



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente



Siempre  
con el pueblo



# LIMA METROPOLITANA: LA METRÓPOLI QUE BAJO UN CLIMA CAMBIANTE DEBE BUSCAR EVALUAR SU RESILIENCIA COMUNITARIA FRENTE A ESCENARIOS MULTIAMENAZAS

Aplicación de medidas no estructurales en la Gestión de Eventos Extremos

Segunda Edición Diálogo Académico: Aportes de la Ciencia a Nuestro Desafío Climático (NDC)

Diciembre 2021 - Lima, Perú



GRUPO IMPULSOR DE  
ACCIÓN CLIMÁTICA  
DE LA ACADEMIA

# LIMA METROPOLITANA: LA METRÓPOLI QUE BAJO UN CLIMA CAMBIANTE DEBE BUSCAR EVALUAR SU RESILIENCIA COMUNITARIA FRENTE A ESCENARIOS MULTIAMENAZAS

## Aplicación de medidas no estructurales en la Gestión de Eventos Extremos

Jheyder Pérez <sup>1</sup> , Cristina Córdova-Arias <sup>2</sup>, Richard Pehovaz <sup>3</sup>, Eusebio Ingol <sup>4</sup>

<sup>1</sup> Pontificia Universidad Católica del Perú, Programa de Estudios Especiales en Ingeniería Civil, Lima, Perú, [jheyder.perez@pucp.edu.pe](mailto:jheyder.perez@pucp.edu.pe)

<sup>2</sup> Universidad San Ignacio de Loyola, Coordinador de la Carrera de Ingeniería Civil, Lima, Perú, [lcordova@usil.edu.pe](mailto:lcordova@usil.edu.pe)

<sup>3</sup> Pontificia Universidad Católica del Perú, Director de la Carrera de Ingeniería Civil, Lima, Perú, [pehovaz.rp@pucp.edu.pe](mailto:pehovaz.rp@pucp.edu.pe)

<sup>4</sup> Universidad Nacional Agraria La Molina, Pontificia Universidad Católica del Perú, Docente, Lima, Perú, [eingol@lamolina.edu.pe](mailto:eingol@lamolina.edu.pe)

### 1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

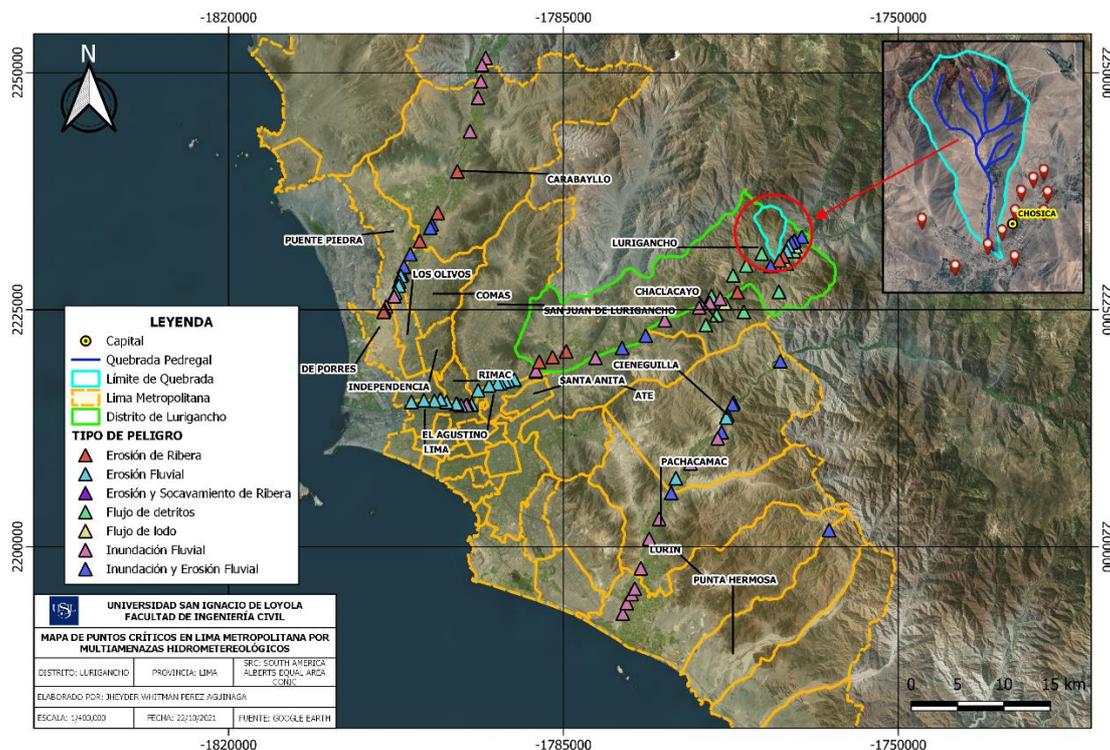
Lima, capital del Perú, alberga a un tercio de la población nacional. La misma que busca mejores oportunidades en una metrópoli que ante escenarios de peligros geológicos y/o hidrometeorológicos, el 76 % de su población es vulnerable (**INDECI, 2021**). Sumado a esto, los impactos del cambio climático que afectan los patrones espaciales, el crecimiento y el desarrollo de las ciudades (**Prasad et al., 2009**). La **Tabla 1** evidencia estos impactos originados en el país por los fenómenos de El Niño en los años 1982-1983, 1997-1998 y 2017, y la **Fig. 1** presenta la activación de quebradas en asentamientos humanos de Lima Metropolitana, identificados a ser susceptibles en próximos eventos extremos de climas cambiantes frente a peligros hidrometeorológicos en 118 puntos críticos, lo que reflejan nuestra fragilidad y deficiente resiliencia comunitaria frente a escenarios multiamenazas, en general, de nuestro país.

**Tabla 1. Impactos registrados relacionados con el fenómeno de El Niño en la población y la infraestructura de Perú en los eventos de 1982-83, 1997-98 y 2017. Adaptado del inglés (French et al., 2020).**

	1982-83	1997-98	2017	UNIDAD
<b>Población</b>	512	366	138	<b>Muertos</b>
	1,304	1,040	459	<b>Lesionados</b>
	1.27 millón	531,104	1.74 millón	<b>Damnificados</b>
<b>Transporte</b>	2,600	3,136	13,311	<b>Km dañados</b>
	47	370	449	<b>Puentes destruidos</b>
	98,000	42,342	63,802	<b>Destruídas</b>
<b>Viviendas</b>	111,000	108,000	350,181	<b>Viviendas dañadas</b>
<b>Educación</b>	875	956	2870	<b>Colegios dañados</b>
<b>Salud</b>	260	580	934	<b>Postas dañadas</b>
<b>Pérdidas Monetarias</b>	3.28 (1998)	3.5	3.1 (2017)	<b>Billones de US\$</b>

Parte del crecimiento poblacional, expansión urbana, de nuestra metrópoli y en consecuencia el aumento de su exposición a escenarios multiamenazas, es consecuencia

natural del crecimiento de la población urbana, el uso ineficiente del suelo y las deficientes políticas de planificación (**Sharma V., 2019**). Sin embargo, en cumplimiento a los acuerdos firmados por el país, se viene trabajando en el desarrollo de medidas de mitigación y adaptación frente al cambio climático. Las medidas de adaptación alineadas a la presente investigación, por contener instrumentos, son la 21 y 22 que comprenden la implementación de instrumentos para la Gestión del Riesgo de Desastres y Adaptación al Cambio Climático en los servicios de saneamiento en el ámbito urbano.



**Figura 1. 118 puntos críticos frente a escenarios por peligros hidrometeorológicos en Lima Metropolitana. Adaptado de (MML, 2019).**

Las medidas de adaptación pueden ser estructurales y no estructurales en relación con mitigar el riesgo de desastres, o una adaptación como un ajuste en los sistemas naturales o humanos a un entorno nuevo o cambiante (**Prasad et al., 2009**). En el transcurso de los años se han implementado algunas medidas estructurales, unas más importantes que otras, tecnológicas e innovadoras. Sin embargo, estamos olvidando un segundo recurso, no menos importante, como son las medidas no estructurales. Por lo que su determinación, reconocimiento y entendimiento como herramienta en la reducción del riesgo de desastres y adaptación al cambio climático es fundamental y su aplicación oportuna.

## 2. HALLAZGOS

Lima Metropolitana, una megaciudad incubadora de riesgos en donde, sumado a su alta densidad poblacional de asentamientos humanos, los peligros naturales se vuelven más destructivos (**Gasparini et al. 2013**). Es así como se tiene diagnosticado que, del total de sus peligros hidrometeorológicos, el 26 % son considerados de riesgo muy alto, el 69 % de riesgo alto y 4 % son considerados de riesgo medio, estos ubicados dentro de las

cuencas hidrográficas de los Ríos Chillón, Rímac y Lurín, perteneciente a la vertiente del Pacífico (MML, 2019). Por lo que, se estudia información relevante de los Modelos de Circulación General (MCG) para determinar la variabilidad climática en los próximos 30 años, mediante: el Modelo para la Investigación Interdisciplinaria del Clima (MIROC5, por sus siglas en inglés), el Simulador del Sistema Climático y Terrestre de la Comunidad Australiana (ACCESS1-0, por sus siglas en inglés) y el Modelo del Sistema Terrestre del Instituto Max Planck de Meteorología (MPI-ESM-LR, por sus siglas en inglés) presentados por el Proyecto de Inter-comparación de Modelos Acoplados (CMIP 5, por sus siglas en inglés) del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés). Estos modelos, a su vez, se estudiaron para los Forzamientos Radiactivos de 4.5 w/m<sup>2</sup> y 8.5 w/m<sup>2</sup> de Vía de Concentración Representativa (RCP, por sus siglas en inglés), los cuales representan un valor intermedio y elevado de tendencia a proyecciones de escenarios climáticos.

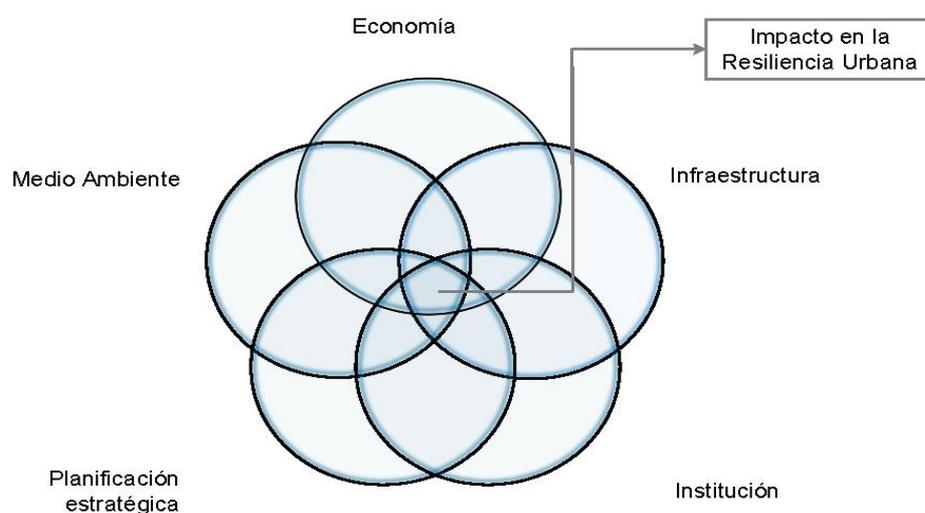


Figura 2. Factores que determinan una resiliencia urbana. Adaptado del inglés (UN, 2012)

Sin embargo, más allá de un análisis climático exhaustivo, el cual reflejará sin duda alguna las tendencias positivas de la temperatura y la variabilidad climática en efecto de los eventos extremos en los próximos años, el estudio refleja la importancia de la inclusión del análisis de una herramienta muy aplicada por países del primer mundo, herramienta para medir la **Evaluación de la Resiliencia Comunitaria (ERC)**, la cual permite identificar las comunidades, ciudades y distritos más o menos resilientes frente a escenarios multiamenazas, lo que, frente a una gestión de eventos extremos por climas cambiantes y geológicos, finalmente permitirá mejorar la toma de decisiones y gobernanza en el país. El concepto de **resiliencia** denota la “capacidad de un sistema para resistir el cambio, es decir, la gravedad de la perturbación que puede experimentar antes de cambiar de estado y el ritmo al que vuelve al equilibrio” (Brunetta G. et al, 2018), por lo que, las **Naciones Unidas** propone factores que la determinan a nivel urbano, Fig. 2. La misma que ha ido evolucionado como herramienta de **ERC**, contando con más 414 investigaciones desde el año 1992 al año 2017 (Brunetta G. et al, 2018). Actualmente existen 36 herramientas, en donde el 50 % son diseñadas para abordar

escenarios multiamenazas, 8 han sido usadas en diferentes comunidades alrededor del mundo, y el mismo número ha sido enfocado solo en amenazas naturales (Sharifi, 2016).

La Fig. 3 presenta esquemáticamente los componentes que intervienen en la resiliencia sísmica, la cual ha sido adaptada por diferentes autores para obtener la representación esquemática de la resiliencia comunitaria. Instituciones importantes a nivel mundial como el Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT, por sus siglas en inglés) han validado esta comparativa y adaptación, definiendo, caracterizando y aplicando la metodología. El MIT define las propiedades de la Resiliencia y las sectoriza como: **Robustez, Redundancia, Recuperación y Rapidez**, tal como se muestra en la Fig. 3, las cuales son conocidas también como las **4Rs (Asadzadeh, 2017)**.

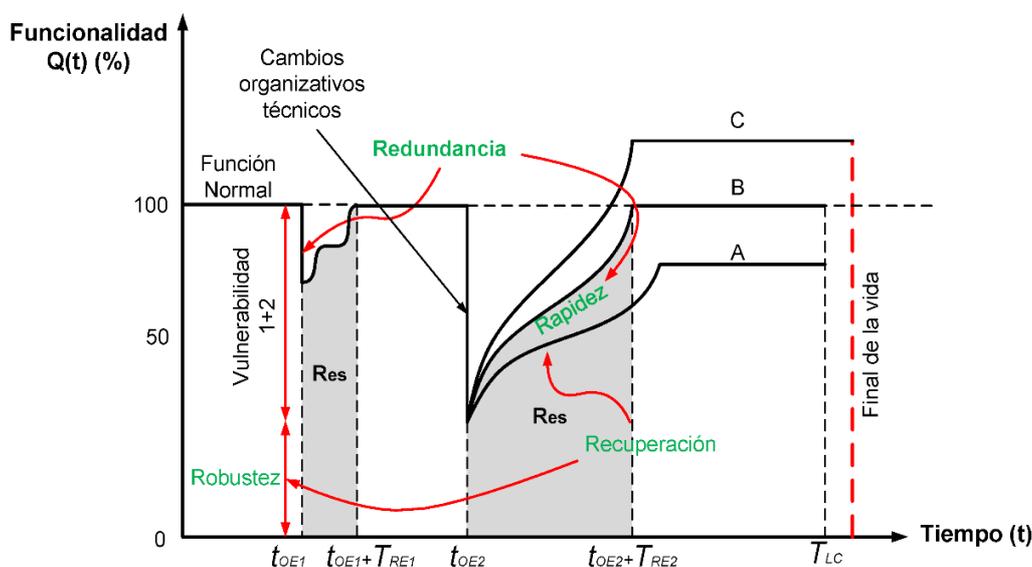


Figura 3. Representación esquemática de la RC (Sísmica). Adaptado de (Cimellaro, Reinhorn, & Bruneau, 2010; Freddi et al., 2021; CSHubMIT, 2019).

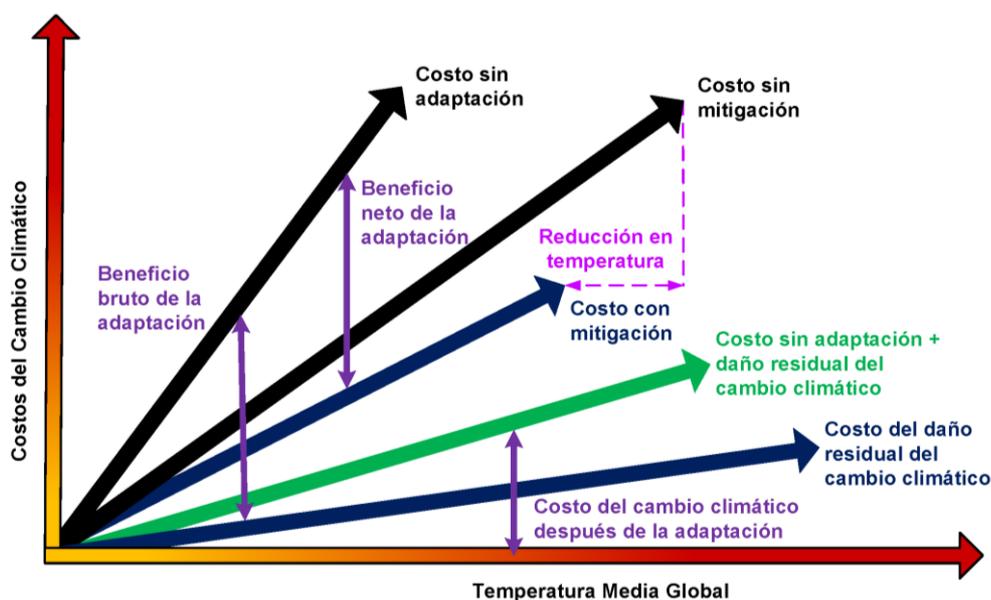


Figura 4. Relación entre el costo de adaptación y el cambio climático, frente a los efectos de su reducción en la temperatura global. Adaptado (Stern N., 2006) de (Prasad et al., 2009).

La implementación de la **ERC** como medida de adaptación no estructural reduce significativamente los costos asociados a los impactos del cambio climático, al reducir los daños causados sin influenciar en la reducción de la temperatura global (**Prasad et al., 2009**). La **Fig. 4** muestra la relación entre los costos del cambio climático y su adaptación, al mismo tiempo muestra la relación entre el aumento de la temperatura global y los costos del cambio climático, reflejando claramente una interrelación con los resultados obtenidos para la **Fig. 5 y 6**. En las figuras se pueden observar la tendencia positiva de los valores de la temperatura promedio anuales y las precipitaciones máximas anuales para el periodo del **2021 al 2050** en el punto crítico, más peligroso, frente a escenarios hidrometeorológicos en Lima Metropolitana, la quebrada El Pedregal, ubicada en el distrito de Lurigancho, Chosica. Por lo que su interrelación con el cambio climático y las medidas de adaptación deben abordarse considerando herramientas modernas, accesibles y capaces de facilitar la toma de decisiones.

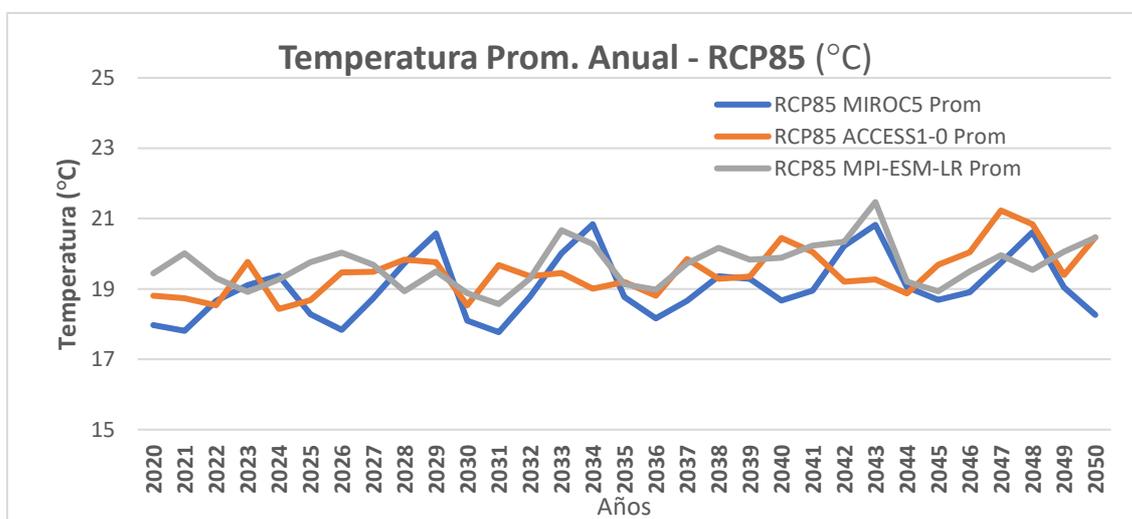


Figura 5. Tendencia positiva del aumento de la Temperatura Promedio Anual RCP85 – quebrada El Pedregal, Lurigancho – Chosica.

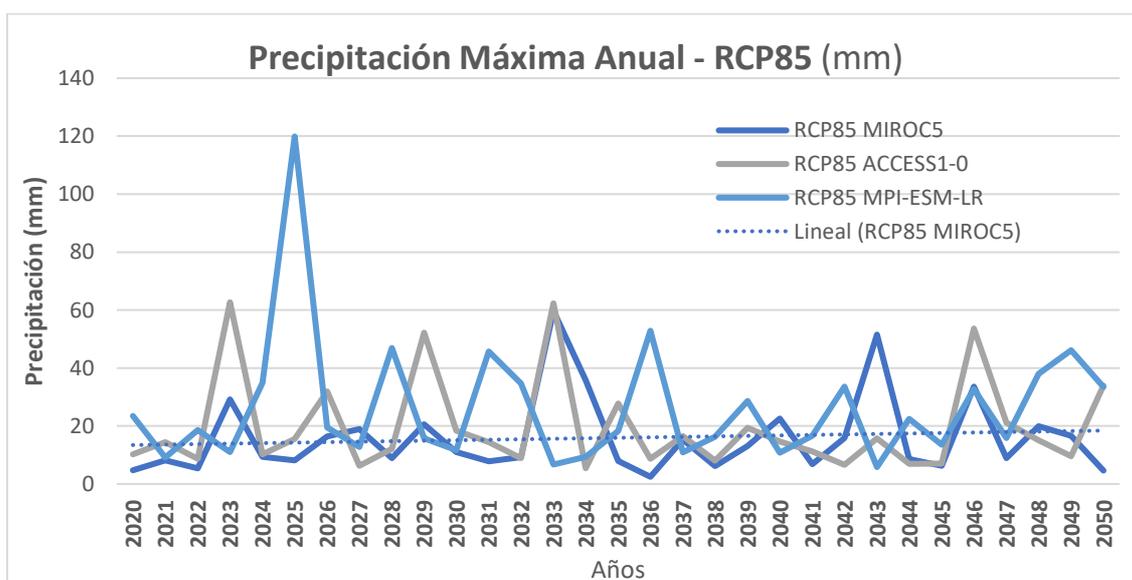


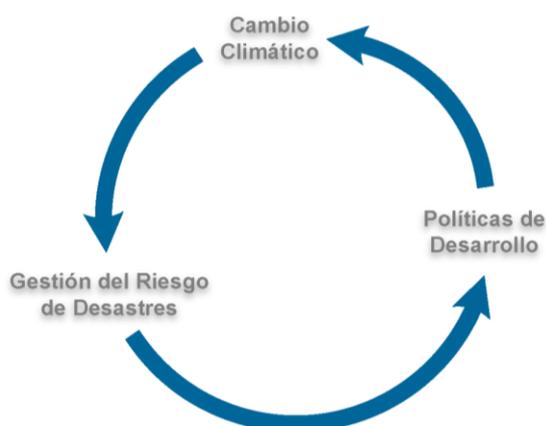
Figura 6. Análisis Precipitación Máxima Anual RCP85 de los MCG – quebrada El Pedregal, Lurigancho – Chosica.

Conocido los efectos del cambio climático en **Lima Metropolitana al 2050**, las propiedades importantes de las medidas no estructurales de adaptación frente a una reducción del riesgo de desastres mediante una gestión de eventos extremos frente a escenarios multiamenazas; se propone el uso de la herramienta del Indicador de Referencia de Resiliencia Comunitaria (**BRINC**, por sus siglas en inglés), la cual es un “indicador de base robusta para medir y monitorear la resiliencia de las comunidades frente a multiamenazas, que permite realizar comparaciones a nivel macro y micro en ciudades y comunidades, brindar a los interesados la oportunidad de intervención mediante la visualización de los resultados que proporciona una descripción general comparativa rápida de donde son más necesarias las mejoras” (**Cutter et al., 2010**).

Finalmente, la **Fig. 9** refleja la integridad de considerar aspectos socioeconómicos, el cambio global y los escenarios multiamenazas para que con la ayuda de la herramienta **BRINC**, indicadores en base al reflejo de las comunidades, del método de **ERC** se logre una correcta gestión de eventos extremos mediante el reconocimiento del nivel de resiliencia, lo que permitirá mejorar la toma de decisiones frente a una reducción del riesgo de desastres y adaptación al cambio climático.

### 3. OPCIONES DE ACCIÓN

Las medidas de mitigación y adaptación desarrolladas a la fecha por el Estado peruano, las herramientas existentes para realizar una evaluación de la resiliencia comunitaria y los resultados evidentes de una tendencia positiva en el aumento de la temperatura y precipitación, como lo reflejan los modelos climáticos, son indicios claros de que nos encontramos frente a un problema inminente de cambio climático, el cual a su vez estamos en el momento oportuno para tomar acciones innovadoras, concretas y sostenibles desde el gobierno nacional por parte de entidades como el **CENEPRED**, **INDECI**, **SENAMHI** y el **Ministerio del Ambiente**. Diversos países de Europa, América del Norte y Asia, países de primer mundo, han aplicado una evaluación de la resiliencia comunitaria de sus ciudades, distritos y poblaciones vulnerables. En América del Sur, los países más desarrollados en esta evaluación, promovida desde la academia y el gobierno nacional, son Chile y Argentina, los cuales cuentan con una identificación de **ERC** de todo su territorio a nivel de escenarios multiamenazas de sus comunidades y a nivel de sus recursos hídricos.



**Figura 7. Integración del Cambio Climático y la Gestión del Riesgo de Desastres en las Políticas de Desarrollo. Adaptado del inglés (Prasad et al., 2009).**

La integración entre los diferentes actores que intervienen frente a las acciones climáticas viene siendo necesaria y aplicada consecuyente y paulatinamente desde hace dos décadas.

La agenda del cambio climático debe desarrollarse mirando fijamente la agenda de políticas públicas de desarrollo, integrándose así las políticas públicas para la gestión del riesgo de desastres (**Prasad et al., 2009**), por lo que se debe desarrollar un trabajo interinstitucional, multisectorial e interdisciplinario en los tres niveles de gobierno. Tal como se muestra en la **Fig. 7**, la integración, alineación y consecuencia mutuas entre estos actores, el cambio climático, la gestión del riesgo de desastres y las políticas públicas de desarrollo, las mismas que reflejan su multiplicidad y acción una de la otra.

La investigación determina que en relación con una reducción del riesgo de desastres frente a escenarios multiamenazas a los que se encuentra expuesto Lima Metropolitana debido a un clima cambiante y consecuente eventos de carácter geológico e hidrometeorológico, la aplicación de medidas no estructurales en la gestión de eventos extremos es vital. Por lo que se debe realizar una **ERC** por parte del **CENEPRED**, a nivel interinstitucional, con el apoyo de los tres niveles de gobierno, un estudio exhaustivo empezando desde los distritos más críticos de nuestra capital, hasta llegar a medir la **ERC** para todo el territorio peruano.

Aplicar, innovar y desarrollar una mejora a las medidas de adaptación, considerando medidas sistémicas, multidisciplinarias y con relación a mejorar los bienes y/o servicios que se ofrecen al ciudadano. Debe considerarse una mirada a las medidas innovadoras, medidas no estructurales, que se vienen aplicando en países de primer mundo, con la ayuda del gobierno nacional y desde las principales entidades del estado que luchan frente al cambio climático como el **Ministerio del Ambiente, ANA y SENAMHI**, y desde el **CONCYTEC** como impulsor de su investigación y desarrollo. A su vez, la mejora en la redacción y asignación de responsables en las medidas de adaptación propuestas a la fecha.

En seguida desde el gobierno nacional, en el marco de la **Ley N° 29664**, que crea el **SINAGERD**, se debe enmarcar los actores interinstitucionales envueltos en la gestión del riesgo de desastres, considerando la integración de la agenda del cambio climático y las políticas de desarrollo. Lo que significa considerar mejorar esta ley, desde el **Congreso de la República**, como instrumento principal frente a las acciones por el cambio climático, siguiendo una agenda frente la resiliencia y considerando los entes impulsores como se muestran en la **Fig.8**.



**Figura 8. Rueda de la resiliencia/impulsores y agendas resilientes. Adaptado del inglés (Sharma V., 2019).**

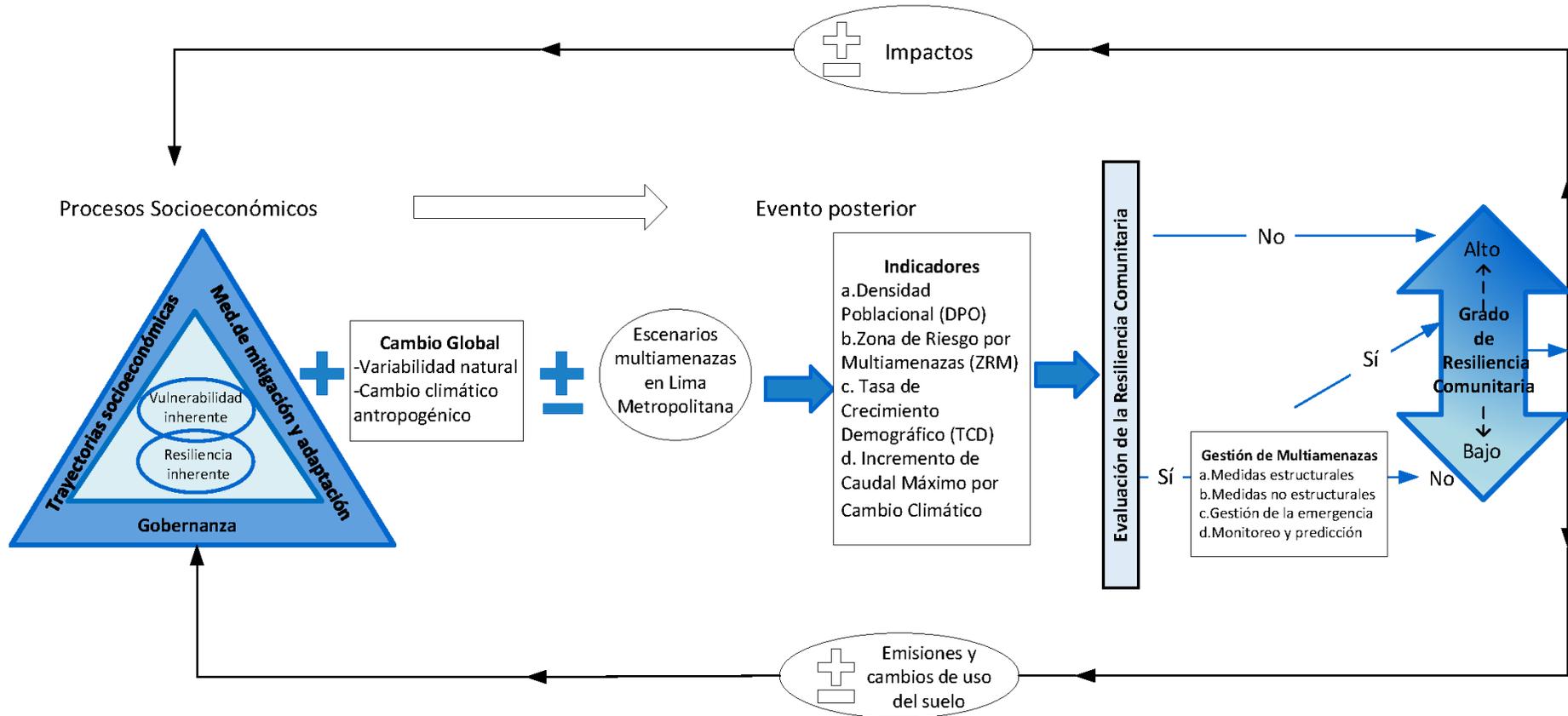


Figura 9. Evaluación de la Resiliencia Comunitaria frente a Multiamenazas ante Eventos Extremos por Cambio Climático. Reconstruido a partir de (Cutter, 2008).

Tras el análisis, reflejo de la investigación, se demuestra la integración de diferentes actores en la aplicación de medidas no estructurales en la **ERC** frente a escenarios multiamenazas ante eventos extremos por cambio climático, en donde se consideran impactos positivos y negativos, y el reflejo del cambio de suelo en las comunidades en el transcurso del tiempo, lo que permite mejorar la toma de decisiones a nivel interinstitucional y multisectorial.

#### 4. LITERATURA CITADA

- Asadzadeh, A., Kötter, T., Salehi, P., & Birkmann, J. (2017). Operationalizing a concept: The systematic review of composite indicator building for measuring community disaster resilience. *international Journal of disaster risk reduction*, 25, 147-162.
- Brunetta, G., Caldarice, O., Tollin, N., Rosas-Casals, M., & Morató, J. (Eds.). (2018). *Urban resilience for risk and adaptation governance: Theory and practice*. Springer.
- Cimellaro, G. P., Reinhorn, A. M., & Bruneau, M. (2010). Seismic resilience of a hospital system. *Structure and Infrastructure Engineering*, 6(1-2), 127-14
- Cutter, S. L., Barnes, L., Berry, M., Burton, C., Evans, E., Tate, E., & Webb, J. (2008). A place-based model for understanding community resilience to natural disasters. *Global environmental change*, 18(4), 598-606.
- Cutter, S. L., Burton, C. G., & Emrich, C. T. (2010). Disaster resilience indicators for benchmarking baseline conditions. *Journal of homeland security and emergency management*, 7(1).
- French, A., Mechler, R., Arestegui, M., MacClune, K., & Cisneros, A. (2020). Root causes of recurrent catastrophe: The political ecology of El Niño-related disasters in Peru. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 47, 101539.
- Gasparini, P., Manfredi, G., & Asprone, D. (2014). *Resilience and sustainability in relation to natural disasters-A challenge for future cities*. Springer.
- Municipalidad de Lima (MML) (2019). *Plan de prevención y reducción del riesgo de desastres de Lima Metropolitana 2019 – 2022*. Gerencia de Defensa Civil y Gestión del Riesgo de Desastres – Subgerencia de Estimación , Prevención, Reducción y Reconstrucción.
- Prasad, N., Raghieri, F., Shah, F., Trohanis, Z., Kessler, E., & Sinha, R. (2009). *Climate resilient cities: A primer on reducing vulnerabilities to disasters*. World Bank Publications.
- Sharma, V. R. (Ed.). (2019). *Making cities resilient*. Springer.
- Sharifi, A. (2016). A critical review of selected tools for assessing community resilience. *Ecological indicators*, 69, 629-647.