

**El Sector Energético y los Riesgos Naturales:  
Apreciación de la Vulnerabilidad del Subsector de Consumo Residencial<sup>1/</sup>**

**I. INTRODUCCION**

Los daños catastróficos que causó el terremoto de 1987 en Ecuador lograron que el sector energético prestara mayor atención al impacto que tienen los riesgos naturales sobre la provisión de energía. Dos factores influyeron para conseguir que dicho evento fuera especialmente destructivo: la dependencia económica del país en la exportación de petróleo (60 por ciento de sus divisas), y la destrucción sin igual de la infraestructura de transmisión energética. Se ha estimado que los costos directos del terremoto en el sector petrolero superaron los 120 millones de dólares estadounidenses y que los costos totales ascendieron a más de 890 millones debido principalmente a la pérdida de ventas de petróleo al exterior.<sup>2/</sup> Los daños físicos parecen haber sobrepasado los de cualquier otro desastre en la historia del sector energético.

Existen otras relaciones entre el sector energético y los desastres naturales que parecen menos obvias que las del caso del Ecuador. A nivel local, la provisión de energía a cada ciudadano puede verse interrumpida ya sea por un terremoto, erupción volcánica, maremoto, deslizamiento, tormenta, inundación, sequía, incendio o huracán.

Este trabajo examina la relación entre el sub-sector energético de consumo doméstico y su vulnerabilidad a los riesgos naturales, prestándole particular atención a las familias de bajos ingresos en las áreas urbanas. Este examen incluye dos aspectos de la vulnerabilidad: la de

1. Este trabajo incorpora información preparada por Michelle McNabb en forma de borrador para el Proyecto de Riesgos Naturales del Departamento de Desarrollo Regional sobre energía, riesgos naturales y planificación en América Latina y el Caribe. El autor agradece a Julia Añez, Enrique Bello, Eric Fox, Rose Mary García-Spatz, Jennifer Ting y Claudio Volonté por su recopilación y análisis de datos. De igual modo, el autor agradece a Juan José Castro, Wayne Park y Richard Saunier por sus comentarios, críticas y sugerencias.

Las opiniones expresadas en este documento son las del autor, y no representan necesariamente las opiniones de los Estados Miembros de la OEA.

2. CEPAL. El Desastre Natural de Marzo de 1987 en el Ecuador y sus Repercusiones sobre el Desarrollo Económico y Social. (Nueva York, Nueva York: Naciones Unidas, 1987).

los usuarios en su lugar de consumo, y la de la infraestructura que extrae, genera, transporta, almacena y distribuye la energía para uso doméstico (el ciclo energético). Se presenta además una descripción del método que el Departamento de Desarrollo Regional de la OEA ha creado y ensayado para evaluar la vulnerabilidad del sector e identificar medidas de mitigación, siguiendo criterios previamente definidos, para que se incluyan en los programas de desarrollo del sector.

## II. VULNERABILIDAD DE LOS CONSUMIDORES DOMESTICOS DE ENERGIA

El análisis de la vulnerabilidad de los consumidores domésticos de energía revela puntos importantes sobre su relación con dicho sector. Los consumidores influyen en la composición, el alcance y la demanda de la infraestructura energética, ya sea al comprarla o porque ellos mismos son en ciertos casos productores, cubriendo así una porción de sus propias necesidades y las de sus vecinos.

Información sobre la vulnerabilidad de la población en su lugar de residencia es demasiado limitada como para definir con precisión la población que podría ser afectada por riesgos naturales específicos. En términos globales, los datos disponibles indican que como mínimo 45,2 millones de personas de Centro y Sudamérica habitan en zonas sísmicas con eventos de intensidad VI o más en escala Mercalli (Figura 1), y 22,5 millones de Mexico y el Caribe viven en zonas de máxima magnitud esperada de 6,1 o más (Figura 2). Por otro lado, aproximadamente 928.000 personas residen en zonas costeras del Peru directamente susceptibles a los maremotos. Además, en este mismo país, 650.000 personas viven dentro de un radio de 30 kilómetros de volcanes activos; en Costa Rica, esta cifra asciende a aproximadamente 993.000 personas.<sup>3/</sup>

La falta de datos semejantes para los riesgos atmosféricos e hidrológicos, como son los huracanes, ciclones, inundaciones, sequías y deslizamientos causados por lluvia o escurrimiento de taludes, se debe tanto a la falta de estudio de dichos eventos como a las características de la amenaza que presentan. Lo que sí se puede revisar son los totales de personas afectadas por cada evento. Desde 1960, los totales estimados de personas afectadas en los Estados Miembros de la OEA (excluyendo a los

---

3. Basado en los datos censales, el Mapa de Intensidades Máximas publicado por CERESIS en 1985 y otros mapas de máxima magnitud esperada publicados por William McCann, "On the Earthquake Hazards of Puerto Rico and the virgin Islands" en el Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 75, No. 1, (Feb. 1985): pp. 251-262; y Stewart Nishenko, "Circum Pacific Seismic Potential 1989-1999", U.S. Geological Survey Open Title Report 89-86 (Golden, Colorado: USGS, 1989).

Estados Unidos de América) ascienden a 91,4 millones por inundaciones y sequías, 5,3 millones por huracanes y 4,0 millones por deslizamientos.<sup>4/</sup>

Para fines de este estudio, lo importante en todo esto es que indudablemente un porcentaje apreciable de la población de la región, la gran mayoría en algunos países, ha sido y podría ser afectado en su domicilio por uno o más tipos de riesgos naturales. Y si estos hogares son vulnerables, también lo son sus conexiones con la red energética y las áreas de almacenamiento de productos energéticos que se hallan dentro o próximos a ellos. Esto implica, por lo menos, que la vulnerabilidad de la porción de la infraestructura energética que abastece el consumo doméstico, junto con una categoría de usuario de energía, afectarían las inversiones del sector y el flujo de ingresos al mismo en caso de desastre. Estos criterios, protección de la inversión y los ingresos al sector, son dos de los criterios (entre otros a ser discutido más adelante) en los cuales el sector puede basar el diseño de una estrategia de mitigación de la vulnerabilidad.

Otro asunto a considerar en el estudio del impacto que los desastres naturales tienen sobre los ingresos al sector, es que el rubro "consumo doméstico" de energía implica consumo para actividades económicas dentro de la estructura física del hogar. Como manifestación de este fenómeno, por ejemplo, los balances energéticos frecuentemente hacen referencia al subsector "doméstico-comercial" en reconocimiento al consumo combinado.

El uso de energía en estos casos incluye no sólo el consumo para fines domésticos (luz, calefacción y preparación de alimentos), sino también las múltiples actividades económicas que se llevan a cabo en el hogar, particularmente en las zonas urbanas. Estas actividades, concentradas mayormente en los domicilios de familias de bajos ingresos (los dos quintiles inferiores de ingresos familiares), representan del 13 al 29 por ciento del ingreso total familiar y ocurren en un total de entre 10 y 57 por ciento de los domicilios, según nivel económico, estado de la construcción, número de años de existencia del asentamiento y tenencia de la tierra.<sup>5/</sup> Estas actividades económicas dependen, casi sin excepción, de la disponibilidad de energía para elaborar un bien o servicio. Interrupción de la energía a causa de un desastre natural implica no sólo un impacto en el uso doméstico en sí, sino también la pérdida de ingresos debido a la cesación de estas actividades.

---

4. Basado en los datos publicados por USAID y CEPAL sobre desastres declarados con recepción de asistencia internacional.

5. Stephen Bender. Low Income Housing Development and Income Distribution: The Impact of Growth and Change, en R. A. Berry y R. Solizo (editores), Economic Policy and Income Distribution in Colombia. (Boulder, Colorado: Westview Press, 1980).

De particular interés en el desarrollo del sub-sector energético de consumo doméstico de la región es el tema de las familias de bajos ingresos, aunque sólo sea por el desafío que ello representa. El objetivo de muchos proyectos de energía es el de proveer a dichas familias este servicio de la manera y por el precio que les permite aprovecharlo. No obstante, es precisamente la relación entre este grupo de consumidores domésticos de energía y los riesgos naturales la que presenta el problema. La vulnerabilidad a los riesgos naturales no está equitativamente distribuída entre la población y afecta de manera desproporcionada a las familias de bajos ingresos que habitan asentamientos urbanos y rurales. Esto se debe a una serie de elementos relacionados entre sí, que incluyen la falta de acceso a lugares menos vulnerables para la construcción de viviendas, el diseño, material y calidad de la construcción, conocimientos de las medidas de mitigación contra posibles daños y de evacuación en caso de emergencia, la compra de seguros y la atención posterior a un desastre.

Los costos de los desastres naturales, al igual que los costos y beneficios de mitigación, tampoco están distribuidos equitativamente entre la sociedad. Un desastre puede afectar la provisión de energía a un grupo de la población, mientras que a otros no los afecta inicialmente. Los ajustes que el grupo afectado tiene que efectuar para compensar la falta de abastecimiento, pueden causar una escasez y un alza de costos a otros grupos en el futuro. Por otro lado, las actividades de mitigación pueden crear beneficios macroeconómicos, ya que reducen la necesidad de gastos significativos en reconstrucción o la necesidad de importar suministros energéticos adicionales, a la vez que benefician de forma indirecta a ciertos segmentos específicos de la población.

Sin embargo, las familias de bajos ingresos son frecuentemente las últimas en tener su servicio reparado después de una interrupción y los más severamente afectados por el alza de precios de la energía como resultado de un desastre. Esas familias dedican un mayor porcentaje de su presupuesto a la compra de energía que las familias de otros niveles económicos. Igualmente, la interrupción de energía acarrea mayor sufrimiento físico a las familias de bajos ingresos, ya que utilizan la energía principalmente para la preparación de alimentos y para calefacción, para lo cual no existen necesariamente alternativas.

Finalmente, la vulnerabilidad de estas familias, y de otras del mismo nivel económico que durante la próxima década se integrarán a dichos asentamientos urbanos, tiende a incrementar. Esta situación se debe a: 1) la creciente presión que crea la población en estas zonas; 2) la demanda de bienes y servicios que proveen las cuencas hidrográficas y otros ecosistemas que forman parte o quedan cerca de las áreas urbanas; 3) el cambio en el alcance y la severidad de los eventos naturales cuando se modifican dichos ecosistemas para proveer los bienes y servicios que el crecimiento de estos asentamientos implica --alimentación, combustible, materiales de construcción y sitios menos vulnerables para la construcción-- y 4) la limitada capacidad de respuesta del sector

público, que sólo alcanza a responder a la demanda de infraestructura básica y de servicios, siéndole imposible dirigir la ocupación física de la tierra.<sup>6/</sup>

### III. La Vulnerabilidad de la Infraestructura del Sector Energético

Esta sección documenta la vulnerabilidad de la infraestructura energética y su relación con los riesgos naturales que amenazan directamente los asentamientos urbanos, en particular a la población de bajos ingresos. Para entender los efectos diferenciales de los riesgos naturales en varios grupos económicos y la relación entre estos riesgos y el sector energético, los impactos actuales de los más recientes desastres naturales son relevantes. Como se mostrara en detalle, muchos de los riesgos enfrentados por los asentamientos urbanos están relacionados a la degradación ambiental y el consumo de combustible tradicional.<sup>7/</sup> Finalmente, las opciones para mitigar los efectos de desastres naturales en el sector de energía --para el beneficio de las familias de bajo ingreso y la sociedad en general-- serán analizados.

#### Vulnerabilidad

Varios aspectos de la vulnerabilidad del suministro energético están fuera del control del consumidor. Cuando el consumo energético se basa en la energía eléctrica, el control del abastecimiento de energía por el consumidor disminuye y la infraestructura energética comercial se convierte esencial. Eventos como un deslizamiento causado por un terremoto o un huracán que destruye el oleoducto que lleva petróleo crudo a plantas de energía térmicas pueden interrumpir el abastecimiento energético a todos los asentamientos de la población, pero una familia individual no desempeña un papel directo ni en la causa ni en la prevención del desastre al sector.

Como se puede apreciar de la información presentada en la Figura 3, daños causados por los mayores desastres al sector energético varían en porcentaje del total de las pérdidas económicas. En casos como el de Ecuador, en que el sector fue severamente dañado, las pérdidas pueden representar una cifra importante en relación con las pérdidas totales y la deuda del sector.

Tales amenazas son referidas como vulnerabilidad controlada por el productor o generada por el productor. Vulnerabilidad controlada por el

---

6. Stephen Bender y Richard Saunier. The Urban Dimension of Environmental Concern in Latin America and the Caribbean. (Washington, D.C.: Seminario del Banco Mundial sobre Areas Urbanas y Asuntos Ambientales, Mimeo, 1988).

7. Stephen Bender y Richard Saunier, op. cit.

productor significa que la infraestructura bajo riesgo está bajo el control del productor de energía (sin tomar en cuenta si existen medidas de mitigación útiles). La vulnerabilidad generada por el productor se refiere a esas acciones que los productores toman o dejan de tomar y que causan o agravan la vulnerabilidad de abastecimiento de energía.

De igual manera, el consumidor tiene control sobre algunos aspectos de abastecimiento energético. Vulnerabilidad controlada por el consumidor puede existir en diferentes etapas del ciclo de producción y transmisión energética, en el cual tienen un rol las familias consumidoras. Por ejemplo, la familia es responsable por parte del transporte y el almacenamiento de combustible líquido, entonces existe alguna vulnerabilidad controlada por el consumidor. El consumo de los combustibles basados en leña pueden aumentar la vulnerabilidad del usuario a las amenazas naturales, al igual que a otras porciones de la población total. En otras palabras, los consumidores de leña y carbón pueden aumentar el riesgo de futuros desastres naturales por su consumo energético.

La vulnerabilidad de las etapas del ciclo energético varía enormemente de acuerdo a la amenaza. Eventos catastróficos como el terremoto del Ecuador causan devastación en muchas etapas diferentes del ciclo energético, mientras desastres recurrentes como las inundaciones o deslizamientos locales pueden interrumpir solamente porciones de la red de distribución. La probabilidad de algunas de estas ocurrencias puede ser baja, como la destrucción de sitios productores petroleros por la erupción de un volcán, mientras eventos como inundaciones y deslizamientos que interrumpen el transporte son relativamente frecuentes.

### Eventos catastróficos

Muchos de los países latinoamericanos han invertido sumas importantes en la infraestructura energética durante las últimas décadas --redes eléctricas, oleoductos, proyectos hidroeléctricos, refinerías petroleras, depósitos, etc. Estas instalaciones pueden ser vulnerables a desastres naturales catastróficos. La destrucción de tales elementos puede causar daños directos a los consumidores domésticos, pero muchos de los efectos pueden ser indirectos por su impacto en la economía nacional, en forma de un aumento de precios o una menor asistencia del gobierno para las inversiones en el desarrollo.

### Terremotos

Los terremotos amenazan el sistema energético en varios aspectos, aunque muchos de los daños en realidad pueden ser causados por los deslizamientos y avalanchas consecuentes. Los terremotos pueden interrumpir la producción de energía, dañando los pozos de petróleo y gas natural, o zonas forestales, aunque la probabilidad de su ocurrencia es

baja. En varios países, yacimientos petrolíferos y refinerías han sufrido daños físicos causados por terremotos en varios países y han requerido clausuras temporales e inversiones para reparación.

La infraestructura de almacenamiento energético, especialmente los tanques petroleros y estaciones hidroeléctricas y sus represas, son vulnerables a daños causados por terremotos. Durante varios terremotos cierto número de tanques de almacenamiento de petróleo crudo y productos petroleros se han volcado o fracturado, causando un derramamiento de petróleo o la pérdida de combustible volátil. Los tanques elevados y de grandes proporciones donde se almacena el kerosene y el gas propano líquido (GPL) se pueden deformar durante un terremoto y causar derrames; además, el combustible escapa más rápido cuando el tanque se llena de aire. Los tanques subterráneos parecen ser menos vulnerables que las instalaciones superficiales.

La destrucción de calles y vías férreas puede también interrumpir el abastecimiento de combustible líquido, crudo y carbón, los cuales probablemente se transportan grandes distancias desde el sitio de producción hasta los centros de procesamiento y consumo. Los terremotos también pueden interrumpir la transmisión energética, dañando los sistemas centrales de transmisión o las redes de distribución. Durante los terremotos de Ecuador y Nicaragua, se dañaron muchas plantas de energía y redes de distribución, y se cortó la electricidad en muchas áreas.

#### Volcanes

A causa de la destructividad, una erupción volcánica puede interrumpir gravemente todo el flujo energético. Nuevamente, una gran parte de la infraestructura (refinerías, plantas de energía y sistemas de transmisión) está especialmente vulnerable. Muchas de las áreas en Latinoamérica que producen petróleo y gas natural están localizadas cerca de volcanes activos, y pueden ser enterradas por las deyecciones de una erupción. Las ciudades capitales de muchas islas del Caribe están localizadas cerca de un potencial peligroso de volcanismo, exponiendo el sistema energético de la población a este riesgo.

#### Maremotos

Maremotos, u olas marítimas causadas por terremotos debajo del fondo del mar, volcanes u otros disturbios oceánicos, amenazan virtualmente todo el litoral occidental de Centro y Sudamérica, y en un grado mucho menor, a los países del Caribe. Estos eventos pueden interrumpir la producción de petróleo y gas natural situada en altamar, el transporte de la producción petrolera de altamar hacia la tierra, como también el almacenamiento costanero y las facilidades de conversión.

Ecuador, un país vulnerable a maremotos, produce petróleo en altamar y transporta el combustible por un oleoducto submarino hacia la costa. Los oleoductos que cruzan una falla tectónica en el subsuelo marino pueden ser víctimas de una ruptura debido a los movimientos laterales y verticales que conlleva un temblor. Además, los oleoductos sumergidos en el mar pueden dañarse por la licuefacción de los suelos. Los diseños estructurales de los oleoductos pueden incluir una protección contra maremotos, pero los estudios detallados necesarios del subsuelo marino son costosos.

### Huracanes y Ciclones

Las olas altas, los vientos fuertes, las tempestades, inundaciones y deslizamientos relacionados con los huracanes son especialmente dañinos para instalaciones de almacenamiento y redes de transmisión energética. Los huracanes pueden destruir las instalaciones costeras de almacenamiento de combustible líquido y petróleo, las refinerías costeras, y las redes de transmisión. Los vientos de huracán pueden tumbar árboles, lo cual inicialmente abastecería la leña para combustible, pero a largo plazo causaría una escasez de este producto.

### Eventos de Altas Recurrencias

Algunos eventos naturales ocurren frecuentemente en áreas de América Latina. Un deslizamiento o una inundación aislada causan daños relativamente limitados en comparación con los desastres catastróficos mencionados anteriormente. Sin embargo, la frecuencia con que ocurren estas "amenazas menores" puede representar a la larga a una amenaza económica significativa al sector.

### Deslizamientos

Los deslizamientos pueden causar daños a los sistemas de producción energética, enterrando pozos de petróleo y de gas natural, o destruyendo la vegetación natural. Pueden llenar arroyos y ríos con escombros, causando inundaciones o reduciendo la capacidad de generación de una planta hidroeléctrica. Las instalaciones de almacenamiento de combustibles fósiles pueden también dañarse o destruirse a raíz de un deslizamiento.

No obstante, la vulnerabilidad más alta se encuentra en la red de transmisión de energía. Deslizamientos pueden aislar carreteras utilizadas para el transporte de combustible en forma de leña, carbón y productos de petróleo. En Ecuador, deslizamientos y flujos de escombros fueron actualmente responsables por mucha de la destrucción del oleoducto y las líneas de conducción de gas natural. A pesar de que los oleoductos pueden ser desviados de las áreas con riesgos de deslizamientos, el alto

costo de los conductos dictan a menudo el establecimiento de la red a través de la ruta más directa, aunque exista vulnerabilidad a deslizamientos.

Los deslizamientos pueden ser causados o sus impactos pueden ser mayores por la extracción de árboles de una ladera. Cuando se despeja la tierra para uso en agricultura, construcción de vivienda o de energía, los suelos quedan vulnerables. Los vientos y tempestades causan erosión, arrastrando consigo los suelos más absorbentes. El agua entonces se mueve más fácilmente a través de la superficie y se lleva aún más tierra. Este tipo de mal manejo de suelos puede causar deslizamientos, obstruir ríos y arroyos y resultar en la sedimentación excesiva de los reservorios detrás de represas. La vida útil de algunas represas en Latinoamérica ha sido reducida a la mitad o menos debido en parte al aumento de erosión y sedimentación como resultado de los huracanes y tormentas.

### Inundaciones

Las inundaciones pueden dañar muchos de los elementos de la infraestructura energética. Recolección de madera para combustibles de leña y carbón puede ser muy difícil o imposible. Las represas de plantas hidroeléctricas pueden dañarse por inundaciones a través del exceso de agua y sedimentación. La ocurrencia de terremotos, deslizamientos y inundaciones puede originar rupturas de represas hidroeléctricas e igualmente presenta amenazas de inundaciones aguas abajo.

Las redes de transmisión, incluyendo carreteras, vías férreas, red eléctrica y oleoductos son frecuentemente afectados por inundaciones. Inundaciones muy severas afectaron el oleoducto y puentes durante el terremoto en Ecuador, y los flujos de escombros proveniente del terremoto llenaron los ríos cuyos caudales fueron elevados por las intensas lluvias durante el mes anterior al terremoto.

### Eventos de Lenta Gestación

Las sequías y la desertificación son amenazas que comienzan con poca manifestación pero que afectan las fuentes energéticas que dependen del agua --leña, carbón e hidroelectricidad. Las sequías afectan la etapa de generación de estas tres fuentes energéticas. Ellas pueden ser ocurrencias estacionales, reduciendo el nivel del agua en los ríos y reservorios hidroeléctricos, disminuyendo o impidiendo la generación eléctrica. Las sequías prolongadas pueden destruir árboles y reducir la vegetación natural disponible para leña y carbón.

La deforestación y la desertificación pueden ser iniciadas por sequías, pero tienen causas adicionales. La deforestación es con frecuencia resultado de la tala indiscriminada de árboles para producir leña y carbón (y madera) para venta comercial, tanto de la agricultura

migratoria, la práctica agrícola de corte y quema, y el uso intensivo de la tierra. A menos que exista una alta densidad de población o sequía persistente, el consumo de leña tradicional (no comercial) no parece resultar en deforestación. Los problemas serios usualmente comienzan cuando un número grande de familias urbanas pobres requieren abastecerse de leña y carbón por medios comerciales, ya sea porque existe una escasez de leña y oportunidad de auto-colección, o porque los combustibles de leña y carbón para satisfacer esta demanda urbana son a menudo culpados de causar o contribuir a los serios problemas de deforestación.

### Sedimentación

La hidroelectricidad es una fuente energética de suma importancia para muchos países de Latinoamérica (Argentina, Brazil, Chile, El Salvador, Guatemala y Uruguay), y casi todos los países tienen algún potencial hidroeléctrico. Gran parte del incremento en la producción de hidroelectricidad en las pasadas dos décadas ha resultado en la construcción de represas de mayor escala, y los planes energéticos a largo plazo de muchos países están basados fuertemente en una expansión continua.

Para muchos de estos proyectos hidroeléctricos, los problemas de sedimentación amenazan seriamente su capacidad de generación de energía. El nivel de producción ha bajado en proyectos muy grandes como los de Brasil, Ecuador, Colombia, Guatemala, Haití y República Dominicana, entre otros. Los reservorios se llenaron de sedimentos a consecuencia de la deforestación, el pastoreo intensivo, y el uso de métodos agrícolas no recomendables.

### Impactos

Los distintos modelos de uso energético relacionados con el nivel de ingresos de varios grupos de población significa que el impacto de desastres singulares en la provisión energética puede variar extensamente, incluso dentro de una misma área urbana. Las características comunes en el uso de energía por los residentes urbanos de bajos ingresos, los hacen más vulnerables a ciertas amenazas naturales que otros grupos de ingresos más elevados. Como es de esperar, estas diferencias en el nivel de riesgo están relacionadas al consumo de leña, así como a la dependencia en productos derivados del petróleo. Comparando las implicaciones de cuatro desastres naturales en Latinoamérica, se demuestran tanto los efectos diferenciales entre grupos de población como los enlaces entre las distintas amenazas.

1. Un huracán daña las instalaciones hidroeléctricas y redes de transmisión.
2. Un terremoto destruye tanques de almacenamiento de GPL y kerosene.

3. Las lluvias intensas de un huracán causan deslizamientos e inundaciones en ciudades que están rodeadas por cerros deforestados.
4. Un volcan destruye la cuenca de un área urbana.

Como ejemplo del primer desastre mencionado, el huracán David en Dominica causó daños substanciales a las estaciones de generación energética y redes de transmisión, interrumpiendo la provisión del servicio de la isla por un mes. La capacidad total de generación eléctrica no fue restaurada durante cuatro años. La planta embotelladora de GPL fue destruída. Inicialmente, las industrias que consumen energía sufrieron por la disminución de la producción de la misma. Algunas viviendas y oficinas estuvieron sin provisión de energía por varios meses y en algunos casos muchos años, causando inconvenientes a algunas personas y pérdidas económicas muy graves a otras.

Por otro lado, los asentamientos de familias de bajos ingresos no conectados al sistema energético no fueron directamente afectados por la falta del servicio, pero la situación obstaculizó la ampliación del servicio.

Los efectos indirectos fueron más dispersos. Antes del huracán, el 80 por ciento de la electricidad era generada por una sola planta hidroeléctrica, mientras que las plantas energéticas a diesel eran utilizadas solamente en la temporada de alto consumo. La reducida capacidad hidroeléctrica tuvo que ser substituida por producción adicional con un sistema a diesel basado totalmente en combustible importado. El volumen de diesel importado aumentó casi tres veces durante los años de 1979 y 1980.

El desastre coincidió con el incremento de los precios mundiales de petróleo y el valor de diesel importado subió de 590.000 dólares de Caribe del Este en 1979, a 2'896.000 en 1980. Esto causó dificultades en el balance de pagos del gobierno y dobló la tarifa de electricidad a los consumidores. La necesidad de reconstrucción de las instalaciones de hidroelectricidad causó igualmente presión adicional sobre el presupuesto nacional, y provocó reducciones en programas de desarrollo diseñados para el beneficio de la población de bajos ingresos. Tales efectos macroeconómicos reducen el nivel de ingreso general, forzando a ciertas familias de bajos ingresos a cambiar a una provisión energética de menor costo como la leña y el carbón. El consumo total de leña aumentó, pasando de ser el 25-30 por ciento de las familias de la isla las que consumían leña, a ser un 70-75 por ciento. La conversión fue rápida e inmediatamente después del desastre, ya que los árboles tumbados por el huracán proveyeron la leña. Sin embargo, poco después este abastecimiento de leña desapareció y un gran número de árboles fueron talados para el uso de combustible.

Como resultado del segundo desastre, el terremoto de 1972 en Managua, Nicaragua, los depósitos de GPL y kerosene se dañaron, causando graves problemas a familias de bajos ingresos. Un escape del combustible líquido volátil causó un incendio que destruyó miles de estructuras de madera, afectando especialmente las familias localizadas cerca del lugar de almacenamiento. El GPL y el kerosene, fuentes principales de energía para muchos miembros de ese grupo económico, escasearon y se encarecieron. Los consumidores de energía de las familias de altos ingresos no notaron los efectos inmediatos en la reducción del abastecimiento del combustible líquido; algunos industrialistas cambiaron a otros combustibles alternativos.

Nuevamente, los efectos secundarios fueron dispersos. La reducción del abastecimiento y el alto precio del combustible de leña requirió una mayor cantidad de subsidios por parte del gobierno para la provisión de energía a las familias de bajos ingresos. La asistencia prevista no fue suficiente para el alcance de todas las necesidades, y gran parte de la población de bajos ingresos cambió su fuente de combustible a leña y carbón. Los impactos ambientales subsecuentes debido al incremento del uso de leña fueron sentidos por toda la sociedad.

En el tercer ejemplo, la existente degradación ambiental aumenta los efectos de un desastre natural, un huracán, lo cual ha pasado en varias ocasiones durante las tres últimas décadas. En el cuarto ejemplo, un desastre natural (una erupción volcánica o un huracán) resulta en la degradación ambiental.

La degradación ambiental puede ser una causa, un resultado o un factor de incremento del riesgo natural. La resultante degradación ambiental es, muchas veces, el impacto mayor de muchos desastres, y tal vez representa el enlace más óbvio entre el sector energético y los riesgos naturales.

En los dos primeros ejemplos, los impactos ambientales ocurrieron indirectamente. Los desastres redujeron la disponibilidad y aumentaron el precio de los combustibles modernos, causando un aumento en la demanda de leña y carbón, y poniendo presión sobre los recursos forestales. En los dos últimos ejemplos, los impactos fueron directos.

En los cuatro ejemplos, las implicaciones para el medio ambiente se relacionan con las amenazas naturales, el sector energético, y los asentamientos urbanos de la población de bajos ingresos. La característica cíclica de estas relaciones puede ser resumida en la siguiente forma:

1. El crecimiento urbano, acompañado por una demanda creciente de madera para provisión de energía y de materiales de construcción, causan presión sobre los recursos cercanos a las ciudades. El estancamiento o la disminución de los ingresos reales, o el encarecimiento de la energía eléctrica y de los

productos energéticos derivados del petróleo, puede acelerar la presión sobre los recursos madereros por forzar un cambio hacia el uso de leña y carbón.

2. El aumento de la demanda para leña y carbón causan un aumento de precios. Productores adicionales ingresan al mercado comercial de leña y carbón, extrayendo más madera.
3. Este modelo puede causar un incremento de la deforestación y erosión subsecuente, primero en las áreas más cercanas a las ciudades, ampliando gradualmente su área de influencia con el tiempo y ocasionando la degradación de las cuencas hidrográficas y la reducción en la productividad de los suelos. La deforestación acrecenta la vulnerabilidad de las laderas de las cuencas a los deslizamientos e inundaciones.

Un evento natural puede impactar aún más la cuenca bajo presión resultante del crecimiento de la población urbana de bajos ingresos y el aumento de la demanda para madera. Un huracán, un terremoto u otro evento natural puede causar un aumento en los precios de todos los tipos de energía, o puede hacerse escasa la fuente misma de la energía. Ambas situaciones pueden dirigir un aumento en la demanda de combustibles tradicionales.

Los mismos cambios en precios y fuentes preferidas de combustible pueden ser causados por alteraciones en el precio internacional de la energía, o en la política de precios de energía del gobierno. Las familias de bajos ingresos están sometidas a un descenso en la escala de preferencias (sociales y económicas) de su fuente energética. Como resultado, menos familias consumen recursos energéticos modernos, como es la electricidad y el GPL, por lo que más leña y carbón serán utilizados.

Cualquier combinación de estas situaciones puede resultar en el mismo ciclo: un mayor número de familias de bajos ingresos dependen del uso de combustible tradicional, aunque muchos combustibles modernos sean preferibles desde un punto de vista individual, social, económico y de manejo de los recursos naturales del país.

### Mitigación

Esfuerzos para reducir la vulnerabilidad de la infraestructura energética a los desastres naturales pueden ocurrir por lo menos en tres niveles. Primero, a nivel micro, la mitigación basada en tecnologías apropiadas puede reducir la vulnerabilidad de la infraestructura energética, particularmente a nivel del domicilio. Segundo, tal como los impactos ambientales manifiestan los enlaces más importantes entre el sector energético y los eventos naturales, el manejo integrado de los recursos naturales puede hacer contribuciones muy significativas para la mitigación de los riesgos naturales. Finalmente, políticas

macroeconómicas pueden contribuir a la mitigación de los riesgos naturales, tanto para el sector energético como para otros sectores, particularmente si ellas identifican y reasignan los subsidios presentes en el uso de los recursos naturales por el sector energético.<sup>8</sup>

#### IV. EVALUACION DE LA VULNERABILIDAD DEL SECTOR ENERGETICO

De todo lo expuesto anteriormente, se entiende la necesidad de analizar el sector energético para evaluar la vulnerabilidad del subsector de consumo doméstico e identificar medidas para reducir esa vulnerabilidad a un nivel aceptable. Esto se debe alcanzar dentro de un marco de referencia que incluya el sector energético como uno de los componentes primarios de la red de elementos esenciales en caso de emergencias (lifeline network o critical facilities) y como un participante en el proceso de la planificación de desarrollo integrado. La mejor manera de reducir la vulnerabilidad de un sector es incluir medidas de mitigación en los propios proyectos de desarrollo.<sup>9</sup>

Este tipo de análisis a nivel nacional o subnacional representa usualmente el primer análisis del sector y utiliza información disponible, sin profundizar en los detalles disponibles sobre la localización, severidad y frecuencia de los riesgos naturales. El análisis comprende: 1) la definición de los componentes principales de la infraestructura energética y los elementos que constituyen cada componente de ella; 2) la identificación de la vulnerabilidad de estos componentes a los eventos naturales que presentan amenazas; 3) la identificación de las medidas de mitigación apropiadas para reducir la vulnerabilidad de un componente (o elemento de ello) a un nivel determinado, 4) la selección de medidas para la reducción de la vulnerabilidad según criterios preestablecidos; 5) el análisis de los costos y beneficios de las medidas seleccionadas comparado con las pérdidas esperadas si las medidas no son implementadas; y 6) la preparación de un programa de acción compuesto de proyectos a nivel de factibilidad para aprobación, financiamiento y un plan de implementación.

Los componentes de la infraestructura energética incluyen los principales productos para consumo como leña y carbón; electricidad con fuentes hídricas y térmicas; derivados del petróleo; y derivados de biomasa. Dependiendo de la situación, se podrían incluir en el análisis los componentes secundarios de energía como solar, viento y geotermal, aunque en la región su contribución al sector y la inversión en su infraestructura son mínimas.

---

8. Stephen Bender y Richard Saunier, op. cit.

9. Stephen Bender. "Natural Hazard Assessment in Integrated Regional Development" en Proceedings, International Symposium on Housing and Urban Development after Natural Disasters: Mitigating Future Losses. (Washington, D.C.: American Bar Association, 1987).

Para el análisis, se incluyen la identificación de los elementos correspondientes a cada componente como los de extracción y generación, transformación, transmisión y transporte, almacenamiento y distribución. Obviamente algunos de los componentes representan dependencia a otros sectores, como es el caso para el transporte de energía y los medios de transporte vial, ferroviario, fluvial y marítimo.

El análisis de la vulnerabilidad de los componentes y sus elementos comienza con una comparación de su localización geográfica con las zonas de diferentes grados de riesgo, según el tipo de evento natural identificado. Esta fase del análisis se basa en la utilización de información disponible sobre los riesgos naturales. La fuente de información puede ser de diversos orígenes tal como el propio sector de energía, otros sectores operacionales, centros de investigación científica y de monitoreo de eventos naturales, y estudios de planificación integrado (aunque esta última fuente recién está incorporando más información sobre riesgos naturales en el contexto de planificación integrada para el desarrollo).

En el caso que exista información preparada sobre todos los riesgos que afectan el área de estudio (mapa de riesgos múltiples), se debe comparar la totalidad de la red energética con esa información. En esta forma, se evita la posibilidad de dejar sin identificar algún elemento bajo riesgo, inclusive los elementos que no son necesariamente críticos para el propio funcionamiento de la infraestructura en caso de una emergencia o interrupción de servicio. Cuando la información sobre los riesgos naturales es incompleta, se puede identificar los elementos críticos de la infraestructura de antemano, para luego averiguar si uno de estos elementos identificados está sujeta a un riesgo.

Cualquiera que sea la forma utilizada, el análisis debe tratar la localización, magnitud y frecuencia del riesgo, una descripción cuantitativa y cualitativa del impacto esperado y la probabilidad de ocurrencia del riesgo. Esta fase puede contribuir, también, a la determinación de una agenda de prioridades para futuros estudios sobre riesgos naturales, ya sea por tipo de riesgo, por localización geográfica de investigación, o por nivel de información sobre el riesgo mismo.

Una vez identificados los componentes (o elementos) de infraestructura sujetos a riesgo, se pueden definir medidas de mitigación para reducir su vulnerabilidad. Para los componentes que existan, es probable que medidas estructurales como fortalecimiento de instalaciones físicas sea la estrategia más apropiada. Si la evaluación incluye elementos para construir, medidas no-estructurales, tal como localización en lugares menos vulnerables, pueden tomar un papel importante en la estrategia. La repetición de elementos para que la infraestructura tenga un más alto grado de seguridad en los puntos más críticos es otra alternativa para mitigar la vulnerabilidad.

Los beneficios que pueden traer las actividades de conservación de energía en los países en desarrollo han sido bien documentados. Las mejoras de pequeña escala pueden beneficiar significativamente a los subsectores de energía altamente ineficientes de los países en desarrollo. Por ejemplo, el uso de las nuevas cocinas eficientes de carbón y leña puede reducir notablemente el volumen de la demanda de leña, y consecuentemente la presión sobre la base de recursos naturales. A pesar que esta tecnología es fácilmente disponible, la compra de estas cocinas mejoradas requiere de una inversión que puede ser imposible de alcanzar sin la debida asistencia para las familias de los más bajos ingresos.

Cocinas mejoradas de kerosene o LPG pueden contribuir indirectamente a esta conservación de recursos, ya que mayor eficiencia significa que menores cantidades de combustible --y por lo tanto menos gasto-- son requeridos. El menor costo al utilizar mejores cocinas de kerosene o LPG puede convertirlas en una buena inversión para los grupos de bajos ingresos previamente dependientes en madera, siempre y cuando se disponga de los medios para la inversión inicial.

Las políticas gubernamentales para la fijación de precios y subsidios, conjuntamente con incrementos generales en el ingreso real, son factores adicionales que pueden indirectamente reducir las amenazas de los eventos naturales en las familias urbanas de bajos ingresos. Las políticas de precios de muchos gobiernos son diseñadas para aumentar el consumo de algunos combustibles modernos (usualmente productos líquidos de petróleo), por lo tanto disminuyen la presión sobre la base de recursos naturales. El acelerar el cambio de tipo de combustible de los tradicionales a los modernos, puede reducir la vulnerabilidad de familias urbanas de bajos ingresos, y de la sociedad en general, a las amenazas naturales.

Familias urbanas tienden a cambiar su fuente de energía hacia combustibles modernos --productos líquidos de petróleo, electricidad y gas natural-- en la medida que sus ingresos lo permiten. Si bien los gobiernos no pueden simplemente elevar los ingresos, las políticas gubernamentales que proveen mayores ingresos para el sector más empobrecido pueden ayudar a obtener los beneficios adicionales necesarios para reducir la degradación ambiental y las amenazas naturales que le son asociadas.

En áreas afectadas severamente por degradación ambiental y donde existe el riesgo de un evento natural, los subsidios gubernamentales de los productos líquidos de petróleo y/o la electricidad pueden contribuir en la reducción de tales amenazas. Muchas personas se alarman inmediatamente cuando se menciona aumento de subsidios, especialmente hoy en día que los gobiernos de Latinoamérica y el Caribe enfrentan serios problemas económicos y se esfuerzan en reducir el gasto público. Sin embargo, los beneficios potenciales del aumento de uso de petróleo y otros combustibles basados en hidrocarburos y la disminución, o eliminación, del

uso urbano de carbón y leña, puede ser mucho mayor que los costos económicos del aumento en el uso de los combustibles sustitutos mencionados.

## VI. OBSERVACIONES Y CONCLUSIONES

El propósito de este documento ha sido de encontrar el lazo entre los desastres naturales y el consumo energético. Se han identificado aspectos importantes de vulnerabilidad del sector controlados tanto por el consumidor como por el productor.

No es sorprendente que las conexiones más directas incorporen aspectos de consumo relativos a las familias de bajos ingresos --el uso de combustibles basados en madera-- y los desastres naturales relacionados al consumo de estos combustibles --incluyendo desertificación, inundación, sedimentación y deslizamientos de tierra. Estos incluyen en gran parte la vulnerabilidad controlada por el consumidor. Varias observaciones generales fueron hechas:

- Los esfuerzos de proteger y administrar la base de recursos naturales, como la repoblación forestal y el manejo de proyectos de cuencas hidrográficas, plantaciones de leña, conservación de energía, etc., pueden contribuir (algunas de manera fortuita) a la mitigación de ciertos riesgos naturales.
- Los impactos a los recursos naturales, como deforestación, causados en parte por el consumo de leña, pueden incrementar los efectos de otros eventos naturales como huracanes, deslizamientos e inundaciones.
- Esfuerzos para promover que las familias de bajos ingresos cambien sus fuentes de energía (de combustibles basados en madera al uso de hidrocarburos o de energía eléctrica), también puede contribuir a la mitigación de ciertos riesgos naturales al reducir la presión a la base de recursos naturales.
- El cambio de consumo energético para las familias de bajos ingresos del consumo de leña a combustibles modernos no es inconcebible en algunos países, especialmente en aquellos con problemas serios de recursos naturales, con relativamente alto nivel de ingreso y comercio internacional y con recursos energéticos domésticos basados en hidroelectricidad. Este cambio, sin embargo, incrementaría significativamente la vulnerabilidad controlada por el productor.

Otros enlaces directamente relacionados con las familias urbanas fueron identificados. Debido a que las familias de medianos y bajos ingresos son frecuentemente dependientes no sólo de electricidad sino también de combustibles líquidos, estos enlaces involucran vulnerabilidad

controlada por el productor. Otros enlaces no afectan solamente familias de bajos ingresos, sino también grupos de otros sectores y de mayores ingresos:

- El uso de energía para actividades no residenciales (generación de ingresos) basadas en el hogar pueden ser importantes para el desarrollo económico; la vulnerabilidad del consumo doméstico puede ser sinónimo de la vulnerabilidad del consumo comercial o industrial en su escala pequeña y artesanal.
- Combustibles de productos de petróleo líquido son frecuentemente almacenados en áreas urbanas cercanas a viviendas de bajos ingresos. Estos tanques de almacenamiento son vulnerables a riesgos naturales, especialmente a terremotos. Esto representa una amenaza para el abastecimiento de energía, las viviendas y los asentamientos.
- Desastres naturales que no impactan directamente a las familias urbanas de bajos ingresos, tal como un terremoto que dañe la red de abastecimiento de petróleo o energía eléctrica, pueden tener impactos indirectos sobre este grupo. En caso de un desastre, fondos del gobierno destinados para programas de desarrollo tendrían que ser utilizados para actividades de reconstrucción, y los precios al consumidor, incluyendo aquellos para energía, podrían aumentar.

Figura 1

MAXIMA INTENSIDAD SISMICA ESPERADA EN CIUDADES DE CENTRO Y SUR AMERICA CON POBLACION DE 1985

		Intensidad (Escala Mercalli Modificada)									
PAYS	CIUDAD	< V	V	VI	VII	VIII	IX	X			
ARGENTINA	BAHIA BLANCA	242,000	10,728,000	1,055,000							
	BUENOS AIRES										
	CORDOBA	197,000	611,000				668,000				
	CORRIENTES										
	LA PLATA										
	MENDOZA	178,000									
	PARAMO	191,000									
	POSADAS	262,000									
	RESISTENCIA	1,016,000					302,000				
	ROSARIO										
	SALTA										
	SAN MIGUEL	148,000									
SAN SALVADOR	310,000										
SAN JUAN											
SANTA FE											
SANTIAGO											
TUCUMAN					423,252						
BOLIVIA	COCHABAMBA				317,251						
	LA PAZ				113,380						
	POTOSI										
	ORURO		179,000	992,592	441,717						
	SANTA CRUZ										
	SUCRE						87,000				
CHILE	ANTOFAGASTA										
	ARTICA								203,067		
	CHILLAN				126,581				158,422		
	CONCEPCION								280,713		
	LIQUICHE								127,491		
	OSORNO								102,000		



Figura 1 (continuación)

MAXIMA INTENSIDAD SISMICA ESPERADA EN CIUDADES DE CENTRO Y SUD AMERICA CON POBLACION DE 1985

PAYS	CIUDAD	Intensidad (Escala Mercalli Modificada)									
		< V	V	VI	VII	VIII	IX	X			
COLOMBIA (cont)	VILLAVICENCIO				161,166						
COSTA RICA	LIMON			55,713							
	PUNTARENAS SAN JOSE					47,754 740,000					
ECUADOR	AMBATO				176,865	114,493					
	CUENCA										105,153
	ESMERALDAS GUAYACUIL					123,966 117,461			1,387,819		
	MACHALA MANTA PORTOVIJEJO QUITTO					120,896			1,003,875		
EL SALVADOR	SAN SALVADOR					520,000					
GUATEMALA	ESQUIRITLA					50,300					
	GUATEMALA QUETZALTENANGO					1,220,000 96,412					
HONDURAS	TEGUIGALPA		530,000								
NICARAGUA	MANAGUA					780,000					



MAXIMA MAGNITUD SISMICA (Ms.) ESPERADA EN CIUDAD. MUNICIPIALES DEL CARIBE Y MEXICO CON POBLACION DE 1985

PAIS	CIUDAD	6	6.5	7	7.5	8
MEXICO	CIUDAD DE MEXICO GUADALAJARA ACAPULCO				17,300,000 46,000	2,770,000
REPUBLICA DOMINICANA	SANTIAGO SANTO DOMINGO					463,225 1,544,892
ANTIGUA & BARBUDA	ST. JOHNS					23,016
BARBADOS *	BARBADOS					85,770
BELIZE	BELIZE CITY	42,893				
DOMINICA *	ROSEAU					17,000
GRENADA *	ST. GEORGES					33,122
ST. CHRISTOPHER & NEVIS	BASSETERRE					15,143
ST. LUCIA *	CASTRIES					52,497
TRINIDAD & TOBAGO	PORT OF SPAIN					62,097
POBLACION TOTAL		42,893			17,346,000	5,066,762

Fuentes de Magnitud:

Para el Caribe: McCann, William R. "On the Earthquake Hazards of Puerto Rico & the Virgin Islands" en Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 75, No. 1, (Feb. 1985): pp. 251-262.

Para México: Mishenko, S.P. Circum Pacific Seismic Potential 1989-1999. U.S. Geological Survey, (Golden, Colorado: USGS, 1989.)

Fuentes de Población:

United Nations, Department of International Economic and Social Affairs, Statistical Office. Table 8. Population of capital cities and cities of 100 000 and more inhabitants: latest available year 1986 Demographic Yearbook, 38th. Ed. (New York, New York: UN, 1988.) pp 266-268.

Agency for International Development, Office of Foreign Disaster Assistance. Countries of the Caribbean Community-A Regional Profile. (Washington: Feb, 1983.)

Fuente de Crecimiento de Población Urbana:

CELADE. CELADE Growth Rates for Total, Urban, and Rural Population, 20LR, 1970-2000. Statistical Abstract for Latin America, Vol. 23.

Notas:

Todos los datos de población son actuales o proyectados a 1985. Cuando datos estadísticos no existen para 1985, las estimaciones se calcularon con el crecimiento urbano del país.

\* Proyecciones de crecimiento de población no disponible. Estimación de población en 1985 obtenida con el crecimiento urbano mediano del Caribe.