



HAL
open science

El conocimiento de la vulnerabilidad de la red vial como herramienta de comprensión y reducción de la vulnerabilidad territorial: el caso de La Paz (Bolivia)

Javier Nuñez Villalba, Florent Demoraes

► To cite this version:

Javier Nuñez Villalba, Florent Demoraes. El conocimiento de la vulnerabilidad de la red vial como herramienta de comprensión y reducción de la vulnerabilidad territorial: el caso de La Paz (Bolivia). Bulletin de l'Institut Français d'Études Andines, 2009, Vulnerabilidades urbanas en los países andinos (Bolivia, Ecuador, Perú) sous la dir. R. D'ERCOLE, S. HARDY, J. ROBERT, P. METZGER, 38 (3), pp.827-848. 10.4000/bifea.2497 . halshs-01110000

HAL Id: halshs-01110000

<https://shs.hal.science/halshs-01110000>

Submitted on 29 Jan 2015

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Bulletin de l'Institut français d'études andines

38 (3) (2009)

Vulnerabilidades urbanas en los países andinos (Bolivia, Ecuador, Perú)

Javier Núñez-Villalba y Florent Demoraes

El conocimiento de la vulnerabilidad de la red vial como herramienta de comprensión y reducción de la vulnerabilidad territorial: el caso de La Paz (Bolivia)

Advertencia

El contenido de este sitio está cubierto por la legislación francesa sobre propiedad intelectual y es propiedad exclusiva del editor.

Las obras publicadas en este sitio pueden ser consultadas y reproducidas en soporte de papel o bajo condición de que sean estrictamente reservadas al uso personal, sea éste científico o pedagógico, excluyendo todo uso comercial. La reproducción deberá obligatoriamente mencionar el editor, el nombre de la revista, el autor y la referencia del documento.

Toda otra reproducción está prohibida salvo que exista un acuerdo previo con el editor, excluyendo todos los casos previstos por la legislación vigente en Francia.

revues.org

Revues.org es un portal de revistas de ciencias sociales y humanas desarrollado por Cléo, Centre pour l'édition électronique ouverte (CNRS, EHESS, UP, UAPV).

Referencia electrónica

Javier Núñez-Villalba y Florent Demoraes, « El conocimiento de la vulnerabilidad de la red vial como herramienta de comprensión y reducción de la vulnerabilidad territorial: el caso de La Paz (Bolivia) », *Bulletin de l'Institut français d'études andines* [En línea], 38 (3) | 2009, Publicado el 01 junio 2010, consultado el 27 junio 2014. URL : <http://bifea.revues.org/2497> ; DOI : 10.4000/bifea.2497

Editor : Institut français des études andines

<http://bifea.revues.org>

<http://www.revues.org>

Documento accesible en línea desde la siguiente dirección : <http://bifea.revues.org/2497>

Ce document est le fac-similé de l'édition papier.

Tous droits réservés

PARTE 4

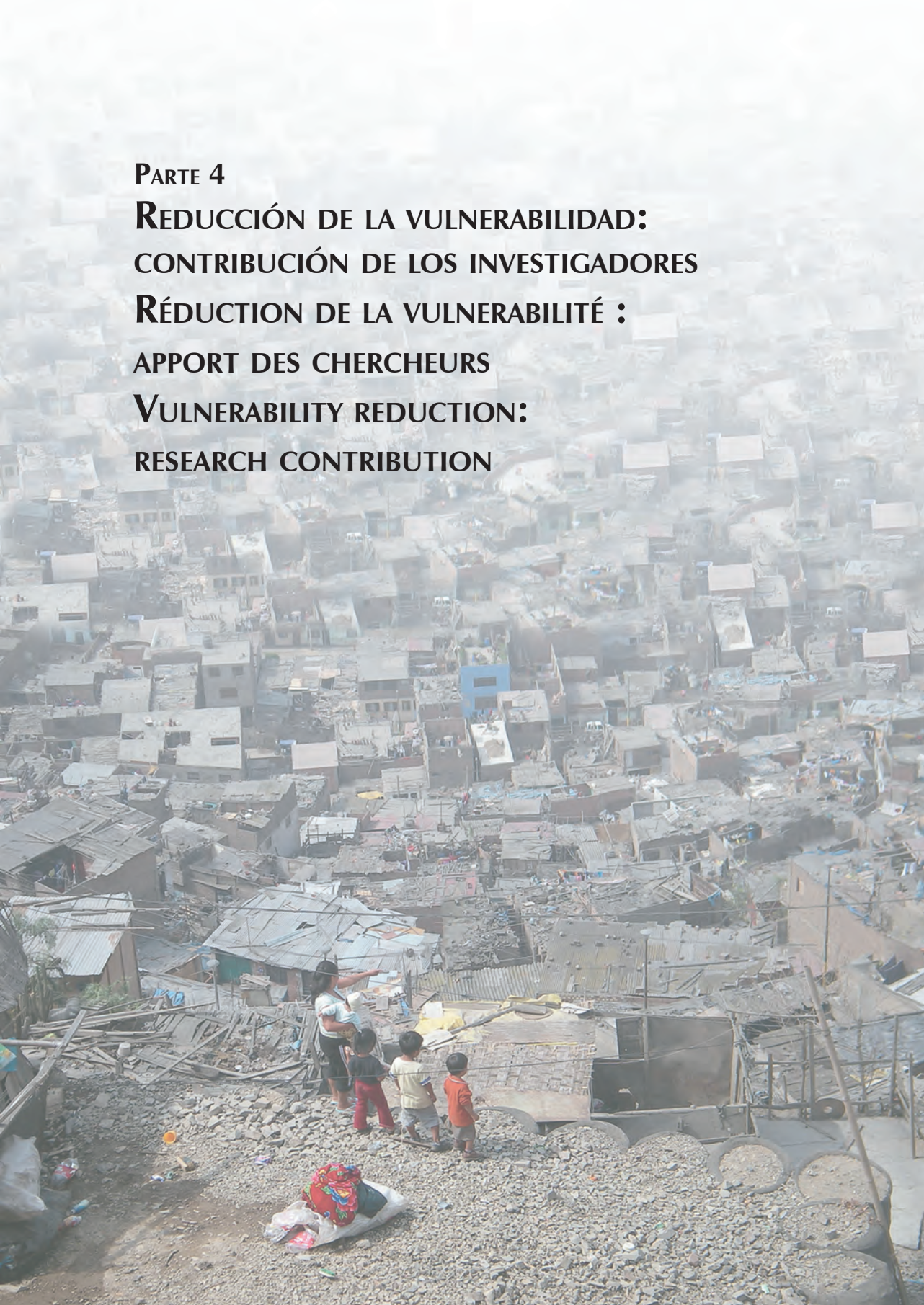
**REDUCCIÓN DE LA VULNERABILIDAD:
CONTRIBUCIÓN DE LOS INVESTIGADORES**

RÉDUCTION DE LA VULNERABILITÉ :

APPORT DES CHERCHEURS

VULNERABILITY REDUCTION:

RESEARCH CONTRIBUTION





El conocimiento de la vulnerabilidad de la red vial como herramienta de comprensión y reducción de la vulnerabilidad territorial: el caso de La Paz (Bolivia)

*Javier Nuñez-Villalba**

*Florent Demoraes***

Resumen

Este artículo presenta los principales resultados de una investigación sobre el colapso de las vías de la metrópoli paceña causado por dos eventos: uno natural y otro social. El primero fue generado por una fuerte tormenta de lluvia y granizo ocurrida el 19 de febrero de 2002 y el segundo por una revuelta social llamada «Guerra del Gas» que aconteció en octubre del 2003. Ambos eventos originaron perturbaciones entre las más graves que enfrentó la Metrópoli en tiempos recientes. Se intenta localizar cuáles fueron los lugares más afectados en cada caso y se intenta entender por qué los impactos de estos eventos fueron tan graves y extensos. Se presenta en este artículo la metodología implementada y se demuestra que el analizar la vulnerabilidad de una red vial representa un enfoque pertinente para entender la vulnerabilidad de un territorio.

Palabras clave: *metrópoli paceña, La Paz, El Alto, Bolivia, red vial, elementos esenciales, vulnerabilidad, riesgos, granizada, revueltas sociales, colapso vial*

* UR 029 Institut de Recherche pour le Développement (IRD) Programa Pacivur, Av. Hernando Siles 5290 esq. calle 7, CP 9214 Obrajes, La Paz. Becario del IFEA (UMIFRE 17, CNRS-MAEE) en 2007. E-mail: jnunezvillalba@gmail.com

** UMR 6590 CNRS ESO (Laboratoire RESO), Université Rennes 2 - Campus Villejean - Place Recteur Henri Le Moal, CS 24307 - 35043 Rennes, Francia. E-mail: florent.demoraes@univ-rennes2.fr

L'évaluation de la vulnérabilité d'un réseau routier comme outil de compréhension et de réduction de la vulnérabilité territoriale : le cas de La Paz (Bolivie)

Résumé

Cet article présente les principaux résultats d'une recherche sur la perte d'intégrité du réseau viaire de l'agglomération de La Paz liée à deux événements : l'un d'origine naturelle, l'autre d'origine sociale. Le premier découle d'un épisode pluvieux et grêleux intense survenu le 19 février 2002 et le deuxième d'une révolte sociale connue sous le nom de « Guerre du gaz » qui s'est déroulée en octobre 2003. Ces deux événements ont entraîné des perturbations parmi les plus graves qu'a connues l'agglomération de La Paz au cours de la dernière décennie. Ce texte tente de localiser les lieux les plus affectés dans chaque cas et de comprendre pourquoi les impacts de ces deux événements ont été si graves et si étendus. La méthodologie mise au point est présentée et il est montré que l'analyse de la vulnérabilité d'un réseau routier représente une approche pertinente pour appréhender la vulnérabilité d'un territoire.

Mots clés : agglomération de La Paz, La Paz, El Alto, Bolivie, réseau routier, enjeux, vulnérabilité, risques, orage grêleux, révoltes sociales, paralysie routière

The assessment of road network vulnerability as a tool to understand and mitigate territorial vulnerability: the example of La Paz (Bolivia)

Abstract

This paper presents the main results of an investigation of road disruptions generated within the Metropolis of La Paz by two events: a natural one and a social-related one. The first one was produced by a strong hailstorm on the 19th of February 2002, and the second one, called «The Gas War», resulted from riots and road blockades in October 2003. Both events led to the most severe disturbances that the metropolis had to face in recent times. This article aims at pinpointing the places that were the most affected in each case and at understanding why the impacts of these two events were so critical and so widespread. The methodology implemented to answer these questions is examined. We also demonstrate the relevancy of analysing road network vulnerabilities in order to assess the vulnerability of a territory as a whole.

Keywords: Metropolis of La Paz, La Paz, El Alto, Bolivia, road network, critical road infrastructures, vulnerability, risks, hailstorm, social revolts, road disruptions

INTRODUCCIÓN

La metrópoli paceña, conformada por las ciudades de La Paz y El Alto, sede del gobierno de Bolivia con cerca de 1,5 millones de habitantes¹, sufrió en la última década dos eventos inusuales, uno natural y otro social. El primero fue causado

¹ Según datos del último Censo de Población y Vivienda realizado por el Instituto Nacional de Estadística para el año 2001 la población urbana de La Paz y El Alto fue de 1 436 935 habitantes.

por una fuerte tormenta de lluvia y granizo ocurrida el 19 de febrero de 2002 y el segundo por una revuelta social llamada «Guerra del Gas» que aconteció el 19 de octubre del 2003. Ambos eventos fueron asociados a perturbaciones y daños que cubrieron una extensión espacial poco habitual alcanzando a casi toda el área metropolitana y causando millonarias pérdidas económicas y decenas de víctimas. Es sorprendente en la medida en que generalmente las inundaciones, deslizamientos, derrumbes y manifestaciones sociales que afectan el área metropolitana, suelen tener impactos más localizados, principalmente en las periferias de la ciudad de La Paz, y ocasionalmente en la ciudad de El Alto.

Frente a esta situación excepcional, surgen varias preguntas como: ¿Cuáles fueron las características de ambos eventos?, ¿Qué les diferencia de eventos más comunes?, ¿Por qué tuvieron impactos tan graves y extensos?, ¿Cuáles fueron los sectores más afectados? y ¿Por qué?, ¿Cuáles son las vulnerabilidades territoriales que se evidencian cuando se reduce la integridad de la red vial en el área metropolitana?

Para responder a estos cuestionamientos, se describe en la primera parte ambos eventos y sus impactos espaciales. En la segunda parte, se contempla la configuración organizacional de la metrópoli y se estudia la estructura de la red vial y del transporte colectivo, principal modo de desplazamiento de los ciudadanos. Esta etapa permite determinar los grandes patrones de movilidad cotidiana en el área metropolitana y los tramos viales esenciales sobre los cuales se basan, tramos cuyo cierre causa lógicamente graves disturbios. En la tercera parte, para identificar los tramos que pueden resultar fuera de servicio, se analiza y cartografía su vulnerabilidad. En la cuarta parte, a través de un escenario, se compara los problemas de accesibilidad y de circulación vehicular que resultarían del cierre de los tramos esenciales identificados como más vulnerables con los problemas observados durante los dos eventos analizados.

1. DESCRIPCIÓN DE LOS DOS EVENTOS: CAUSAS E IMPACTOS ESPACIALES

1. 1. La tormenta de lluvia y granizo del 19 de febrero de 2002

A las 14:20 horas del día 19 de febrero de 2002, hora de mayor concentración peatonal y vehicular en el centro de la ciudad de La Paz, se produjo una tormenta de lluvia y granizo que duró aproximadamente 50 minutos². El volumen total precipitado fue medido en 39,4 litros por metro cuadrado (GMLP & PNUD, 2002). Convirtió a las calles del Centro y del Sur de la ciudad (fig. 1) en ríos de fuerte caudal cuya fuerza fue acentuada por las altas pendientes de las calles en su mayoría estrechas. Esta tormenta fue particularmente dañina por la súbita

² La intensidad más fuerte de la granizada duró aproximadamente 50 minutos, a pesar de que cayó granizo por una hora y cincuenta minutos.

acumulación de agua y el taponamiento de sumideros con hielo que hizo que los canales de aguas pluviales, tanto naturales como artificiales se vieran sobradamente excedidos. Las aguas cargadas con sedimentos y escombros fluyeron también en las calles y avenidas paralelas a estos canales y arrasaron todo a su paso. El

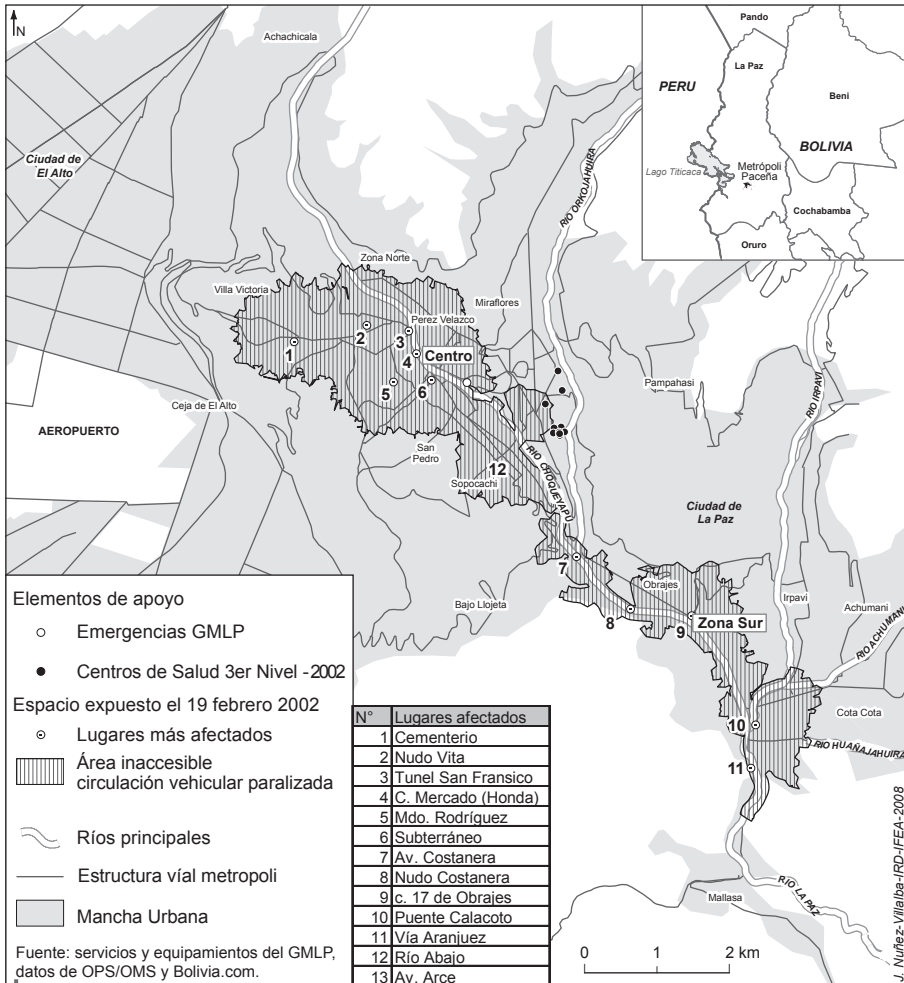


Figura 1 – Lugares afectados durante la tormenta de lluvia y granizo del 19 de febrero de 2002³, ciudad de La Paz

³ Se delimitaron las zonas que experimentaron una paralización total de circulación vehicular en base a los lugares más afectados. Esta información se obtuvo a partir de recorridos de campo, reportes y notas de prensa. Las fuentes principales fueron la pagina web: <http://www.bolivia.com/especiales2002/emergencialpz/notas/> y el CD multimedia de prevención y mitigación de desastres publicado por la OPS/OMS (2002).

principal recolector de aguas de la ciudad, el río Choqueyapu, fue ampliamente sobrepasado, y se produjeron desbordes y grandes inundaciones. Problemas similares se produjeron en los principales ríos de la zona sur: Irpavi, Achumani, Jilusaya y Huañajahuirá (GMLP & PNUD, 2002).

Así, zonas neurálgicas de la ciudad, como el Centro y la zona Sur, poco habituadas a estos fenómenos, fueron directamente afectadas. Cabe resaltar que durante esta crisis la atención de emergencias en estas zonas resultó totalmente imposible por dos razones. Primero la circulación vehicular dentro de estas zonas se volvió rápidamente imposible y, segundo, sus vías de acceso se quedaron también rápidamente bloqueadas. Las comunicaciones entre el centro de la ciudad de La Paz y el Sur, y entre el centro y la ciudad de El Alto se suspendieron durante 6 horas interrumpiéndose servicios como la atención de centros de salud, centros educativos, actividades económicas de empresas públicas y privadas, transporte, etc. (OPS/OMS, 2002).

En total, este evento ocasionó 68 muertes, la desaparición de 14 personas y daños económicos de más de 10 millones de dólares, por lo que se convirtió en la peor catástrofe en esta ciudad hasta esa fecha (Ayala, 2005: 15). Esta tormenta de lluvia y granizo también inundó varias zonas de la ciudad de El Alto, pero sin consecuencias fatales.

1. 2. La revuelta social de octubre 2003 o «Guerra del Gas»

Los movimientos sociales de octubre de 2003 en protesta contra la política del Gobierno Nacional en el sector de los hidrocarburos con relación a la exportación del gas a otros países y contra un nuevo impuesto a los salarios, bloquearon por más de una semana, en seis lugares en El Alto, las principales vías de acceso a la metrópoli paceña (fig. 2). Este aislamiento provocó pánico, motines, desbordes colectivos y disturbios, y un desabastecimiento de insumos básicos, como alimentos, combustibles y medicamentos a toda la metrópoli (*La Prensa*, 2005; Mamani, 2004). Las repercusiones de este evento no solo se sintieron a escala metropolitana sino también a escala nacional, por ser La Paz la sede del Gobierno Central. Este evento evidenció que el cierre de las vías principales de la ciudad de El Alto, si bien tiene impactos locales, tiene también un efecto en cadena sobre toda la metrópoli y en particular sobre la ciudad de La Paz.

Ambos eventos, por sus características, son claramente diferentes. Sin embargo, ambos fueron excepcionales por su extensión y severidad e implicaron cada vez una pérdida de integridad de la red vial metropolitana. Es interesante observar que no fueron los mismos sectores que reaccionaron y que en el segundo caso, el bloqueo de tan solo seis intersecciones causó el colapso del sistema urbano en su conjunto. A continuación, intentamos entender por qué.

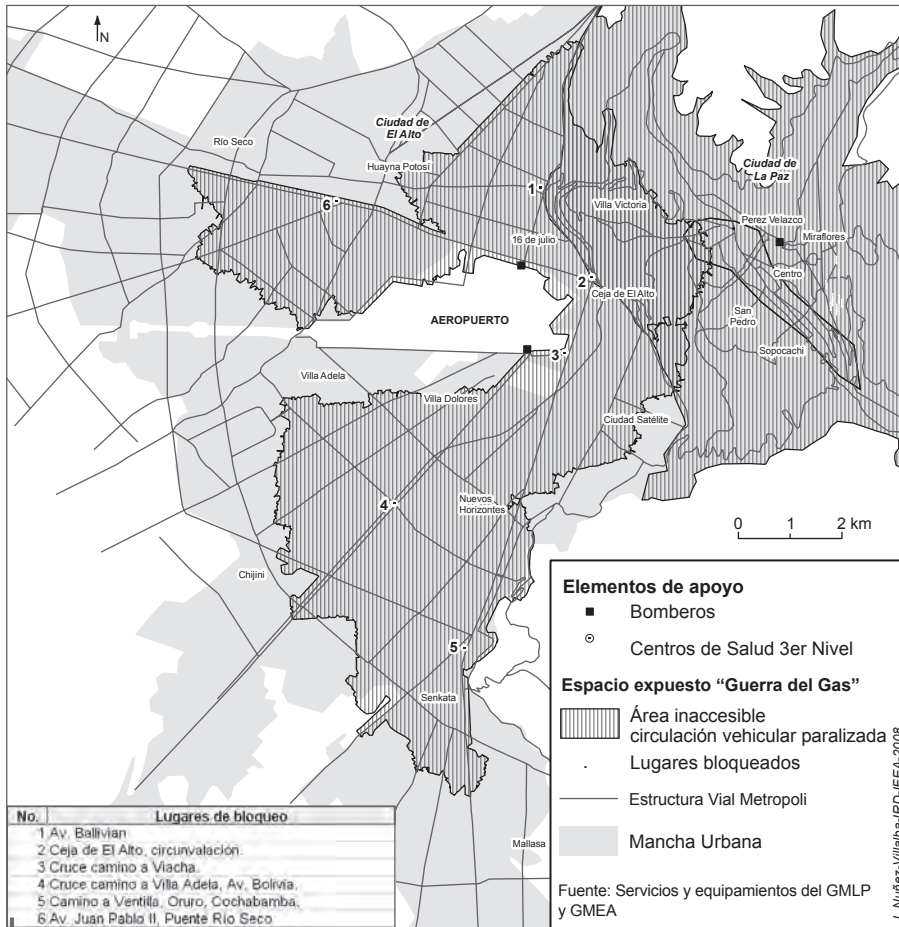


Figura 2 – Puntos de bloqueo en la «Guerra del Gas» de octubre 2003

2. INTERPRETACIÓN DE LOS IMPACTOS: EL NECESARIO ANÁLISIS DE LA ORGANIZACIÓN ESPACIAL DE LA METRÓPOLI Y DE SU ESTRUCTURA VIAL

La hipótesis que vamos a verificar consiste en considerar que las consecuencias tuvieron esa magnitud y esa extensión debido a que los eventos impactaron directamente la red vial y en especial tramos estratégicos para el área metropolitana. ¿Cómo comprobar esta hipótesis? ¿Cómo identificar tramos clave en una red vial urbana? Para responder estos interrogantes, se adaptó una metodología que se funda sobre una diferenciación y jerarquización de vías. Esa metodología fue inicialmente experimentada sobre la aglomeración de Quito en Ecuador (Demoraes, 2005) en el marco del programa «Sistema de información y riesgos en el Distrito Metropolitano de Quito» (D'Ercole & Metzger, 2004) (Cf.

el recuadro de Florent Demoraes, páginas siguientes). Primero, se debe revisar la lógica organizacional de la metrópoli, es decir ver cuáles son los grandes conjuntos geográficos dentro de la aglomeración urbana, cuáles son sus características y cuáles son las relaciones que mantienen entre sí. Estas últimas permiten explicar los grandes patrones de la movilidad cotidiana. Luego se debe revisar sobre qué ejes viales se realizan los viajes cotidianos entre estos conjuntos y analizar sus características y estructuras. Esta metodología permite así entender cuáles son las repercusiones espaciales en caso de fallo de un tramo vial esencial.

En el caso de la metrópoli paceña, las ciudades de La Paz y El Alto se caracterizan por perfiles socio demográficos muy diferentes y complementarios. De manera esquemática, la ciudad de La Paz concentra la mayor parte de los empleos y la ciudad de El Alto, más industrial, la mayor parte de la mano de obra. Por otro lado, El Alto cuenta con el aeropuerto. Por esas razones ambas ciudades mantienen fuertes relaciones que se evidencian a través de los movimientos pendulares. Transitan así entre ambas ciudades más de 32 000 vehículos en un día típico de la semana⁴, y más de 200 000 pasajeros por día (GMEA & REINGENIERIA, 2004: 11-12). Cabe resaltar que, dada la configuración del sitio (fig. 3), existen pocas alternativas viales entre ambas ciudades lo que vuelve estratégicas a estas pocas vías. Estos altos flujos son generalmente realizados por transporte colectivo, modo que desempeña un papel clave. En la ciudad de El Alto, el 90 % de los viajes motorizados se realizan en transporte colectivo (GMEA & REINGENIERIA, 2004) y en La Paz el 70 % (Tonichi & Systra, 2004). Cabe destacar también que el acceso terrestre a la ciudad de La Paz desde el resto del país solo se hace atravesando El Alto. La ciudad de La Paz se encuentra en una situación de enclave geográfica, y las vías de acceso a El Alto, si bien son vitales para El Alto, también lo son para la ciudad de La Paz.

En el mapa siguiente (fig. 3) se resaltaron los tramos principales de la red vial a escala metropolitana. Se consideró la función de cada tramo y se definieron como vías principales los ejes que conectan (1) la aglomeración con el resto del país, (2) El Alto con La Paz, (3) las diferentes centralidades de la aglomeración (centro histórico, zona Sur, La Ceja de El Alto, etc.) y (4) los diferentes barrios. En su mayoría son vías anchas y asfaltadas. Para cada tramo se asignó un valor en función de su importancia.

Por otra parte, dada la importancia del transporte colectivo para los ciudadanos, se identificaron las rutas clave por las cuales transitan los diferentes medios de transporte colectivo. Estos son *microbuses*⁵, *minibuses*⁶, *carry*⁷ y *trufis*⁸. Para ello, se

⁴ Los volúmenes vehiculares fueron calculados en un tiempo de 16 horas por las vías más importantes de conexión entre La Paz y El Alto, la Avenida Autopista y la Avenida Naciones Unidas, el año 1999.

⁵ Son vehículos de tipo autobús de antiguos modelos de la década de los años 1950, 1960, 1970 y 1980 que soportan aproximadamente 21 pasajeros sentados y 15 personas paradas.

⁶ Vehículos de puertas corredizas tipo combis u ómnibus adaptados para el transporte público para 14 pasajeros.

⁷ Vehículos como combis u ómnibus, pero más pequeños, adaptados para el transporte público. Funcionan tipo taxis colectivos para 8 pasajeros, con rutas fijas.

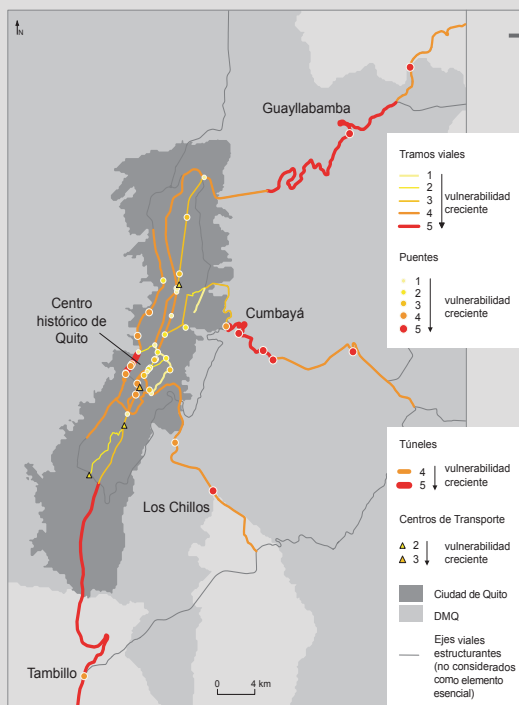
⁸ Automóviles de cuatro puertas tipo taxis colectivos para 5 pasajeros con rutas fijas.

El conocimiento de la vulnerabilidad de la red vial como herramienta de comprensión y de reducción de la vulnerabilidad territorial del Distrito Metropolitano de Quito

Florent Demoraes

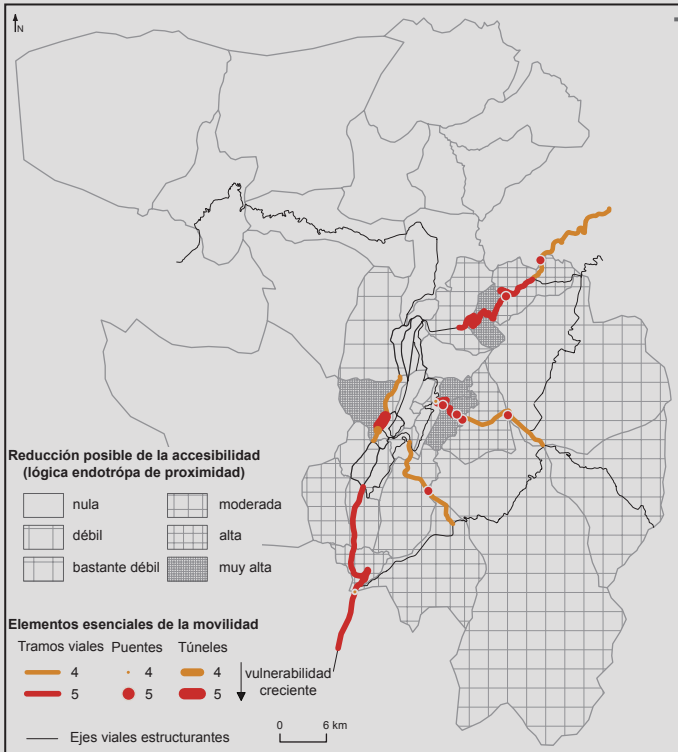
Aportes de la investigación y enfoques para la prevención

En el marco del programa «Sistema de información y riesgos en el DMQ» (IRD-DMTV), se llevó a cabo una investigación para evaluar la vulnerabilidad de la red vial en el Distrito Metropolitano de Quito (Demoraes, 2005). El objetivo era identificar los tramos viales, entre los más estratégicos a escala del DMQ, que son más susceptibles de experimentar una reducción de su operatividad, la cual causaría una grave perturbación de la circulación y también una reducción de la accesibilidad de varios lugares. Luego esa reducción generaría una serie de disfuncionamientos en el territorio metropolitano que se intentó evaluar a través de varios escenarios. La primera etapa consistió en identificar los elementos esenciales de las redes viales y de transporte a escala del DMQ. Para ello se elaboró una metodología fundamentada en criterios cuantitativos, cualitativos y espaciales. En la segunda etapa, se evaluó la vulnerabilidad de estos elementos esenciales considerando seis factores (vulnerabilidad intrínseca, dependencia, exposición a amenaza, alternativas, capacidad de control, preparación a crisis). En la tercera etapa, se analizaron las posibilidades que tienen los diferentes sectores del DMQ de ver su accesibilidad reducida dado los cierres de vías. En la cuarta parte se evaluaron los riesgos asociados a las reducciones de accesibilidad. Esta investigación permitió esbozar unas propuestas para reducir la vulnerabilidad del territorio metropolitano en una perspectiva de planificación preventiva (desconcentración espacial de elementos esenciales para el funcionamiento del DMQ, implementación de un sistema de anticipación de perturbación de tráfico, inversión enfocada para mejorar la accesibilidad de los pocos sectores que se encuentran en una situación desfavorable, etc.).



Mapa A: Vulnerabilidad global de los elementos esenciales de la red vial del DMQ (Síntesis de los seis factores de vulnerabilidad)

Mapa B – Reducción posible de la accesibilidad de las zonas en caso de fallo de los elementos esenciales de la red vial más vulnerables de la red



Mapa C – Localización de las instalaciones esenciales para el funcionamiento del DMQ en las zonas susceptibles de experimentar una fuerte o muy fuerte reducción de su accesibilidad

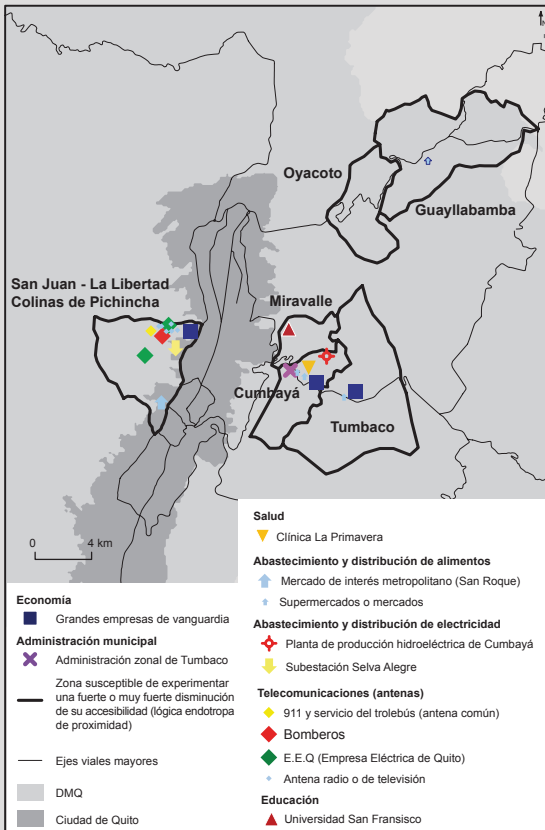




Figura 3 – Red vial principal de la metrópoli paceña (importante para las conexiones internas y el acceso a la metrópoli) y topografía

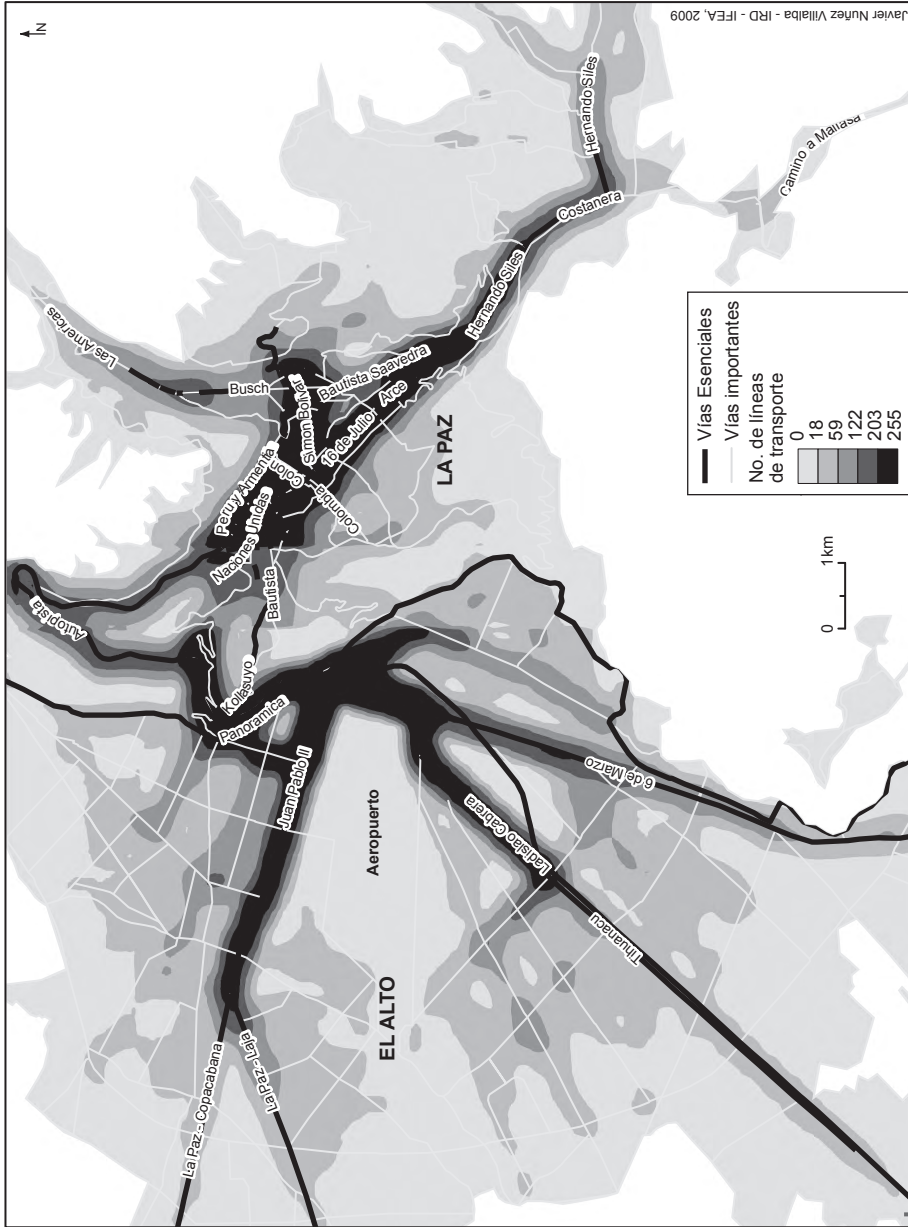


Figura 4 – Red vial esencial de la metrópoli paceña (conexiones más importantes y grandes corredores de transporte colectivo).

realizaron tratamientos en un sistema de información geográfica (SIG). Se calculó primero el número de rutas por tramo vial, valor que luego fue interpolado para resaltar los ejes de mayor concentración de transporte colectivo.

Finalmente, se sintetizaron los dos análisis. Se clasificaron y se sumaron los valores de cada tramo asignados en base a su función en la red y su frecuentación por el transporte colectivo. De la suerte se pudieron identificar para la ciudad de El Alto 8 vías esenciales y para la ciudad de La Paz 28 vías (fig. 4). La identificación de estas vías esenciales a escala metropolitana no fue fácil, debido a las diferencias existentes respecto a la administración municipal de La Paz y El Alto. Se tuvo que trabajar en cada ciudad por separado para luego unir los datos de ambas ciudades.

Conociendo las vías que desempeñan un papel de primera importancia para el funcionamiento de la metrópoli, vías cuyo fallo implicaría lógicamente graves disturbios, vamos a continuación a analizar su propensión a resultar fuera de servicio. Para ello se analiza su vulnerabilidad en base a una metodología que considera tanto las fragilidades de las vías como su resiliencia. También vamos a ver si son aquellas vías las que fueron cerradas en los dos eventos analizados en este texto y reconstituir *a posteriori* los impactos que se dieron.

3. EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD DE LAS VÍAS ESENCIALES

Para conocer la propensión que tienen las vías esenciales de resultar inoperantes, se analizó su vulnerabilidad a través de una metodología (Demoraes, 2005) que considera seis factores listados a continuación:

- *La vulnerabilidad intrínseca*: corresponde a las debilidades internas, a las propias fragilidades, a las debilidades estructurales del elemento estudiado.
- *La dependencia*: considera las relaciones de dependencia del elemento frente a otros sistemas, relaciones que son necesarias para su funcionamiento.
- *La exposición a los peligros y la susceptibilidad de daño*: abarca los diferentes tipos de amenazas de origen natural y antrópico a las cuales están expuestos los elementos. Permite también evaluar si estos últimos son susceptibles de experimentar disfuncionamientos o daños.
- *La capacidad de control*: se refiere a la posibilidad de controlar el elemento. En otros términos se analiza si es fácil o no intervenir a nivel del elemento, directamente o a distancia, en caso de problema.
- *Las alternativas*: consideran las posibilidades de reemplazo, de sustitución de un elemento asegurando una función, en caso de fallo.
- *La preparación a las crisis*: corresponde a las medidas preventivas, a las diversas formas de preparación, a la existencia de planes previstos por los gestores para afrontar las crisis.

De modo general, se asocian los tres primeros factores a una serie de debilidades características de los tramos viales esenciales que tienden a aumentar su riesgo de fallo, mientras que se asocian los tres últimos factores (factores de compensación o

de resiliencia) al conjunto de acciones o situaciones que tienden a contrarrestar las debilidades de los tramos esenciales y consecuentemente a reducir su riesgo de fallo. Para ello, se requirió considerar un amplio abanico de datos basado en diferentes fuentes. La fuente principal de información fueron los Planes de Desarrollo y de Ordenamiento Urbano de los municipios de La Paz y El Alto (GMLP, 2007; GMEA, 2006). También se consultaron reportes y la prensa, se realizaron recorridos de campo, se programaron entrevistas a gestores, y se utilizaron las potencialidades del SIG en complemento. Con esa herramienta se evaluó por ejemplo la pendiente de los ejes viales, se midió su exposición a amenazas, se localizaron los sumideros y se delimitaron las áreas de restricción vehicular. Adicionalmente se utilizó el SIG para medir las fortalezas de los ejes viales (proximidad a elemento de apoyo, etc.). Se consideraron los criterios más visibles de vulnerabilidad de la red vial, los más característicos, los más perturbadores, aquellos comúnmente identificados por los gestores, ciudadanos e investigadores en la metrópoli paceña (cuadro 1). Sin

Cuadro 1 – Matriz sinóptica de las variables analizadas para evaluar los seis factores de vulnerabilidad

FORMAS DE VULNERABILIDAD					
Fragilidad del sistema					
1. Intrínseca (variables analizadas)	Amplitud	2. Dependencia (variables analizadas)	Amplitud	3. Exposición a amenazas, susceptibilidad de daño (variables analizadas)	Amplitud
Estado de la rodadura***	0 – 2	Alumbrado público***	0 - 2	Inestabilidad de los suelos (deslizamiento, derrumbe, hundimiento)**	0 - 4
Pendiente máxima**	0 – 2	Red de semáforos***	0 - 2	Inundaciones**	0 - 4
Sinuosidad***	0 – 2	Mantenimiento de vías***	0 - 2	Mazamoras**	0 - 4
Propenso a la congestión vehicular diaria***	0 – 4	Sumideros o colectores viales de agua**	0 - 2	Sifonamientos**	0 - 4
Accidentalidad**	0 – 2	Alcantarillado pluvial*	0 - 2	Distribución de gas*	0 - 2
Propenso a perturbaciones ocasionales (manifestaciones, saturación en feriados)***	0 – 2			Amenazas naturales (inundaciones, sifonamientos y deslizamientos)*	0 - 4
Operatividad*	0 – 4			Aeropuerto*	0 – 2
Factores de compensación o resiliencia					
4. Capacidad de control (variables analizadas)	Amplitud	5. Alternativas (variables analizadas)	Amplitud	6. Preparación a las crisis (variables analizadas)	Amplitud
Telecontrol de semaforización**	0 – 2	Restricción vehicular**	0 - 2	Plan de limpieza de sumideros en época de lluvias**	0 - 4
Accesibilidad**	0 – 2	Rutas alternativas**	0 - 2	Zona de intervención rápida de los bomberos***	0 - 2
Accesibilidad*	0 – 4	Rutas alternativas*	0 - 4	Zona de intervención rápida de policías***	0 - 2
				Proximidad del COE**	0 - 2
				Red de Salud para la atención de emergencias***	0 - 2

* Variables analizadas para la ciudad de El Alto; ** Variables analizadas para la ciudad de La Paz; *** Variables analizadas para ambas ciudades

embargo, no se pudo siempre analizar la vulnerabilidad de las vías esenciales en base a las mismas variables en La Paz y El Alto. Por ejemplo, para evaluar la vulnerabilidad intrínseca de los ejes viales esenciales en la ciudad de La Paz se tomaron en cuenta sus altas pendientes, variable no considerada para El Alto, por ser una ciudad casi plana. Hay otros ejemplos: la capacidad de control, las alternativas y los planes de contingencia. Estos factores son pertinentes para la ciudad de La Paz a diferencia del Municipio de El Alto, donde existen pocos datos al respecto. La falta de datos en la ciudad de El Alto sobre variables que puedan ayudar a medir los factores de compensación o resiliencia de la red vial, permite hacer una observación previa respecto a la baja capacidad de respuesta en esta ciudad.

Los datos anteriores fueron convertidos para cada tramo en niveles de vulnerabilidad asociados a valores. Mientras mayor es la vulnerabilidad, mayor es el valor asignado al tramo vial esencial. Cuando no se detecta vulnerabilidad, se da el valor cero. No obstante, cabe resaltar el hecho de que algunos factores considerados implican una simple reducción de la fluidez del tránsito, mientras otros pueden llegar al bloqueo total de la circulación. Por ello dos amplitudes fueron contempladas:

- de 0 a 2 para los factores moderadamente perturbadores,
- de 0 a 4 para los factores altamente perturbadores.

A continuación presentamos los resultados y los mapas asociados. Intentamos ver si los ejes que identificamos como al mismo tiempo esenciales y altamente vulnerables fueron aquellos que experimentaron problemas en los dos eventos analizados en este texto.

3. 1. Evaluación y cartografía de la fragilidad de las vías esenciales (vulnerabilidad intrínseca, dependencia y exposición a amenazas)

Una vez asignados los valores a las vías, se los sumaron y se los clasificaron en ambas ciudades (cuadro 2). Se definieron tres grados de fragilidad (baja, media, alta).

Cuadro 2 – Grado de fragilidad de las vías esenciales (vulnerabilidad intrínseca, dependencia y exposición a amenazas)

Fragilidad del sistema – La Paz	
Grado de Vulnerabilidad	Suma de valores asignados para cada criterio
1. Baja	6 – 10
2. Media	11 – 13
3. Alta	14 - 20

Fragilidad del sistema – El Alto	
Grado de Vulnerabilidad	Suma de valores asignados para cada criterio
1. Baja	10 – 11
2. Media	12 – 14
3. Alta	15 – 19

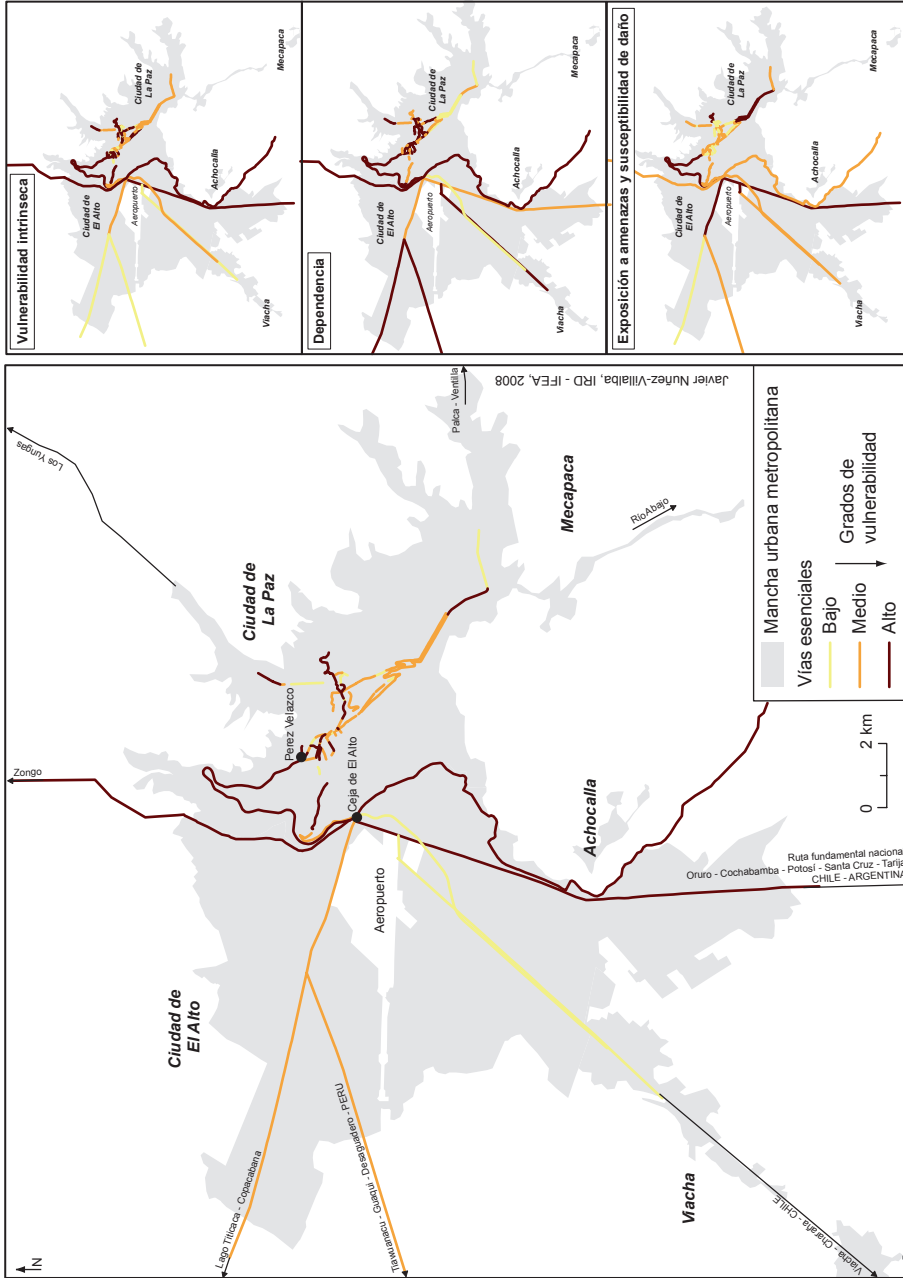


Figura 5 – Fragilidad acumulada de las vías esenciales en el área metropolitana paeña (y detalle de la vulnerabilidad intrínseca, dependencia y exposición a amenazas)

Los resultados de este análisis, en cada una de las dos ciudades, permiten tener una idea clara de los factores que vuelven frágil al sistema vial, y por ende al funcionamiento de la metrópoli paceña. Por ejemplo, la vía esencial que llega desde el Sur, que pasa por El Alto, siguiendo la Av. 6 de Marzo y la Autopista, es considerada según los datos obtenidos como la vía más problemática con un alto grado de fragilidad (fig. 5). Es justamente a partir del cierre de esta vía que se suscitaron en octubre de 2003 varios disturbios de gran extensión en la denominada «Guerra del Gas» (Mamani, 2004). Provocó una reducción notoria de la accesibilidad de la aglomeración y perturbaciones substanciales en la circulación en gran parte de la metrópoli (ver 1. 2.). En otros términos, se observa que la metrópoli paceña se encuentra bastante vulnerable debido a la alta fragilidad de una de sus vías de acceso.

Este método que da una idea de los cierres viales probables muestra todo su interés ya que varios ejes que perdieron su operatividad en el pasado corresponden a los ejes identificados como más frágiles.

A continuación, nos enfocamos sobre los factores de compensación (o resiliencia) que permiten minimizar la fragilidad de las vías y las perturbaciones de tráfico previsibles.

3. 2. Evaluación y cartografía de la vulnerabilidad de las vías esenciales por falta de resiliencia (capacidad de control, alternativas, preparación a las crisis)

Según el mismo método que para medir la fragilidad de las vías, se definieron grados que reflejan su vulnerabilidad por falta de factores de compensación (cuadro 3). Se definieron tres grados de vulnerabilidad (baja, media, alta).

Los resultados, a escala metropolitana (fig. 6), muestran que las vías en el centro de la ciudad de La Paz se encuentran en una situación relativa favorable debido a la

Cuadro 3 – Grado de vulnerabilidad por falta de resiliencia (capacidad de control, alternativas, preparación a las crisis)

Factores de compensación o resiliencia – La Paz	
Grado de Vulnerabilidad	Suma de valores asignados para cada criterio
1. Baja	6 – 9
2. Media	10 – 12
3. Alta	13 – 17

Factores de compensación o resiliencia – El Alto	
Grado de Vulnerabilidad	Suma de valores asignados para cada criterio
1. Baja	0 – 3
2. Media	4
3. Alta	5 – 8

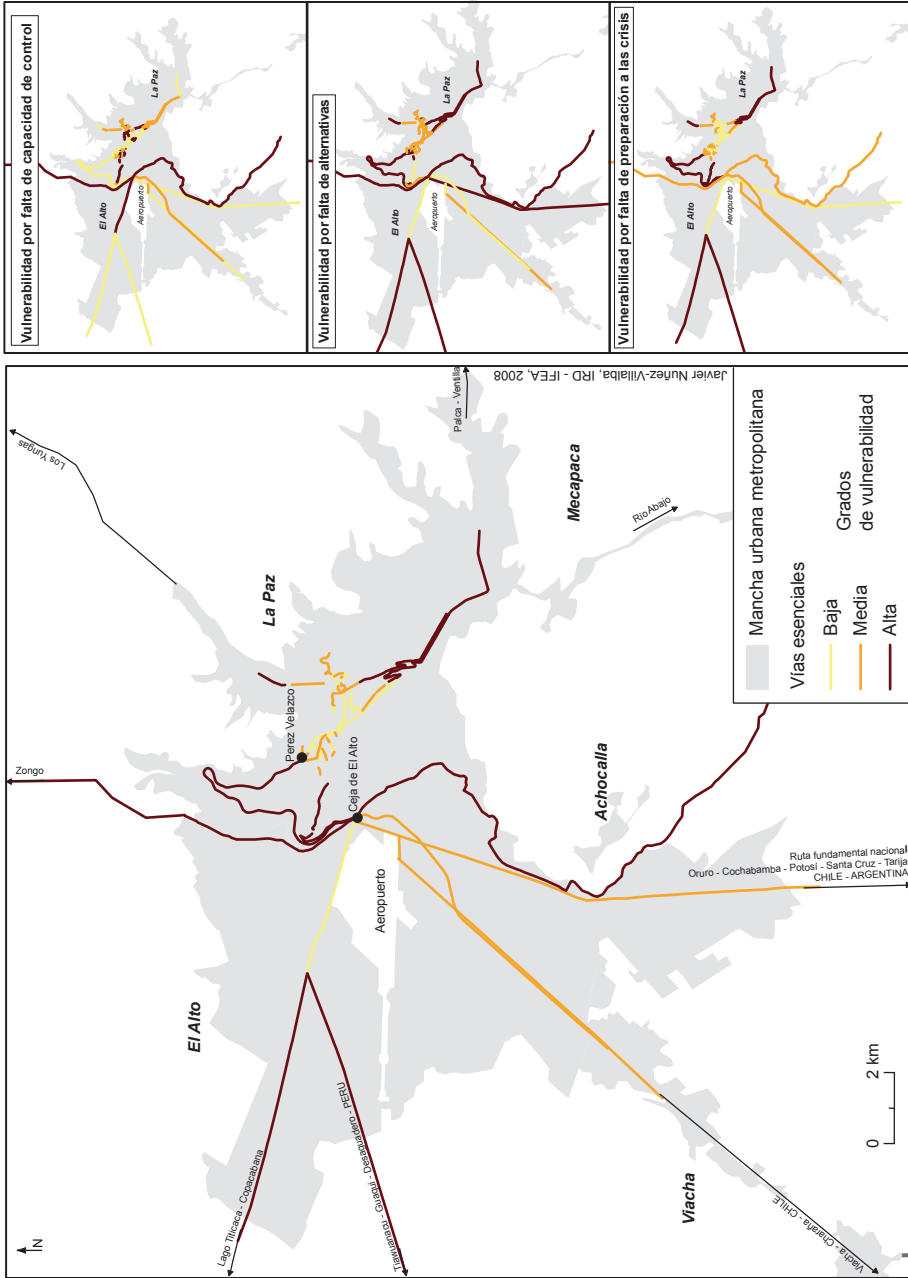


Figura 6 – Vulnerabilidad acumulada de las vías esenciales por falta de resiliencia en el área metropolitana paceña (y detalle de la capacidad de control, alternativas, preparación a las crisis).

proximidad de elementos de apoyo (bomberos, reten policial, hospitales de tercer nivel, reten de emergencias del municipio). Sin embargo, esa proximidad no fue suficiente para afrontar de manera eficaz la emergencia asociada a la tormenta de lluvia y graniza en febrero de 2002 ya que los sectores centrales experimentaron una paralización casi completa de circulación vehicular (véase 1. 1.).

Por otro lado, las dos vías de acceso a la metrópoli que llegan del oeste (ruta al lago Titicaca y ruta a Tiwanacu) tienen grados de vulnerabilidad alta, al no contar con dispositivos de compensación. De la misma forma la vía que llega del norte (ruta hacia los Yungas) tiene un alto grado de vulnerabilidad. Ello es particularmente preocupante ya que estos accesos cuentan también con un grado medio de fragilidad (véase 3. 1.). La metrópoli paceña se encuentra así bastante vulnerable debido a la falta de resiliencia de tres de sus vías de acceso.

Si se observa la situación de los ejes que conectan ambas ciudades (fig. 6), uno se da cuenta que tienen grados altos de vulnerabilidad. Significa que no existen muchas acciones previstas para rehabilitarlas en caso de cierre. Ello sería problemático en casos de emergencia en:

- *la ciudad de El Alto*. En efecto, el acceso a la ciudad de La Paz en donde se encuentra la mayor cantidad de elementos de apoyo como los bomberos, la policía y los hospitales especializados con mayor capacidad de camas disponibles (fig. 2), sería casi imposible. Esa situación ya se observó en el pasado. Por ejemplo, en octubre de 2003, algunos heridos de la ciudad de El Alto no tuvieron acceso a los hospitales de la ciudad de La Paz. Tuvieron que ser evacuados hacia centros de salud en la localidad de Patacamaya a 100 km, o a la ciudad de Oruro, 310 km al sur, al no existir centros especializados más cercanos (Ramos, 2003).
- *la ciudad de La Paz*. En caso de que fuera necesario una evacuación masiva de varios sectores de la ciudad de La Paz (en caso de sismo por ejemplo), el traslado hacia El Alto, en donde existen reservas de terreno, de un gran número de personas damnificadas, sería muy difícil.

Finalmente, la concentración de los elementos que permiten afrontar una crisis en la ciudad de La Paz y la mala conexión vial entre ambas ciudades revelan varias formas severas de vulnerabilidad del territorio metropolitano que ya causaron problemas como se observó en los dos eventos analizados en este texto.

4. HACIA UNA VALIDACIÓN DEL MÉTODO: CONFRONTACIÓN DE LO PROBABLE CON LO OCURRIDO EN UNA ÓPTICA PROSPECTIVA

En el párrafo anterior, evidenciamos que todas las vías que fueron bloqueadas en los dos eventos descritos coinciden con ejes viales esenciales cuya vulnerabilidad es alta⁹.

⁹ En el caso de la «Guerra del Gas», las intersecciones bloqueadas no fueron obviamente escogidas al azar. Los líderes de los movimientos sociales tienen un buen conocimiento del funcionamiento de la aglomeración metropolitana. Bloquearon un número limitado de puntos sabiendo que iba a tener consecuencias graves y extensas.

Ello permite validar en un cierto sentido el método implementado. Significa también que se puede utilizar estos resultados para interpretar a posteriori los impactos de los eventos anteriores y para evaluar los impactos espaciales que se darían en caso de cierre de otros ejes altamente vulnerables. Conociendo los impactos previsibles y los lugares potencialmente afectados, es posible proponer pistas de reflexión para armar políticas de prevención y reducir así la vulnerabilidad del área metropolitana.

Se calculó primero la vulnerabilidad global de las vías esenciales, es decir, se sumaron los grados de fragilidad con los grados de vulnerabilidad por falta de resiliencia con el fin de medir de manera más exacta la propensión que tienen las vías de experimentar fallos (fig. 7). Luego, a través de un escenario que consistió en considerar el cierre de los tramos cuya vulnerabilidad global es media o alta, se intentó evaluar los impactos espaciales asociados. Se determinaron así las

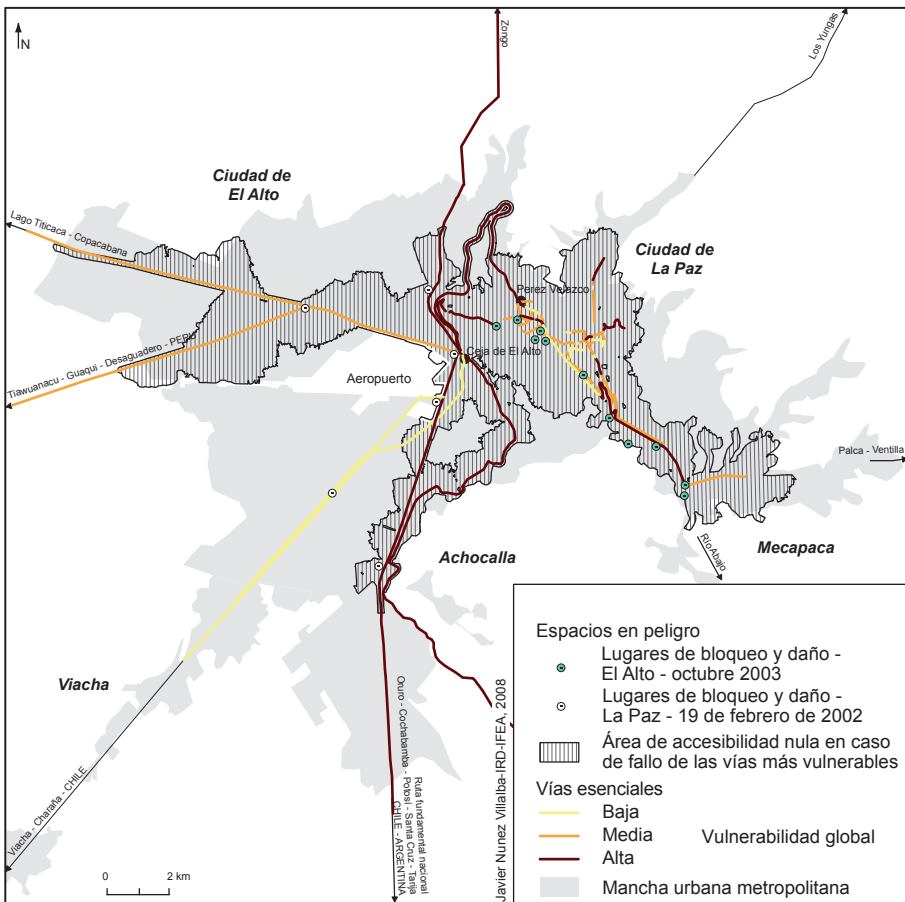


Figura 7 – Lugares bloqueados el 19 de febrero de 2002 y en octubre de 2003 combinados con los espacios que podrían experimentar una reducción drástica de su accesibilidad y una paralización de tráfico localmente en caso de cierre de los ejes esenciales más vulnerables

zonas que podrían conocer una reducción drástica de su accesibilidad y/o una paralización local del tráfico.

Haciendo la superposición entre estas últimas zonas y aquellas que experimentaron problemas durante la tormenta de lluvia y durante la «Guerra del Gas» (figs. 1 y 2), es posible observar una relativa buena yuxtaposición de ambas a escala metropolitana (fig. 7). De esta forma, es posible comprobar cómo la vulnerabilidad de la red vial, y en particular la vulnerabilidad de las vías esenciales, se transmite a espacios extensos en la metrópoli paceña, espacios que cuentan con funciones urbanas clave para el desenvolvimiento de las actividades en tiempo normal y que cuentan también con la mayoría de elementos de apoyo para afrontar una emergencia.

CONCLUSIÓN

El análisis de la vulnerabilidad de una red vial y en especial la vulnerabilidad de sus vías esenciales es un enfoque pertinente para entender a una escala superior la vulnerabilidad territorial de una metrópoli. Por un lado, permite resaltar problemas de conexiones entre sectores, problemas de acceso, problemas de circulación vehicular que se pueden dar en caso de cierre de los ejes esenciales más vulnerables. Algunos espacios del área metropolitana están más afectados por estos problemas, los cuales reflejan una cierta forma de vulnerabilidad de estos espacios. Confrontando estos espacios vulnerables con la distribución de la población, actividades y elementos de apoyo para afrontar una emergencia, se puede evidenciar riesgos asociados a escala metropolitana. Se hizo patente que la concentración de los elementos que permiten afrontar una crisis en la ciudad de La Paz, la mala conexión vial entre ambas ciudades y la situación de enclave geográfica de la ciudad de La Paz, representan factores que vuelven al territorio metropolitano altamente vulnerable. Esta situación ya causó problemas graves y extensos como se observó en los dos eventos analizados en este texto.

Por otro lado, los escenarios que se pueden esbozar (cuarta parte), si bien permiten desentrañar *a posteriori* los mecanismos que explican las causas de los impactos de eventos anteriores —sean ellos de origen natural o derivados de movimientos sociales— y en especial su magnitud y extensión, permiten también identificar otros espacios que hasta ahora no han experimentado nunca problemas pero que podrían reaccionar debido al cierre de otras vías esenciales vulnerables.

Estos primeros resultados permiten ya alimentar la reflexión para orientar las políticas y las acciones de reducción de vulnerabilidad a escala metropolitana (ilo que implicaría primero superar las rivalidades entre ambas ciudades!). Se podría equilibrar la repartición espacial de los elementos de apoyo y mejorar las conexiones entre ambas ciudades construyendo por ejemplo un sistema de transporte en común como un teleférico, o integrar un sistema de transporte masivo de alta capacidad entre las ciudades de La Paz y El Alto. Sin embargo, si bien el enfoque metropolitano es imprescindible, se necesita llevar a cabo estudios complementarios a una escala más local. Se requiere, por ejemplo, un análisis más

detenido de la estructura de la red vial que permita conocer de manera más precisa la accesibilidad de los elementos de apoyo con el fin de mejorarla (cambiando por ejemplo el sentido de circulación en las vías más próximas, aumentando la capacidad de parqueo, localizando mejor los equipamientos urbanos, creando rutas exclusivas para las emergencias). Permitiría también determinar rutas alternativas para el desplazamiento de brigadas de salvamento, rutas a lo largo de las cuales se podría concentrar los agentes de la policía para asegurar la fluidez del tráfico.

Por último, sería interesante seguir la investigación analizando la transmisión de la vulnerabilidad de la red vial hacia otra red vital, tema poco estudiado hasta ahora pero que abre perspectivas para reducir la vulnerabilidad del territorio metropolitano. Por ejemplo, en 2008 el bloqueo de una vía que imposibilitó la reparación de una red de abastecimiento de agua hizo que 272 000 habitantes y equipamientos urbanos importantes de la ciudad de La Paz se quedaran sin agua por más de 19 días¹⁰.

Referencias citadas

- AYALA, R., 2005 – *Política de Gestión de Riesgos del GMLP*, 88 pp.; La Paz: ed. UdP y Gd Riesgos. Gobierno Municipal de La Paz.
- D'ERCOLE, R. & METZGER, P., 2004 – *Vulnerabilidad del Distrito Metropolitano de Quito*, 496 pp.; Quito, Ecuador: MDMQ-IRD. Colección Quito Metropolitano.
- DEMORAES, F., 2005 – *Movilidad, Elementos Esenciales y Riesgos en el Distrito Metropolitano de Quito*, 227 pp.; Quito, Ecuador: IRD, Municipio del Distrito de QUITO, IFEA.
- GMEA & REINGENIERIA, 2004 – *Diagnóstico de Tráfico, Transporte y Vialidad de la ciudad de El Alto*, 127 pp.; EL Alto: Gobierno Municipal de El Alto, REINGENIERIA TOTAL SRL.
- GMEA, 2006 – *Plan de Desarrollo Municipal 2006-2010*, 172 pp.; El Alto: Gobierno Municipal de El Alto. El Alto Productivo.
- GMLP, 2007 – *Plan de Desarrollo Municipal-PDM-JAYMA, 2007-2011, Diagnostico de la Ciudad*, 462 pp.; La Paz: Dirección de Planificación y Control, Gobierno Municipal de La Paz.
- GMLP & PNUD, 2002 – *De la Emergencia a la Reconstrucción*; La Paz, Bolivia: Gobierno Municipal de La Paz. Folleto Informe.
- LA PRENSA, 2005 – *La Paz, la ciudad del eterno cerco*: 1.
- MAMANI, P., 2004 – El rugir de la multitud: Levantamiento de la ciudad aymara de El Alto y caída del gobierno de Sánchez de Lozada. In: *La Guerra del Gas en Bolivia* (Consejo Latinoamericano de Ciencias Sociales y Observatorio Social de América Latina, ed.): número 12; La Paz: CLACSO-OSAL.
<http://bibliotecavirtual.clacso.org.ar/ar/libros/osal/osal12/d1mamani.pdf>

¹⁰ Ver el artículo de S. Hardy en este volumen pp. 545-560.

OPS/OMS, 2002 – *Prevención y mitigación de desastres*; la Paz: OPS-Bolivia. CD Multimedia.

RAMOS, E., 2003 – Bolivia: 71 muertos en la «guerra del gas» hasta el martes 14. *Bolpress*: 1.

TONICHI & SYSTRA, 2004 – *Modernización del Transporte Público del Área Metropolitana de La Paz*; La Paz: GMLP: BID/GMLP.