

Programa Cambio climático y agua en América Latina – IDRC

**Metodología de evaluación de reubicación de poblaciones en áreas expuestas a
peligros naturales relacionados al cambio climático: Estudio de Caso de la Margen
Izquierda del Río Rímac, Lima Metropolitana**

Roxana Barrantes

Roberto Piselli

IEP Instituto de Estudios Peruanos

Setiembre de 2012

Resumen

El presente estudio estima el beneficio neto de reubicar poblaciones establecidas en zonas cuya vulnerabilidad se incrementa por efectos del cambio climático, para lo que se utiliza el análisis costo-beneficio. Se toma como caso de estudio la Margen Izquierda del Río Rímac (MIRR) en Lima, Perú, que fue parte del proyecto Ciudades Focales de IDRC, y que está siendo intervenida por una política pública de reubicación de la población para implementar un proyecto de transporte de la Municipalidad Metropolitana de Lima (MML). La MIRR alberga asentamientos humanos en áreas que, ante crecidas extraordinarias como resultado de la desglaciación en zonas altas de la cuenca del Rímac, están expuestas a inundaciones y erosión de sus riberas.

Los beneficios de la reubicación son estimados con la metodología del costo evitado, sobre la base de información secundaria, sea de fuentes oficiales o de estudios ya producidos en el marco del proyecto Ciudades Focales. Los beneficios calculados corresponden a los costos evitados de protección de riberas, reconstrucción de infraestructura privada, pérdida de activos privados, pérdida de capital humano e incremento de enfermedades atribuibles al evento. Los beneficios han sido estimados usando un enfoque conservador, es decir, para los casos en los que existían varias fuentes de información, se optó por los valores mínimos dentro del rango de opciones disponible. El costo de la medida de adaptación corresponde al de reubicar a la población vulnerable en áreas seguras, es cierto y se incurre hoy.

El análisis costo-beneficio toma como parámetros de evaluación aquellos utilizados por el Sistema Nacional de Inversión Pública (SNIP) del Perú. Debido a la falta de información que permita determinar la probabilidad de ocurrencia de avenidas extraordinarias del río Rímac, se analiza la rentabilidad de la medida de reubicación frente a un escenario base de ocurrencia del evento en el quinto año del proyecto. El proyecto no resulta rentable debido a los altos costos de reubicación necesarios en el periodo de inversión, el descuento que sufren los beneficios potenciales futuros y la exclusión de algunos beneficios de los cálculos por limitaciones de información. De forma complementaria se realiza un análisis de sensibilidad de los resultados ante distintos escenarios sobre la probabilidad y momento de ocurrencia del evento en el horizonte de evaluación, hallando que la reubicación es rentable solamente en tres de los diecisiete escenarios. El Valor Actual Neto social (VAN social) aumenta en la medida en que aumenta la certeza de la ocurrencia del evento y la proximidad del evento.

La realización de este tipo de evaluación en ámbitos reducidos enfrenta diversos retos. Las limitaciones encontradas son la determinación de las áreas y población afectada, la disponibilidad y plausibilidad de acceder a información de áreas que desarrolla sus actividades de manera informal, la limitada información disponible sobre eventos pasados (tanto en cantidad como en detalle) y la información que permita identificar los cambios marginales atribuibles a los eventos analizados. A partir de los resultados y limitaciones encontradas, cobra importancia la sistematización de eventos ocurridos. Además, queda en evidencia la importancia del análisis de sensibilidad en la evaluación de proyectos similares.

Tabla de contenido

Resumen	2
Tabla de contenido	3
1. Introducción.....	4
2. Revisión de literatura: adaptación al cambio climático y desplazamiento de población	6
3. Métodos y cálculos de los beneficios y costos	9
3.1. Cálculo de beneficios y costos	9
3.2. Beneficios de reubicación de poblaciones de zonas vulnerables	10
3.3. Costos de reubicación de poblaciones ubicadas en zonas vulnerables	17
4. Análisis Costo-Beneficio	18
4.1. Caso base.....	18
4.2. Análisis de sensibilidad.....	22
5. Discusión.....	27
5.1. Limitaciones encontradas en la aplicación de la metodología	27
5.2. Conclusiones y recomendaciones	29
Referencias	30
Anexo 1 – Probabilidad de ocurrencia de avenidas extraordinarias	33

Cambio climático y agua en América Latina
Metodología de evaluación de reubicación de poblaciones en áreas expuestas a
peligros naturales relacionados al cambio climático:
Estudio de Caso de la Margen Izquierda del Río Rímac, Lima Metropolitana

Roxana Barrantes
Roberto Piselli¹

1. Introducción

La elevación de la temperatura promedio en el planeta provoca la desglaciación de los nevados de la cordillera de los Andes, que alimentan los ríos de la costa peruana, lo que ocasiona que las avenidas² sean más intensas, trayendo más piedras y lodo y colmatando los cauces. Ello debilita los taludes de las márgenes –precisamente allí donde se ubican hoy las poblaciones-. Esta situación es de particular relevancia para la capital del Perú, Lima, que es atravesada por tres ríos: Rímac, Chillón y Lurín. La cuenca del Rímac es la más importante debido a que es la más poblada y de ella depende la provisión de agua potable para los nueve millones de habitantes de la ciudad.

La ocupación del espacio en zonas colindantes a los cauces de estos ríos ha sido desordenada, producto de invasiones y ha carecido, por tanto, de un planeamiento. Estas poblaciones se encuentran expuestas a mayores riesgos, ya sean relacionados a eventos extremos o a situaciones nocivas de naturaleza permanente, por lo que se les considera vulnerables. Si bien el reubicarlas fuera de estas zonas permite eliminar dichos riesgos, existen costos asociados a tales esfuerzos, lo que hace necesaria la identificación de instrumentos que permitan evaluar o priorizar las opciones de política existentes.

En este contexto, la Municipalidad Metropolitana de Lima (MML) encuentra valioso contar con estudios que estimen el beneficio de reubicar las poblaciones ubicadas en zonas vulnerables de las márgenes de los ríos que alimentan Lima y que puedan informar y justificar medidas de política que logren tal fin. El objetivo del presente estudio es estimar el beneficio neto de reubicar poblaciones establecidas en zonas cuya vulnerabilidad a eventos extremos (*shocks*) se incrementa por efectos del cambio climático. Buscamos responder a la pregunta ¿Es económicamente rentable reubicar a la población vulnerable?

Se toma a la MIRR como estudio de caso, aprovechando las sinergias con los estudios ya realizados en el marco del proyecto Ciudades Focales. La Margen izquierda del Río Rímac (MIRR) es una zona vulnerable de la ciudad de Lima: no solamente se construyó sobre la base de un relleno sanitario, sino que también, como su nombre lo indica, colinda con el Río Rímac. Según cifras del último censo de población y vivienda (2007), la MIRR tiene una población total de 80,301 habitantes, de la que 38% puede considerarse que depende de otros para movilizarse ante una eventualidad de riesgo y desastre (adultos mayores de 65 años y menores de 15 años) (Rodríguez, 2010). El área bajo riesgo de inundación y erosión de ribera corresponde al área residencial formal e informal de la MIRR, y alberga a 30,085 habitantes. Socioeconómicamente la mayoría

¹ Miguel Ángel La Rosa participó como asistente de investigación. Edgar Ventura, Jericó Fiestas y Daniel Hurtado apoyaron en la recolección de información de base. Agradecemos también a la Arq. Gina Chambi por facilitar información correspondiente al proyecto realizado en el marco de Ciudades Focales y su opinión experta. Los comentarios a la propuesta por parte de Roger Madrigal también son apreciados. Ninguno de los nombrados es responsable del contenido.

² Definidas por el diccionario de la Real Academia Española como “creciente impetuosa de un río o arroyo”, [<http://lema.rae.es/drae/?val=avenida>, 20 de agosto de 2012].

de la población adulta (95%) vive en condición de pobreza y 36% en pobreza extrema. El 80% de la población de la MIRR trabaja dentro de la zona, siendo la segregación de residuos y la venta de productos las principales actividades. La MIRR es una de las principales zonas de segregación de residuos sólidos de la ciudad de Lima (Proyecto Ciudades Focales, 2010).

La metodología utilizada para evaluar la medida de política es el análisis costo-beneficio; los beneficios corresponden a los costos evitados por la reubicación de la población en zonas con alto riesgo de *shocks* resultado del cambio climático, mientras que los costos corresponden a los costos directos e indirectos de la reubicación. En tanto estudio de caso en una zona que está siendo intervenida en la actualidad por una medida de política pública,³ utilizaremos fuentes secundarias, poniendo énfasis, como ya se dijo, en la información producida en el marco del proyecto Ciudades Focales, recientemente culminado. Se elige esta opción debido a la sensibilidad política del tema de la reubicación de la población de la MIRR, así como por lo intensivo en términos de tiempo de los esfuerzos de preparación, recolección y procesamiento de información primaria, imposibles de realizar en el reducido marco temporal de este estudio.

Este estudio se enmarca dentro de las líneas de investigación del programa de cambio climático y agua de IDRC que el documento inspirador destaca,⁴ específicamente en la evaluación de medidas de adaptación mediante el análisis costo-beneficio. El estudio de caso se ubica en la ciudad de Lima, lo que permite tener mayor información sobre la rentabilidad de este tipo de medidas en la región de América Latina y el Caribe, una de cuyas características es la concentración desproporcionada de población alrededor de las capitales nacionales. El uso del análisis costo-beneficio permite evaluar los recursos que la medida involucra como una inversión productiva que debe competir con otros usos alternativos de los recursos, tanto para determinar su viabilidad como su prioridad. Con el objetivo de realizar una evaluación integral de los efectos de las medidas de adaptación –y tal como las necesidades de investigación identificadas determinan- la metodología permite incluir además de los costos y beneficios directos (es decir, los costos de reubicación y los costos evitados de reconstrucción) los efectos indirectos de este tipo de esfuerzos. Según Mendelsohn (2008), la teoría de la adaptación al cambio climático se encuentra bien desarrollada, mientras que la literatura sobre experiencias empíricas de adaptación se encuentra aún en sus inicios. Este estudio contribuye con una experiencia empírica de evaluación de una medida de política de adaptación.

Finalmente, es importante ubicar el estudio como contribución a una posible medida de política pública en el Perú. En este sentido, el estudio tiene que guardar relación con algunos parámetros de evaluación de proyectos que se utilizan para la evaluación de la inversión pública en el Perú, en el marco del Sistema Nacional de Inversión Pública (SNIP), bajo responsabilidad del Ministerio de Economía y Finanzas (MEF). Ello ayuda no solamente en el diálogo de políticas sino también a tomar decisiones rápidas en el marco del estudio como, por ejemplo, cuál es la tasa de descuento o el horizonte de planeamiento.

³ La población de la MIRR está siendo reubicada debido a un proyecto de infraestructura, que ha sido concesionado a una empresa privada.

⁴ Estamos apelando al documento señalado, a pesar que explícitamente indica que no puede ser citado sin autorización de las instituciones responsables: CATIE, EfD, LACEEP, Facultad de Economía de la Universidad de los Andes, y CEDE.

Siendo un estudio piloto, buscamos también extraer lecciones del ejercicio en el frente metodológico, así como en el de las implicancias de política.

El plan del texto es el siguiente. Luego de esta introducción, ubicamos el estudio en la literatura de adaptación al cambio climático y desplazamiento de población por problemas ambientales, y explicamos la metodología de cálculo de beneficios y costos utilizada. La tercera sección presenta los resultados de la evaluación beneficio-costo. La última sección del documento discute las limitaciones encontradas y las conclusiones y recomendaciones que se desprenden del texto.

2. Revisión de literatura: adaptación al cambio climático y desplazamiento de población

Ubicamos el estudio dentro de dos vertientes de la literatura: las medidas de adaptación al cambio climático alrededor de las inundaciones; y el desplazamiento de población.

Cambio climático y eventos extremos

El Cuarto Informe de Evaluación del Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) indica que el calentamiento del sistema climático es inequívoco, tal como lo evidencian el aumento de la temperatura promedio global, el derretimiento generalizado del hielo y la nieve, así como la elevación del nivel del mar. (United Nations Framework Convention on Climate Change, 2008). En los países de la Comunidad Andina de Naciones (CAN), la desglaciación produce, además del retroceso de los frentes glaciares, la formación de lagunas compuestas por materiales fácilmente erosionables. En regiones sísmicas, la probabilidad que estos diques naturales se quiebren es lo suficientemente alta como para que las lagunas constituyan una amenaza latente. En algunas ocasiones estas lagunas han producido aluviones causados por los desprendimientos de masas de hielo, que originaron graves consecuencias (CAN, 2007a; CAN, 2007b). Si bien la ocurrencia de los eventos extremos –tales como las inundaciones- puede darse como parte de las fluctuaciones aleatorias que ocurren de forma permanente, el cambio climático afectará la intensidad y frecuencia de ocurrencia de los mismos.

La vulnerabilidad está definida por el IPCC como el grado en el que un sistema es susceptible a verse negativamente afectado por el cambio climático. La vulnerabilidad de los sistemas está en función del carácter, magnitud y velocidad de los cambios y variaciones a los que se encuentra expuesto, así como a su sensibilidad, y su capacidad de adaptación (IPCC, 2007).

La definición y protección de zonas de amortiguamiento de avenidas, al ser una medida de ordenamiento territorial, se ubica dentro de las medidas de adaptación menos tangibles (“*soft options*”)⁵, las cuales suelen apoyarse en instituciones efectivas y capital social (World Bank, 2010). Se trata de una medida *ex ante*, que busca reducir el riesgo de la población a ser impactada negativamente por un evento extremo antes que este ocurra. Además, se distingue entre medidas autónomas (o espontáneas) de adaptación – realizadas por hogares y comunidades por cuenta propia- de aquellas planificadas – resultados de políticas públicas deliberadas- (World Bank, 2010). Una buena medida de

⁵ En comparación a las “*hard options*”, relacionadas a construcción de infraestructura.

adaptación será eficiente si los beneficios de esta exceden sus costos (Mendelsohn, 2008), tanto para la decisión privada, como para la decisión social, dentro de los respectivos parámetros de evaluación.

Los daños de las inundaciones pueden categorizarse como directos o indirectos. Los daños directos de la inundación corresponden a todos aquellos vinculados al contacto físico del agua con personas, propiedades y el ambiente. Los daños indirectos son los que se dan como consecuencia de la inundación y el trastorno de las actividades económicas y sociales, que puede afectar áreas más grandes que las alcanzadas por el agua (Messner & Meyer, 2006).

¿Cuáles son los principales daños causados por las inundaciones? Estudios sobre inundaciones en Bangladesh (Brouwer et al., 2006) y Mumbai (Hallegatte, 2010) muestran que la infraestructura local, el consumo diario y la salud son los factores más afectados y donde se registran mayores pérdidas. Los factores comunes entre los efectos de las inundaciones y la migración son la pérdida de tierras, daños a la vivienda, reducción de ingresos, y las menores oportunidades de trabajo (Perch-Nielsen et al., (2008). Dentro de los efectos usuales de las inundaciones en áreas urbanas se encuentran la contaminación de la provisión de agua potable, la disposición de basura y excretas, el estancamiento de aguas, el desplazamiento de la población damnificada a refugios sin adecuada protección ante el frío o lluvia, y dificultades de la población afectada para acceder a servicios de salud (OXFAM, 2008). En el caso de América Latina, CEPAL (2000) identifica para las inundaciones ocurridas en Venezuela en el año 2000 el deterioro y destrucción de viviendas e infraestructura urbana (así como su mobiliario y enseres); las amenazas a la salud causadas por el colapso de los sistemas de agua y alcantarillado; las subestaciones, líneas de distribución de electricidad, así como de las redes domiciliarias; los daños a la red vial, puertos y aeropuertos; la pérdida de vehículos; los daños a la infraestructura de telecomunicaciones; los efectos sobre los sectores productivos; y los efectos sobre el patrimonio natural.

Respecto a la cuantificación de los daños, los impactos del cambio climático pueden distinguirse entre aquellos de mercado –que pueden ser evaluados utilizando información de precios y cambios en la oferta y demanda- y de no-mercado (*non-market*) –para los que no hay precios observables y requieren otros métodos de valoración (Bosello et al., 2009).⁶ Las pérdidas directas –los costos de remplazo y reposición de infraestructura y edificaciones- dan cuenta de sólo una fracción del total de un desastre, mientras que las indirectas constituyen costos económicos con importantes efectos sobre el bienestar. Estos costos dependen de la escala y temporalidad del evento, así como de las condiciones locales, por lo que su cálculo presenta dificultades, a pesar de lo cual, es necesario incluir estimaciones a fin de asegurar un adecuado análisis costo-beneficio (Hallegatte et al., 2010).

Desplazamiento de población y problemas ambientales

Frente a la diversidad de daños posibles que puede traer una inundación, surge la pregunta de por qué una población que ha sufrido los daños de una inundación o que enfrenta dicho riesgo no se moviliza voluntariamente a áreas donde tal peligro no exista. En términos de la decisión privada, los hogares toman decisiones sobre el consumo de bienes corrientes o de capital, dependiendo de la temperatura del ambiente

⁶ Además, los autores hacen énfasis en aquellos sobre la salud, indicando que son un tipo importante de impactos de no-mercado.

y la información que tengan sobre las consecuencias de esta. En el caso de los bienes de consumo corriente, la adaptación al cambio de temperatura es más rápida que la de los bienes de capital debido a que la inversión es menor y en estos últimos se deben de tomar en cuenta el periodo de vida del activo –este es claramente el caso de la vivienda. Por otra parte, esta adaptación a nivel de hogar puede ser reactiva (después del cambio), como sería la necesidad de encontrar una vivienda luego de una inundación, o anticipada (antes del cambio), como puede ser la reubicación de la vivienda ante el riesgo de eventos producto del cambio climático. En un mundo con información perfecta, los cambios (adaptación) se harían de forma anticipada. Pero en un mundo con incertidumbre, la decisión privada dependerá de los valores de la tasa de descuento privada que afectan el valor presente de los activos combinados (físicos, humanos) del hogar. Con un valor presente bajo, como es el caso de hogares pobres, los costos ciertos de desplazamiento voluntario serán superiores a los beneficios inciertos de evitar las pérdidas por el evento extremo.

La atribución del desplazamiento poblacional a factores ambientales es una tarea delicada que involucra muchas y muy diversas disciplinas. El acuerdo en este tema parece limitarse a reconocer que existe una relación entre los desplazamientos y la existencia de factores de estrés ambientales (Gleditsch et al., 2007), pero que rara vez los factores ambientales actúan solos (Adamo, 2009). Para Bardsley & Hugo (2010), los tres principales procesos mediante los cuales los efectos del cambio climático probablemente afecten los patrones de migración: el aumento del riesgo ante peligros ambientales; cambios intertemporales en la condición de recursos naturales que alteren su acceso y utilización; y la percepción de riesgo ante los impactos del cambio climático.

Eventos como huracanes e inundaciones pueden servir de impulso inmediato, mientras que cambios a largo plazo como la desertificación pueden reducir los niveles de vida, aumentando los costos de permanecer respecto a la opción de marcharse. Los desastres naturales pueden inducir desplazamientos, pero en su mayoría son temporales y de corta distancia (Adamo, 2009; Perch-Nielsen et al., 2008). Incluso, estos desplazamientos pueden tener una menor magnitud de la esperada (Gray & Mueller, 2012).

Respecto a las medidas de adaptación, tradicionalmente, la planificación de protección contra inundaciones se ha centrado en estándares de seguridad (Messner & Meyer, 2006). Sin embargo, esta aproximación ignora el valor de los elementos protegidos por el sistema de defensa y, por lo tanto, no considera la eficacia de las medidas. Si bien los costos económicos de las alternativas de protección contra inundaciones suelen ser considerados en la toma de decisiones, los beneficios de estas medidas relacionados a los daños evitados también deberían considerarse. El nuevo paradigma de la gestión del riesgo de inundaciones incluye el análisis económico de los costos y beneficios de la protección contra las inundaciones y las medidas de mitigación dentro del análisis de riesgos. Si bien desde una perspectiva económica la aplicación de las técnicas actuales de evaluación de daños por inundación representa una mejora respecto al enfoque de estándares de seguridad, existen aún varias deficiencias. Dentro de las más relevantes encontramos que el enfoque dominante de los análisis actuales de vulnerabilidad y daños por inundación actual se limita a los efectos tangibles de las

inundaciones; y los efectos indirectos tampoco son considerados por la mayoría de los analistas involucrados en evaluaciones de vulnerabilidad y daños por inundaciones.⁷

Las medidas de política pertinentes para la adaptación al cambio climático podrían incluir fomentar la migración de poblaciones fuera de áreas inundables y ayudar con los costos de reubicación; el desarrollo y uso de tecnologías de energía limpia; el fomento de mayor eficiencia en el riego y el consumo de agua; la mejora de los refugios para evitar daños durante fenómenos meteorológicos severos; y mejorar la prevención y respuesta a desastres (Gleditsch et al., 2007).

3. Métodos y cálculos de los beneficios y costos

3.1. Cálculo de beneficios y costos

El análisis costo-beneficio permite evaluar las medidas de reducción de riesgo comparando el valor actual de sus costos y sus beneficios económicos. Se analizan no solamente los costos y beneficios directos, sino también aquellos asociados a los cambios en las condiciones de vida y las actividades productivas. Para ello se utiliza la metodología del costo evitado, sobre la base del principio de simetría entre beneficios y costos: un costo evitado es un beneficio (Dixon et al., 1994). Los costos evitados al reubicar a las poblaciones fuera de las zonas vulnerables a peligros de inundación y erosión de riberas son los beneficios de la medida de política de reubicación.⁸ Los costos de la medida de política son todos aquellos asociados a la reubicación de la población fuera de las áreas bajo riesgo.

El presente estudio se centra en los potenciales impactos asociados a eventos hidrometeorológicos extremos -inundaciones y erosión de riberas debidos a avenidas extraordinarias del Río Rímac-, es decir, que se enfoca en los beneficios de evitar sufrir daños ante la ocurrencia de eventos extremos. En el caso de la Margen Izquierda del Río Rímac, el *status quo* es que una zonificación que evite la ubicación de poblaciones en zonas peligrosas es inexistente, teniendo como consecuencia que la población se mantenga ubicada en estas áreas. De este modo, la medida de política es el reubicar a la población que actualmente se ubica en zonas vulnerables a inundaciones como consecuencia del cambio climático. El beneficio de la medida de política es el costo evitado en caso ocurra un evento. El costo es aquel incurrido por las entidades responsables para reubicar a la población.

⁷ Las otras limitaciones mencionadas por los autores son: las relaciones de vulnerabilidad entre diferentes características del sistema analizado y el daño esperado solo suelen utilizar o calcular factores de vulnerabilidad para un solo indicador de exposición; no se suelen considerar indicadores socioeconómicos de susceptibilidad en un sentido amplio, para diferenciar y mejorar las estimaciones de vulnerabilidad y daños por inundaciones; incluso si se aplican metodologías de estimación de intangibles, siempre quedarán algunos que no puedan ser monetizados o que la sociedad no acepte en términos monetarios, por lo que se debe considerar utilizar métodos multicriterio.

⁸ Siguiendo a (DGPM-MEF, 2007) definimos un peligro (o amenaza) a la probabilidad que un fenómeno físico se presente con una cierta intensidad y en un periodo de tiempo definido en un lugar determinado. Los peligros se pueden clasificar en naturales, socio-naturales y tecnológicos. Los naturales son aquellos asociados a fenómenos meteorológicos, geotectónicos o biológicos, que ocurren fuera de su rango usual. Los peligros socio-naturales son los que surgen por una inadecuada relación hombre-naturaleza, ya sea asociada a degradación ambiental o a la intervención sobre ecosistemas. Los tecnológicos surgen por los procesos de modernización industrialización, desindustrialización, desregulación industrial o importación de desechos tóxicos. Todo cambio tecnológico así como la introducción de tecnología nueva o temporal puede tener un papel en el aumento o disminución de la vulnerabilidad de algún grupo social para un futuro fenómeno natural.

El estudio de caso se limita a considerar las medidas de adaptación planificada. Los motivos para ello son, en primer lugar, que no se cuenta con información detallada de los hogares, negocios y organizaciones comunitarias que permita analizar en detalle sus gastos en adaptación y, en segundo lugar, que se espera que en el caso de la población de MIRR, la magnitud de los gastos en la reducción de la vulnerabilidad como resultado de una decisión privada no sea equiparable a los de las medidas planificadas.⁹

3.2. Beneficios de reubicación de poblaciones de zonas vulnerables

En esta sección, explicamos en detalle cómo serán calculados los beneficios para el estudio de caso. Los resultados mostrados corresponden a valores mínimos, pues son los cálculos más conservadores del rango de opciones disponible.¹⁰

3.2.1. Costo evitado de protección de riberas

La reubicación de poblaciones fuera de zonas vulnerables permite eliminar los costos de protección de riberas en los que se incurre para –dada la exposición a los riesgos existentes– prevenir o minimizar los impactos negativos que estos puedan ocasionar sobre dicha población. Ello requiere identificar las medidas orientadas a proteger a la población ante la ocurrencia de eventos analizados, lo que se presenta a continuación. Luego se describe la información disponible, la metodología utilizada y el cálculo realizado.

El cálculo del costo evitado de protección de riberas requiere determinar los montos de inversión y mantenimiento de las medidas cuyo objetivo es evitar impactos negativos de los eventos extremos (tales como la construcción de diques o defensas ribereñas) como de aquellas destinadas a proteger la infraestructura en caso de ocurrencia de un desastre (como el reforzamiento o protección de tramos vulnerables de las redes de agua potable).

Para el caso de la MIRR, se considera el gasto en protección de riberas (inversión y mantenimiento anual). Al no existir obras de infraestructura destinadas a la protección contra inundaciones y erosión de riberas, el cálculo se realizó considerando la extensión de la ribera vulnerable y el promedio de costos de proyectos de protección de ribera en ámbitos similares identificados en el Sistema Nacional de Inversión Pública (SNIP), tomando datos de 36 proyectos de defensas ribereñas.¹¹ A partir de esta información se determinó el costo promedio de protección de riberas por kilómetro, tanto para la

⁹ Barrantes y Cárdenas (2009) indican que el 95% de la población adulta de la MIRR tiene un ingreso mensual promedio inferior a la línea de pobreza correspondiente a la ciudad de Lima (S/.310, equivalente a US\$ 103 al momento del cálculo). Al encontrarse sus ingresos por debajo de la línea de pobreza, se presume que la capacidad de gasto en adaptación de la población estudiada es limitada.

¹⁰ Para los casos en los que se la información disponible se trataba de un rango de valores.

¹¹ El Sistema Nacional de Inversión Pública (SNIP) es el sistema administrativo del Estado que certifica la calidad de los Proyectos de Inversión Pública (PIP); los proyectos de inversión pública requieren contar con la declaratoria de viabilidad en el marco del SNIP previamente a su ejecución. El SNIP busca lograr la eficiencia en la utilización de los recursos de inversión, que permita un impacto socio-económico (mayor bienestar para la población). El sistema pretende contribuir a la sostenibilidad de la mejora de la calidad o la ampliación de los servicios públicos intervenidos por los proyectos (Tomado de http://www.mef.gob.pe/index.php?option=com_content&view=article&id=875&Itemid=100272&lang=es, 15 de julio de 2012).

inversión inicial como para los gastos de mantenimiento.¹² Además, utilizando sistemas de información geográfica (SIG), se realizó la medición de la extensión de la ribera del área de estudio (4.54 Km).¹³ A partir de estos datos se obtuvo el flujo de caja del costo promedio que requeriría la protección de riberas en el área de estudio, equivalente a un total de S/. 7,141,346 de inversión y S/. 126,820 de mantenimiento anual.¹⁴

Una vez ejecutada la política de reubicación de la población, las medidas de protección de riberas descritas ya no son necesarias, independientemente de que ocurra o no un evento extremo. Por ello, este beneficio de la reubicación es independiente de la probabilidad de ocurrencia del evento.

3.2.2. Costo evitado de reconstrucción o rehabilitación de infraestructura (inmuebles)

La ocurrencia de un desastre puede destruir o dañar la infraestructura de las áreas afectadas. Ello hace necesario que, para regresar a un nivel de provisión equiparable al de antes que suceda el evento, se incurra en gastos para reconstruir o rehabilitarlos. Al reubicar asentamientos humanos fuera de zonas vulnerables se logra que la infraestructura no se encuentre expuesta a fenómenos naturales. Para la evaluación del impacto socioeconómico de los daños y pérdidas provocados por un desastre, utilizamos el costo de reemplazo para valorar los acervos destruidos o dañados (Bitrán, 2009).

La evaluación de los costos evitados de reconstrucción y rehabilitación de infraestructura requiere determinar el daño esperado que causaría una inundación (Messner & Meyer, 2006). La infraestructura pública incluye los sistemas de alumbrado eléctrico y de agua potable, mientras que la infraestructura privada incluye los inmuebles que se verían afectados por la inundación y erosión de la ribera. En este estudio, solamente consideramos la infraestructura privada, por falta de información sobre la infraestructura pública.

En el caso de estudio, no toda la infraestructura tiene el mismo grado de conservación, y existen zonas residenciales formales e informales, lo que se traduce en diferentes niveles de afectación ante el evento. Dado que la resistencia de la infraestructura ante un evento no es homogénea, es necesario categorizarla según dichos niveles para determinar los costos de reconstrucción correspondientes.¹⁵

En el caso de los inmuebles de la MIRR, la valoración realizada consistió en la identificación de la infraestructura privada ubicada en zonas bajo riesgo de inundación y erosión de riberas según su vulnerabilidad estructural, calculada sobre la base de la antigüedad, estado de conservación y materiales de construcción. A partir de los distintos niveles de vulnerabilidad estructural de los inmuebles calculados por el

¹² Para los diez años posteriores a la inversión inicial, correspondiente al periodo de evaluación del SNIP y, por lo tanto, la información disponible sobre dichos proyectos.

¹³ Se utilizó el software ArcMap y los datos cartográficos proporcionados por el proyecto Ciudades Focales, específicamente del mapa de peligros naturales.

¹⁴ A partir de un costo de S/. 1,571,277 de inversión y S/. 27,904 de mantenimiento anual por kilómetro, para los 4.54 km de ribera del área bajo riesgo de inundación y erosión.

¹⁵ La información del proyecto ciudades focales permite distinguir para una muestra representativa de la MIRR la vulnerabilidad estructural de los inmuebles (determinada en base al material de construcción, antigüedad y estado de conservación).

proyecto Ciudades Focales, se estableció el porcentaje de infraestructura perdida,¹⁶ determinándose la cantidad de viviendas y el área afectada para cada uno de los niveles. La información disponible distingue los siguientes niveles de vulnerabilidad estructural: muy bajo, bajo, medio, alto, muy alto; los porcentajes de infraestructura perdida correspondientes a cada uno son 0, 10, 40, 75 y 100%, respectivamente. El 82.5% de los inmuebles (81% del área) del área vulnerable corresponde al nivel medio de vulnerabilidad.

Para determinar el costo de reconstrucción necesario en caso de un evento extremo, se utilizaron datos de experiencias previas del Instituto de Desarrollo Urbano de restauración de viviendas en el área de estudio. El monto de reconstrucción por metro cuadrado en dichas oportunidades estuvo entre S/. 417 y S/. 556; se eligió trabajar con el menor valor a fin de obtener una cota mínima del costo de la reconstrucción.¹⁷

El costo evitado de reconstrucción o rehabilitación de infraestructura (inmuebles) es el resultado de multiplicar el valor de reconstrucción del área afectada por el valor de reconstrucción por metro cuadrado. El resultado obtenido es que dicho monto asciende a S/. 458,704,873.

3.2.3. Costo evitado de pérdida de activos (bienes durables)

Además de los inmuebles, los hogares y organizaciones -talleres, comercios, instituciones públicas, entre otros- cuentan con activos (bienes durables, inventarios, maquinaria y equipos). Hallegatte et al. (2010) identifica dentro de los daños directos de un desastre a los costos de reparar o reemplazar los activos dañados o destruidos. A continuación, se indican los elementos que comprende este tipo de cálculos. Luego, se indica la fuente de los datos utilizados y se explica los cálculos y supuestos realizados para llegar al resultado.

La determinación de los activos que se verían afectados requiere identificar la distribución de los tipos de establecimiento de las áreas vulnerables según los tipos de uso existente, así como el equipamiento que corresponde a cada uno de ellos. En el caso de la MIRR esto incluye los activos de los hogares, talleres y establecimientos comerciales. Si bien la información disponible permite identificar los inmuebles localizados en la MIRR, no es posible distinguir el uso de cada uno ni los activos con los que cuenta cada uno de ellos.

En el caso del presente estudio, el valor de los activos fue aproximado utilizando los datos estimados por Escobal et al. (1999). Dadas las características socioeconómicas de la MIRR, utilizamos el valor de los activos del quintil de menores ingresos en las áreas urbanas de Perú,¹⁸ el cual se ajusta a valores de 2011 obteniéndose un valor total de S/. 1,842.

Para calcular las pérdidas de activos de los hogares, se trabajó bajo el supuesto que existen distintos niveles de pérdida de activos según la vulnerabilidad estructural del inmueble en el que se encuentran, y que los porcentajes de pérdida son iguales a los

¹⁶ A partir de los distintos niveles de vulnerabilidad estructural de los inmuebles calculados por el proyecto ciudades focales se determinó el porcentaje de infraestructura perdida con la ayuda de la opinión experta de la Arq. Gina Chambi.

¹⁷ Información proporcionada por la Arq. Gina Chambi.

¹⁸ El dato fue actualizado a valores de 2011 mediante las variaciones del índice de precios oficial para muebles y enseres del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI).

correspondientes a la vulnerabilidad estructural del inmueble.¹⁹ Como resultado se obtiene que la pérdida de activos ascendería a S/. 2,202,576.

3.2.4. Costo evitado de pérdida de capital humano

La ubicación de la población en zonas de riesgo implica que los impactos severos asociados a desastres pueden deteriorar sus condiciones de vida, pudiendo afectar su salud o incluso poniendo en riesgo su vida. El deterioro de la salud de la población ubicada en áreas vulnerables puede tener como efecto el aumento en las tasas de mortalidad de distintas enfermedades. Ello hace necesario tener una medida que permita tener una aproximación a la pérdida que sufre la sociedad debido al aumento de defunciones. A continuación, se explica los alcances de la aproximación elegida. Se especifica la información de ingresos utilizada y su fuente, así como el rango de edad y la tasa de mortalidad empleada. Finalmente se presenta el valor que se calcula para cada vida perdida y para el total de casos en la MIRR.

Freeman (2003) indica que si bien no es posible valorar una vida humana, es posible aproximar el valor de una vida perdida a partir de la pérdida de capital humano, recogida por los ingresos interrumpidos de los individuos. Por ello, esta aproximación otorga valores diferentes dependiendo del grupo humano al que el individuo pertenezca; por ejemplo, las mujeres y grupos desfavorecidos tendrán valores por debajo del promedio, mientras que los varones o grupos con ventajas tendrían un mayor valor.

En el caso de la MIRR, la información sobre los ingresos mensuales del hogar se obtuvo de una encuesta representativa.²⁰ La información de ingresos se reporta en una variable cualitativa con 8 posibles rangos (75% de la población de la MIRR se concentra en los dos rangos menores). El ingreso mensual total de los hogares de la MIRR se calculó tomando el valor mínimo de cada intervalo de ingresos. Tomando en cuenta el promedio de aportantes por hogar (1.84 personas por hogar) se calculó el ingreso mensual promedio por persona (S/. 278.57).

A partir de la edad promedio de la población de la MIRR (31 años),²¹ y la edad de jubilación en Perú (65 años) se determinó los años de ingreso que se truncarían en el caso del fallecimiento de un habitante promedio de la MIRR.

La valoración de la pérdida de capital humano debe considerar únicamente las pérdidas relacionadas a la ocurrencia de un evento extremo. Ello requiere identificar la diferencia en situaciones con y sin eventos de la tasa de mortalidad. Para ello se tomó como base la tasa de mortalidad del departamento de Lima (0.72%).²² La tasa de mortalidad con evento utilizada fue de 1.01%, determinada a partir de MINEDU (2004),

¹⁹ Los porcentajes de pérdida y su determinación se explican en la sección 3.2.2, correspondiente al costo evitado de reconstrucción o rehabilitación de infraestructura (inmuebles). Al igual que en dicho caso, se discutieron y validaron los supuestos con ayuda de la opinión experta de la Arq. Gina Chambi.

²⁰ Encuesta de Opinión MIRR 2009, realizada por el proyecto Ciudades Focales.

²¹ La información disponible sobre la población de la MIRR del proyecto ciudades focales informa sobre el total de población según grupos de edad. Se asumió que la distribución de la población dentro de los grupos es igual a la reportada para Lima Metropolitana en el censo nacional de población y vivienda del año 2007. Se tomó este supuesto al constatar que las tasas de crecimiento poblacional de la ciudad de Lima Metropolitana y la MIRR son similares.

²² No fue posible identificar tasas de mortalidad correspondientes a las principales enfermedades identificadas para los desastres analizados. En base a la información sobre las defunciones reportadas para Lima por el Ministerio de Salud. Se tomó el último dato disponible, correspondiente al año 2010, constatándose que dicha cifra no presenta variaciones interanuales significativas.

donde se identifica que el aumento de la tasa de mortalidad general ante la ocurrencia de inundaciones relacionadas al fenómeno El Niño es de 40%, tanto por efectos directos del desastre como de forma indirecta por accidentes y enfermedades.

Con estos cálculos, se estima que un evento extremo en las áreas vulnerables de la MIRR ocasionaría 87 muertes. Cada una de ellas significaría una pérdida de capital humano de S/. 35,188, por lo que el valor total de la pérdida de capital humano es de S/. 3,046,910.

3.2.5. Costo evitado de incremento de enfermedades

Este cálculo parte de establecer el vínculo entre la ocurrencia de un evento extremo con el deterioro de la salud, e indicando las principales enfermedades asociadas a inundaciones. El beneficio tiene dos componentes: el costo evitado de tratamiento y las pérdidas por padecimiento de enfermedades. Para el primer componente, explicamos en qué consiste, la información requerida, las limitaciones encontradas y los cálculos realizados. Para el segundo componente, se parte de indicar la aproximación usada, así como la información utilizada y los resultados encontrados. Para finalizar se indica los resultados totales calculados para este beneficio.

En el caso de la población de la MIRR, se prevé que la ocurrencia de un desastre generaría un aumento de enfermedades debido al deterioro de la infraestructura de saneamiento y la gestión de residuos. Las personas afectadas ven interrumpidas sus rutinas y se ven afectadas –dolor, incomodidad- por la enfermedad. A fin de considerar estas pérdidas de bienestar dentro del análisis, es necesario valorar los días perdidos debido a estas enfermedades. La Organización Panamericana de la Salud (OPS, 2006) señala que luego de un desastre por inundaciones algunas patologías pueden presentarse con mayor frecuencia, tal como indica el siguiente cuadro:

Cuadro 3.1. Enfermedades asociadas con inundaciones según el tiempo de aparición

Enfermedad	Tiempo de aparición
Enfermedad diarreica aguda	Primeros dos días
Infección respiratoria aguda	De tres días en adelante
Conjuntivitis	De tres días en adelante
Dermatitis	De tres días en adelante
Enfermedades diarreicas agudas por parásitos: Giardiasis	De una a tres semanas
Enfermedades diarreicas agudas por parásitos: Amibiasis	De una a tres semanas
Enfermedades metaxénicas: Malaria	De una a tres semanas
Enfermedades metaxénicas: Dengue	De una a tres semanas
Leptospirosis	De una a tres semanas
Hepatitis	Más de tres semanas
Escabiosis	Más de tres semanas

Fuente: Benenson AS, editor. (2002), en: OPS (2006).

Como indicado, el costo evitado de tratamiento de enfermedades corresponde al gasto total del tratamiento de las patologías que se presentarían como consecuencia de una inundación y erosión de ribera. Este se calcula como el producto de la población, la tasa de morbilidad incremental por el evento y el costo del tratamiento. Para ello se requiere información sobre los costos de diagnóstico, manejo y tratamiento de la enfermedad, la población afectada, y las tasas de morbilidad atribuibles al evento analizado.

Si bien se han identificado once enfermedades que aparecen asociadas a la ocurrencia de inundaciones, por limitaciones de información solamente se pudieron calcular los costos asociados a las enfermedades diarreicas agudas (EDA) y las infecciones respiratorias agudas (IRA). Las primeras suelen aparecer en los primeros dos días posteriores al evento mientras que las segundas de tres días en adelante luego de su ocurrencia.

Para el cálculo se utilizaron los datos del proyecto Ciudades Focales sobre el total de población en el área bajo riesgo (30,085 personas).²³ La información sobre los tratamientos requeridos para cada una de las enfermedades fue tomada de Barrantes y

²³ Datos para el año 2007, ajustados a datos 2011 mediante la tasa de crecimiento anual intercensal de los censos de población y vivienda 1993 y 2007 del INEI.

Cárdenas (2009).²⁴ Los costos correspondientes para el tratamiento de EDA e IRA son de S/. 314 y S/. 145, respectivamente.

En el caso de las tasas de morbilidad, estas deben corresponder a aquellas atribuibles al evento analizado, por lo que es necesario determinar sus niveles en una situación normal y aquellos que tomarían en caso ocurran los eventos analizados. La morbilidad atribuible a la ocurrencia de un desastre es el incremento marginal de las tasas que se da ante la ocurrencia de los eventos.

Se tomó como base las tasas de morbilidad calculadas a partir de los casos reportados de EDA e IRA por el Ministerio de Salud sobre el total de la población de Lima Metropolitana, de 11.8 y 81.9 casos por cada mil habitantes, respectivamente. Las tasas de morbilidad con evento fueron determinadas a partir de lo indicado en MINEDU (2004): ante la ocurrencia de inundaciones relacionadas al fenómeno El Niño, las tasas registran aumentos de 370% para el caso de las EDA y 106% para el caso de las IRA. Con ello se obtienen tasas de 55.4 y 168.8 casos por cada mil habitantes, que representan un aumento de 43.6 y 86.8 casos por cada mil habitantes respecto a la situación sin evento. Para el caso de las EDA esto representa una población enferma atribuible al desastre de 1,312, con un costo total de tratamiento de S/. 412,137. En el caso de las IRA se trata de 2,613 personas, cuyo tratamiento ascendería a S/. 378,921.

Para el segundo componente, el valor de las pérdidas de bienestar asociadas al padecimiento de las enfermedades, calculamos la pérdida de ingresos laborales debido a la enfermedad. Esto se realiza asignando un valor monetario –el ingreso laboral diario– a los días que la persona ve interrumpidos por la enfermedad. Los días de descanso (cinco días para ambas enfermedades) fueron determinados a partir de la información sobre los tratamientos requeridos para cada enfermedad. Para determinar los ingresos diarios se ajustó la información disponible sobre los ingresos mensuales de los hogares de la MIRR,²⁵ obteniéndose como resultado la cifra de S/. 13.93 por día.

El valor de las pérdidas de bienestar asociadas al padecimiento de las enfermedades se calcula como el producto de la población, la tasa de morbilidad incremental, el tiempo de tratamiento y el ingreso laboral diario. Como resultado se obtiene que este representa S/. 91,374 para el caso de las EDA y S/. 181,950 para el caso de las IRA.

Si agregamos los costos evitados de incremento de enfermedades y la pérdida de bienestar asociada al padecimiento de las enfermedades para EDA e IRA obtenemos que el costo evitado de los cambios en las tasas de morbilidad asciende a S/. 1,064,381 para las enfermedades calculadas.

3.2.6. Costo evitado de atención de emergencia

En este acápite explicaremos en que consiste este beneficio, para luego indicar la información disponible para la MIRR. Se muestran los resultados de los diferentes elementos así como el total para este beneficio.

²⁴ Los precios de las pruebas y medicinas fueron actualizados tomando como fuentes la información disponible en Medlineplus (<http://www.nlm.nih.gov/medlineplus/spanish/>) y Kairos (<http://pe.kairosweb.com/>).

²⁵ Cifra calculada a partir de información de una encuesta de hogares aplicada en la MIRR en el marco del proyecto Ciudades Focales. El detalle de este cálculo se encuentra en la sección 3.2.4., que describe el cálculo del costo evitado de pérdida de capital humano. Para obtener el ingreso diario se dividió el resultado del ingreso mensual entre veinte (cantidad aproximada de días útiles en un mes).

La emergencia implica costos asociados a la respuesta inmediata frente al desastre. Para el caso de una avenida extraordinaria que afecte las áreas vulnerables a inundación y erosión de ribera de la MIRR, la literatura indica que dentro de los efectos esperados estarían el daño a las viviendas, calculados previamente, así como un desplazamiento temporal de la población afectada, calculados aquí.

El cálculo de los costos de atención de la emergencia requerirá identificar y valorar los elementos involucrados en la respuesta a desastres. En el caso de la MIRR, se utilizó la información de INDECI (2011) relacionada a los costos unitarios de los artículos que son parte de los envíos de ayuda humanitaria para damnificados.²⁶ Con la información de los costos por persona y la población vulnerable de la MIRR se estima que los costos requeridos en caso de una emergencia serían de S/. 4,059,438 para camas plegables, S/. 1,615,160 para colchones y S/. 3,718,512 para carpas, lo que en total asciende a S/. 9,393,111.

3.2.7. Beneficios no calculados

Las limitaciones de información encontradas impidieron que las valoraciones realizadas incluyan todos los componentes identificados. Si bien se ha calculado los costos evitados de reconstrucción o rehabilitación de infraestructura, estos se han limitado a los inmuebles correspondientes a edificaciones. Quedan fuera del cálculo las redes de servicios públicos (como podrían ser las de electricidad, telecomunicaciones, agua y desagüe), así como las vías de transporte que podrían verse afectados por la ocurrencia del evento. En el caso del costo evitado de enfermedades, únicamente fue posible determinar los cambios en las tasas de morbilidad para dos de las enfermedades identificadas (EDA e IRA), quedando el resto fuera del cálculo. Para el caso de la atención de emergencias, los cálculos se han centrado en los bienes necesarios para el alojamiento temporal de la población damnificada. Ello excluye aquellos gastos relacionados a la limpieza de escombros u otros materiales, así como los gastos adicionales en personal e insumos necesarios para la atención de la emergencia.

Otros componentes para los que las limitaciones de información impidieron la determinación de cambios potenciales y sus respectivos valores monetarios son el costo de viaje, tiempo de viaje, así como incrementos en el precio de los servicios básicos.

3.3. Costos de reubicación de poblaciones ubicadas en zonas vulnerables

En los asentamientos humanos ubicados en zonas bajo riesgo de desastres asociados al cambio climático, las políticas deberán incurrir en costos que permitan que los habitantes se reubiquen a otras áreas. Al tratarse de inversión preventiva este componente es independiente de la probabilidad de ocurrencia del evento.

En el caso de la MIRR, la experiencia existente sobre reubicación,²⁷ consiste en ofrecer a la población beneficiaria inmuebles en otras áreas de la MIRR en las que no existen riesgos de inundación y erosión de ribera.²⁸

²⁶ El Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI) cuenta con registros sobre la ocurrencia de inundaciones en Perú, aunque se limitan a ser una cuantificación de los damnificados. Específicamente se utilizaron los datos correspondientes a la ayuda humanitaria a Guatemala por la erupción del volcán Pacaya y la tormenta Agatha en mayo de 2010 (INDECI, 2011).

²⁷ Proyecto Vía Parque Rímac (<http://www.lamsac.com.pe/es/>) [2 de julio del 2012].

²⁸ Información proporcionada por la Arq. Gina Chambi.

El cálculo del costo de reubicación de la población en zonas vulnerables partió de identificar la cantidad de inmuebles de las áreas vulnerables (6,517 inmuebles). A partir de la información disponible sobre los proyectos inmobiliarios existentes en la MIRR, se tomaron los datos correspondientes al tamaño mínimo de las viviendas disponibles (37m²), que coincidió con el menor costo por metro cuadrado (S/. 1,402). Esto da como resultado un costo de S/. 51,890 por la adquisición de cada inmueble. Para la totalidad de inmuebles del área bajo riesgo en la MIRR este costo ascendería a S/. 338,167,130.

Resumen de beneficios y costos calculados

Las secciones anteriores indicaron la metodología de cálculo de los beneficios y costos relevantes al evaluar medidas que reubiquen a la población asentada en las zonas de la MIRR bajo riesgo de inundación y erosión de ribera. El resumen de los resultados obtenidos se muestra en el siguiente cuadro.

Cuadro 3.2. Resumen de beneficios y costos calculados

Componente	Valor (S/.)
<i>Beneficios de reubicación de poblaciones de zonas vulnerables</i>	
Costo evitado de protección de riberas	7,141,346 (periodo inicial) y 126,820 (años posteriores)
Costo evitado de reconstrucción o rehabilitación de infraestructura (inmuebles)	458,704,873
Costo evitado de pérdida de activos (bienes durables)	2,202,576
Costo evitado de pérdida de capital humano	3,046,910
Costo evitado de incremento de enfermedades	1,064,381
Costo evitado de atención de emergencia	9,393,111
<i>Costos de reubicación de poblaciones ubicadas en zonas vulnerables</i>	
Costo de reubicación de población	338,167,130

Elaboración: propia

4. Análisis Costo-Beneficio

4.1. Caso base

4.1.1. Parámetros de evaluación

El análisis costo beneficio de la medida de política requiere que se incorporen distintos parámetros de evaluación, tales como el horizonte temporal, la probabilidad de ocurrencia de los eventos y la tasa de descuento de flujos futuros. A continuación, se describen los parámetros de evaluación utilizados.

Horizonte de evaluación

Dado que esperamos que este estudio sirva a la Administración Pública, se toma los parámetros utilizados en Perú por el Sistema Nacional de Inversión Pública (SNIP). Este establece que el periodo de evaluación comprende el periodo de ejecución del proyecto más un máximo de diez años de generación de beneficios (MEF, 2011). En el caso de estudio, se asume que reubicar a la población toma un año.

Probabilidad de ocurrencia de eventos extremos

La ocurrencia de eventos extremos tales como las avenidas extraordinarias es difícil de predecir. Adicionalmente, dentro de los efectos que se esperan del cambio climático se encuentra el cambio de la intensidad y frecuencia de ocurrencia de estos fenómenos. Ello hace necesario incorporar la incertidumbre sobre la ocurrencia de los eventos al análisis de la medida de adaptación.

La limitada información histórica identificada, tanto de ocurrencia de eventos como de caudales máximos hizo imposible cualquier cálculo de probabilidad de ocurrencia de una avenida extraordinaria del río Rímac.²⁹ Para el escenario base, analizamos la rentabilidad del proyecto con una probabilidad de ocurrencia del evento de 100% en el año central (mediana) del periodo de vida útil, en este caso el quinto año.

Tasa de descuento

Freeman (2003) menciona que, para evaluar los costos de capital de las políticas ambientales, la tasa social de descuento permite evaluar las políticas considerando el precio sombra del capital. Para el caso de Perú, el MEF (2011) indica que la tasa social de descuento “representa el costo en que incurre la sociedad cuando el sector público extrae recursos de la economía para financiar sus proyectos”, y determina el valor de la tasa en 10%.³⁰

4.1.2. Flujo de caja

En el caso de los beneficios calculados distinguimos dos tipos. El primero corresponde a aquellos que son independientes a la ocurrencia del evento. A este corresponde la reducción de los costos de protección de riberas. Despoblar las áreas bajo riesgo de inundación y erosión de riberas elimina la necesidad de realizar las inversiones que hubieran sido necesarias para proteger a dicha población. Ya sea que ocurra o no una avenida extraordinaria ya no es necesaria esta protección de modo que la incertidumbre sobre la ocurrencia del evento no afecta este beneficio, lo que es equivalente a decir que su flujo de caja no se ve afectado por la probabilidad de ocurrencia del evento.

El segundo corresponde a los beneficios que se materializan ante la ocurrencia de un evento. A este grupo corresponden los costos evitados de reconstrucción o rehabilitación de infraestructura (inmuebles), de pérdida de activos (bienes durables), y de pérdida de capital humano, de incremento de enfermedades y de atención de emergencia. En estos casos, los beneficios corresponden a los daños que se evitan en

²⁹ El detalle de la información identificada y requerida para este cálculo se encuentra en el anexo 1.

³⁰ Tasa social de descuento en términos reales. La tasa en términos nominales es de 12%.

caso ocurriera una crecida extraordinaria; el flujo de caja correspondiente se ve afectado por la probabilidad de ocurrencia de tal tipo de eventos, es decir, por el valor esperado del beneficio.

El escenario base considera que el evento ocurre en el año cinco con total certeza. El costo evitado de protección de riberas no depende de la probabilidad de ocurrencia del evento por lo que los ahorros se dan en todos los periodos del horizonte de evaluación. El ahorro de la inversión se da en el año cero, mientras que los ahorros de mantenimiento en el resto de periodos. El resto de beneficios ocurren únicamente en el año 5 del horizonte de evaluación, y en la forma de valores esperados (aunque dado que la probabilidad de ocurrencia del evento es igual a 100%, los valores no cambian). El detalle de los beneficios de la medida de reubicación en el escenario base se observa en el cuadro 5.1.

Cuadro 4.1. Beneficios totales de la reubicación de la población vulnerable de la MIRR (S/.), escenario base

Beneficio	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Costo evitado de protección de riberas	7,141,346	126,820	126,820	126,820	126,820	126,820	126,820	126,820	126,820	126,820	126,820
Costo evitado de reconstrucción o rehabilitación de infraestructura (inmuebles)	0	0	0	0	0	458,704,873	0	0	0	0	0
Costo evitado de pérdida de activos (bienes durables)	0	0	0	0	0	2,202,576	0	0	0	0	0
Costo evitado de pérdida de capital humano	0	0	0	0	0	3,046,910	0	0	0	0	0
Costo evitado de incremento de enfermedades	0	0	0	0	0	1,064,381	0	0	0	0	0
Costo evitado de atención de emergencia	0	0	0	0	0	9,393,111	0	0	0	0	0
Total Beneficios	7,141,346	126,820	126,820	126,820	126,820	474,538,671	126,820	126,820	126,820	126,820	126,820

Nota: Corresponde a los beneficios en el escenario de probabilidad de ocurrencia del evento durante el año 5 igual a 100%.

Elaboración: propia.

Los costos corresponden a la reubicación de la población, de modo que son independientes de la probabilidad de ocurrencia del evento, y se asume que se dan únicamente en el período de inversión inicial (año 0), y equivalen a S/. 338,167,130.

4.1.3. Beneficio neto – indicadores resumen

Considerando los beneficios para los cuáles fue posible determinar valores monetarios y los costos de la reubicación de la población, la medida de política no es rentable, pues el valor actual neto social (VAN social) es negativo.

Los costos de reubicación son mayores a los beneficios debido a múltiples factores. En primer lugar, nos enfrentamos a una medida de reubicación con un costo muy alto y cierto, en el sentido que se incurre en el costo suceda o no una avenida extraordinaria del río Rímac, a la vez que la mayor parte de los beneficios son inciertos y se materializan en la medida en que –habiendo ya realizado la reubicación- se presenta el evento extremo y se evitan sus impactos negativos. En segundo lugar, tenemos que, al realizarse el costo de la reubicación en el periodo de inversión del proyecto (año cero), estos costos no son castigados con la tasa de descuento, mientras que el valor de los beneficios si lo es. Finalmente, la falta de datos impidió valorar algunos beneficios.

Dado que los costos son mayores a los beneficios, el ratio beneficio-costo es menor a uno. Finalmente, la Tasa Interna de Retorno (TIR) muestra un valor positivo a pesar que el escenario base tiene una rentabilidad negativa, pero inferior a la tasa social de descuento. El detalle de los indicadores de evaluación se observa en el cuadro 4.2.

Cuadro 4.2. Indicadores de evaluación

Indicador	Valor
Valor actual beneficios (S/. constantes de 2011)	302,493,035
Valor actual costos (S/. constantes de 2011)	338,167,130
Tasa social de descuento	10%
VAN (S/.constantes de 2011)	-35,674,095
TIR	8%
Ratio beneficio-costo	0.89

Elaboración: propia.

4.2. Análisis de sensibilidad

Dixon et al. (1994) indica que el análisis de sensibilidad permite lidiar con la existencia de riesgo e incertidumbre. Este consiste en evaluar el impacto de cambios en variables clave sobre la rentabilidad del proyecto. Para el caso de la evaluación que realizaremos, esto supone establecer diferentes escenarios de probabilidad de ocurrencia del evento extremo asociado al CC.

Dentro de los escenarios planteados podemos distinguir tres grupos. El primero consiste en evaluar la rentabilidad del proyecto asumiendo diferentes niveles de probabilidad de ocurrencia del evento en un punto específico del tiempo. Siguiendo a DGPM-MEF (2010) se evalúan cuatro niveles de probabilidad de ocurrencia del evento durante el horizonte de evaluación (25, 50, 75 y 100%), y que la probabilidad de ocurrencia se presenta en tres puntos del horizonte de evaluación: el primer año, el año central (año 5) y el último año (el décimo).

El segundo grupo corresponde a la evaluación de la sensibilidad ante la presencia de probabilidades constantes de ocurrencia del evento durante varios años. Esto se realiza asignando una probabilidad para todo el horizonte de evaluación (10% y 15% cada año), así como para los primeros cinco años (20% en cada uno de ellos).³¹

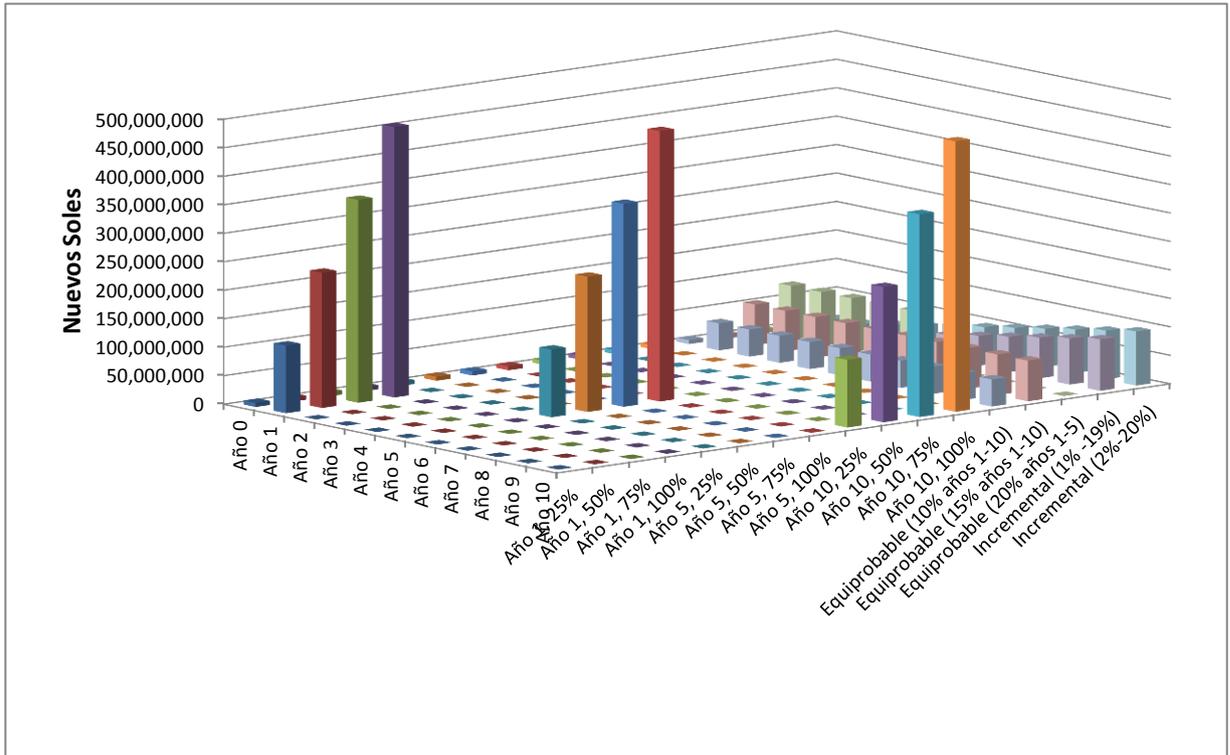
Finalmente, dado que se espera que el cambio climático afecte la intensidad y frecuencia de ocurrencia de eventos extremos, se incluyen dos escenarios en los que la probabilidad de ocurrencia de las avenidas extraordinarias es creciente en el tiempo; el primero parte de 1% y aumenta de forma constante 2%, hasta llegar a 19%, el segundo con valores entre 2 y 20%, con aumentos constantes de 2%.

4.2.1. Flujo de caja

Muchos de los beneficios están relacionados a la probabilidad de ocurrencia del evento, por lo que sus flujos de caja muestran una gran sensibilidad respecto a esta variable. Se distingue que los beneficios correspondientes al año de ocurrencia del evento varían según la probabilidad de ocurrencia del evento, mientras que los correspondientes al resto de periodos se mantienen constantes. Al estar dominados por beneficios que dependen de la probabilidad de ocurrencia del evento, mayores probabilidades se traducen en incrementos importantes de los beneficios. Así, es posible distinguir los tipos de escenarios planteados: beneficios que se concentran en periodos determinados, beneficios constantes a lo largo de un rango de tiempo o beneficios incrementales a lo largo del tiempo. Sin embargo, estos resultados no consideran la aplicación de la tasa de descuento.

³¹ Siguiendo a DGPM-MEF (2010).

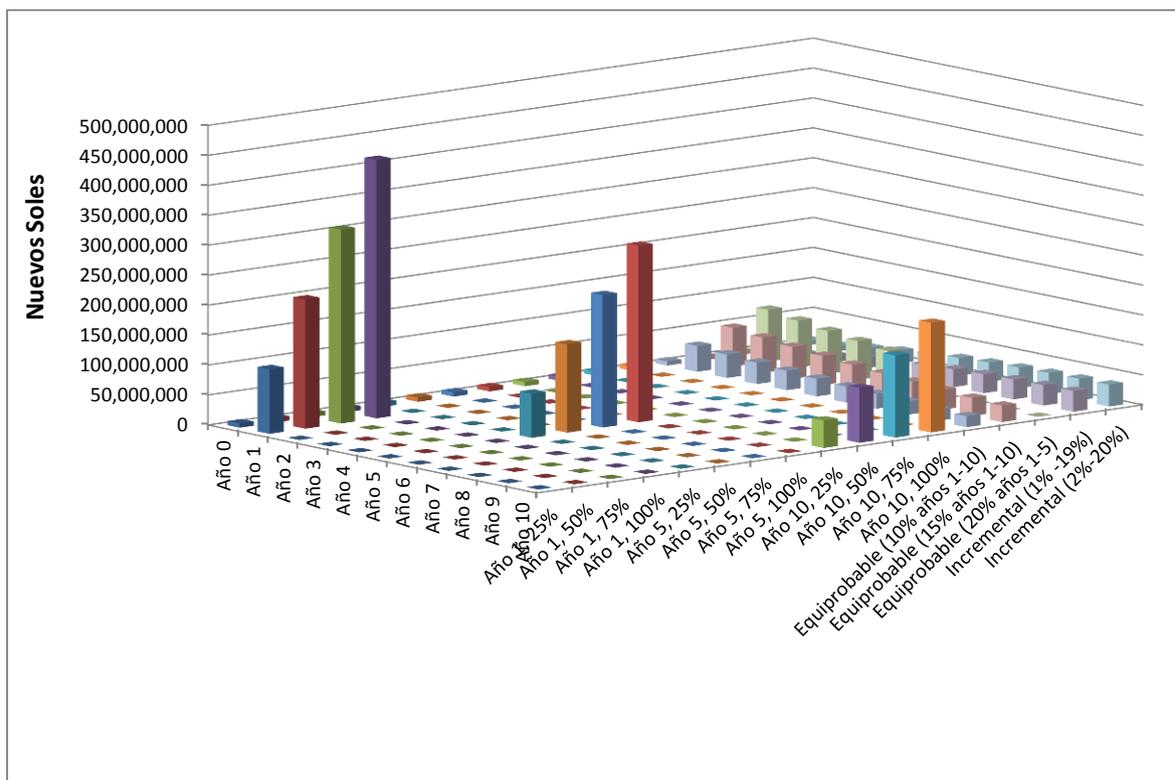
Gráfico 4.1. Beneficios totales de la reubicación de la población vulnerable de la MIRR (S/.)



Elaboración: propia.

Si se toma en cuenta la tasa de descuento a los flujos futuros, se aprecia que conforme los beneficios se van alejando en el tiempo la tasa de descuento los va reduciendo drásticamente. El siguiente gráfico muestra el valor actual de los beneficios totales de la reubicación de población considerando en qué momento del tiempo ocurren.

Gráfico 4.2. Beneficios totales de la reubicación de la población vulnerable de la MIRR (S/.), valores descontados



Elaboración: propia.

Los costos de reubicación de la población son independientes de la probabilidad de ocurrencia del evento por lo que se mantienen constantes en todos los escenarios analizados. Se dan en el período inicial (año 0) y equivalen a S/. 338,167,130.

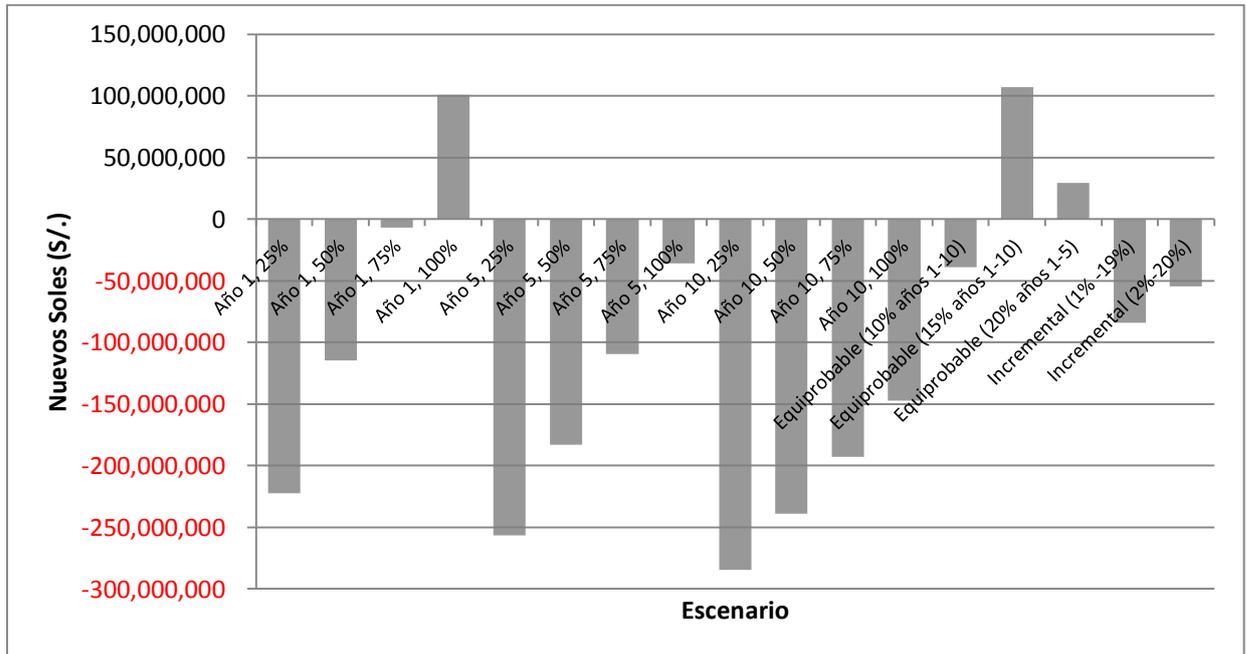
4.2.2. Beneficio neto – indicadores resumen

El resultado al que llegamos es que, considerando únicamente los beneficios para los cuáles fue posible hallar valores monetarios, la medida de reubicación de la población es rentable solamente en tres de los diecisiete escenarios planteados. El Valor Actual Neto social (VAN social) aumenta en la medida en que aumenta la certeza de la ocurrencia del evento. Esto puede deberse ya sea a la certeza de la ocurrencia del evento (el VAN es positivo en el escenario en que el evento tiene 100% de probabilidad de ocurrencia en el primer año del proyecto)³², o al aumento de la probabilidad anual de su ocurrencia (como en los escenarios equiprobables de 15% cada año,³³ o 20% en los cinco primeros periodos).

³² Considerando una probabilidad de ocurrencia del evento de 100%, el VAN es positivo si el evento ocurre entre los años 1 y 3.

³³ Para ser exactos, en los escenarios equiprobables el VAN adquiere valores positivos a partir de una probabilidad de ocurrencia del evento de 11.33% anual.

Gráfico 4.3. VAN social de reubicación de la población vulnerable de la MIRR, según escenario de probabilidad de ocurrencia del evento (S/.)



Elaboración: propia

Al igual que en el escenario base, la TIR muestra valores positivos en escenarios en los que el VAN es negativo. El detalle de los indicadores de evaluación se observa en el cuadro 4.3.

Cuadro 4.3. Indicadores de evaluación

Escenario / Indicador	Valor actual beneficios (S/. constantes de 2011)	Valor actual costos (S/. constantes de 2011)	Tasa social de descuento	VAN (S/. constantes de 2011)	TIR	Ratio beneficio-costo
Año 1, 25%	115,741,476	338,167,130	10%	-222,425,654	-45%	0.34
Año 1, 50%	223,562,351	338,167,130	10%	-114,604,779	-26%	0.66
Año 1, 75%	331,383,226	338,167,130	10%	-6,783,904	8%	0.98
Año 1, 100%	439,204,102	338,167,130	10%	101,036,972	43%	1.30
Año 5, 25%	81,563,709	338,167,130	10%	-256,603,421	-18%	0.24
Año 5, 50%	155,206,818	338,167,130	10%	-182,960,312	-6%	0.46
Año 5, 75%	228,849,926	338,167,130	10%	-109,317,204	2%	0.68
Año 5, 100%	338,167,130	302,493,035	10%	-35,674,095	8%	0.89
Año 10, 25%	53,647,177	338,167,130	10%	-284,519,953	-10%	0.16
Año 10, 50%	99,373,754	338,167,130	10%	-238,793,376	-3%	0.29
Año 10, 75%	145,100,330	338,167,130	10%	-193,066,800	1%	0.43
Año 10, 100%	190,826,906	338,167,130	10%	-147,340,224	4%	0.56
Evento equiprobable (10% cada año)	299,426,146	338,167,130	10%	-38,740,984	7%	0.89
Evento equiprobable (15% cada año)	445,178,919	338,167,130	10%	107,011,789	17%	1.32
Evento equiprobable (20% años 1-5)	367,599,434	338,167,130	10%	29,432,304	13%	1.09
Incremental (1% -19%)	254,269,635	338,167,130	10%	-83,897,495	5%	0.75
Incremental (2%-20%)	283,420,189	338,167,130	10%	-54,746,941	7%	0.84

Tipo de cambio (18 de julio de 2012): 1USD = 2.62 soles

Elaboración: propia.

5. Discusión

5.1. Limitaciones encontradas en la aplicación de la metodología

Determinación de las áreas y población afectada

La determinación de los diferentes costos y beneficios requiere de identificar la población y edificaciones correspondientes a las áreas vulnerables a los riesgos analizados. Sin embargo, la información es limitada, más aún en el caso de ámbitos

locales -los que pueden estar enfocándose en ámbitos más pequeños que las divisiones técnico administrativas para las que existe información o para las que se reporta la información oficial-. Si bien la información de instituciones que operan en dichos ámbitos constituye una valiosa fuente de información, esta puede no ser suficiente para una adecuada valoración de los beneficios identificados. La información disponible a través de estas fuentes tendrá el nivel de detalle y enfoque que requiere el trabajo de la organización que la genera, que puede ser insuficiente para nuestros fines, dados los requerimientos de información de los diferentes beneficios y costos que se identifiquen. En el caso del presente estudio, la información disponible sobre las áreas bajo riesgo divide la MIRR según su principal riesgo, por lo que no existen traslapes. Ello impide identificar las áreas en las que la inundación fluvial y erosión de ribera no son los principales riesgos e incluirlas en el análisis. En este sentido es importante acceder no solamente a los resultados sino también a los metadatos disponibles, pues permite generar indicadores apropiados.

Informalidad

La existencia de informalidad –por ejemplo en áreas urbano-marginales- puede limitar la información disponible sobre la población y activos afectados. Esto puede deberse a que las áreas informales no estén reflejadas en las estadísticas oficiales, así como a que, por temor a que el recojo de información pueda estar ligado a eventuales medidas que puedan perjudicarlos, la población no esté dispuesta a brindar información.

En el caso de la MIRR, si bien ha sido posible identificar a la población y las edificaciones vulnerables, las zonas con mayor grado de informalidad quedan fuera del análisis pues no están en el catastro.³⁴ Al tratarse de las áreas más cercanas a la ribera del río, la población que reside en áreas bajo riesgo de erosión está siendo subestimada, así como los beneficios y costos asociados a su reubicación.

Registro y sistematización de eventos extremos e información hidrológica

Otra limitación importante encontrada corresponde a la información histórica disponible sobre el caudal del río Rímac y la ocurrencia de eventos extremos, más aún para ámbitos tan reducidos como el caso de estudio. Ello dificulta la determinación de la probabilidad de ocurrencia de una avenida extraordinaria, tanto en términos de frecuencia como de la magnitud del evento que podría ocurrir.

Identificación de cambios marginales relacionados al cambio climático

La valoración de beneficios y costos requiere de información precisa sobre los elementos afectados, el grado de afectación, y el costo de las medidas correctivas o de remplazo. En el caso del cambio climático, la valoración implica también identificar los cambios marginales atribuibles a éste. Ello aumenta las necesidades de información, pues hace necesario diferenciar los impactos que se darían ante la ausencia y la presencia del evento causado por el cambio climático.

³⁴ Existe evidencia anecdótica que dicha población no brinda información a los equipos técnicos que realizan los catastros (información proporcionada por la Arq. Gina Chambi).

5.2. Conclusiones y recomendaciones

El presente estudio estima el beneficio neto de reubicar poblaciones establecidas en áreas expuestas a peligros naturales relacionados al cambio climático. Para ello, identifica los beneficios utilizando el enfoque de costo evitado, es decir, que todo costo que se evita constituye un beneficio. Los costos, por su parte, son los costos de reubicar a la población, en caso ya se encontrara habitando en un área vulnerable.

Se toma como caso de estudio la Margen Izquierda del río Rímac (MIRR), donde el asentamiento de la población incluye áreas que, ante el aumento de avenidas como resultado de la desglaciación, están expuestas a inundaciones y erosión de sus riberas. Se realizan cálculos de los beneficios asociados al ahorro en protección de riberas, así como de evitar la reconstrucción de infraestructura, pérdida de activos, atención de emergencias, incremento de enfermedades y pérdidas de capital humano. Estos cálculos son conservadores, en la medida que se está dejando de valorar un conjunto de bienes sin mercado, como los cambios en el bienestar de la población afectada atribuible a la sensación de pérdida, o los costos de viaje ante la reubicación porque asumimos una relocalización cercana a la zona potencialmente afectada.

Dado que no fue posible determinar la probabilidad de ocurrencia de una avenida extraordinaria del río Rímac, se realiza un análisis de sensibilidad que plantea diversos escenarios, en los que varía el momento y probabilidad de ocurrencia de una avenida extraordinaria. Como resultado, se halla que la reubicación de la población solamente resulta rentable en escenarios donde el evento ocurre en el futuro cercano y tiene alta probabilidad. La medida de reubicación es rentable solo en tres de los diecisiete escenarios planteados. Múltiples factores influyen en ello. La reubicación de población es costosa y se incurre en el costo suceda o no una avenida extraordinaria, mientras que buena parte de los beneficios son inciertos y se plasman solamente en caso se presente el evento extremo. Además, los beneficios de la reubicación se dan en el futuro por los que son castigados por la tasa de descuento mientras que los costos de reubicación no lo son. Finalmente, no todos los beneficios pudieron ser valorados por limitaciones de información.

Este es un caso típico de toma de riesgos ante incertidumbre, donde los beneficios no solamente están calculados con una aproximación conservadora y, entonces, estrictamente subestimados, sino que se disfrutarán en el futuro y, por lo tanto, son castigados cuando se los trae al presente, cuando se tiene que tomar la decisión e implementar la medida de política. Más aún, los costos de reubicación son ciertos y se incurren hoy.

El estudio encuentra que existen diversas limitaciones en lo correspondiente a la disponibilidad de datos que permitan una adecuada valoración de los beneficios y costos identificados. Estas adquieren más importancia en la medida que trabajamos con ámbitos reducidos pues al tener características específicas incluso la adopción de supuestos y generalizaciones hace necesario tener un conocimiento cercano del área de estudio.

En tal sentido, cobra importancia la necesidad de sistematizar eventos ocurridos. Esto permite, en primer lugar, conocer la frecuencia e intensidad de los eventos. Además, permite identificar sus impactos directos e indirectos lo que, a su vez, facilitaría realizar evaluaciones *ex post* de medidas de reducción de riesgo, o bien identificar con detalle los efectos asociados a la ocurrencia de este tipo de *shocks*.

El seguimiento de los proyectos de inversión ejecutados, permitirá mejorar la identificación de los proyectos afectados por fenómenos naturales. Además, contribuirá a la evaluación ex post de los proyectos y las medidas de reducción consideradas

Ante los vacíos de información existentes en la actualidad, el análisis de sensibilidad cobra una mayor importancia. La incertidumbre intrínseca a los eventos adversos relacionados al cambio climático plantea muchas interrogantes sobre sus efectos. Tomar en cuenta distintas probabilidades de ocurrencia de los eventos permite aproximar los umbrales bajo los que las opciones de inversión evaluadas son socialmente rentables.

Referencias

Adamo, Susana B. (2009) Environmentally Induced Population Displacements. IHDP Update 1, 2009.

Bardsley, Douglas & Graeme J. Hugo (2010) Migration and climate change: examining thresholds of change to guide effective adaptation decision-making. *Popul Environ* (2010) 32:238-262.

Barrantes, Roxana y María Kathia Cárdenas (2009). Fortalecimiento de la dimensión económica de los proyectos de ciudades focales en América Latina Ciudad Focal Lima – Estimación del daño ambiental. Lima: Instituto de Estudios Peruanos.

Benenson A.S., editor. (2002) Manual para el control de las enfermedades transmisibles. Decimosexta edición, Washington DC: Organización Panamericana de la Salud, OPS/OMS.

Bitrán, Daniel (2009). Metodologías para la evaluación del impacto socioeconómico de los desastres. CEPAL México, Serie Estudios y Perspectivas 108. Naciones Unidas, México, D. F.

Bosello, Francisco; Carraro, Carlo y De Cian, Enrica (2009). An Analysis of Adaptation as Response to Climate Change. Copenhagen Consensus Center.

Brouwer, Roy; Aftab, Sonia; y Brander, Luke (2006). Socio-economic vulnerability and adaptation to environmental risk: A case study of climate change and flooding in Bangladesh. Amsterdam: Institute for Environmental Studies (IVM).

Comisión Económica para América Latina y el Caribe –CEPAL- (2000). Los efectos Socioeconómicos de las Inundaciones y Deslizamientos en Venezuela en 1999. Sede Subregional en México.

Dirección General de Programación Multianual del Sector Público, Ministerio de Economía y Finanzas (DGPM-MEF) (2007). Conceptos asociados a la gestión del riesgo de desastres en la planificación e inversión para el desarrollo. Serie: Sistema Nacional de Inversión Pública y la Gestión del Riesgo de Desastres, N° 1. MEF, Lima.

Dirección General de Programación Multianual del Sector Público, Ministerio de Economía y Finanzas (DGPM-MEF) (2010). Evaluación de la rentabilidad social de las

medidas de reducción del riesgo de desastre en los proyectos de inversión pública. Serie: Sistema Nacional de Inversión Pública y la Gestión del Riesgo de Desastres, N° 4. Primera Edición, MEF, Lima.

Dixon, John A.; Fallon Scura, Louise; Carpenter, Richard A. & Sherman, Paul B. (1994). *Economic Analysis of Environmental Impacts*. Londres: Earthscan. Segunda edición.

Escobal, Javier; Saavedra, Jaime y Torero, Máximo (1999). *Los activos de los pobres en el Perú*. Lima: BID.

Freeman, Myrick (2003). *The Measurement of Environmental and Resource Values, Second Edition*. Washington DC: Resources for the Future.

Gleditsch, Nils Petter, Ragnhild Nordås & Idean Salehyan (2007) *Climate Change and Conflict: The Migration Link*. Coping with Crisis Working Paper Series, International Peace Academy.

http://www.ipacademy.org/media/pdf/publications/cwc_working_paper_climate_change.pdf [13 de agosto de 2012]

Gray, Clark L. & Valerie Mueller (2012) Natural disasters and population mobility in Bangladesh. In: PNAS. National Academy of Sciences of the USA. Vol. 109, N° 16, pp. 6000-6005. April.

<http://www.pnas.org/content/109/16/6000.full.pdf+html> [13 de agosto de 2012]

Hallegatte, Stéphane, Fanny Henriët, Anand Patwardhan, K. Narayanan, Subimal Ghosh, Subhankar Karmakar, Unmesh Patnaik, Abhijat Abhayankar, Sanjib Pohit, Jan Corfee-Morlot, Celine Herweijer, Nicola Ranger, Sumana Bhattacharya, Murthy Bachu, Satya Priya, K. Dhore, Farhat Rafique, P. Mathur, Nicolas Naville (2010). *Flood Risks, Climate Change Impacts and Adaptation Benefits in Mumbai: An Initial Assessment of Socio-Economic Consequences of Present and Climate Change Induced Flood Risks and of Possible Adaptation Options*, OECD Environment Working Papers, No. 27, OECD Publishing.

<http://dx.doi.org/10.1787/5km4hv6wb434-en> [29 de junio de 2012]

Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI) (2011) *Compendio Estadístico de Atención y Prevención de Desastres 2010*. Lima: INDECI.

Intergovernmental Panel on Climate Change -IPCC- (2007). *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. http://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_ipcc_fourth_assessment_report_wg2_report_impacts_adaptation_and_vulnerability.htm [Revisado el 17 de abril de 2012]

Mendelsohn, Robert (2008). *The Economics of Adaptation to Climate Change in Developing Countries*.

Messner, Frank & Volker Meyer (2006) Flood damage, vulnerability and risk perception – Challenges for flood damage research. En: J. Shanze et al. (eds.), Flood risk management: Hazards, vulnerability and migration measures, pp. 149-167. Springer, 2006.

Ministerio de Educación (MINEDU) (2004) Plan Estratégico de Prevención y Atención de Desastres del Ministerio de Educación. Lima: MINEDU.

Organización Panamericana de la Salud –OPS- (2006). Hospitales seguros ante inundaciones. Washington, D.C.: OPS, (Serie Mitigación de Desastres).

OXFAM (2008). OXFAM Technical Briefs – Responding to floods and flooding.

Panel Intergubernamental de Cambio Climático - IPCC (2007). Glossary Terms used in the IPCC Fourth Assessment Report. http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr_appendix.pdf [Revisado el día 17 de marzo de 2012]

Perch-Nielsen, Sabine L., Michèle B. Bättig & Dieter Imboden (2008) Exploring the link between climate change and migration. Climatic Change (2008) 91:375-393.

Proyecto Ciudades Focales (2010) Caracterización integral y propuesta de desarrollo de la margen izquierda del río Rímac de Cercado de Lima. Lima: Proyecto Ciudades Focales.

Rodríguez, Rafael (2010). Caracterización Social: Margen Izquierda del río Rímac de Cercado de Lima. Lima: Proyecto Ciudades Focales.

Secretaría General de la Comunidad Andina (CAN) (2007a) ¿Y por dónde comenzamos? - Prioridades de la Comunidad Andina ante el Cambio Climático. Lima: Secretaría General de la Comunidad Andina; Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Oficina Regional para América Latina y el Caribe; y Agencia Española de Cooperación Internacional.

Secretaría General de la Comunidad Andina (CAN) (2007b) Cosa sería este clima - Panorama del Cambio Climático en la Comunidad Andina. Lima: Secretaría General de la Comunidad Andina; Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Oficina Regional para América Latina y el Caribe; y Agencia Española de Cooperación Internacional.

World Bank (2010). The costs to developing countries of adapting to climate change. New methods and estimates. The World Bank, Washington, DC. <http://siteresources.worldbank.org/EXTCC/Resources/EACC-june2010.pdf> [Revisado el 17 de abril de 2012]

Anexo 1 – Probabilidad de ocurrencia de avenidas extraordinarias

La determinación de la probabilidad de ocurrencia de una avenida extraordinaria constituye uno de los mayores retos dentro del análisis de riesgo, pues para su estimación es necesario contar con una cantidad importante de datos específicos.

Aventín (2007), indica que para la evaluación de eventos extremos es necesario tomar en cuenta dos modelos probabilísticos, que permitan determinar para el evento analizado:

- Probabilidad de ocurrencia en el tiempo
- Magnitud del evento (independiente del tiempo de ocurrencia)

Ambos modelos dependen de la calidad y extensión de las series históricas de datos sobre los caudales. Asimismo, el autor señala que el método *Point Over Threshold* (POT) es el que más destaca pues utiliza una distribución que hace posible hallar la probabilidad de ocurrencia de valores extremos, lo que permite evaluar una gran cantidad de escenarios. Sin embargo, este método requiere conocer un valor de umbral, que permite determinar que eventos son considerados como extremos.

Para el caso de los caudales del río Rímac relevantes para la MIRR los datos hidrológicos disponibles no corresponden a los niveles del río en dicho punto, sino a los de la estación de medición más cercana (estación puente Huachipa – San Juan de Lurigancho). Esta estación recoge datos diarios, aunque solamente desde el año 2006.

No se ha identificado datos que indiquen la magnitud que tendría una avenida extraordinaria asociada a los efectos del cambio climático. Además, su determinación escapa de los alcances del presente estudio. Ante una situación en la que no es posible determinar de manera confiable la probabilidad de ocurrencia de eventos extremos, Kramer (1995) aconseja basarse en el juicio de expertos.