

Titulo de Proyecto : “*Análisis de la vulnerabilidad y resiliencia al cambio climático en sistemas socio-ecológicos periurbanos*”

Titulo/grado del responsable del proyecto: *Doctorado en Ciencias Sociales.*

Responsable del proyecto: *Dra. Miriam Alfie Cohen.*

Participantes y Colaboradores:

Dr. González Arellano Salomón

M.C. Quiroz Rosas Laura Elisa

Dra. García Becerra Flor Yunúén

Dr. Cruz Bello Gustavo Manuel

Dra. Soto Montes de Oca Gloria

Dr. Calderón Contreras Rafael

Cuerpo académico: -----

Líneas generales de aplicación de conocimiento: medio ambiente, recursos naturales

Disciplina: Estudios Ambientales.

Especialidad: Cambio Climático.

Otras instituciones participantes:-----

Fecha de Inicio: 1 junio 2016

Fecha de terminación: 1 diciembre 2017

## ***II. Planteamiento, Justificación y descripción general del proyecto.***

Resulta complejo comprender con precisión las razones por las que algunas comunidades y ecosistemas son vulnerables a situaciones de desventaja social y ambiental. El análisis de

los riesgos ¿sociales y naturales¿ (amenazas y exposiciones) y activos (resiliencia, tácticas y capacidades de adaptación) permiten establecer estrategias formales e informales para reducir la vulnerabilidad social y ecológica. En particular, esto es relevante en las zonas periurbanas donde se conjugan un sinnúmero de características sociales y ecológicas de los ambientes rurales, naturales y urbanos que hacen aún más complejo su funcionamiento y, por tanto su comprensión para un adecuado manejo.

Dicha vulnerabilidad se ve exacerbada por los impactos provocados por el cambio climático. En este sentido, el presente estudio pretende evaluar el nivel de vulnerabilidad de los sistemas socioecológicos periurbanos ante el cambio climático y proponer estrategias de adaptación e incremento de la resiliencia. Para poder seleccionar casos emblemáticos que ayuden en un contexto nacional a proponer estrategias para reducir la vulnerabilidad, se realizará una caracterización y construcción de una tipología socioecológica de las zonas periurbanas del sistema urbano nacional, considerando entre otros elementos los riesgos a fenómenos naturales extremos. Seleccionaremos entre cinco y ocho casos representativos de los tipos arrojados por el estudio. En ellos, se identificarán y evaluarán elementos ambientales (ecológicos, físicos, demográficos, económicos, entre otros) que definen el grado de vulnerabilidad social, mediante análisis de ecología factorial y regresión espacial.

Además, se emplearán indicadores de exposición (cambios en temperatura y precipitación) para evaluar los impactos en la vulnerabilidad de los ecosistemas de las zonas de estudio, tomando en consideración el índice de área foliar, la extensión espacial y el balance hídrico. Las percepciones sociales y culturales sobre: 1) el cambio climático y la vulnerabilidad asociada; 2) la gestión de los ecosistemas periurbanos por las comunidades, 3) los peligros ocasionados por el cambio climático y 4) las estrategias de adaptación implementadas por las comunidades ante dichos peligros se determinarán a través de talleres participativos. En éstos, se tratará de identificar el carácter temporal, progresivo y acumulativo de la vulnerabilidad y sus características ambientales y sociodemográficas, así como sus variaciones espaciales y culturales. Para asegurar la interdisciplina y la integración al proyecto de las diversas comunidades se empleará la Metodología Participativa SARAR.

Además, para fortalecer el análisis se contrastarán las percepciones comunitarias con los resultados estadísticos obtenidos en la primera parte de nuestro estudio (GAP Analysis). A continuación, se pondrán en práctica métodos participativos que permitan deliberar y consensuar acciones concretas de adaptación y reducción de la vulnerabilidad frente al

cambio climático, incluidas soluciones tecnológicas sustentables/resilientes.

Para lograr una investigación participativa exitosa, la clave será involucrar a la población en la definición de la situación y sus diversas soluciones; informar sobre la magnitud de los problemas a partir de discusiones colectivas; y contribuir en la solución de los mismos a partir de la toma de decisiones deliberativas y de manera conjunta. Se espera que el proyecto arroje evidencias y nuevos conocimientos sobre: 1) el panorama nacional de la vulnerabilidad en contextos periurbanos, 2) tipologías de las zonas periurbanas, 3) estrategias de adaptación adoptadas por las comunidades ante efectos del cambio climático y 4) soluciones tecnológicas sustentables consensuadas de acuerdo a las necesidades de las comunidades.

### ***III. Proyecto de investigación***

#### ***1. Introducción, antecedentes y justificación***

El incremento en los gases de efecto invernadero ha provocado cambios en el régimen climático. Se han reportado incrementos en la temperatura, aumento en la intensidad y frecuencia de las tormentas así como desplazamiento de las temporadas de lluvia (IPCC 2014). Esto ha provocado modificaciones importantes en los patrones y procesos de los ecosistemas naturales lo cual puede modificar su distribución o poner en peligro su permanencia, así mismo estos cambios en el clima han alterado los estilos de vida de las comunidades. sobre todo de aquellas que dependen directamente de los recursos naturales (Eakin et. al 2011).

Por la localización de México en la zona de transición tropical-templada la diversidad de tipos de ecosistemas es amplia y todos ellos se pueden ver afectados por las modificaciones producidas por el Cambio Climático (CC). De hecho los modelos de circulación global predicen que el país experimentará incrementos en la temperatura del aire así como aumentos en la frecuencia de los eventos climáticos extremos lo cual puede afectar a las poblaciones humanas que dependen de ellos.

Con la finalidad de diseñar estrategias que mitiguen los impactos del CC es importante estudiar la vulnerabilidad de los ecosistemas naturales y las comunidades. Sin embargo, resulta complejo comprender con precisión las razones por las que algunas comunidades y ecosistemas son más vulnerables a situaciones de desventaja social y ambiental. El análisis

de los riesgos sociales y naturales (amenazas y exposiciones) y activos (resiliencia, tácticas y capacidades de adaptación) permiten establecer estrategias formales e informales para reducir la vulnerabilidad social y ecológica. En particular, esto es relevante en las zonas periurbanas donde se conjugan un sinnúmero de características sociales y ecológicas de los ambientes rurales, naturales y urbanos que hacen aún más complejo su funcionamiento y, por tanto su comprensión para un adecuado manejo.

El manejo de los riesgos, la construcción de resiliencia y la búsqueda de un desarrollo adaptado a los fenómenos climáticos actuales y proyectados, es una tarea de todas y todos. La participación de las comunidades periurbanas para la atención de las vulnerabilidades prioritarias frente a los fenómenos de cambio climático permite disminuir los riesgos y preparar a los habitantes de estas zonas a reducir los llamados “desastres naturales”.

Ante ello, se proponen tres ejes para la acción conjunta en la construcción de la resiliencia y las capacidades comunitarias frente al cambio climático, a saber: la gestión comunitaria, el fomento de una cultura resiliente y el manejo participativo de los riesgos locales y regionales. Así, se pretende el empoderamiento de las comunidades hacia su autogestión y la adaptación a la variabilidad y el CC de manera conjunta e inclusiva cobrando importancia la igualdad de género, como garantía de un mayor bienestar y calidad de vida de las personas y de la vida en comunidad en su conjunto.

En esta investigación tres momentos serán clave para involucrar actores sociales: 1) conocer las causas conjuntamente, propiciando la participación activa, 2) informar sobre la magnitud de los problemas a partir de discusiones colectivas, y 3) contribuir en la solución de los mismos en la toma de decisiones deliberativas. Así, se establecerá, de manera conjunta, la importancia de cambios socio-ecológicos que impactan en el cuidado del ambiente.

## *2. Objetivos*

El objetivo central de esta investigación es: evaluar el nivel de vulnerabilidad de los sistemas socioecológicos periurbanos ante el cambio climático y proponer estrategias de

adaptación y de resiliencia.

Como objetivos específicos se plantean:

- Realizar una tipificación de las zonas periurbanas de México considerando entre otros los riesgos a fenómenos naturales extremos, para seleccionar casos emblemáticos.
- Identificar y evaluar los elementos ambientales (ecológicos, físicos, demográficos, económicos, entre otros) que definen el grado de vulnerabilidad social y ecológica.
- Determinar el impacto del cambio climático en la distribución de los ecosistemas.
- Determinar las percepciones sociales y culturales sobre el CC y vulnerabilidad asociada.
- Desarrollar de manera participativa con los habitantes de cada zona de estudio estrategias de adaptación y reducción de la vulnerabilidad, a partir de los resultados de los objetivos específicos anteriores.
- Proponer de manera participativa soluciones tecnológicas sustentables que promuevan la resiliencia.

*3. Preguntas de Investigación:* Cómo se presentan los procesos de vulnerabilidad al cambio climático en zonas periurbanas en México y de qué manera las comunidades que allí habitan se adaptan y practican métodos resilientes ante los desastres?

*4. Hipótesis General (si aplica )*

## *5. Marco teórico*

De todos los problemas ambientales que existen, el cambio climático es considerado el reto global actual más grave que enfrenta la humanidad. Los efectos del aumento en la

temperatura ya han causado pérdidas humanas y materiales importantes y, de acuerdo con los modelos climáticos, esta situación empeorará para finales de este siglo, cuando se espera un aumento mayor en la temperatura global del planeta.

El cambio climático se define como “un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante periodos de tiempo comparables”<sup>1</sup>. Se sabe que el clima terrestre ha experimentado cambios importantes derivado de factores naturales; sin embargo, existe un amplio consenso científico de que el clima global se está viendo alterado como resultado del aumento de concentraciones de gases efecto invernadero (GEI) producidos por las actividades humanas (IPCC, 2007 y 2014).

Como resultado del aumento de las concentraciones de GEI, el promedio global de la temperatura de la superficie del planeta ha aumentado cerca de 0.85 grados Celsius. Se resalta que entre 1995 y 2015 se han presentado los años más cálidos registrados en el último siglo. Los escenarios posibles del clima en el futuro señalan que la temperatura promedio podría aumentar, en el mejor de los escenarios, 2 °C o incluso más de 4 °C para finales del siglo. Entre los efectos que se prevén se encuentran el aumento de olas de calor, las precipitaciones intensas, el cambio en los patrones de lluvia, el aumento en la intensidad de los huracanes y el derretimiento de los polos (IPCC, 2014).

Existen dos vías de acción reconocidas a nivel global para enfrentar el problema: la mitigación y la adaptación. La mitigación es el término que se refiere a atender las causas del problema; es decir, son acciones que deben llevarse a cabo para contener o reducir las emisiones de GEI. Por otro lado, el término de adaptación hace referencia a manejar las consecuencias e impactos del cambio climático para atenuar los efectos perjudiciales o explotar las oportunidades beneficiosas (NU, 1992).

El último informe del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, 2014) advierte sobre múltiples efectos pertinentes para zonas urbanas, tales como mortalidad por el riesgo de olas de calor, precipitaciones extremas, inundaciones

---

<sup>1</sup> Artículo 1 de la Convención Marco sobre Cambio Climático de las Naciones Unidas, 1992.

tanto en ciudades costeras como en ciudades continentales, contaminación del aire, sequías, enfermedades por la proliferación de vectores, aumento en el nivel del mar y marejadas en zonas urbanas costeras. En particular se resalta la disminución de las fuentes de agua superficial y subterránea en regiones subtropicales secas, lo que incrementaría la competencia por el recurso entre sectores e impondría restricciones en el consumo de agua. El aumento en la temperatura genera riesgos de incendios forestales, que pueden poner en peligro también a zonas periféricas urbanas. Además, se proyecta que la producción de alimentos, particularmente el maíz, trigo y sorgo se reducirá, con el consiguiente riesgo sobre la seguridad alimentaria. Finalmente, se resalta que muchos de estos efectos pueden provocar el desplazamiento de la población.

Estos riesgos se amplifican para aquellos habitantes que no tienen acceso a infraestructura básica y que habitan en zonas con alta exposición. De hecho, desde la perspectiva de pobreza se resalta que el cambio climático puede reducir el crecimiento económico de las zonas afectadas, haciendo más difícil salir de situaciones de pobreza, con efectos en la seguridad alimentaria y creando nuevas trampas de pobreza.

Algunos de estos efectos ya son perceptibles en diferentes lugares, por tal motivo es fundamental desarrollar políticas encaminadas a la adaptación. Se han enumerado una larga lista de medidas de adaptación, dependiendo del tema, que pueden considerar aspectos de infraestructura, como la construcción de estructuras para proteger determinadas zonas costeras y núcleos poblacionales; los ordenamientos territoriales; la identificación de zonas y comunidades más vulnerables; estrategias de desarrollo comunitario, mejoras en los sistemas de manejo de agua, y el desarrollo de Programas Nacionales de Acciones sobre Adaptación (NAPA). Dentro de los planes de adaptación también se contempla mejoras de los sistemas de alertas tempranas frente a riesgos hidrometeorológicos y sistemas de protección civil, entre otros (Stern, 2006; World Bank, 2008; IPCC, 2012; IPCC, 2014).

Las vías de acción de mitigación y adaptación se complementan y se refuerzan en varios casos. Hay medidas de adaptación que pueden ayudar a mitigar las emisiones de gases efecto invernadero; por ejemplo, reducir los niveles de consumo de agua para

uso doméstico, industrial o agrícola baja el gasto de energía por el transporte y tratamiento del agua, pero también aumenta la capacidad de la sociedad para enfrentar problemas de escasez del recurso en el futuro. Por este motivo, se recomienda que las medidas de adaptación establezcan sinergias con las estrategias de mitigación, particularmente en las interacciones entre temas de agua, energía, uso de suelo, biodiversidad (IPCC, 2014).

La consideración de medidas de adaptación dentro del diseño de políticas públicas locales, regionales y nacionales también puede tener sinergias con la reducción general de desastres, de manera que las inversiones en el tema se ven como medidas no-regret; es decir, aquellas que hacen sentido desde el punto de vista del desarrollo, aunque la amenaza climática específica no se llegara a presentar en el futuro en contextos territoriales específicos.

Entre las limitaciones típicas de las políticas de adaptación se encuentran los recursos financieros y humanos insuficientes, mala coordinación e integración de los mecanismos de gobernanza, incertidumbre sobre los impactos del cambio climático, diferentes percepciones sobre el riesgo, intereses que compiten, ausencia de líderes y promotores de la adaptación, así como herramientas escasas para monitorear la adaptación. El desarrollo de políticas de adaptación efectivas supone entonces tener acciones coordinadas a diferentes niveles, desde los individuos hasta el gobierno. La coordinación entre diferentes niveles y actores puede ayudar a para proteger a grupos vulnerables, reducir los riesgos a través de la diversificación de la actividad económica y proveer información que reduzca la incertidumbre y encamine las acciones de actores locales. Se resalta que los gobiernos locales y el sector privado son actores fundamentales para el manejo del riesgo y el financiamiento (Stern, 2006).

Se reconoce que la planeación e implementación de la adaptación está íntimamente ligada con los valores sociales, la percepción del riesgo y las características locales. Para mejorar la toma de decisiones debe reconocerse la diversidad de intereses, circunstancias, contextos socio-culturales y expectativas de las comunidades.

Los sistemas de conocimiento y prácticas indígenas, locales y tradicionales son entonces fuentes importantes para la adaptación (IPCC, 2014).



Desde el punto de vista de la ciencia, una limitante para el desarrollo exitoso de medidas de adaptación ha sido la insuficiente investigación para anticipar las consecuencias específicas en contextos determinados, así como la falta de monitoreo y escaso financiamiento para mantener los sistemas de adaptación. De hecho, un problema con la adaptación es concentrarse en los cambios a corto plazo, sin visualizar los cambios a futuro que seguirán dándose por el aumento gradual en la temperatura. Subestimar la complejidad de la adaptación al cambio climático puede crear expectativas irreales sobre los resultados de la adaptación.

### **Resiliencia al cambio climático**

Para el estudio de los impactos del cambio climático es fundamental considerar el tema de resiliencia. La resiliencia se define como capacidad de un sistema social o ecológico para absorber una alteración sin perder su estructura básica o sus modos de funcionamiento, ni su capacidad de autoorganización (IPCC , 2007). El sistema socio-ecológico resiliente resiste o cambia de manera que alcance o mantenga un nivel aceptable de funcionamiento y estructura. Una ciudad resiliente puede enfrentar shocks y reconstruirse, de manera tiene las capacidades de sostenerse así misma a través de sus sistemas al hacer frente a asuntos y/o eventos que la amenazan, dañan o tratan de destruirla (World Bank 2008, p. 32). La resiliencia en los sistemas sociales supone la capacidad humana para anticipar y planear hacia el futuro.

Una diversidad de factores puede impactar negativamente la resiliencia en las ciudades, entre ellos el crecimiento desordenado, el incremento de la contaminación, instituciones débiles y/o inflexibles que no responden adecuadamente a las necesidades de la sociedad, subsidios perversos que incentiven prácticas insustentables, etc. Debido a que cada vez se concentra más población en zonas urbanas, las publicaciones especializadas enfatizan la vulnerabilidad de ciudades en países en desarrollo por su frágil capacidad institucional y su alta densidad demográfica (Stern, 2006).

Los impactos del cambio climático pueden reducir significativamente la resiliencia de las ciudades o su capacidad de responder a otros eventos extremos. Sin embargo, para evaluar en qué medida las ciudades podrán responder al cambio climático, debe

considerarse que muchos de los impactos se relacionan directamente con el manejo de riesgos. Además de analizar los impactos del cambio climático es fundamental considerar la vulnerabilidad y riesgos actuales debido a prácticas insustentables que pueden ser ajenas a los eventos climáticos extremos.

La vulnerabilidad se define como el “grado de susceptibilidad o de incapacidad de un sistema para afrontar los efectos adversos del cambio climático y, en particular, la variabilidad del clima y los fenómenos extremos. La vulnerabilidad dependerá del carácter, magnitud y rapidez del cambio climático a que esté expuesto un sistema, y de su sensibilidad y capacidad de adaptación” (IPCC, 2007).<sup>2</sup> También se dice que la vulnerabilidad es el grado en el que las personas son afectadas por factores que perturban sus vidas y que están fuera de su control inmediato. La vulnerabilidad es una combinación de factores dinámicos que aumentan la susceptibilidad de la comunidad al impacto de un peligro (OMM, 2006). De manera que para evaluar la vulnerabilidad de una comunidad es necesario conocer las condiciones que la caracterizan.

En muchas ciudades los problemas relacionados con la sustentabilidad son cada vez más graves, lo que pone en riesgo la provisión de servicios básicos y las hacen vulnerables frente a posibles eventos extremos. Cuando se encuentran sistemas que tienen una calidad de funcionamiento precaria, la capacidad para resistir impactos, o eventualmente retornar a las condiciones de estabilidad, es baja (Constantino y Dávila, 2011). Es importante identificar los riesgos en que se encuentran los sistemas urbanos derivados de prácticas insustentables. Por ejemplo, una reducción del volumen de agua en cuencas demasiado explotadas, debido a cambios en los patrones de precipitación y evapotranspiración, puede traducirse en una problema grave.

El nivel de riesgo derivado de los impactos del cambio climático se relaciona con la “probabilidad de consecuencias perjudiciales o pérdidas esperadas como resultado de la interacción entre el peligro causado por el cambio climático y los ocasionados por las condiciones de vulnerabilidad de la propia ciudad” (WB 2008, p. 279). Podemos decir

---

<sup>2</sup> La sensibilidad al cambio climático se refiere al “grado en que un sistema resulta afectado, positiva o negativamente, por la variabilidad o el cambio climático” (IPCC, 2008). Los efectos pueden ser directos (por ejemplo, un cambio en la cantidad de agua consumida por los hogares derivada de una variación de las precipitaciones) o indirectos (por ejemplo, daños causados por una mayor frecuencia de inundaciones costeras por haber aumentado el nivel del mar).

entonces que los peligros ocasionados por el cambio climático deben sumarse a los que actualmente enfrentan las ciudades por políticas insustentables.

En este sentido, el efecto catastrófico de la ocurrencia un evento está asociado con la magnitud del evento peligroso, con la cantidad de personas y actividades económicas que se ven afectadas, con la presencia de factores sociales que aumentan la vulnerabilidad como la marginalidad o la exclusión social, adicionalmente a factores de orden logístico o de capacidad de respuesta de las autoridades (Constantino y Dávila, 2011). De hecho, para analizar los riesgos debe ser considerado el concepto de exposición, el cual hace referencia al sistema afectado, incluyendo la presencia de personas, viviendas, servicios ambientales, disponibilidad de infraestructura, bienes económicos, sociales y culturales que posee un lugar y que pueden verse impactado por un evento extremo (IPCC, 2012).

Un tema importante para lograr políticas de adaptación guiadas por el paradigma de la sustentabilidad es el aprovechamiento efectivo de los bienes y servicios ambientales. Se argumenta que los sistemas naturales pueden utilizarse para reducir los impactos directos huracanes, para facilitar los sistemas de drenaje, reducir los efectos de olas de calor, proveer alimentos y aguas, entre otros (McPhearson et al., 2015). En particular en las zonas periurbanas existe una mezcla infraestructura urbana con sistemas naturales que aumenta la disponibilidad de servicios ambientales que pueden aprovecharse para mejorar la resiliencia de las comunidades. Sin embargo, para el aprovechamiento es necesario desarrollar sistemas planeados que efectivamente utilicen los activos ambientales a favor de reducir los riesgos potenciales de los peligros climáticos.

## *6. Metodología*

El presente estudio pretende evaluar el nivel de vulnerabilidad de los sistemas socioecológicos periurbanos ante el cambio climático y proponer estrategias de adaptación

e incremento de la resiliencia. Para ello, se dividirá en tres etapas cada una con una duración de seis meses.

## 7. Cronograma de actividades

### *Etapas I: Caracterización*

Para poder seleccionar casos emblemáticos que ayuden en un contexto nacional a proponer estrategias para reducir la vulnerabilidad, se realizará una caracterización y construcción de una tipología socioecológica de las zonas periurbanas del sistema urbano nacional, considerando entre otros elementos los riesgos a fenómenos naturales extremos. Esto se llevará a cabo en tres fases: 1) delimitación geoespacial de las zonas periurbanas del país, 2) caracterización socioecológica de las zonas periurbanas, y 3) propuesta de tipología e identificación de estudios de caso.

La primera fase partirá de la definición operativa de zona periurbana con el fin de delimitarlas por medio de un sistema de información geográfico a partir de la base de datos del sistema urbano nacional. Para el segunda fase, se aplicarán modelos de regresión y ecología factorial con el fin de caracterizar las zonas periurbanas en base a sus dimensiones sociodemográficas, económicas y de su medio natural y construido. Por último, y con base en los resultados de la caracterización, se aplicarán técnicas clasificatorias para construir una tipología de las zonas periurbanas y seleccionar zonas representativas que sirvan de casos de estudio para las etapas siguientes.

En cada una de las zonas seleccionadas se evaluará el grado de vulnerabilidad social relacionando el número de muertes causadas por eventos climáticos extremos con variables (indicadores) ambientales, ecológicas, físicas, demográficas y socioeconómicas. Entre otras, se emplearán las siguientes variables, a saber: a) *las económicas*, en las cuales se contempla el Producto Interno Brito (PIB) per cápita, el índice de pobreza y el desempleo; b) *los tipos de actividades económicas*, que abarcará el porcentaje tanto de tierra agrícola, como de población urbana, y el porcentaje del PIB dependiente de la agricultura, así como la fuerza laboral dedicada a la agricultura; c) *la calidad ambiental*, que analizará el porcentaje de terreno forestal, de tierra irrigada y de suelos degradados;

d) *las demográficas*, ente las cuales se encuentran el crecimiento poblacional y urbano y la densidad de población; e) *la salud*: que estudiará el porcentaje de personas con acceso a servicios médicos, al igual que el de personas con acceso a agua potable, el número de médicos por 1000 habitantes, la cantidad de camas de hospital per cápita y la tasa de

mortalidad infantil; f) *las políticas*, que engloban entre otros el índice de corrupción; g) *la capacidad de alerta temprana*, es decir el número de radios por 1000 habitantes; y h) *la educación*, que *abarca* la tasa de alfabetismo, el número de estudiantes y la fuerza laboral con educación primaria, secundaria o terciaria.

Se realizará un análisis de correlación para asegurar que las variables sean independientes. A partir de estas variables se llevará a cabo un análisis de regresión lineal entre ellas y el número de personas muertas por un cierto tipo de peligro.

Dado que algunos de los indicadores fluctúan con el tiempo se calculará un promedio ponderado empleando la siguiente ecuación (Peduzzi, et al. 2009):

$$V' = \frac{\sum_{i=1}^n v_i K_{i\ tot}}{K}$$

Donde: V' = promedio ponderado de cierta variable;  $v_i$ = valor de la variable para el año i;  $K_i$  = número de muertes registradas para el año i;  $K_{tot}$ = número total de muertes para todos los años.

## *Etapas II Definición de la vulnerabilidad de comunidades y ecosistemas*

Esta segunda etapa consta de tres componentes; en el primero se modelará el impacto del cambio climático sobre los ecosistemas naturales; en el segundo se estudiarán y analizarán las percepciones y soluciones que las comunidades periurbanas han utilizado frente al CC mediante el uso de la metodología participativa SARAR (ver Tabla 1); en el tercer componente se compararan los resultados obtenidos sobre la evaluación de la vulnerabilidad con las percepciones, cultura y métodos de la comunidad con el fin de llegar al análisis de posibles alternativas de acción (*Gap Analysis*). Estos componentes se detallan a continuación:

Para simular el impacto del cambio climático en la distribución de la cobertura vegetal en las zonas de influencia de las comunidades a visitar se empleará el modelo BIOME4. Este es un modelo biogeográfico y biogeoquímico que simula la distribución y estructura de los diferentes tipos de vegetación (Kaplan et al. 2003). Para evaluar el ajuste de las

predicciones de la distribución de los diferentes tipos de vegetación se empleará el estadístico Khat generado mediante un análisis Kappa (Congalton y Green. 2009).

Los escenarios de cambio climático serán contruidos a partir de los resultados de los modelos generales de circulación MPI-ESM-LR, GFDL-CM3, CNRMCM5 y HADGEM2-ES y el Reliability Ensemble Averaging (REA) para forzamientos radiativos RPC4.5 (emisiones bajas) y R.P.C.8.5

(emisiones altas) con horizontes al 2039 y resolución espacial de 30" x 30", generados por la Unidad Informática para las Ciencias Atmosféricas y Ambientales de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) (Fernández-Eguiarte, et al. 2015). Los cuales fueron usados para la elaboración del reporte para la cuarta evaluación del Panel Internacional de Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés). La distribución de los tipos de vegetación simulada por BIOME4 para el escenario generado con los datos climáticos actuales será comparada contra de la capa de Uso del Suelo y Vegetación derivada de la Serie V del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Se emplearán los datos de textura de los perfiles del mapa de de edafología 1:250,000 Serie I de INEGI. Para obtener una capa continua de textura del suelo se interpolarán los datos de los perfiles 1:250, 000, y se clasificarán en los doce tipos de acuerdo a la clasificación de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, por sus siglas en inglés) para cumplir con los requerimientos de BIOME4. Todas las capas se proyectaran con los siguientes parámetros: Proyección Cónica Conforme de Lambert; Elipsoide WGS84; Datum WGS84; La resolución espacial de las capas de entrada y salida de los modelos será de 900 m x 900 m.

Las percepciones sociales y culturales sobre: 1) el cambio climático y la vulnerabilidad asociada; 2) la gestión de los ecosistemas periurbanos por las comunidades, 3) los peligros ocasionados por el cambio climático y 4) las estrategias de adaptación implementadas por las comunidades ante dichos peligros se determinarán a través de talleres participativos.

En éstos, se tratará de identificar el carácter temporal, progresivo y acumulativo de la vulnerabilidad y sus características ambientales y sociodemográficas, así como sus variaciones espaciales y culturales. Se invitará a actores clave de la comunidad a dos talleres participativos para conocer su percepción sobre su vulnerabilidad frente al cambio

climático y poder analizar sus percepciones y formas en cómo han enfrentado los diversos riesgos. A partir de los resultados de los talleres se construirán de manera conjunta estrategias de adaptación, desde sus saberes y cultura. Se empleará la Metodología Participativa SARAR que permitan deliberar y consensuar acciones concretas frente al cambio climático. SARAR es un acrónimo (por sus siglas en inglés) de cinco atributos y capacidades que están considerados como base esencial para que la participación sea dinámica y un proceso auto-generativo (ver Tabla 1). La metodología SARAR trabaja con los actores involucrados en el proyecto y trata de promover la participación grupal e individual. Utiliza un proceso dinámico e interactivo de aprendizaje que sensibiliza y estimula la iniciativa personal, la creatividad y el descubrimiento de capacidades y saberes. Es a través de un conjunto de herramientas, que se fomentará experimentar de manera individual y colectiva procesos de transformación. Estas herramientas permiten identificar problemas, recursos y apropiarse de las decisiones.

**TABLA 1.** Metodología participativa SARAR

| Inicial                                                                                                             | Atributos                                              | Capacidades                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| S                                                                                                                   | Seguridad en sí mismo<br>Autoestima <i>Self Esteem</i> | La confianza en sí mismo se favorece cuando las personas se dan cuenta que tienen mayores y mejores capacidades analíticas y creativas para identificar y resolver sus problemas. Al darle más valor a sus contribuciones personales, la autoestima crece.                                                                            |
| A                                                                                                                   | Asociación con otros<br><i>Associative Strengths</i>   | Cuando la gente comparte ideas entre iguales y cuando se unen en grupos a solucionar sus problemas, su sensación de ser más efectivos- como grupo- aumenta. El trabajo en grupo se refuerza                                                                                                                                           |
| R                                                                                                                   | Reacción con ingenio<br><i>Resourcefulness</i>         | Es otro término para la creatividad. Una persona con ingenio identifica lo que le rodea y puede proponer distintas manera de solucionar los problemas y resolver las necesidades. Personas y grupos creativos pueden hacer maravillas donde otros fallan, así las personas en sí mismas son un recurso muy valioso para la comunidad. |
| A                                                                                                                   | Acciones planeadas<br><i>Action Planning</i>           | La planificación de las acciones para resolver los problemas es algo crucial para la metodología SARAR. Los cambios substanciales solo pueden lograrse si los grupos planifican y llevan a cabo medidas apropiadas.                                                                                                                   |
| R                                                                                                                   | Responsabilidad<br>Compromiso<br><i>Responsability</i> | Los integrantes del grupo que realiza la planeación deben estar dispuestos a asumir la responsabilidad para llevar a cabo las actividades. Es solo cuando los individuos y los grupos asumen su parte de responsabilidad en el seguimiento, que los beneficios a largo plazo pueden ser esperados.                                    |
| <a href="http://www.sarar-t.org/index.php/metodologia-sarar">http://www.sarar-t.org/index.php/metodologia-sarar</a> |                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |

Para fortalecer el análisis se llevará a cabo el llamado “Gap Analysis” (análisis de brechas/deficiencias) para comparar los resultados sobre vulnerabilidad de la primera etapa con las percepciones de los actores comunitarios después de los talleres, y así elaborar estrategias de adaptación e involucrar a la población en la construcción del problema y sus



diversas soluciones. Se analizará el objeto de estudio de manera conjunta a través del conocimiento colectivo y sus posibles soluciones. El Gap Analysis consiste en la comparación de resultados reales con el rendimiento potencial o deseado. Si una organización no hace el mejor uso de los recursos actuales, o renuncia a la inversión en el capital o la tecnología, puede producir por debajo de su potencial. El Gap Analysis identifica brechas entre la asignación e integración de los insumos (recursos), y el nivel actual o la percepción. Esto puede revelar áreas que se pueden mejorar. Pues consiste en determinar, documentar y aprobar la diferencia entre los datos obtenidos y las capacidades actuales. Este análisis fluye naturalmente de la evaluación comparativa y de otras evaluaciones. Una vez que se entiende la expectativa general de actuación en una comunidad, es posible comparar esa expectativa con el nivel actual de desempeño. Esta comparación se convierte en el análisis de las deficiencias (gap). "El análisis de GAP" también se ha utilizado como medio de clasificar qué tan bien un producto o solución responde a una necesidad específica o un conjunto de requisitos:

## **I. Participación y gestión comunitaria**

La sensibilización, el empoderamiento y la autogestión a la adaptación y el desarrollo bajo en emisiones, son pilares básicos que este proyecto pretende fortalecer en las comunidades periurbanas escogidas por el análisis sistemático elaborado en la etapa uno de nuestra investigación. Este conjunto de talleres permitirá definir las acciones que reduzcan la vulnerabilidad, que prevengan los desastres y por tanto que aumenten la resiliencia climática en las comunidades. Una atención contextualizada y comprometida con las problemáticas locales y desde la propia visión comunitaria.

Bajo esta óptica, nuestros talleres pondrán en la mesa de discusión tres ejes clave, a saber: a) los principios que orientan la acción (participación), b) las acciones concretas que pueden usarse en propuestas (el qué hacer y cómo hacerlo) y c) los impactos o cambios que se quieren poner en práctica.

## **II. Cultura resiliente**

Lograr una cultura resiliente, refiere a comunidades ocupadas en lograr una adaptación climática, que garanticen su desarrollo óptimo sin depender de los pocos y en la mayoría de

las ocasiones, nulos recursos de los gobiernos locales. Generar sus propios mecanismos en la atención de vulnerabilidades, en la concientización y en el empoderamiento de acciones para contrarrestar las amenazas físicas. Esta cultura parte de tres principios: a) identidad comunitaria, b) participación y aprendizaje y c) empoderamiento.

### *Etapas III Integración*

En la tercera etapa se pondrán en práctica talleres participativos que permitan deliberar y consensuar acciones concretas de adaptación y reducción de la vulnerabilidad frente al cambio climático, incluidas soluciones tecnológicas sustentables/resilientes. Para lograr una investigación participativa exitosa, la clave será involucrar a la población en la definición de la situación y sus diversas soluciones; informar sobre la magnitud de los problemas a partir de discusiones colectivas; y contribuir en la solución de los mismos a partir de la toma de decisiones deliberativas y de manera conjunta.

En esta tercera etapa se desarrollarán estrategias de adaptación y aumento de resiliencia para las comunidades estudiadas en la segunda etapa. Las estrategias resultantes abordarán las percepciones sociales y culturales, obtenidas durante la etapa anterior. Al igual que en la segunda etapa, se considera clave involucrar a la población en definir su situación e identificar diversas posibles soluciones. De tal forma que durante esta etapa se generen soluciones sustentables/resilientes a nivel conceptual, de manera sistemática.

Las estrategias se delimitarán en base a los resultados del Gap Analysis (segunda etapa), se determinarán de manera consensuada, a través de talleres participativos (Metodología SARAR) y se diseñarán siguiendo procedimientos ingenieriles de soluciones conceptuales (innovación social).

Las estrategias y soluciones conceptuales a desarrollar sistemáticamente en esta etapa implican la integración de tres diferentes perspectivas: la participativa, la social y la ingenieril:

**Perspectiva participativa.** La perspectiva participativa se accionará mediante el uso de la metodología SARAR. Se podrán validar las herramientas SARAR desarrolladas y aplicadas durante la segunda etapa.

**Perspectiva social.** Desde la perspectiva social se pretende abordar el objeto de estudio a partir de información recolectada de datos duros referidos a la generación de efluentes como la basura u otro tipo de residuos sólidos y líquidos contaminantes. Esto incluye

consultar fuentes de información existentes y elaborar un catálogo de residuos (recursos potenciales) que las comunidades producen.

Mientras en la Etapa II, a partir del llamado “Gap Analysis” se pretende comprobar las capacidades de acción de la comunidad y con ello, en esta etapa se utilizarán los resultados del Gap Analysis para determinar las posibilidades técnicas de procesamiento de las comunidades objeto de estudio.

**Perspectiva ingenieril y (bio)tecnológica.** El procedimiento ingenieril para el diseño de soluciones incluye: ideación, solución conceptual, refinación de solución mediante el uso de prototipos, y solución final (en esta investigación sólo se llegará a soluciones conceptuales). En el diseño de soluciones se incluirán las herramientas de ingeniería del factor humano, innovación social, e ingeniería de esbozo (*sketching*) mediante la metodología participativa. Estas herramientas facilitarán incluir conceptos de pensamiento sistémicos, sustentabilidad/resiliencia, retroalimentación e iteraciones en el proceso de optimización de diseño. Llegando así a una propuesta tecnológica que contiene la sustentabilidad social entrelazada en su diseño e implementación. Las tecnologías a incluir en el diseño de soluciones conceptuales girarán en torno al aprovechamiento de flujos de residuos (residuos orgánicos, aguas negras, aguas grises, etc.).

Las tecnologías de biotecnología ambiental a considerar en el diseño conceptual de soluciones incluyen pretratamientos químico o biológico, compostaje (aeróbico o anaeróbico), lombricomposta, digestión (aeróbico o anaeróbico), etc. Se favorecerán técnicas

primordialmente pasivas de tecnologías maduras con conceptos comprobados. Los criterios de selección serán de tipo técnico, social, cultural y económico. Dentro del marco técnico se evaluarán factores como el volumen a procesar, tamaño de instalaciones para el procesamiento, tiempo de procesamiento, robustez y flexibilidad operaria, posibles molestias durante la operación, calidad de producto terminado, y subproductos.

#### 8. Fuentes de financiamiento (interno y externo ) y monto

Financiamiento externo; CONACYT-SEMARNAT

| Etapa | Importe       |
|-------|---------------|
| 1     | \$ 434, 877   |
| 2     | \$ 750, 218   |
| 3     | \$ 765, 859   |
| Total | \$1, 950, 054 |

## Bibliografía

Álvarez, C., F. Mora. 2013. Adaptación Comunitaria al Cambio Climático, Costa Rica,

- Congalton, R.G., K. Green. 2009. Assessing the accuracy of remotely sensed data: Principles and practices. USA: CRC Press.
- Constantino, R.M, H. R. Dávila (2011). "Una aproximación a la vulnerabilidad y la resiliencia ante eventos hidrometeorológicos extremos en México". Política y Cultura, otoño 2011, núm. 36, pp. 15-44.
- Eakin, H., K. Benessaiah, J. Barrera, G.M. Cruz-Bello, H. Morales. 2012. Livelihoods and Landscapes at the Threshold of Change: Disaster and Resilience in a Chiapas Coffee Community. *Regional Environmental Change* 12:475-488.
- Fernández Eguiarte, A., J. Zavala, R. Romero, A.C. Conde, R.I. Trejo. 2015. Actualización de los escenarios de cambio climático para estudios de impactos, vulnerabilidad y adaptación. Centro de Ciencias de la Atmósfera, Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- IPCC. 2014. Climate Change 2014. Mitigation of Climate Change. Cambridge University Press.
- IPCC (2007). Climate Change 2007: Synthesis Report Summary for Policymakers. Assessment of Working Groups I, II and III to the Third Assessment Report of the International Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge.
- IPCC (2012). Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation [Field, C.B., V. Barros, T.F. Stocker, D. Qin, D.J. Dokken, K.L. Ebi, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, G.-K. Plattner, S.K. Allen, M. Tignor, and P.M. Midgley (eds.)]. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, NY, USA.
- IPCC (2014). Climate Change 2014. Synthesis Report, summary for policy-makers. Intergovernmental Panel on Climate Change. Disponible en: [http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/AR5\\_SYR\\_FINAL\\_SPM.pdf](http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/AR5_SYR_FINAL_SPM.pdf)
- Iris Alegre, Silvia. (2012). La Importancia de la Participación Ciudadana a través de la Educación Ambiental para la Mitigación del Cambio Climático a Nivel Local. Buenos Aires, República Argentina, Revista Desarrollo Local Sostenible, Grupo

Eumed.net y Red Académica Iberoamericana Local Global, vol. 3, no. 7,  
[www.eumed.net/rev/delos/07](http://www.eumed.net/rev/delos/07).

- Kaplan, J.O., N.H. Bigelow, I.C. Prentice, S.P. Harrison, P.J. Bartlein, T.R. Christensen, W. Cramer, N.V. Matveyeva, A.D. McGuire, D.F. Murray, V.Y. Razzhivin, B. Smith, D.A. Walker, P.M. Anderson, A.A. Andreev, L.B. Brubaker, M.E. Edwards, A.V. Lozhkin. 2003. Climate change and Arctic ecosystems: 2. Modeling, paleodata-model comparisons, and future projections. *J. Geophys. Res.*, 108(D19), 8171.
- McPhearson, T., E. Andersson, T. Elmqvist, N. Frantzeskaki. (2015). "Resilience of and through urban ecosystem services". *Ecosystem Services*, 12, 152–156.
- Naciones Unidas. (1992). Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.
- Organización Mundial Meteorológica (2006), Documento temático manejo de riesgos. IV Foro Mundial del Agua. Ciudad de México.
- Peduzzi1, P., H. Dao, C. Herold, F. Mouton. 2009. Assessing global exposure and vulnerability towards natural hazards: the Disaster Risk Index. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.* 9: 1149–1159.
- PNUMA (2012) GEO 5 Perspectivas del Medio Ambiente Mundial. Medio Ambiente para el futuro que queremos.
- Stern, N. (2006). Stern review: The economics of climate change. HM Treasury, London. Cap. 4. 4 Implications of Climate Change for Development. Disponible [http://www.hm-treasury.gov.uk/stern\\_review\\_report.htm](http://www.hm-treasury.gov.uk/stern_review_report.htm)
- World Bank. (2008). Climate resilient cities: A primer on reducing vulnerabilities to climate change impacts and strengthening disaster risk management in East Asian cities. [En línea]. Disponible [www.worldbank.org/eap/climatecities](http://www.worldbank.org/eap/climatecities)