtenidos. Para esto, se crea una métrica o un conjunto de indicadores que pueden ayudar a describir, analizar y encontrar soluciones.

La adaptación al cambio climático de la infraestructura incluye una diversidad de objetivos que requieren de métodos de medición de los indicadores. Entre los objetivos más importantes están:

Objetivos de carácter general

- Aumentar la eficacia con que se usan insumos importantes como electricidad, agua y combustibles
- Disminuir el número de kilómetros-tonelada por unidad de producto interno bruto
- Bajar el consumo de agua per cápita
- Bajar el uso de agua por unidad de producto industrial
- Bajar el consumo eléctrico y de combustibles fósiles por unidad de producto industrial.
- Bajar el consumo de agua y electricidad por habitación en el sector hotelero.

Objetivos en el sistema de transporte

- Disminuir el número de horas de interrupción de vías por deslizamientos, socavación o falla de puentes o alcantarillas.
- Disminuir el número de vehículos-hora de interrupción en diversos tipos de carreteras nacionales. Podría crearse un indicador separado para interrupciones durante el día.
- Disminuir el número de toneladas-kilómetro adicionales debido a la interrupción de vías.

Indicadores del sistema de transporte

- Gastos anuales en reparación de vías por eventos hidrometeorológicos
- Kilómetros de vías donde se construyeron cunetas
- Aumento en pasajeros-kilómetro en vehículos particulares
- Aumento de pasajeros- kilómetro para transporte público y
- Aumento de tonelada-Km para vehículos de carga.

En el impacto de las inundaciones en los asentamientos humanos

- Número de viviendas construidas en zonas de inundación oficiales
- Viviendas inundadas durante el año
- Kilómetros cuadrados evaluados y total de viviendas que asientan para determinar mediante modelos hidrológicos su vulnerabilidad a inundaciones
- Número de personas y personas – día evacuadas en zonas de inundación

En el suministro de agua potable

- Horas-abonado (dividido en residencial, comercial, industrial) de interrupción de servicio de abastecimiento de agua potable debido a fenómenos hidrometeorológicos (sequía o rompimiento de tuberías y necesidad de limpieza en los tanques)
- Horas – volumen de agua de la interrupción que valora el mayor impacto sobre clientes muy importantes.

Impacto social de los eventos hidrometeorológicos

- Días de trabajo perdidos debido a las inundaciones
- Morbilidad adicional atribuible a los diferentes eventos

Impacto económico de los eventos hidrometeorológicos

- Costos de atención de la emergencia
- Costos de reposición de viviendas, infraestructura
- Pérdidas de cultivos

Avance en medidas correctivas

- Número de puentes cuyas dimensiones, altura y longitud fueron adaptadas a las condiciones del río que cruzan
- Número de vehículos que cruzan los puentes o alcantarillas intervenidos para adaptarse mejor a caudales extremos de los ríos que cruzan

En la mayoría de los casos, estos indicadores deben ser obtenidos de manera desagregada geográficamente para poder comparar el nivel de las amenazas, las vulnerabilidades y los resultados de los esfuerzos para diferentes lugares del país.

4.5 Debilidades importantes

La sociedad costarricense ha adquirido a lo largo de los años grandes capacidades para enfrentar emergencias de diversos tipos e inclusive recuperar físicamente infraestructura en un corto plazo como lo mostró con la recuperación del acceso de la vía en el río Seco en Guanacaste (carretera 2 o interamericana norte) o con el relleno de aproximación al

punto del Río Parismina en la carretera 32 durante el 2013. A esto hay que sumarle decenas de puentes reconstruidos o mejor dicho repetidos por la CNE sobre muchos ríos y quebradas en todo el país.

Sin embargo, recuperar la infraestructura en una condición muy parecida a la que fue destruida no aumenta la resiliencia de los sistemas, especialmente si sabemos que muy probablemente los eventos extremos serán más graves y/o más frecuentes.

Obviamente, para poder hacer que esas intervenciones aumenten la resiliencia de los sistemas de infraestructura es necesario conocer bien la estructura y formas de funcionar de esos sistemas, por ejemplo los flujos de vehículos livianos y pesados en cada enlace de la red y también entender como la amenaza en cada punto vulnerable aumentó o podría aumentar en el futuro.

Aquí hay que diferenciar cuatro aspectos: (a) los errores cometidos cuando se construyó la infraestructura, que son muy comunes en la red vial por negligencia o ausencia de análisis hidrológicos y geológicos adecuados; (b) el aumento de la amenaza por cambios en el uso del suelo debido a procesos de urbanización en los asentamientos humanos más importantes, o por deforestación en las cuencas cuyos ríos atraviesan la infraestructura, (c) falta de mantenimiento de la alcantarilla, que en ocasiones se taponea, pero también de los taludes de la vía o de los márgenes del curso de agua especialmente aguas arriba de la misma y (d) el aumento de la amenaza debido a eventos hidrometeorológicos más intensos.

La disponibilidad de enfrentar simultáneamente los cuatro problemas es lo que representa la oportunidad de mejorar significativamente una vez que se decida a intervenir. Por cierto este análisis también se aplica al fenómeno de deslizamientos en la red vial (entrevista al Dr. William Vargas de la Escuela de Ingeniería Civil de la UCR incluida en este informe).

En este tema, la sociedad costarricense se enfrenta a un serio dilema que muchas veces se discute de forma superficial. Se sabe que hay enormes deficiencias heredadas del pasado que requieren resolverse. No se tiene ni dinero ni capacidad institucional para enfrentarlas todas al mismo tiempo, pero ¿qué hacer? En el caso de la infraestructura, obviamente hay que priorizar los casos más urgentes, después de análisis sistemático de la vulnerabilidad a eventos naturales y antrópicos de varios tipos, no solo hidrometeorológicos. En la medida de lo posible actuar con ritmos más rápidos sobre estos, pero simultáneamente y con igual importancia hay que tener la capacidad de enfrentar emergencias en puntos que no fueron identificados como muy urgentes pero que sin embargo pueden tener mucha importancia. El proceso requiere análisis estadísticos bayesianos que permitan actualizar los diferenciales de vulnerabilidad y de amenaza para diferentes componentes del sistema de infraestructura.

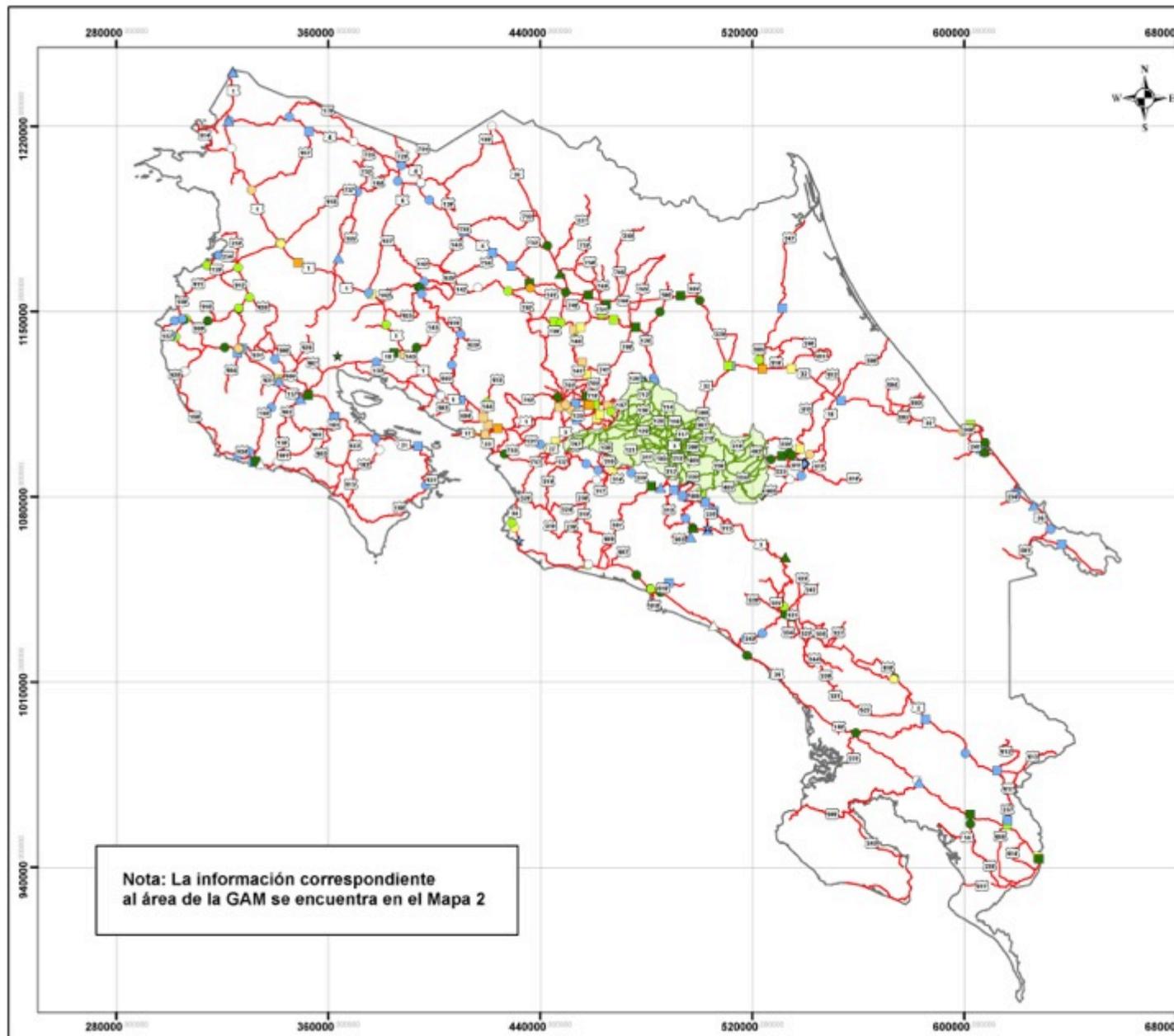
En el campo del ordenamiento territorial, el Programa de Investigación en Desarrollo Urbano Sostenible ha utilizado desde hace varios años y en numerosas ocasiones el concepto de “planificación contingente”. Este proceso consiste en que si no hay fondos o voluntad política de las autoridades y si la hubiera, los habitantes de zonas peligrosas no aceptan ser desplazados entonces se crea un sistema de alerta temprana si el fenómeno es muy peligroso, pero lo más importante se planifica un uso alternativo para el lugar al mismo tiempo que un reasentamiento de los desplazados a un lugar más seguro. Esto es importante tenerlo claro puesto que los seres humanos son capaces de asumir por su cuenta enormes riesgos aunque protesten fuertemente cualquier riesgo impuesto por otros o no comunicado adecuadamente con suficiente claridad.

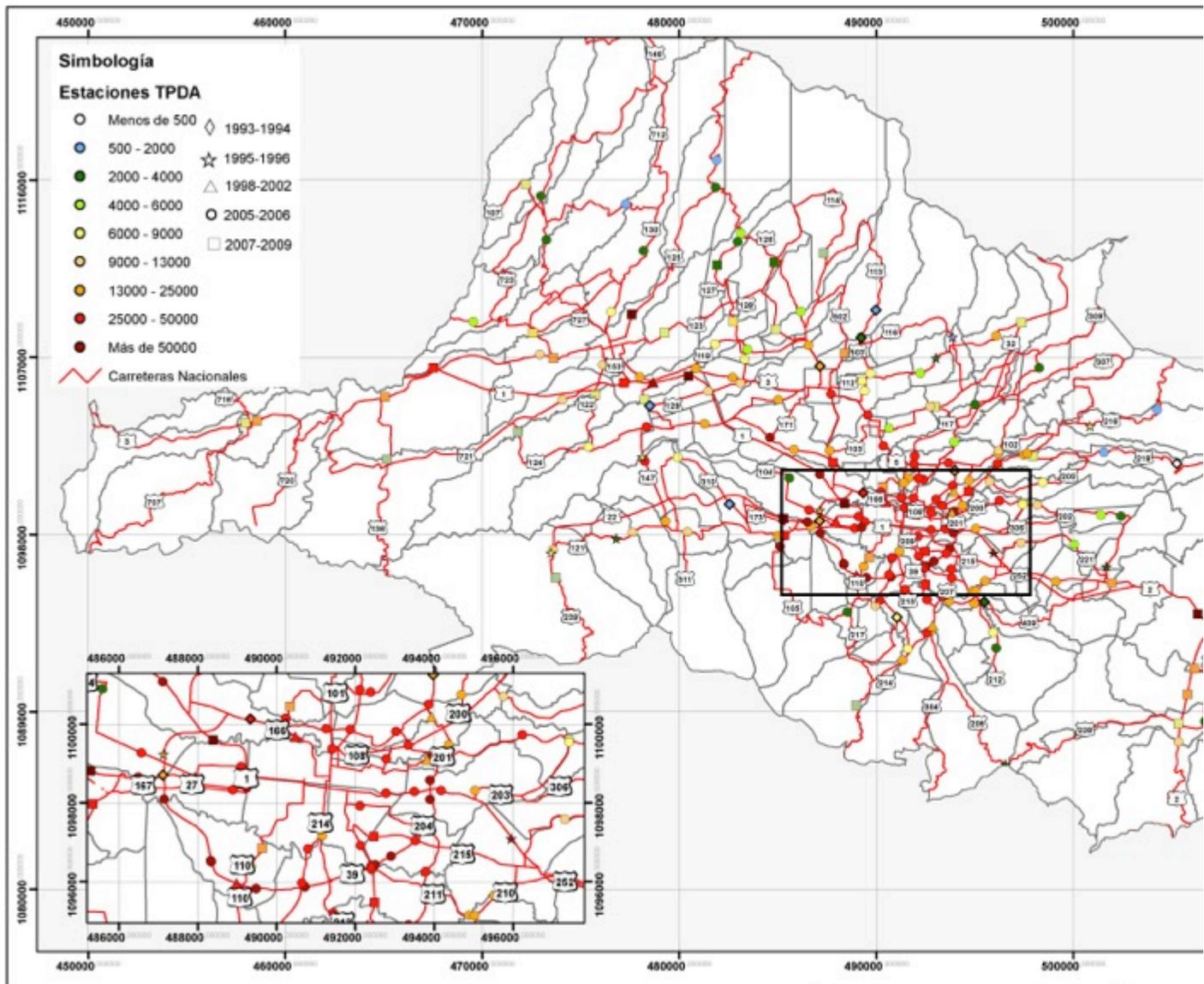
5 CONCLUSIONES

- El cambio climático plantea nuevos retos a la sociedad costarricense y a la gestión de sus sistemas de infraestructura y sistemas urbanos específicamente.
- Las magnitudes específicas de las amenazas no pueden conocerse en parte por la incertidumbre inherente a todo conocimiento científico y a los modelos para desarrollarlos, pero también en un alto grado por la falta de series de datos suficientemente largos de fenómenos hidrometeorológicos y otros fenómenos asociados a los mismos.
- El cambio climático aumenta la variabilidad de los fenómenos hidrometeorológicos y crea nuevas amenazas que eran casi inexistentes en muchos lugares porque los fenómenos tenían características muy poco significativas en el pasado.
- La manifestación del cambio climático crea impactos y amenazas que no son geográficamente uniformes. Las inundaciones rápidas y deslizamientos afectan y afectarán áreas relativamente pequeñas. Las llenas o inundaciones lentas así como las sequías pueden afectar áreas mucho más grandes, relativamente locales o regionales.
- Sin embargo, muchos de los sistemas de infraestructura son redes que pueden cruzar zonas vulnerables, romperse y afectar a todos los que dependen de los flujos transportados por la red.
- En otros casos son nodos, como por ejemplo una captación de agua potable que puede encontrarse en un sitio específico muy vulnerable pero que impactan un área mucho mayor con la interrupción del servicio.
- Por lo tanto, aunque el cambio climático es un fenómeno global, las medidas de adaptación son fundamentalmente locales y regionales.
- El ordenamiento territorial ayuda mucho a disminuir la vulnerabilidad de la infraestructura, pero desgraciadamente en numerosos casos los intereses individuales y la ignorancia llevan a decisiones inadecuadas.
- Los sistemas de infraestructura son esenciales para el funcionamiento de una sociedad y en particular de sus asentamientos humanos más importantes. Su importancia requiere que sean funcionales inclusive después de cualquier evento extremo.
- La gran necesidad de infraestructura en muchas zonas de Costa Rica abre una enorme oportunidad de reconsiderar como mejorar su diseño, aumentando el sentido de precaución que debe prevalecer en cualquier obra de ingeniería.
- Es de gran importancia que después de cada evento, todos los componente de infraestructura dañados o que fallaron funcionalmente se conviertan en oportunidades de mejorar la resiliencia de los sistemas y de los poblados y ciudades ante eventos hidrometeorológicos de gran magnitud. También se debe estar listos para ocupar con nuevos usos terrenos que sean afectados por los eventos en un proceso de

“planificación contingente” ante una amenaza que se conoce pero para la cual no es posible eliminar antes las construcciones existentes.

- En la mayoría de los casos el desafío de la infraestructura de transportes en Costa Rica en la próxima década no es construir más sino mejor, arreglando lo que ya existe, en algunos casos ampliando la capacidad pero sobre todo mejorando significativamente la calidad.
- La importancia de la adaptación inteligente que mejora las condiciones cada vez que pasa algún desastre. La planificación contingente requiere de conocimiento elemental de la amenaza de manera previa y diseño de soluciones y tal vez algunas medidas de implementación temporal antes que se defina todo lo demás.
- No existe suficiente monitoreo de los impactos de los eventos hidrometeorológicos ni tampoco de las vulnerabilidades que tienen muchas comunidades ante los mismos. Es necesario investigar más para determinar prioridades de intervenciones.
- Existen diversas formas de intervención que pueden disminuir las vulnerabilidades sociales y estas deben ponerse en práctica simultáneamente en prácticamente todos los lugares mientras continúan los esfuerzos de determinar diferenciales de vulnerabilidad.
- Costa Rica necesita que las obras de infraestructura vial y urbana se hagan bien la primera vez aunque se hagan menos, los parches ya no son suficientes. Es necesario aplicar análisis de ciclo del producto que fácilmente probaría que mejor capacidad y calidad del producto bajaría significativamente los costos a lo largo de la vida útil de cualquier obra.
- Es de gran importancia crear un programa nacional de Monitoreo de las vulnerabilidades que tienen los sistemas de infraestructura ante los fenómenos de inundaciones, sequías, deslizamientos y levantamiento del nivel del mar que podrían agravarse con el cambio climático.



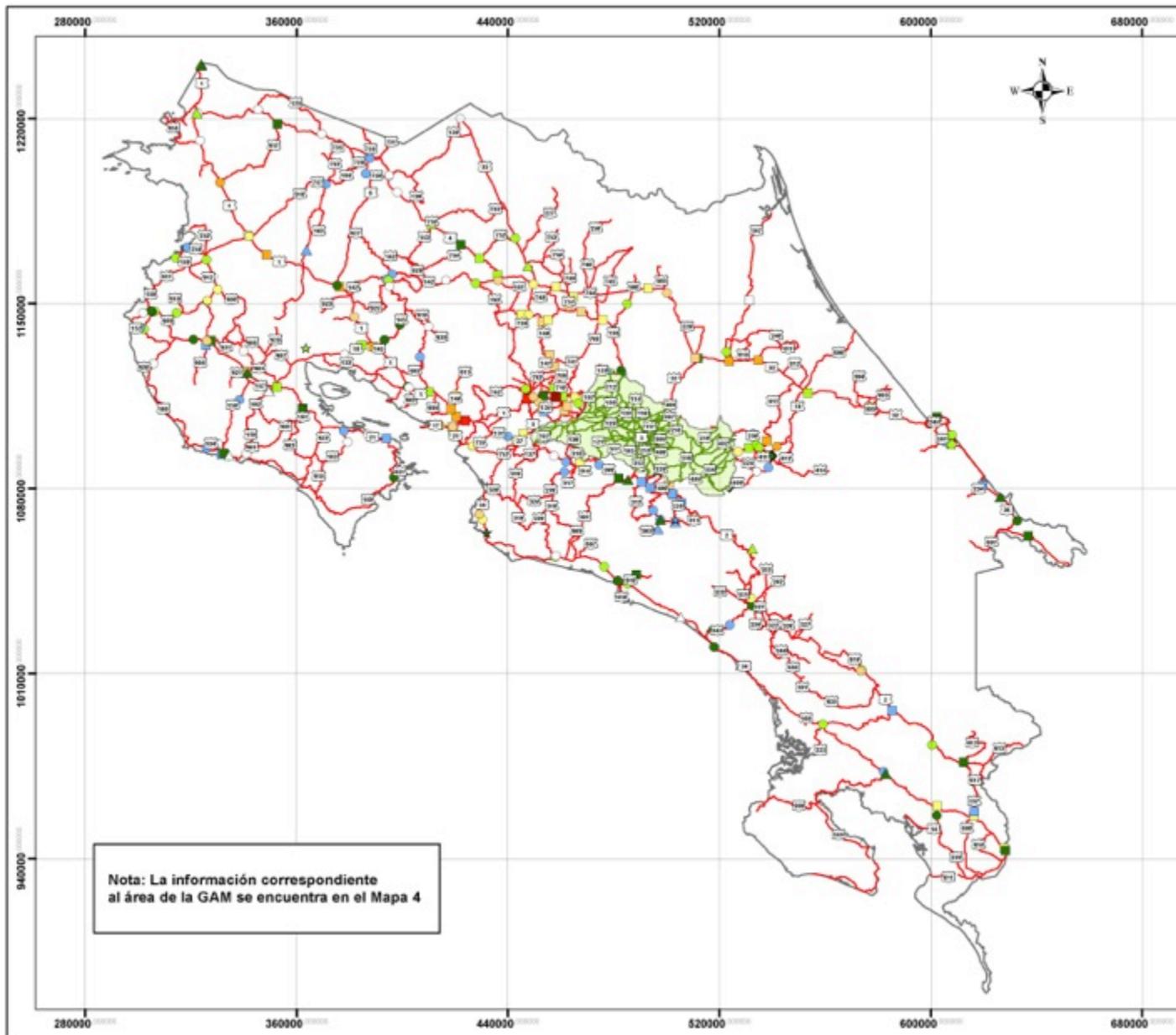


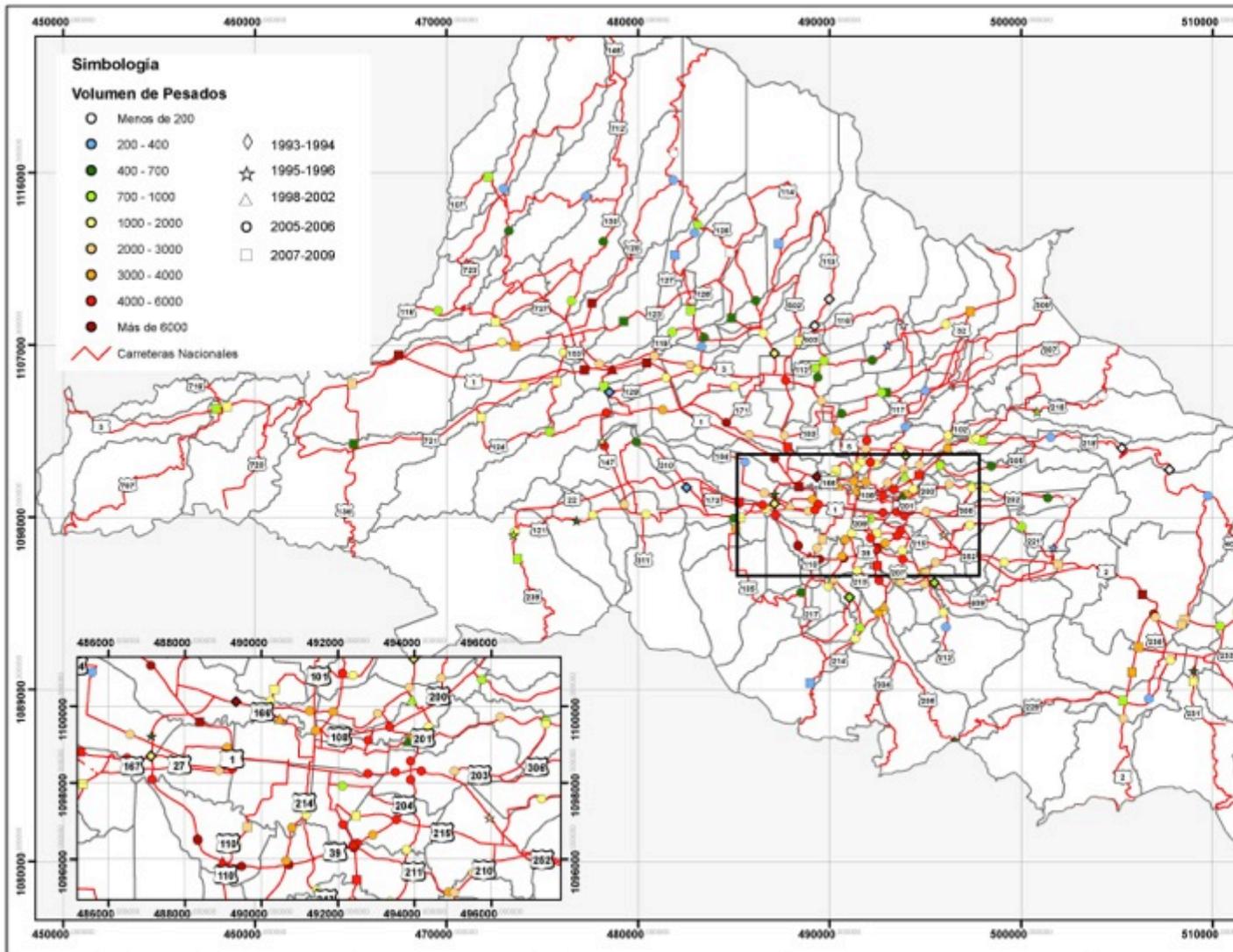
Mapa 2. Estaciones de medición de TPDA en el Gran Área Metropolitana.

Evaluación de la vulnerabilidad y adaptación de infraestructura ante el cambio climático

Fuente: Planificación Sectorial, MOPT, 2009.

0





Mapa 4. Volumen diario de pesados según estaciones de medición de TPDA en el Gran Área Metropolitana.

Evaluación de la vulnerabilidad y adaptación de infraestructura ante el cambio climático

Fuente: Planificación Sectorial, MOPT, 2009.

Escala: 1
0 2,5 5

ANEXO

Vulnerabilidad de centros educativos

En el año 2013, se llevó a cabo una evaluación general de algunos centros educativos del país, en el tema de vulnerabilidad que estos presentan ante diferentes amenazas naturales. Este apartado se centra mayoritariamente en mostrar los resultados obtenidos de la evaluación realizada para la amenaza de inundación.

Para llevar a cabo para el análisis de centros educativos vulnerables a inundaciones, se utilizaron dos fuentes de información, las cuales se superpusieron entre sí, con el fin de obtener diferentes niveles de vulnerabilidad, dependiendo del caso en que fuera clasificado cada centro educativo. La información utilizada es la siguiente:

- **Mapas de zonas de inundación de la CNE**

Se digitalizaron los mapas de zonas de inundaciones de la Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias (CNE). Estos mapas no fueron generados a partir de modelación física, ni utilizando parámetros físicos que determinen la magnitud de esas inundaciones, sino más bien de eventos extremos ocurridos en el pasado.

El uso del conocimiento específico de los habitantes de las zonas tradicionalmente ha sido una técnica hidrológica legítima y los contactos de la CNE, a través de sus comités de emergencia con miembros de la comunidad, sugieren que estos mapas pueden representar aproximadamente las condiciones más extremas. Pero por otra parte, metodológicamente, existe el riesgo de que los eventos del pasado sobrestimen o subestimen la magnitud de las potenciales inundaciones. Adicionalmente, la escala de los mapas de inundación es relativamente grande por lo que no se pueden definir claramente los límites de las zonas de inundación.

Adicionalmente el país carece de información específica (curvas de nivel, mediación de caudales, estaciones meteorológicas, etc.) y metodologías sistematizadas y a niveles de detalle precisos que permitan generar modelos de inundación lo más cercanos a la realidad. Su elaboración conlleva gran cantidad de tiempo y recursos que escapan a esta investigación.

- **Encuesta del MEP a directores de los centros educativos**

El Ministerio de Educación Pública realiza una encuesta a los directores de todos los centros educativos. Dentro de esta, se incluye una pregunta para conocer la percepción de los directores en cuanto a la vulnerabilidad que presentan los centros educativos con respecto a diferentes amenazas naturales como inundaciones, deslizamientos, sismos y tsunamis.

Para esta sección de la investigación, se utilizó la información señalada para inundaciones. A partir de esta encuesta, se tienen tres casos: (a) el centro educativo **sí** es vulnerable, (b) el centro educativo **no** es vulnerable y (c) el centro educativo presentó encuesta pero no se registró respuesta para esa pregunta.

- **Cantones incluidos en el análisis**

No fue posible disponer de las zonas de inundación para todos los cantones del país. Ante este panorama, se tomaron los datos disponibles en ProDUS-UCR de algunos cantones trabajados previamente. Adicionalmente, se seleccionaron algunas zonas donde el tema de inundaciones es muy relevante, y para ellos se generaron las zonas de inundación a partir de los datos de la CNE.

Así, se tiene que para Región Chorotega se incluyeron los cantones de Liberia, Nicoya, Santa Cruz, Bagaces, Cañas y Carrillo. En la Región Pacífico Central están Garabito, Parrita y Aguirre; mientras que para la Región Brunca están Pérez Zeledón, Osa, Golfito y Corredores.

En la Región Atlántica se incluyeron los cantones de Limón, Matina y Siquirres. Por último, en la Gran Área Metropolitana (GAM) se generaron los datos para San José, Escazú, Desamparados, Goicoechea, Alajuelita, Moravia, Curridabat, Alajuela, Palmares, Cartago, Paraíso, La Unión, El Guarco, Heredia, Barva, Santo Domingo, Santa Bárbara, San Rafael y San Isidro.

Resultados obtenidos

A partir de la información anterior, se generaron mapas con la ubicación de cada centro educativo, identificados por el código de institución utilizado por el MEP. Además, se indica el caso en el que se encuentra cada escuela y colegio de los cantones incluidos en el análisis.

Al superponer las dos fuentes de información, se obtuvieron ocho casos en total. Sin embargo, se describen solamente los tres casos más representativos ya que contienen la mayor cantidad de centros educativos analizados

- **Caso A:** son los centros educativos que se encuentran dentro de una zona de inundación demarcada por la CNE y es vulnerable según la encuesta de percepción de los directores.
- **Caso B:** son los centros educativos que se encuentran dentro de una zona de inundación demarcada por la CNE y es no vulnerable según la encuesta de percepción de los directores.
- **Caso C:** son los centros educativos que se encuentran fuera de una zona de inundación demarcada por la CNE y es vulnerable según la encuesta de percepción de los directores.

En la Tabla 1 se presentan los resultados de las escuelas analizadas, que fueron 1570, correspondiendo a un 43% del total de escuelas que hay en el país. Como se puede observar, el caso C es el que presenta una mayor cantidad de centros educativos con casi el 30% de los casos.

De manera similar, en la Tabla 2 se presentan los resultados de los colegios analizados, que en este caso corresponden a 412, representando el 51% de total de los colegios del país. Al igual que las escuelas, el caso C es el que presenta la mayor cantidad de centros educativos, con el 27% de los casos.

Tabla 1. Cantidad de escuelas analizadas por región

Regiones	Total Escuelas	Escuelas Analizadas	%	Caso A			Caso B			Caso C		
				N°	% ¹	% ²	N°	% ¹	% ²	N°	% ¹	% ²
Costa Rica	3639	1570	43.1	111	3.1	7.1	80	2.2	5.1	453	12.4	28.9
Central	1297	575	44.3	6	0.5	1.0	15	1.2	2.6	139	10.7	24.2
Chorotega	447	272	60.9	39	8.7	14.3	25	5.6	9.2	73	16.3	26.8
Pacífico Central	304	93	30.6	17	5.6	18.3	13	4.3	14.0	31	10.2	33.3
Brunca	642	424	66.0	30	4.7	7.1	22	3.4	5.2	111	17.3	26.2
Huetar Atlántica	525	206	39.2	19	3.6	9.2	5	1.0	2.4	99	18.9	48.1
Huetar Norte	424	0	0.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-

%¹: porcentaje con respecto al total de centros educativos

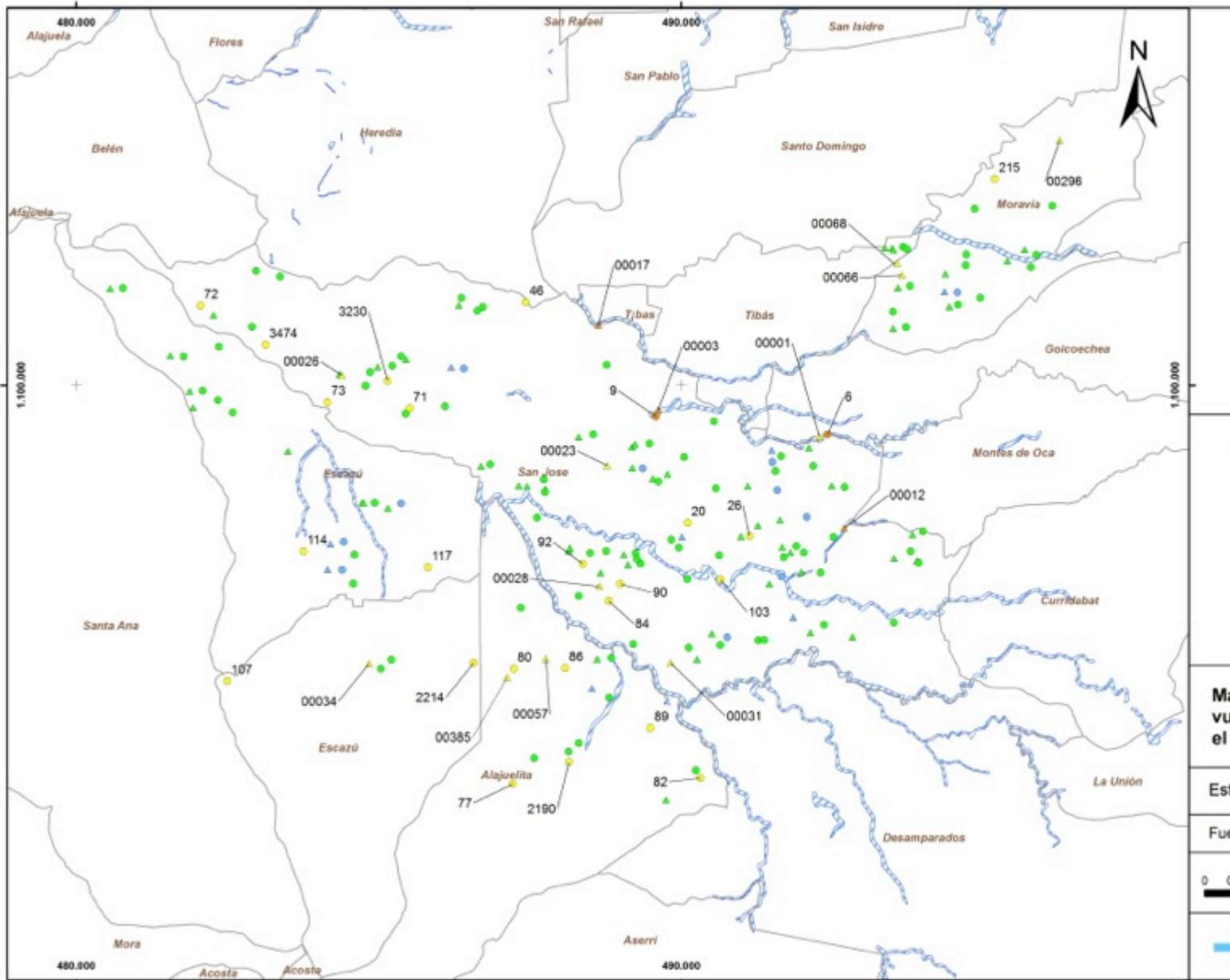
%²: porcentaje con respecto a los centros educativos analizados

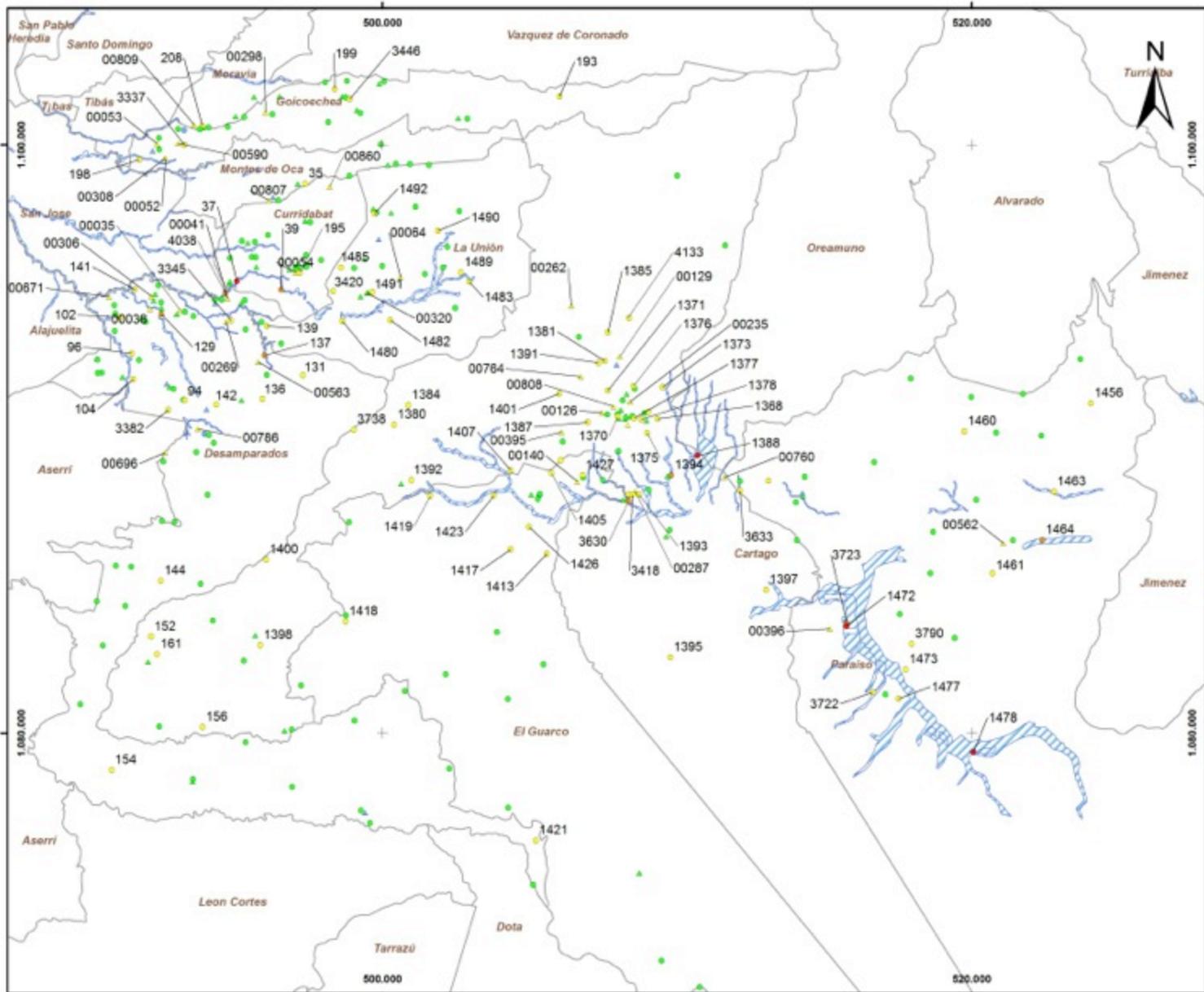
Tabla 2. Cantidad de colegios analizados por región

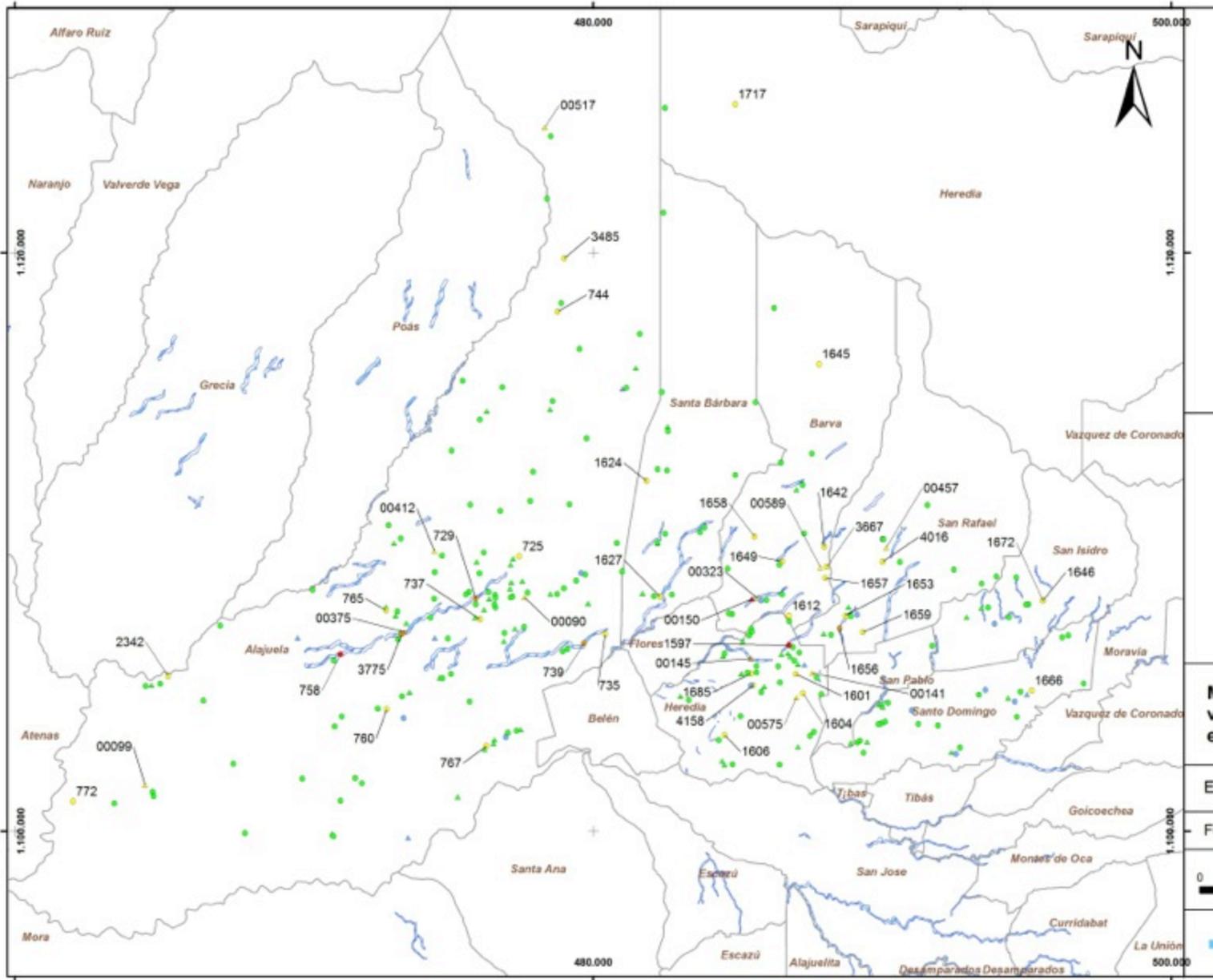
Regiones	Total Colegios	Colegios Analizados	%	Caso A			Caso B			Caso C		
				N°	% ¹	% ²	N°	% ¹	% ²	N°	% ¹	% ²
Costa Rica	811	412	50.8	19	2.3	4.6	19	2.3	4.6	111	13.7	26.9
Central	435	254	58.4	1	0.2	0.4	5	1.1	2.0	57	13.1	22.4
Chorotega	78	51	65.4	7	9.0	13.7	9	11.5	17.6	14	17.9	27.5
Pacífico Central	56	17	30.4	6	10.7	35.3	1	1.8	5.9	6	10.7	35.3
Brunca	88	52	59.1	2	2.3	3.8	2	2.3	3.8	19	21.6	36.5
Huetar Atlántica	80	38	47.5	3	3.8	7.9	2	2.5	5.3	15	18.8	39.5
Huetar Norte	74	0	0.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-

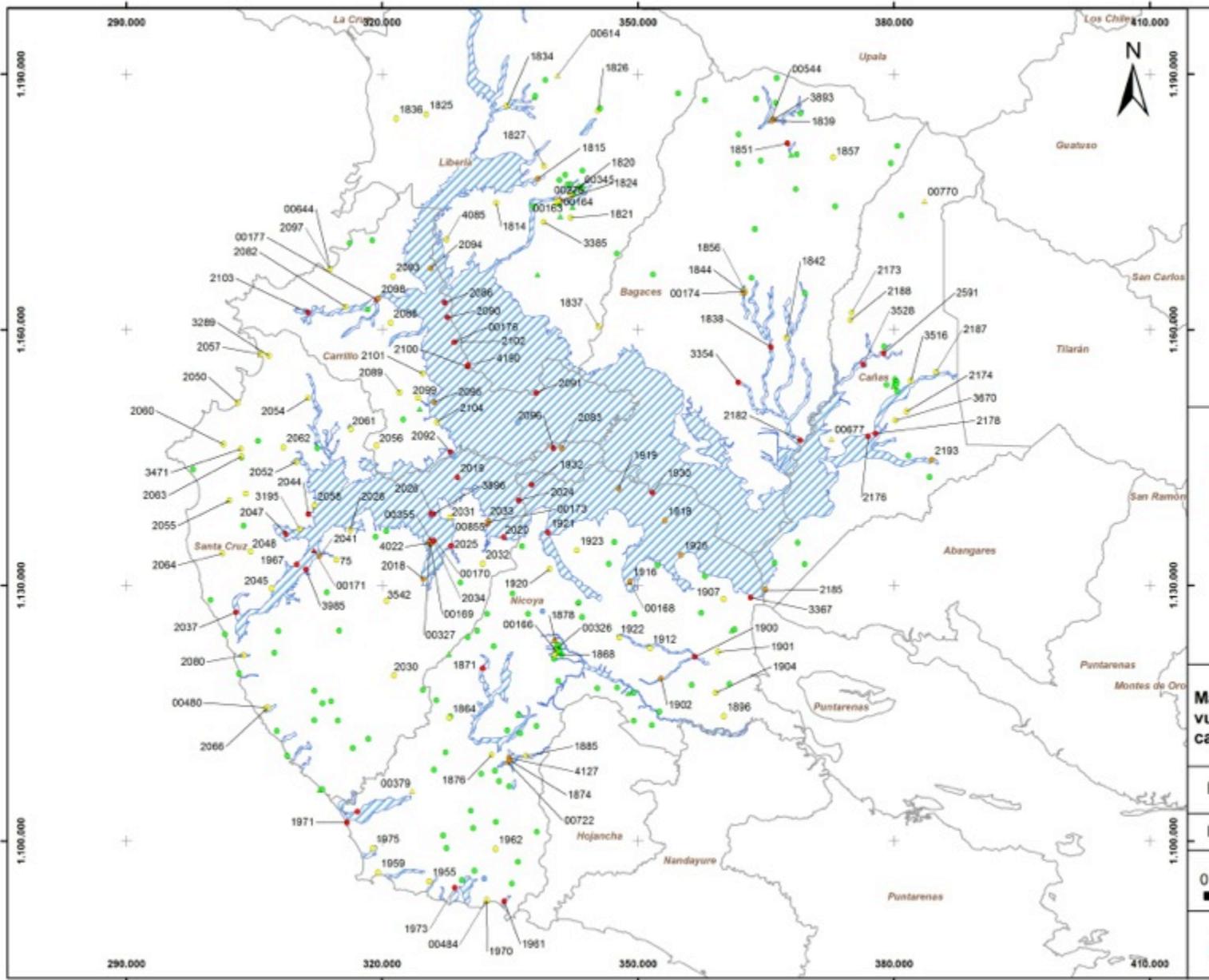
%¹: porcentaje con respecto al total de centros educativos

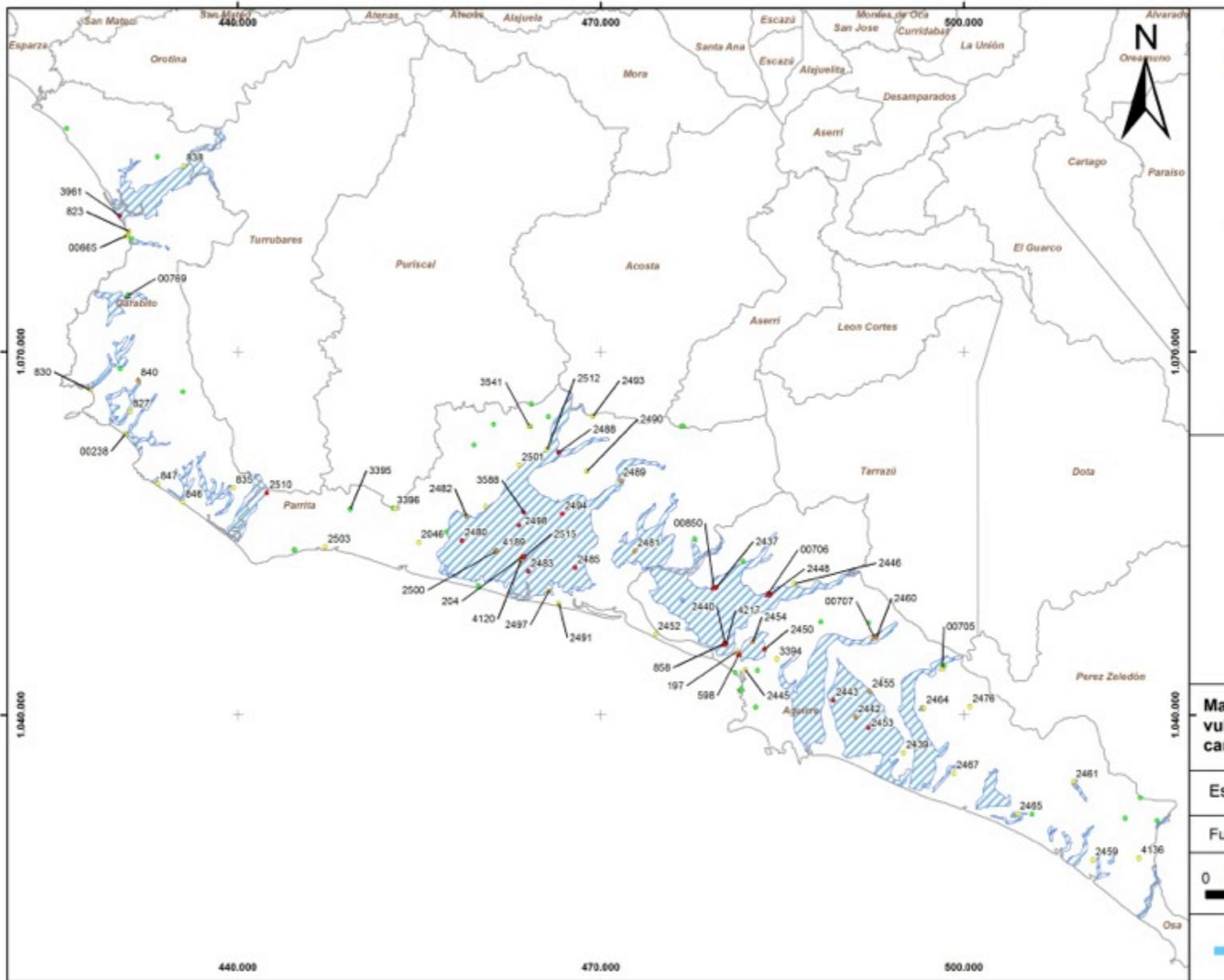
%²: porcentaje con respecto a los centros educativos analizados

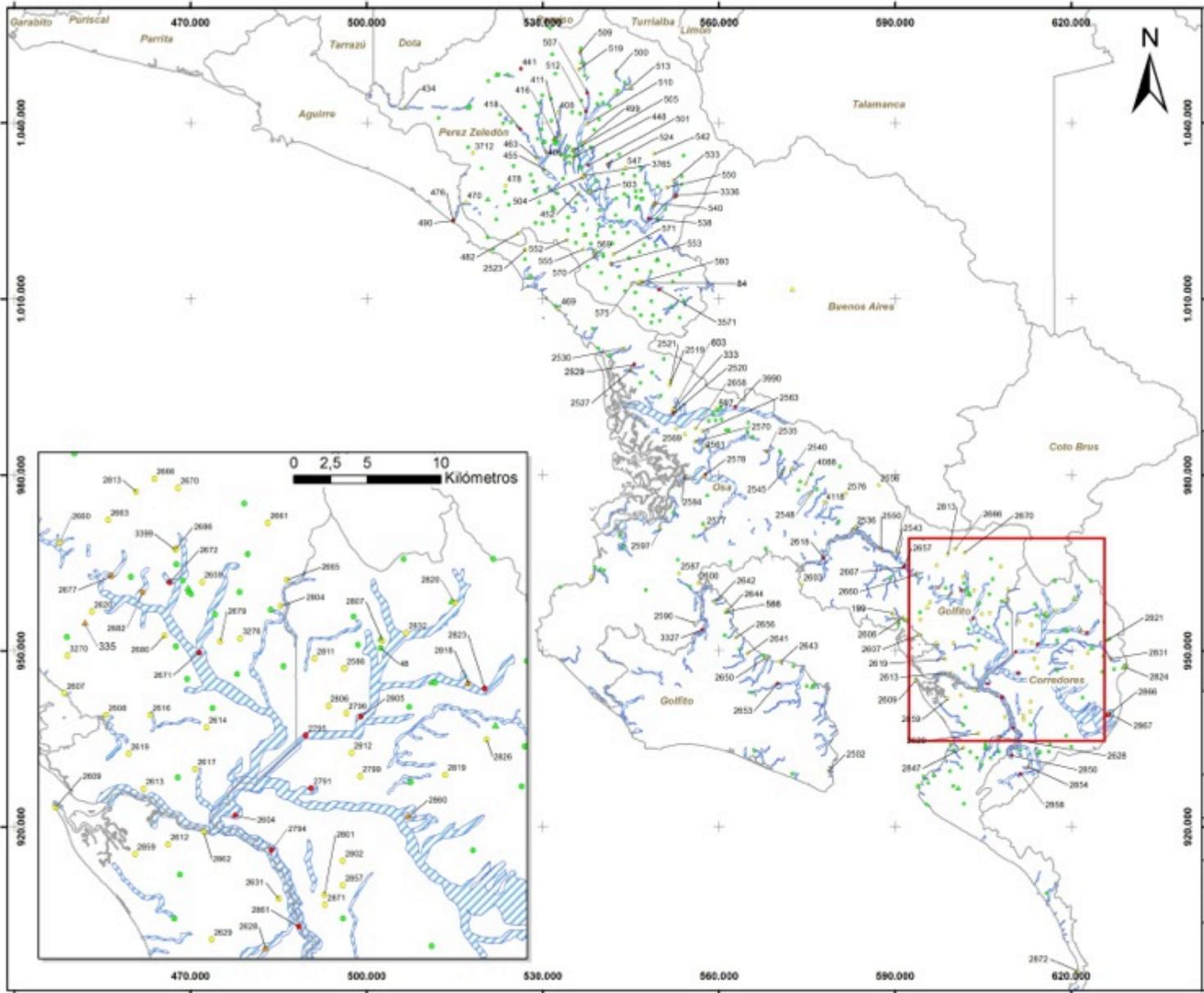












Ma
vul
var

Es

Fu

0
1
Kilómetros