



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
PROGRAMA DOCTORADO EN ECONOMÍA

FACULTAD DE ECONOMÍA

EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD DE LOS ESTADOS DE MÉXICO AL CAMBIO
CLIMÁTICO: UN ENFOQUE NO PARAMÉTRICO.

T E S I S

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:

DOCTOR EN ECONOMÍA

P R E S E N T A:

ROLANDO CUITLÁHUAC RÍOS AGUILAR

TUTOR PRINCIPAL: DR. ARMANDO SÁNCHEZ VARGAS. INSTITUTO DE INVESTIGACIONES
ECONÓMICAS, UNAM.

COMITÉ TUTORIAL:

PRESIDENTE: DR. AMÉRICO SALDÍVAR VALDÉS. FACULTAD DE ECONOMÍA, UNAM.

SECRETARIO: DR. ARMANDO SÁNCHEZ VARGAS. INSTITUTO DE INVESTIGACIONES ECONÓMICAS,
UNAM.

PRIMER VOCAL: DR. ALONSO AGUILAR IBARRA. INSTITUTO DE INVESTIGACIONES ECONÓMICAS,
UNAM.

SEGUNDO VOCAL: DRA. SOPHIE ÁVILA FOUCAT. INSTITUTO DE INVESTIGACIONES ECONÓMICAS,
UNAM.

TERCER VOCAL: DR. ANDRÉS FLORES MONTALVO. PROGRAMA DOCTORADO EN ECONOMÍA,
FACULTAD DE ECONOMÍA, UNAM.

MÉXICO, D.F. SEPTIEMBRE DE 2014



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

COMITÉ TUTORIAL:

Presidente: Dr. Américo Saldívar Valdés. Facultad de Economía, UNAM.

Secretario: Dr. Armando Sánchez Vargas. Instituto de Investigaciones Económicas, UNAM.

Primer Vocal: Dr. Alonso Aguilar Ibarra. Instituto de Investigaciones Económicas, UNAM.

Segundo Vocal: Dra. Sophie Ávila Foucat. Instituto de Investigaciones Económicas, UNAM.

Tercer Vocal: Dr. Andrés Flores Montalvo. Programa Doctorado en Economía. Facultad de Economía, UNAM.

AGRADECIMIENTOS

El desarrollo de esta tesis tuvo cuatro momentos clave:

El primero fue cuando presenté mi protocolo de investigación y después de revisarlo, el Doctor Américo Saldívar me dijo contundente, “ya estás aceptado, pero una cosa si te digo, de este barco no se baja nadie”.

El segundo aconteció cuando en un periodo de cierta crisis grupal entre los integrantes del seminario, el Doctor Roberto Escalante comentó: “hacer una tesis de doctorado es atreverse a hacer lo que uno no conoce. Si investigamos lo que ya sabemos ¿qué valor tiene?”.

El tercero sucedió cuando ante dudas manifiestas sobre el objetivo de la investigación, el Doctor Fernando Rello me advirtió: “antes de tratar de convencer a su comité tutorial de la importancia de su tesis, se tiene usted que convencer primero a sí mismo de ello”.

El cuarto de estos momentos, fue cuando ante la necesidad de reencontrar el rumbo de la investigación, el Doctor Armando Sánchez aceptó ser mi tutor y me animó a continuar diciéndome: “creo en tu investigación, vamos a salir adelante.”

Por esos momentos de enseñanza y aliento, mi más profundo agradecimiento.

Deseo reconocer asimismo al Jurado de esta tesis, integrado por los Doctores Américo Saldívar Valdés, Alonso Aguilar Ibarra, Sophie Ávila Foucat y Andrés Flores Montalvo, a quienes estaré siempre agradecido por haber dedicado parte de su valioso tiempo a la revisión del documento y sobre todo por sus invaluable orientaciones, correcciones y aportes para hacer que esta investigación cuente con la formalidad de presentación y profundidad de análisis que obliga su nivel.

Mi tutor, el Doctor Armando Sánchez Vargas, al extenderme su mano de ayuda, me guio académicamente de manera firme hasta la consecución de los objetivos de la investigación. Y más aún, me enseñó con su ejemplo, que es posible tener en una sola persona calidez humana, sencillez y conocimiento.

Agradezco infinitamente el apoyo valioso de todos y cada uno de los expertos que integraron los paneles temáticos. Sin su participación no hubiera sido posible esta investigación.

Jorge Martínez Castillejos me acompañó a lo largo de la investigación, no solo aportando su brillantez matemática, clave para el desarrollo de esta investigación, sino siendo un amigo en el cual encontré visiones que me abrieron nuevas ventanas de interpretación de la realidad de México.

Al inicio del proceso de investigación, conté con el valioso apoyo técnico de Luz María González Osorio, María Quetzali Cruz y Jorge Bruno Flores.

Cada jueves, después del seminario, mi hermano Gerardo Cervantes Corte, Jorge Rodríguez Monroy y Gaby Carmona, estuvieron ahí para animarme en las horas de desaliento, impulsarme en mis iniciativas y compartir los momentos que solo se pueden vivir entre amigos.

El Dr. Adrián Fernández Bremauntz ha sido un amigo de vida y un guía en el campo del conocimiento y la política ambiental.

A algunos los conocí por sus libros; otros fueron mis maestros y para mi suerte, algunos fueron mis amigos. Maestros que me hicieron comprender a México en toda su contradictoria como infinita riqueza:

Ángel Bassols Batalla, Jorge Tamayo, Octavio Paz, Gabriel Careaga, Héctor Cuadra, Luis González Souza, Fausto Burgueño.

Gracias Maestros

Algo queda

DEDICATORIA

A la memoria amorosa y agradecida para mis maestros de la vida:
Isaías y Angelita, mis Padres.

A Coco, quien me enseñó con su ejemplo a tener siempre un espíritu
alegre y positivo.

Y

A todas y todos los que acuden, cuando saben que yo espero.

ÍNDICE

<u>ABSTRACT</u>	15
<u>INTRODUCCIÓN</u>	18
<u>Objetivos de la Investigación</u>	20
<u>Interrogantes de Investigación</u>	22
Hipótesis	22

CAPÍTULO 1

CAMBIO CLIMÁTICO Y VULNERABILIDAD

1.1	El estudio del cambio climático en México	27
1.2	Vulnerabilidad como categoría de análisis científico	33
1.3	Índices de vulnerabilidad al cambio climático	36

CAPÍTULO 2

PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN ÍNDICE COMPUESTO PARA EVALUAR LA VULNERABILIDAD AL CAMBIO CLIMÁTICO EN MÉXICO

2.1	Característica no paramétrica del índice compuesto que se propone	48
2.2	Perspectiva teórica	50
2.3	Metodología	78
2.4	Formalización matemática.....	103

CAPÍTULO 3

EPISTEMOLOGÍA SEGUIDA PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL ICVCC

3.1	Operaciones estadísticas	120
3.2	Heurística seguida para la solución de problemas estadísticos en la construcción del ICVCC.....	126
	3.2.1 Cálculo de los subíndices.....	127
	3.2.2 Pasos técnicos seguidos para el despeje de la ecuación	132
3.3	Despeje de la ecuación 1	132
3.4	Despeje de la ecuación 2	140
3.5	Comprobación econométrica	146

CAPÍTULO 4

ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS ESTADÍSTICOS OBTENIDOS

4.1	Análisis de Resultados de los Índices 1 y 2.....	162
4.2	Análisis de los resultados de la comprobación econométrica	168
4.3	Análisis metodológico de los resultados obtenidos y comprobación de la hipótesis de investigación.....	170
4.4	Discusión sobre los resultados obtenidos.....	172

CAPÍTULO 5

APROXIMACIÓN DE UN ENFOQUE PARA EL DISEÑO DE POLÍTICAS PÚBLICAS SOBRE VULNERABILIDAD AL CAMBIO CLIMÁTICO

5.1.	El costo de la vulnerabilidad y sus implicaciones para la sustentabilidad del desarrollo.	184
5.2	Resistencia social, estrategia y cohesión social en el marco de la vulnerabilidad	192
5.3	Propuesta de enfoque para el diseño y aplicación de la política en materia de vulnerabilidad y adaptación	196
5.4.	Vulnerabilidad, adaptación y sustentabilidad ante el cambio climático	199

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	204
--------------------------------------	-----

BIBLIOGRAFÍA	217
--------------------	-----

ANEXOS ELECTRÓNICOS

1. Visiones sobre el concepto de desarrollo sustentable
2. Semblanza de expertos
3. Ejemplo de cuestionario para el pesaje de las variables por los expertos
4. Herramienta informática diseñada para el cálculo de las ponderaciones de expertos
5. Aproximación a una explicación económica de los orígenes de la vulnerabilidad de México al cambio climático
6. Pruebas regresión realizadas con distintos grupos de variables
7. Análisis metodológico de la Estrategia Nacional de Cambio Climático
8. Base de datos utilizada

INDICE DE CUADROS, FIGURAS Y MAPAS

NOMBRE DEL CUADRO	
Cuadro 1. Escenarios IPCC	30
Cuadro 2. Comparación de propuesta metodológica de dos organizaciones internacionales para la construcción de índices compuestos	39
Cuadro 3. Indicadores de Vulnerabilidad de acuerdo al índice GAIN	45
Cuadro 4. Indicadores de Preparación de acuerdo al índice GAIN.....	46
Cuadro 5. Resumen del capítulo 1	47
Cuadro 6. Dos interpretaciones de la investigación sobre vulnerabilidad al cambio climático	83
Cuadro 7. Tabla comparativa de distintos métodos de <i>pesaje</i>	91
Cuadro 8. Ponderación por expertos por dimensión	101
Cuadro 9. Ejemplo 1: Ponderación con todos los expertos.....	103
Cuadro 10. Ejemplo 2: Ponderación con la ausencia de 1 experto	103
Cuadro 11. Resumen del Capítulo 2	120
Cuadro 12. Matriz de correlación.....	122
Cuadro 13. Prueba Kaiser-Meyer-Olkin.....	123
Cuadro 14. Comunalidades	123
Cuadro 15. Tabla de componentes principales	124
Cuadro 16. Matriz de componentes rotada	125
Cuadro 17. Dimensión Ambiental (EXPOSICIÓN).....	129
Cuadro 18. Dimensión económica (SENSIBILIDAD)	130
Cuadro 19. Dimensión Social (RESISTENCIA).....	131
Cuadro 20. Dimensión Institucional (CAPACIDAD DE ADAPTACIÓN).....	132
Cuadro 21. Tabla obtenida después de aplicar la ecuación 1.....	134
Cuadro 22. Resultados normalizados.....	136
Cuadro 23. Identificación del rango de vulnerabilidad de cada estado.....	138
Cuadro 24. Índice de vulnerabilidad por estado (Índice 2).....	142
Cuadro 25. Resultados normalizados (Índice 2)	143
Cuadro 26. Rango de vulnerabilidad por estado (Índice 2)	144
Cuadro 27. Experimento econométrico con variables seleccionadas de las cuatro dimensiones a través del paquete estadístico PROBIT.....	148
Cuadro 28. Nivel de relevancia alcanzado por las variables ponderadas por expertos y las variables obtenidas por la prueba PROBIT	149

Cuadro 29. Dinámica de la vulnerabilidad por estado obtenida de manera paramétrica.....	151
Cuadro 30. Resumen del Capítulo 3	161
Cuadro 31. Tabla comparativa de número de estados por rango de vulnerabilidad, de acuerdo a la aplicación de las ecuaciones 1 y 2	163
Cuadro 32. Ubicación de estados por su vulnerabilidad, de acuerdo a la aplicación de las ecuaciones 1 y 2.....	165
Cuadro 33. Variación de la vulnerabilidad a partir de la comparación de los índices 1 y 2 (de la 1 a la 2).....	166
Cuadro 34. Multifactorialidad como origen de la vulnerabilidad muy alta en los cuatro estados que presentan esta característica (de acuerdo al ICVCC)	171
Cuadro 35. Multifactorialidad como origen de la vulnerabilidad muy alta en los cuatro estados que presentan esta característica (Variables obtenidas por método paramétrico)	172
Cuadro 36. Comparación metodológica entre índices de vulnerabilidad al cambio climático seleccionados.....	175
Cuadro 37. INE 2007. Estudio sobre Economía del Cambio Climático en México	177
Cuadro 38. Índice Compuesto de Vulnerabilidad al Cambio Climático (ICVCC 1)	179
Cuadro 39. Visualización del ICVCC 3	180
Cuadro 40. Resumen del Capítulo 4	183
Cuadro 41. Escenarios IPCC	185
Cuadro 42. Costos Totales del Cambio Climático para la Economía Mexicana al 2050 % del PIB	186
Cuadro 43. Agotamiento y contaminación de los recursos naturales de México de acuerdo al Sistema de Cuentas Económicas y Ecológicas 2007 - 2011. INEGI.....	187
Cuadro 44. Resumen del capítulo 5.....	203

NOMBRE DE LA FIGURA

Figura 1. Promedio de relación extracción / recarga (+).....	61
Figura 2. Porcentaje de superficie con erosión eólica e hídrica (+)	62
Figura 3. Porcentaje de cambio de cobertura de bosques, selvas y matorrales (+).....	62
Figura 4. Eventos meteorológicos extremos (2003-2005) (+)	64
Figura 5. Porcentaje de participación del sector primario en el PIB estatal (2009) (+)	65
Figura 6. Participación del sector turístico en el PIB estatal (+).....	65
Figura 7. Porcentaje de la población estatal ocupada en el sector primario (+)	65

Figura 8. Porcentaje de la población del estado con ingresos de 1 a 2 salarios mínimos (+)	66
Figura 9. Porcentaje de la población estatal desocupada (+)	67
Figura 10. Porcentaje (%) de población vulnerable por edad (+)	68
Figura 11. Porcentaje de población con acceso a los servicios de salud (-)	68
Figura 12. Calidad y espacios de la vivienda (-)	69
Figura 13. Rezago educativo (%) (+)	70
Figura 14. Carencia de acceso a la alimentación (%) (+)	71
Figura 15. Índice de corrupción y buen gobierno 2007 (+)	72
Figura 16. Índice de conflicto civil en el estado (+)	73
Figura 17. Índice de accesibilidad (-)	74
Figura 18. Proporción de falta de organizaciones civiles (+)	75
Figura 19. Porcentaje del presupuesto dedicado a asuntos ambientales (+)	76
Figura 20. Porcentaje de carencia ANP con respecto al total de la superficie del estado (+)	76
Figura 21. Planes de protección civil (-)	77
Figura 22. Índice de infraestructura económica (-)	78
Figura 23. Programas estatales de acción climática (-)	79
Figura 24. Análisis de la vulnerabilidad en el marco teórico del desarrollo sustentable	81
Figura 25. Componentes operacionales incorporados al marco conceptual, como base de la ecuación 1 del ICVCC	86
Figura 26. Ecuación 2 en el marco conceptual del desarrollo sustentable	115
Figura 27. Dinámica de la vulnerabilidad por estados en años seleccionados	159
Figura 28. Estados con tendencia hacia vulnerabilidad alta y muy alta (Índice 3)	168
Figura 29. Estados con tendencia a vulnerabilidad media y media alta (Índice 3)	168
Figura 30. Estados con tendencia a vulnerabilidad baja (Índice 3)	169
Figura 31. Costos de degradación y agotamiento como porcentaje del PIB	189
Figura 32. Impacto por la depreciación del capital natural y económico con respecto al PIB 2007 - 2011	190
Figura 33. Gasto ambiental como porcentaje del PIB	195
Figura 34. Diagrama de la adaptación (Enfoque de las 4 M)	196

NOMBRE DEL MAPA

Mapa 1. Escenarios de afectación ante aumentos de temperatura.....	31
Mapa 2. Grado de presión sobre el recurso hídrico cuando se consideran las proyecciones socioeconómicas para 2030 y se incluyen los escenarios de cambio climático.	32
Mapa 3. Localización de las cinco zonas susceptibles o vulnerables al ascenso o descenso del nivel del mar.	33
Mapa 4. Panorama general de la vulnerabilidad (Índice 1)	139
Mapa 5. Vulnerabilidad muy alta (Índice 1).....	140
Mapa 6. Vulnerabilidad alta y muy alta (Índice 1)	140
Mapa 7. Vulnerabilidad media alta, alta y muy alta (Índice 1).....	141
Mapa 8. Panorama general de la vulnerabilidad (Índice 2)	145
Mapa 9. Vulnerabilidad muy alta (Índice 2).....	146
Mapa 10. Vulnerabilidad alta y muy alta (Índice 2)	146
Mapa 11. Vulnerabilidad media alta, alta y muy alta (Índice 2).....	147
Mapa 12. Estados que presentan la mayor vulnerabilidad en el país a partir de las mezcla de los índices 1 y 2.....	167
Mapa 13. Estados que presentan la menor vulnerabilidad en el país a partir de las mezcla de los índices 1 y 2.....	167
Mapa 14. SEMARNAT 2013. Vulnerabilidad por municipios de acuerdo a la Estrategia Nacional de Cambio Climático.....	178
Mapa 15. IMTA 2010. Índice de Vulnerabilidad Social al Cambio Climático	178
Mapa 16. Mapa de la Vulnerabilidad de acuerdo al ICVCC (1)	180

LISTA DE ACRÓNIMOS

1. CANACINTRA. Cámara Nacional de la Industria de la Transformación
2. CENAPRED. Centro Nacional de Prevención de Desastres
3. CEPAL. Comisión Económica para América Latina y el Caribe
4. CMNUCC. Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático
5. CONABIO. Comisión Intersecretarial para el Conocimiento y el Uso de la Biodiversidad
6. CONAFOR. Comisión Nacional Forestal
7. CONAGUA. Comisión Nacional del Agua
8. CONANP. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas
9. CONEVAL. Comisión Nacional de Evaluación de las Políticas Públicas
10. DRI. Instituto de las Naciones Unidas para la Prevención del Riesgo y el Desastre
11. ENOE. Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo (INEGI)
12. ENVIPE. Encuesta Nacional de Victimización y Percepción sobre Seguridad
13. EPA. Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de América
14. GAIN. Global Adaptation Institute
15. GTZ. Agencia Alemana de Cooperación
16. IMTA. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua
17. INE. Instituto Nacional de Ecología
18. INECC. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático
19. INEGI. Instituto Nacional de Estadística y Geografía
20. IPCC. Panel Intergubernamental de Cambio Climático
21. OECD. Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico
22. ONU. Organización de las Naciones Unidas
23. PNUD. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
24. PNUMA. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
25. SCT. Secretaría de Comunicaciones y Transportes
26. SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
27. UNAM. Universidad Nacional Autónoma de México

GLOSARIO COMPARATIVO

CONCEPTO	PANEL INTERGUBERNAMENTAL DE CAMBIO CLIMÁTICO (IPCC)	ESTRATEGIA INTERNACIONAL DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA REDUCCIÓN DE DESASTRES
Vulnerabilidad	Es el grado en el cual un sistema es susceptible a, e incapaz de manejarse con, los efectos adversos del cambio climático, incluyendo variabilidad y extremos climáticos. La vulnerabilidad es una función del carácter, magnitud y tasa del cambio climático y la variación en la cual un sistema está expuesto, su sensibilidad y su capacidad de adaptación.	Las características y las circunstancias de una comunidad, sistema o bien que los hacen susceptibles a los efectos dañinos de una amenaza.
Amenaza/Hazard		Un fenómeno, sustancia, actividad humana o condición peligrosa que puede ocasionar la muerte, lesiones u otros impactos a la salud, al igual que daños a la propiedad, la pérdida de medios de sustento y de servicios, trastornos sociales y económicos, o daños ambientales.
Grado de exposición	La unidad de exposición al cambio climático puede ser definida por el criterio que liga los impactos climáticos con los resultados potenciales. Esto permite que un riesgo sea analizado con opciones de gestión para ser evaluado, establecer prioridades y medidas a tomar. Los criterios son usualmente especificados utilizando umbrales que denotan algunos límites de riesgo tolerable.	La población, las propiedades, los sistemas u otros elementos presentes en las zonas donde existen amenazas y, por consiguiente, están expuestos a experimentar pérdidas potenciales.
Riesgo		La combinación de la probabilidad de que se produzca un evento y sus consecuencias negativas.
Adaptación	Es el ajuste en los sistemas natural o humano en respuesta a un estímulo climático actual o esperado o sus efectos, con lo cual se modera la amenaza o se aprovechan oportunidades de beneficio.	Un ajuste en los sistemas naturales o humanos como respuesta a los estímulos climáticos reales o esperados o sus efectos los cuales moderan el daño o explotan las oportunidades beneficiosas.
Mitigación	Es una intervención antropogénica para reducir las fuentes o alentar la reducción de gases de efecto invernadero en la atmósfera.	La disminución o la limitación de los impactos adversos de las amenazas y los desastres afines. El término de mitigación se utiliza refiriéndose al cambio climático, para abordar la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero que son las fuentes del cambio climático.
Impactos	Los efectos del cambio climático sobre sistemas naturales y humanos. Dependiendo de consideraciones de adaptación, se puede distinguir entre impactos potenciales, impactos residuales, e impactos agregados: Impactos Potenciales: Todos los impactos que pueden ocurrir por un cambio en el clima proyectado, sin considerar la adaptación. Impactos Residuales: Los impactos del cambio climático que ocurrirían después de la adaptación. Impactos Agregados: Impactos totales integrados a través de los sectores y/o regiones. La agregación de los impactos requiere conocimiento de (o asumir que) la importancia relativa de los impactos en diferentes sectores y regiones. Las medidas de agregación de los impactos incluyen, por ejemplo, el número total de gente afectada o los costos económicos totales.	Transformaciones, afectaciones, daños, provocados por fenómenos naturales o humanos que modifican menor, o mayormente, el funcionamiento de un sistema humano o biofísico.
Resiliencia	La habilidad de un sistema social o ecológico de absorber perturbaciones, manteniendo la misma estructura básica y forma de funcionamiento, la capacidad de auto-organización y la capacidad de adaptarse al estrés y al cambio.	La capacidad de un sistema, comunidad o sociedad expuestos a una amenaza para resistir, absorber, adaptarse y recuperarse de sus efectos de manera oportuna y eficaz, lo que incluye la preservación y la restauración de sus estructuras y funciones básicas.

Fuente: Elaboración propia con base en: Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres de las Naciones Unidas (UNISDR) 2009; Ginebra, Suiza. Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) 2007: *Climate Change 2007, Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Working Group II Contribution to the Fourth Assessment Report. Cambridge University Press.

ABSTRACT

This research project develops a new theoretical perspective based on a deductive-inductive analytical method that allows an alternative point of view from what had been used so far for the study of vulnerability to climate change in Mexico. This theoretical perspective consists in the following:

In **ontological terms**, vulnerability to climate change is identified as a non-observable phenomenon itself. Therefore, to be understood the deductive method is used with sustainable development as conceptual framework so as to classify vulnerability to climate change as a *multi-dimensional* phenomenon in which the relationship among economic, social, environmental and institutional factors creates a basis for its empirical observation.

A new **gnoseological perspective** of vulnerability to climate change is developed by analyzing the society-nature relationship (biosocial system) from a *dialectical point of view*, identifying contradictions and mutual transformations between the two above-mentioned elements, thus providing new cognitive aspects to those emanated from the analysis of the physical-environmental factors conventionally used in this kind of studies.

This research contributes a new **epistemology** to the study of vulnerability to climate change. Based on the theoretical components of the conceptual framework used, a composite index is developed from the methodology devised by the Organization for Economic Co-operation and Development (OECD). This research project is the first to incorporate the four dimensions of sustainable development within a composite index for the case of Mexico. For the first time, the index allows comparison of vulnerability degrees to climate change in different states of the Country from a holistic view.

The results of the experiments show that, in general, it can be stated that the degree of vulnerability arises from the economic and social conditions in the states,

worsened by institutional failures, rather than by the level of exposure to extreme meteorological events resulted from climate change, what is traditionally accepted.

The capacity to adapt is appointed as a key element to reduce or increase the vulnerability, therefore a new public policy on the subject with a multidimensional perspective, multidisciplinary analysis, multi-sectoral approach and multiscale implementation is suggested.

Finally, there is an advance in the heuristics used for the construction of composite indexes thus enhancing the statistical technique used in developing this kind of indexes.

INTRODUCCIÓN

El estudio del cambio climático en México se ha venido realizando sistemáticamente a partir de 1995, particularmente lo relativo a los escenarios climáticos, destacando en este esfuerzo los trabajos realizados desde el campo de las ciencias de la atmósfera. Sobresale el *Informe de País: México* (Gay et al, 1996) en donde por primera vez para el caso mexicano, se da cuenta del estado que presenta nuestro país ante el fenómeno climático (**ver anexo 1**). Subsecuentemente a ello, distinguidos investigadores se han dado a la tarea de avanzar en la comprensión de distintos aspectos que presenta tal fenómeno para el caso mexicano; algunos de ellos son:

- Escenarios climatológicos (Gay 1994, 1995, 1999, 2001, 2001b,; Conde, et al, 1995; Magaña 1995, 2005, 2007, 2010; Prieto, et al 2007; Jáuregui, 1997).
- Impactos (Magaña, Pérez y Conde, 1998; Conde, 1999, Conde et al 1997, 1997b, 2003, 2003b 2003c,; Liverman, O'Brien y Machuca, 1994, Mundo y Martínez Austria, 1993, 1994).

Por su parte, el estudio del fenómeno del cambio climático por las ciencias socio-económicas particularizando en México, es reciente, escaso y disperso. Un estudio hecho por Romero Lankao (2000), da cuenta de que solamente un 10% de las investigaciones que se hacían en México en tal época, se relacionaban con algún aspecto de ciencias sociales y cambio climático. La situación no ha variado mucho desde entonces (Romero, O y Romero S 2005). Tomando en cuenta el tamaño e importancia de México, los estudios más recientes que se han hecho, aunque muy relevantes como valiosos, han sido pocos y se han abocado principalmente a estudiar los *escenarios de impactos posibles* del cambio climático a nivel de los sectores productivos, entre ellos destaca el trabajo de Galindo, (2010) *Economía del cambio climático en México*; Ruíz (2009) *Distribución de los costos del cambio climático entre los sectores de la economía mexicana. Un enfoque de insumo producto*; Quadri (2009) *El cambio climático en México y el potencial de reducción de emisiones por sectores*. Todos estos trabajos por encomienda de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales

(SEMARNAT); en estos trabajos de manera general, se enfocan a la creación de escenarios futuros, siguiendo la lógica de los trabajos realizados a partir del llamado Informe Stern (Stern, 2007).

Importantes también han sido los estudios coordinados por el Instituto Nacional de Ecología (INE) (hoy Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, INECC), ver: <http://www.inecc.gob.mx/cpcc-estudios-climatico>.

A su vez, el estudio del cambio climático desde una perspectiva interdisciplinaria se ha venido abriendo espacio paulatinamente. Al respecto destacan: *Cambio Climático: una visión desde México* (Martínez y Fernández 2004), en donde se busca integrar análisis que desde distintos ámbitos abordan la realidad mexicana frente al cambio climático. También, *Condiciones Psicosociales del Cambio Climático* (Urbina y Martínez 2006) y *Cambio Climático y Desarrollo Sustentable* (Landa, 2011), todos ellos son ejemplos de análisis integradores. Una aproximación más enfocada a los impactos sociales del cambio climático fue realizada por Lomelí (2009), quien coordinó un estudio por encargo de SEMARNAT llamado *Consecuencias Sociales del Cambio Climático en México. Análisis y Propuestas*, en donde se analizan la eficacia de las políticas públicas y de los instrumentos de gestión de los recursos naturales, tanto como los instrumentos de mercado dirigidos al medio ambiente. Otro más sobre este tema fue el estudio *Impactos Sociales del Cambio Climático en México*, (Moreno y Urbina, 2008) en donde se señalan también líneas generales de los efectos posibles del fenómeno natural sobre la sociedad.

A nivel mundial conocemos mejor lo que los científicos han llamado el *mayor reto al que se ha enfrentado la humanidad*, (IPCC, 2003, 2007) y se ha avanzado en el análisis de los impactos que el cambio climático potencialmente puede causar en el medio ambiente y la sociedad (Parry, Arnell y McMichael, et al, 2001). Para el caso particular de México, se antoja necesario seguir investigando.

No obstante los avances que se han logrado en el estudio del cambio climático (IPCC, 1997, 2007, 2007b, 2008) el nivel de incertidumbre permanece acerca de los efectos que éste tendrá. Existe aún cierta fragmentación en los estudios y análisis que se han hecho sobre este tema (Hofmann, et al 2011). Los modelos de *circulación general*

(Magaña y Quintanar 2003; Magaña y Caetano, 2007) que estudian principalmente las variaciones del clima y llegan a establecer escenarios a largo plazo, proveen información a escala global y nacional, realizándose ahora esfuerzos para acercar la información a nivel regional (Dessaia, Lua, Risbey 2005). A pesar de ello, siendo el clima, un factor dependiente de muchos aspectos interrelacionados globalmente, la incertidumbre sigue siendo un elemento muy importante a considerar en la toma de decisiones (Watson, 2000).

Por ello y dando por asumidos los impactos que el cambio climático arrojará sobre México, (INE 1997, 2001, 2002, 2010 y 2012 a) y con objeto de seguir avanzando y contribuyendo a ofrecer alternativas de análisis más específicos y a una escala estatal a lo aportado hasta ahora por los estudios climatológicos reseñados precedentemente, esta investigación propone una nueva perspectiva teórica para evaluar la vulnerabilidad de los estados del país al cambio climático, a partir de un análisis deductivo - inductivo, que busca rescatar sus características actuales de manera holística.

Para llevar a cabo lo anterior, el nivel de explicación teórico - deductiva se realiza a través del concepto de desarrollo sustentable, en tanto que el nivel inductivo se completa con el diseño de un índice compuesto de vulnerabilidad, el cual permite un punto de comparación para evaluar la vulnerabilidad que presentan los estados del país. Este índice mencionado se construye con un método no paramétrico. Se diseña también un esquema tipo econométrico, que permite aproximarse a las tendencias seguidas por la vulnerabilidad en cada estado del país, comparando tres periodos de tiempo distintos. El análisis se apoya en datos estadísticos robustos de índole biosocial, con el análisis cualitativo de expertos, siguiendo el método de análisis jerárquico multivariado.

La investigación aporta también a la definición conceptual de este fenómeno, incorporando nuevos elementos teóricos para su estudio (Turner y Kasperson, et al, 2003) y su aplicación al caso concreto de México.

Debo señalar que la tarea de construir índices compuestos para establecer rangos comparativos de vulnerabilidad al cambio climático, ha tenido auge a nivel mundial

en los últimos tiempos, aunque obteniendo distintos niveles de éxito (Zhou, Ang y Poh, 2006; Füsell 2007; Mayer, 2008). Hay un esfuerzo creciente en ciertos grupos académicos internacionales para avanzar en la evaluación de la vulnerabilidad al cambio climático a través de distintos métodos estadísticos. En cambio, esta forma alternativa no ha tenido mucho desarrollo en México, permaneciendo la tendencia en círculos académicos y gubernamentales a privilegiar este estudio mediante la proyección de escenarios climáticos, o bien a través del tradicional análisis de riesgo (CENAPRED 1994, 2001, SEMARNAT, 2013). Esta investigación se inscribe en ese esfuerzo académico internacional señalado.

OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

La idea central que guía esta investigación, es analizar la vulnerabilidad al cambio climático desde una perspectiva multidimensional, que supere esquemas parciales en el estudio de este tema, permita establecer un rango de comparación de la vulnerabilidad de los estados del país, posibilite también su evaluación, y delimite opciones de política pública que permitan la adaptación efectiva al cambio climático en el contexto de la sustentabilidad del desarrollo.

Bajo ese contexto, se establecen los siguientes objetivos:

- O1.** Proponer una perspectiva teórico-metodológica deductiva-inductiva para el análisis y evaluación de la vulnerabilidad al cambio climático, a partir de la integración de variables económicas, sociales, ambientales e institucionales, a fin de abrir una alternativa conceptual (que se traduzca en información científica), a la ofrecida por los modelos de escenarios climatológicos actualmente existentes, basados en el método inductivo.
- O2.** Diseñar un índice compuesto que permita comparar el grado de vulnerabilidad que presentan los estados del país ante el cambio climático, desde un análisis socioeconómico y ambiental, y proporcionar elementos para evaluar los patrones generales que sigue la vulnerabilidad al fenómeno climático en los estados del país a través de un ejercicio econométrico.

- O3. Aportar un marco de referencia para el diseño de la política pública en materia de cambio climático en general y en particular en lo relativo a los aspectos que tiene que ver con la vulnerabilidad y la estrategia de adaptación.

INTERROGANTES DE INVESTIGACIÓN

Las interrogantes de investigación que surgen a partir de los objetivos que se señalan en el punto precedente, son planteadas de lo general a lo particular, buscando encontrar respuestas primeramente a los aspectos conceptuales que tienen que ver con la tipología del fenómeno que se estudia y su tratamiento por la ciencia económica, para pasar después a encontrar las causas que generan la vulnerabilidad y el método que puede ofrecer mejores argumentos explicativos de ésta; las interrogantes se dirigen también a explorar las posibilidades existentes para comparar los niveles de vulnerabilidad que presentan las diferentes entidades federativas que integran México, hasta cuestionarse la efectividad de la política pública diseñada hasta el momento.

A manera de aclaración, del análisis inicial del tema de la vulnerabilidad al cambio climático, surgen sin duda otro tipo de interrogantes que abordan problemáticas como: cambio climático y científicidad; cambio climático y género; cambio climático y equidad, cambio climático y migración, y otras más que se pueden contemplar, a partir del carácter transversal que tiene este tema. Todas ellas merecen ser exploradas de manera particular. Los objetivos que tiene la presente investigación no incluyen interrogantes al respecto.

Así, las interrogantes que guían este trabajo son:

- ¿Qué se entiende por vulnerabilidad al cambio climático?
- ¿Cuál es la importancia de los factores antropocéntricos frente a los físicos en el origen y consecuencias del cambio climático?
- ¿Cómo determinan las condiciones económicas, sociales e institucionales el grado de vulnerabilidad de México al cambio climático?
- ¿Cuál es el método más apropiado para comparar la vulnerabilidad de los distintos estados del país al cambio climático?

- ¿Cuáles son los sectores sociales, regiones y estados del país más vulnerables al cambio climático?
- ¿Cómo debe diseñarse y qué elementos debe contemplar, una política pública encaminada a disminuir la vulnerabilidad del país al cambio climático?

De las anteriores interrogantes de investigación surge el planteamiento que guía la investigación.

HIPÓTESIS

H1. Los Estados de la República Mexicana más vulnerables a los efectos del cambio climático son los que presentan alta *sensibilidad* económica a los impactos climáticos, baja *resistencia* social, y una escasa *capacidad de adaptación* a través de su organización institucional y social.

La *exposición* al cambio climático, no explica por sí misma el grado de vulnerabilidad de los estados, sino que la *exposición* es un factor que toma importancia y se acrecienta, en la medida en que tanto la *resistencia* del sistema social, como la *capacidad de adaptación*, presentan niveles bajos para hacer frente al fenómeno climático.

Para comprobar la hipótesis señalada, la investigación propone un índice compuesto y un esquema econométrico, orientados a dar una aproximación conceptual deductiva - inductiva, que permita comparar y evaluar el grado de vulnerabilidad que tienen cada uno de los estados del país, estableciendo algunas causalidades y tendencias del fenómeno de la vulnerabilidad.

Para llevar a cabo lo anterior, en el capítulo 1 se describen los aspectos generales del fenómeno del cambio climático, su estudio en México, para pasar después a señalar el recorrido teórico que ha tenido el concepto de vulnerabilidad al cambio climático, finalizando con las herramientas que se han diseñado para su análisis, en este caso los índices compuestos.

En el capítulo 2 se propone un enfoque teórico-metodológico donde se establecen los aspectos ontológicos, gnoseológicos y epistemológicos usados para analizar la vulnerabilidad. Asimismo, se formalizan matemáticamente la hipótesis, el índice compuesto y el esquema econométrico, y se mencionan el método y las ecuaciones utilizadas para su elaboración.

En el Capítulo 3 se muestra la epistemología seguida en el proceso estadístico para la construcción del índice compuesto de vulnerabilidad, resaltando la utilización del método de análisis jerárquico multivariado y la propuesta de dos ecuaciones diferentes para evaluar la vulnerabilidad de los estados. La ecuación 1 a la que llamo *ecuación convencional*, refleja la tendencia internacional en la construcción de índices compuestos orientados al cambio climático; la ecuación 2, a la que llamo *ecuación activa de la vulnerabilidad* está diseñada para entender las variables determinantes de la vulnerabilidad.

Además, se propone una forma de validación paramétrica de las ecuaciones anteriores, a través de un ejercicio estadístico de regresión que brinda información acerca de las tendencias que asume el fenómeno, tomando en cuenta tres periodos distintos.

En este capítulo 3 se realizan las operaciones estadísticas de cada una de las ecuaciones mencionadas, haciendo un aporte a la heurística utilizada hasta ahora para la elaboración de índices compuestos.

En el Capítulo 4 se analizan y evalúan los resultados de las operaciones seguidas en el capítulo 3, mostrando tales resultados en tablas y en mapas, lo que permite su visualización completa.

En el capítulo 5 se propone una aproximación a un enfoque metodológico para la elaboración de la política pública orientada a la atención del cambio climático, en particular acerca de la vulnerabilidad.

Se ofrece al final del documento las Conclusiones y Recomendaciones, en donde se enfatizan los principales hallazgos encontrados por la investigación, proponiendo

líneas generales para la acción pública en materia de vulnerabilidad y adaptación al cambio climático.

El documento se acompaña con un anexo electrónico que complementa el documento central de la investigación.

Anexo 1. Visiones sobre el concepto de desarrollo sustentable. Se hace un repaso de algunas aproximaciones teóricas que se han hecho para explicar el concepto de sustentabilidad. Entre estas, son reseñadas las contribuciones de Heideger, Solow y Daly.

Anexo 2. Semblanza personal de los expertos participantes en cada panel. La participación de 20 expertos, 5 por cada dimensión estudiada, fue una condición *sine qua non* para esta investigación. Se describen las principales contribuciones de cada uno de ellas y ellos en el campo del conocimiento y la acción pública que realizan.

Anexo 3. Ejemplo de cuestionario para el pesaje de las variables por los expertos. El cuestionario fue una herramienta muy valiosa para realizar las entrevistas con los expertos, ya que contiene la metodología empleada para asignar los *pesos* a las variables, así como la alineación de éstas con el tema de la vulnerabilidad al cambio climático.

Anexo 4. Herramienta informática diseñada para procesar la información proporcionada por los expertos consultados. Se describe las características técnicas de la herramienta informática que se elaboró para la realización de las entrevistas con los expertos, y el procesamiento automático de la información de acuerdo al planteamiento matemático empleado.

Anexo 5. Aproximación a una explicación de los orígenes económicos de la vulnerabilidad de México al cambio climático. Se hace un recuento de las políticas económicas seguidas a partir de la década de los años ochenta, periodo que se considera crítico para explicar la debilidad de la estructura socio-económica de México que se tradujo años después, en vulnerabilidad a los efectos del cambio climático.

Anexo 6. Pruebas de regresión con paquete Probit realizadas con distintos grupos de variables. Se presentan algunas de las pruebas estadísticas practicadas para la elaboración del esquema econométrico de la vulnerabilidad.

Anexo 7. Análisis metodológico de la Estrategia Nacional de Cambio Climático. Se analiza la Estrategia Nacional de Cambio Climático, dada a conocer por el gobierno federal en 2013, en particular el anexo metodológico de ésta.

Anexo 8. Base de datos utilizada.

Los productos concretos de esta investigación que se ofrecen como aportes al conocimiento de la vulnerabilidad de México al cambio climático son:

- Perspectiva teórica que diseña un método de investigación deductivo – inductivo, que permite tanto la explicación teórica del fenómeno como su representación empírica.
- 2 Índices Compuestos de Vulnerabilidad al Cambio Climático para los estados del país, bajo un enfoque multidimensional.
- Esquema econométrico como comprobación de las causalidades y tendencias de la vulnerabilidad.
- Propuesta de un enfoque integral para la elaboración de una política sobre vulnerabilidad y adaptación en México.
- Propuesta heurística para lograr la consistencia estadística del índice que se presenta.
- Herramienta informática para la captura y cálculo ponderado de opiniones tipo panel de expertos.

La visualización de los resultados se ofrece a través de cuadros y mapas.

Palabras iniciales

Antes de dar paso al capitulado de esta investigación, deseo señalar en estas primeras páginas, que lo que llamo la *fascinación por lo nacional* es una constante en el devenir histórico de México. Forma parte de nuestra idiosincrasia creer como reales los mitos que se han generado a través del tiempo, que hablan de una “gran nación mexicana”.

El Imperio de Iturbide, la República Centralista de Santa Anna, la República Porfirista y luego el Nacionalismo Revolucionario, son todas ellas, a su modo y en su tiempo histórico, estructuras políticas que han magnificado lo nacional por encima de las especificidades locales y regionales. Dice Jara (2008): “La historia de México ha sido en gran medida una aventura en busca de lo propio, un reto en la convivencia con la otredad, en el respeto a la multiculturalidad, la tolerancia en lo político, en lo social y en lo religioso. Desde el siglo XVIII ha estado presente la pregunta ¿quiénes somos?, la preocupación por construir un modelo nacional único y por el rescate o la construcción de una nueva identidad dentro de la diversidad, o a pesar de ella.”

Bassols y Tamayo en sus estudios nos mostraron la diversidad geográfica de México, descubrieron para nosotros que, más allá de los discursos y la demagogia nacionalista, existen realidades distintas en regiones, pueblos, comunidades y ciudades que conforman nuestro país.

El espíritu de esta investigación es tratar de resaltar que un tema como el que ocupa este trabajo, merece analizarse y evaluarse científicamente a partir de las condiciones particulares que tiene cada estado del país frente al fenómeno climático.

Creo que no seremos más fuertes como país si seguimos privilegiando *lo nacional*. Requerimos por el contrario, reconocer nuestras diferencias en aptitudes, vocaciones, debilidades y también fortalezas, tratando de evaluar en primera instancia las vulnerabilidades existentes ante el cambio climático. Esta investigación, apoyada en un análisis riguroso y científico de la información disponible, intenta aportar a ello.

CAPÍTULO 1

CAMBIO CLIMÁTICO Y VULNERABILIDAD

1.1 EL ESTUDIO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN MÉXICO

Con la aparición del filme “*Una verdad incómoda*” (Gore 2006) y su *road show* de los años siguientes, se popularizó el acercamiento al tema del cambio climático; sin duda, este hecho coadyuvó a dar un giro positivo al nivel de interés mundial por este tema, que pasó de ser una discusión entre científicos, a convertirse en una preocupación de políticos y de ciertos sectores de la población. En México, el *Informe de País: México* (Gay 1996) disparó los esfuerzos de la comunidad científica dedicada a los temas climáticos, para avanzar en el desarrollo de modelos, creando escenarios de las posibles afectaciones que sufriría nuestro país ante los impactos del cambio climático. Este Informe se basó en los trabajos desarrollados en una serie de talleres que desde 1994, conjuntaron a distinguidos especialistas en el tema.

Desde entonces, la mayor parte de las contribuciones científicas se han enfocado a desarrollar modelos de escenarios climáticos, básicamente siguiendo la línea metodológica marcada por el IPCC (Magaña 1995, 1998, 2002, 2005, 2007,2010) (Conde 1995, 1997, 1997b, 1999, 2003, 2008) (Gay 1994, 1995, 1999, 2001, 2003). A nivel institucional, en su momento el Instituto Nacional de Ecología, hoy Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) elaboró el Inventario Nacional de Gases Efecto Invernadero y ha venido actualizado su metodología a fin de permitir su comparabilidad bajo el esquema del IPCC (INE 2009a). Destacan también las cinco Comunicaciones Nacionales a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático que, siguiendo el esquema de presentación marcado al respecto, ofrecen un panorama de la situación económica, social y ambiental de México desde la óptica gubernamental, avanzando en la identificación de los aspectos de mitigación, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático. (INE 2002, 2004, 2006, 2009, 2012).

Como se señala líneas arriba, las contribuciones principales acerca del cambio climático en México, han sido aquellas que establecen escenarios de afectación futura

por los impactos del fenómeno. Abordemos en primera instancia y de manera general, el significado de esta clase de estudios.

Los escenarios climáticos son definidos por Magaña y Caetano (2007) como una representación del clima futuro que es internamente consistente, que ha sido construida empleando métodos basados en principios científicos y que puede ser utilizada para comprender las respuestas de los sistemas ambientales y sociales ante el futuro cambio climático.

Dentro de estas representaciones, las más usadas y aceptadas son los modelos de circulación general (GCM por sus siglas en inglés) a los cuales se les considera como la mejor herramienta para proyectar escenarios climáticos.

Los GCM (Magaña y Caetano 2007) son representaciones numéricas tridimensionales que se emplean para simular el comportamiento del sistema climático global (incluyendo la atmósfera, los océanos, la biosfera, la criosfera y la superficie terrestre) Los resultados de los experimentos desarrollados con GCM pueden ser combinados con las salidas de modelos climáticos simples para poder evaluar los resultados de los primeros, bajo una gran variedad de supuestos sobre las futuras emisiones de gases de efecto invernadero. (Pág. 3)

Los modelos más complejos simulan el comportamiento de ese sistema y de la interacción entre sus componentes generando pronósticos, pero también escenarios de cambio climático:

Durante fuertes eventos de El Niño, (Conde en Urbina y Martínez 2006) en estos modelos se introducen las características que determinan dichos eventos, como por ejemplo el aumento de la temperatura del océano Pacífico ecuatorial y la intensidad y dirección de los vientos alisios. Estas características son los “forzantes” que permiten realizar un pronóstico climático que nos lleva a concluir que en condiciones fuertes de El Niño es muy probable que en México se presenten inviernos muy fríos con lluvias torrenciales y veranos secos y calientes. Siguiendo esta lógica, el aumento de gases efecto invernadero es otra forma de “forzar” en los modelos a las condiciones climáticas prevalecientes, por lo que es posible construir “escenarios” de clima si se sigue forzando al sistema con emisiones producto de las actividades humanas.

A partir de estos esfuerzos de modelación, se han realizado varias aportaciones relativas a escenarios climáticos en México, bajo el esquema del aumento de la

temperatura del planeta, siguiendo los escenarios plateados por el IPCC (2007) que dan cuenta de aspectos económicos, poblacionales, tecnológicos y de gobernanza.

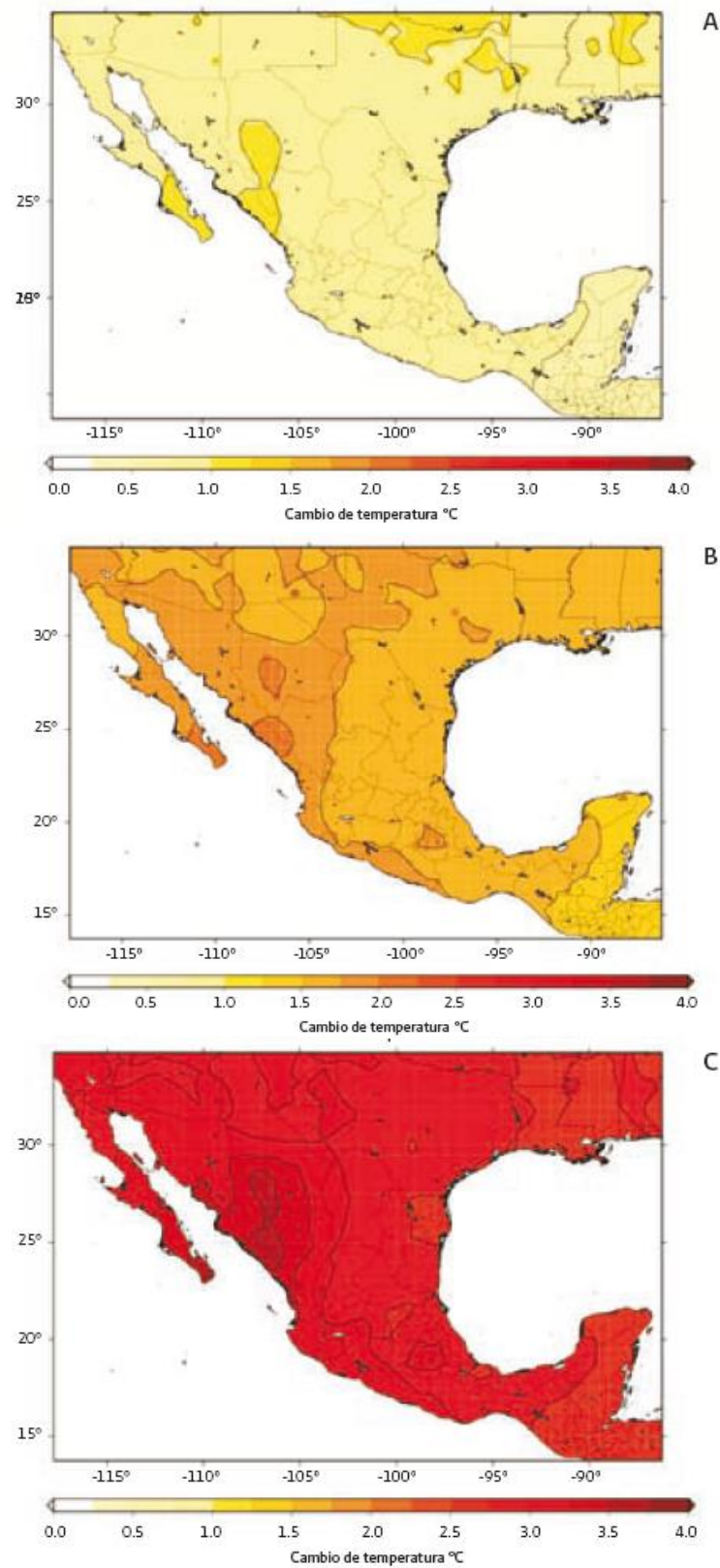
Cuadro 1. Escenarios IPCC

A1	A2
<p>Mundo: orientado hacia el mercado.</p> <p>Economía: crecimiento per cápita más rápido.</p> <p>Población: pico en 2050, a partir de lo cual desciende.</p> <p>Gobernanza: fuertes interacciones regionales; convergencia en el ingreso.</p> <p>Tecnología: grupos de 3 escenarios: A1F1: Intensidad en el consumo de fósiles A1T: Fuentes de energía no fósiles A1B: Equilibrio entre todas las fuentes</p>	<p>Mundo: diferenciado.</p> <p>Economía: orientada regionalmente; crecimiento per cápita más bajo.</p> <p>Población: incrementándose continuamente.</p> <p>Gobernanza: auto realización con preservación de identidades locales.</p> <p>Tecnología: desarrollo más lento y más fragmentado.</p>
B1	B2
<p>Mundo: convergente.</p> <p>Economía: basada en los servicios e información; desarrollo más lento que en A1.</p> <p>Población: lo mismo que en A1.</p> <p>Gobernanza: soluciones globales en los aspectos económicos, sociales y en la sustentabilidad ambiental.</p> <p>Tecnología: limpia y eficiente en el uso de recursos.</p>	<p>Mundo: soluciones locales.</p> <p>Economía: crecimiento intermedio.</p> <p>Población: incrementándose continuamente a una tasa menor que A2.</p> <p>Gobernanza: soluciones locales y regionales hacia la protección ambiental y la equidad social.</p> <p>Tecnología: más rápida que A2; menos rápida, más diversa que A1/B1.</p>

Fuente: IPCC 2007: Climate Change 2007. Impacts, Adaptation and Vulnerability. Pág. 32

En algunos de estos escenarios para nuestro país, se registran aumentos de temperatura que oscilarán entre 0.5 hasta 4.5 °C. Las consecuencias de tal aumento, de acuerdo al modelo serán distintas dependiendo de la región del país. Mientras que en algunas partes, el aumento de la temperatura repercutirá en mayores sequías, en otras regiones, las precipitaciones pluviales aumentarán al igual que la incidencia en la fuerza de los ciclones tropicales.

Mapa 1. Escenarios de afectación ante aumentos de temperatura



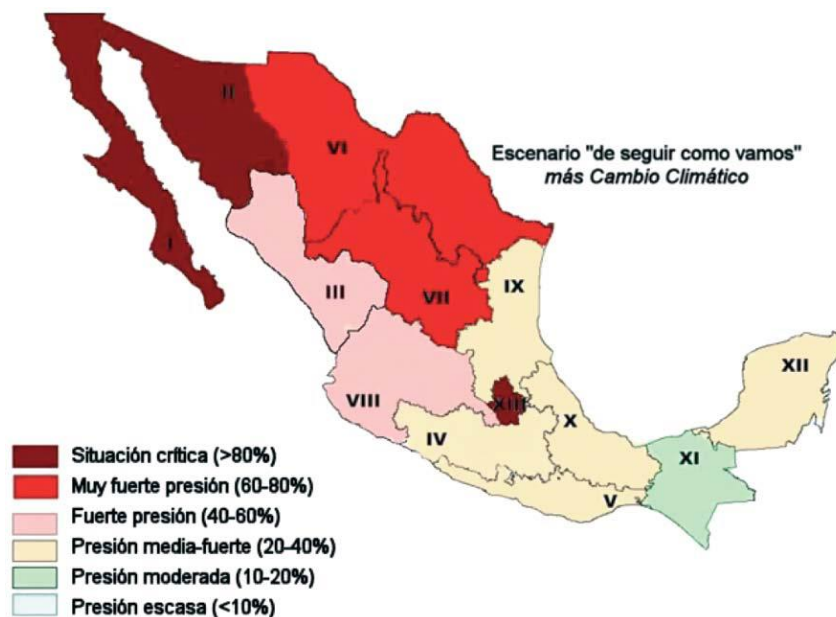
Fuente: INE 2009 Cuarta Comunicación Nacional de Cambio Climático. Pág. 56

Una vez que el modelo toma en consideración aspectos puntuales relativos a temperatura, cambios en el uso del suelo, humedad, y otros más que se desprenden de mediciones regionales, es factible bajar (downscaling) el nivel de análisis, acercándose aún más a una proyección del aumento de la temperatura y de los posibles escenarios de afectación que ésta tendrá para ecosistemas y especies, como también para la propia sociedad.

Este ejercicio científico va evolucionando cada vez más en México en cuanto a la agregación de distintas variables, que interactuando con la “forzante” del cambio climático, ofrecen un escenario sectorizado de los impactos de este fenómeno.

Enseguida se presentan algunos ejemplos de aplicación de estos modelos

Mapa 2. Grado de presión sobre el recurso hídrico cuando se consideran las proyecciones socioeconómicas para 2030 y se incluyen los escenarios de cambio climático.



Fuente: Idem. Pág. 84

Los modelos permiten también acercarse a la vulnerabilidad de distintas regiones costeras mexicanas ante el ascenso en el nivel medio del mar, consecuencia del aumento de la temperatura y el deshielo de los polos.

Mapa 3. Localización de las cinco zonas susceptibles o vulnerables al ascenso o descenso del nivel del mar.



Fuente: Mario Arturo Ortiz Pérez y Ana Patricia Méndez Linares: *Repercusiones por ascenso del nivel del mar en el litoral del Golfo de México. En México: una visión hacia el siglo XXI. El cambio climático en México. Editor y Compilador Dr. Carlos Gay García. *Versión electrónica, con textos revisados. Impreso 1999, revisado 2003 disponible en: <http://ccaunam.atmosfcu.unam.mx/cambio>.

De esta manera, los modelos van creando escenarios que nos acercan a proyectar mejor la forma como el cambio climático afectará los ecosistemas, como también a distintos sectores productivos.

Se debe comentar sin embargo, que no obstante el desarrollo de estos modelos, aún permanecen ciertas incertidumbres, en cuanto a:

La robustez de los datos empleados.

La escala de aplicación.

Un repaso de la literatura existente sobre el tema en México, nos muestra que la vulnerabilidad ha sido estudiada por sectores (INE 2007a), por regiones ecosistémicas (INE 2008c, 2009b), o bien en términos económicos, (Galindo 2010), hablándose entonces que México es vulnerable al cambio climático en sus regiones desérticas, o en sus zonas de costa baja (INE 2008a, 2008b), o en su sector turístico ante los ciclones más

violentos (INE 2006a), o incluso con afectaciones a la salud humana (INE 2006b, 2009c). Sin embargo, en todos estos escenarios, de una manera más discreta se ha mencionado el contexto social en el que se inscribe la vulnerabilidad. Solo muy recientemente (Magaña 2012) se empezó a proponer el análisis de la vulnerabilidad desde una perspectiva integral.

Por ello y para clarificar la relación cambio climático/vulnerabilidad/contexto social/, analicemos enseguida el desarrollo teórico que ha tenido el concepto de vulnerabilidad, en particular referida al cambio climático.

1.2. VULNERABILIDAD COMO CATEGORÍA DE ANÁLISIS CIENTÍFICO

Apenas en la década de los noventa del siglo pasado (Cutter, 1996), se empieza a tener una idea sistematizada de lo que se buscaba decir al utilizar la palabra vulnerabilidad. Pero los aspectos relativos a su conceptualización y metodología en el marco del cambio climático, son aún de más reciente desarrollo (Villagrán de León, 2006).

Para el entorno latinoamericano y asociando la vulnerabilidad con cuestiones del desarrollo económico y social de la región, la CEPAL buscó dar un marco conceptual explicativo a los problemas asociados a la falta de oportunidades de desarrollo no contemplados en el concepto clásico de *marginación* y que propiciaban una mayor exposición de la población a los desastres naturales (CEPAL 1998).

La CEPAL avanzó también en la descripción de la situación vulnerable de la población (Katzman, 1999) y sobre el papel del mercado y del estado en la generación de la vulnerabilidad (Pizarro 2001).

Asimismo, el análisis descriptivo evoluciona hacia encontrar relaciones de causalidad de la vulnerabilidad social (Busso 2001) y después a ofrecer conceptualizaciones, en donde se define la vulnerabilidad social, como la cercanía o lejanía a oportunidades y activos que tienen los individuos en una esfera externa, no regulada por ellos, sino por el estado y en una esfera interna dependiente de ellos (Filgueira, 2001).

En esa misma tesitura, la CEPAL también ha estudiado la relación entre economía-vulnerabilidad-medio ambiente. (Gómez 2001) en donde se anota de manera clara que, más allá de los aspectos físicos que provocan los desastres, la investigación del fenómeno debe considerar ahora a la vulnerabilidad como el elemento clave explicativo de los daños causados.

Así también, el papel del gobierno en el diagnóstico y atención de la vulnerabilidad (Vargas, 2002; Sojo, 2004) fue un paso adelante en el reconocimiento de que más allá de los riesgos naturales a los que se enfrenta la población, hay acciones y políticas públicas que por acción u omisión, contribuyen a aumentar la vulnerabilidad de la población.

En el análisis de los autores anteriormente citados, destacan desde mi punto de vista, al menos los siguientes aspectos relativos a la vulnerabilidad y su vinculación con la temática del desarrollo:

- La presencia de elementos externos (naturales) que no están bajo el control de los grupos expuestos.
- El grado de afectación distinto, que depende de elementos internos relacionados con la posición de los grupos ante determinados “derechos” o “activos.”
- La vulnerabilidad como un proceso dinámico, en donde interactúan los factores de organización interna y los factores externos.
- La posibilidad de creación de nuevos eventos, que se van acumulando a la vulnerabilidad existente.
- Los diferentes matices de la vulnerabilidad, a partir de la escala en que se efectúe el análisis.

Adger (2006) señala que la vulnerabilidad tiene una característica importante de individuos, grupos sociales y de sistemas naturales, en donde la capacidad de un grupo o de un individuo, depende de la capacidad de respuesta a los *estresantes* externos, que pueden provenir de la variabilidad y cambio ambiental, o desde un problema social.

Así, como determinantes de la vulnerabilidad este autor señala a:

- La distribución del ingreso.
- El acceso a los recursos.
- La resiliencia social (en ocasiones, convertida en *resistencia*).

Por su parte Luers (2003, 2005) menciona que el estudio de la vulnerabilidad implica referirse a personas y lugares específicos, por lo cual la manera de medirla no es un asunto sencillo; por ello para avanzar en el análisis de manera práctica, la vulnerabilidad debe enfocarse desde varias dimensiones:

- Dimensión uno: Sensibilidad y exposición.- Se refiere a la sensibilidad y exposición a fuerzas exógenas e incorpora unos *estresantes endógenos* que serían aquellos procesos internos que contribuyen a los cambios en una o varias de las características de la vulnerabilidad, y en particular con respecto a la sensibilidad.
- Dimensión dos: Estado relativo a un umbral.- Para definir la vulnerabilidad de un sistema se requiere identificar un umbral (o punto de referencia) por encima o por debajo del cual el sistema se dice puede ser “dañado”.
- Dimensión tres: Vulnerabilidad.- En niveles bajos del estado relativo al umbral y una sensibilidad alta, los cambios pequeños en cada una de estas dimensiones resultarán cambios grandes en la vulnerabilidad.

Otros autores como Gallopin (2006) afirman que la vulnerabilidad puede ser entendida mejor a través de la dinámica que juegan los componentes sociales y ecológicos, en donde se relacionan vulnerabilidad, resiliencia y capacidad de adaptación.

Es de destacar, que en su más reciente Reporte del Grupo II Impactos, Adaptación, Vulnerabilidad (2014), el IPCC reporta un cambio cualitativo en la manera en que los científicos se aproximan al estudio de la vulnerabilidad al cambio climático al considerar que: “*la vulnerabilidad y exposición de sociedades y sistemas socio –ecológicos a amenazas ligadas al cambio climático son dinámicas y dependen de aspectos económicos,*

sociales, demográficos, culturales, institucionales y gobernanza." (Punto 19.6.1.3). Es de celebrarse este nuevo enfoque de análisis que presenta el IPCC, y que como señalo líneas arriba, es la tendencia científica en la que se inscribe esta investigación.

Entonces, sí hemos llegado a un punto en el cual se tiene consenso acerca de las condicionantes multidimensionales de la vulnerabilidad ante el cambio climático, pasemos ahora a buscar las herramientas de análisis que se han creado, para tratar de evaluar y comparar la vulnerabilidad y sus distintos grados de afectación. Una de estas herramientas es la construcción de índices que establecen rangos de vulnerabilidad.

A continuación y a manera de antecedente de la propuesta que expongo en el siguiente capítulo, se ofrecen ejemplos de distintas maneras de cómo se han venido construyendo y aplicando índices de vulnerabilidad al cambio climático.

1.3 ÍNDICES DE VULNERABILIDAD AL CAMBIO CLIMÁTICO

La construcción de índices compuestos

Un indicador compuesto es definido por la CEPAL (2010) "como una representación simplificada que busca resumir un concepto multidimensional en un índice simple (unidimensional) con base en un modelo conceptual subyacente. Puede ser de carácter cuantitativo o cualitativo según los requerimientos del analista". Y añade: "La construcción de un indicador compuesto requiere de dos condiciones básicas, a saber: i) la definición clara del atributo que se desea medir y ii) la existencia de información confiable para poder realizar la medición. Estas condiciones son indispensables para poder plantearse la posibilidad de construir un indicador compuesto, la satisfacción de la primera condición dará al indicador compuesto un *sustento conceptual*, mientras que la segunda le otorgará *validez*." (Pág. 13).

Sin embargo, el camino para la construcción de índices compuestos no ha sido fácil. Es notorio, que a pesar del enorme interés internacional existente para contar con herramientas estadísticas comparativas, que permitan medir y evaluar distintos

aspectos económicos y sociales desde una perspectiva integral, la alternativa que ofrece para ello el desarrollo de índices compuestos, no ha contado aún con el consenso general.

Al respecto, la OCDE (2008) explica que “los que están en favor de la agregación de información creen que hay dos razones principales que le dan valor a la combinación de indicadores que de alguna manera produce una línea base. Ellos creen que tal cual una sumatoria estadística, se puede capturar la realidad y su significancia y que es extremadamente útil destacar la línea base por su impacto en el interés de los medios de comunicación y los hacedores de política. Por su parte, la segunda escuela, la conformada por lo no proclives a la agregación de información, creen que uno debería detenerse una vez que se haya creado un conjunto apropiado de indicadores, y no ir más lejos en la generación de un índice. Su principal objeción a la agregación, es que ellos ven como de naturaleza arbitraria el proceso de *pesaje* de las variables por el cual están combinadas éstas” (Pág 14).

Hay también dos aspectos importantes a destacar en esta discusión: el desarrollo metodológico para el diseño y construcción de indicadores, índices e índices compuestos, ha sido una tarea que sin duda despierta controversia a partir de las visiones metodológicas y conceptuales distintas, la robustez de la información, su comparabilidad y la consistencia de las fuentes de información que se manejan entre las distintas escuelas y expertos. (Füsell, 2009). Pero también, una gran parte de este esfuerzo de construir indicadores ha recaído en las organizaciones internacionales encargadas de apoyar el desarrollo de los países, a través de aportes científicos y técnicos, generalmente enfocados a asuntos de desarrollo y atención de problemas sociales.

Lo anterior es el caso de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE, 2008) y de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL, 2010). Ambas instituciones han dado a conocer trabajos relacionados a la metodología para construir índices compuestos.

El cuadro siguiente compara los aportes de estas dos organizaciones en el tema señalado:

Cuadro 2. Comparación de propuesta metodológica de dos organizaciones internacionales para la construcción de índices compuestos

PASOS	OCDE	CEPAL
Desarrollo de un marco conceptual.	Provee las bases para la selección y combinación de variables dentro de un indicador compuesto de alcance e importancia mayor, siguiendo un propósito de principio. Ejemplo: Sistema de Cuentas Nacionales.	Se requiere partir de un marco conceptual para seleccionar indicadores y establecer la manera en el cómo se relacionarán éstos, definiendo los subsistemas que intervienen. Ejemplo: Modelo: Presión - Estado -Respuesta.
Selección de indicadores.	Se debe basar en un marco analítico comprensible, medible, con cobertura nacional, con relevancia acerca del fenómeno a ser medido y con relación entre sí.	La fortaleza o debilidad de un indicador compuesto recae en las variables que lo definen; por ello su selección debe basarse en su relevancia, calidad, frecuencia de muestreo y disponibilidad al dominio público.
Imputación de datos perdidos.	Se requiere con el objeto de proveer una base de datos completa (puede ser por medio de imputación simple o múltiple).	Su ventaja es que reduce los sesgos y se realiza el análisis sobre la base de una cierta completitud en el conjunto de información.
Análisis multivariado.	Debe ser usado para estudiar la estructura completa de la base de datos, analizar si es adecuada, y servir de guía para elecciones metodológicas subsecuentes (peso, agregación).	Es fundamental para la elección de los indicadores y variables que compondrán el indicador compuesto, a fin de que estos respeten no solo los criterios conceptuales, basados en el marco considerado, sino también los estadísticos.
Normalización de los datos.	Se debe llevar a cabo para hacer que las variables puedan ser comparadas.	Se debe realizar para evitar la congregación de variables de unidades de medida distintas y la aparición de fenómenos dependientes de escala.
Peso y agregación	Debe ser hecho a lo largo de las líneas de un marco teórico reconocido.	La manera en que se pese la información disponible definirá en forma determinante el valor final del indicador.

PASOS	OCDE	CEPAL
Análisis de sensibilidad.	Se debe realizar para analizar la robustez del indicador compuesto en términos de: mecanismos empleados para la inclusión o exclusión de un indicador, el esquema de normalización, la imputación de datos perdidos, la elección del método de pesaje y el método de agregación.	Se debe realizar para incrementar la transparencia del proceso de diseño del indicador. Sirve para evaluar la sensibilidad frente a cambios en la elección de las variables.
Visualización de resultados.	Debe recibir una atención apropiada, dado que la visualización puede influir (o ayudar a incrementar) la interpretación.	La presentación del indicador debe comunicar una imagen que facilite su visualización rápida y precisa, que alerte y exponga situaciones extraordinarias y permita identificar las posibles áreas de intervención.

Fuente: Compilación propia con base en: OECD (2008): Handbook on Constructing Composite Indicators. Methodology and user guide. CEPAL (2010): Guía Metodológica para el Diseño de Indicadores Compuestos de Desarrollo Sostenible. CEPAL, colección de documentos de proyectos.

La OCDE (2008) ofrece una síntesis interesante sobre cómo entender la importancia de los índices compuestos: “Los indicadores compuestos son mucho más que modelos matemáticos o computacionales. Como tal, su construcción se debe más a la artesanía de su modelador, que a las universalmente aceptadas reglas científicas de codificación. Con respecto a los modelos, la justificación para un índice compuesto descansa en su aptitud para satisfacer un propósito definido y su aceptación por igual” (Pág.14).

Una vez establecida la naturaleza y diseño de los índices compuestos, pasemos ahora a dar un vistazo a distintas experiencias internacionales en la construcción de esta clase de índices, que han sido orientadas a analizar la vulnerabilidad al cambio climático.

Algunos ejemplos internacionales y nacionales de índices compuestos

Como antecedentes de la primera propuesta de índice que se plantea en el siguiente capítulo, ofrezco algunos ejemplos internacionales y nacionales respecto al desarrollo de índices compuestos en materia de cambio climático.

Índice de vulnerabilidad al cambio ambiental global de Costa Rica (IVCR)

Para la construcción del IVCR se partió de la idea de que la vulnerabilidad no está compuesta sólo por un elemento, sino por un conjunto de debilidades del sistema. Estas debilidades se relacionan y a veces se potencian unas con otras. Así se habla de una vulnerabilidad de diferentes componentes de un sistema o bien de una vulnerabilidad general del sistema. (Instituto Meteorológico de Costa Rica, 2005).

La primera etapa en la construcción de este índice implicó conjuntar un grupo de *actores claves* a quienes se les capacitó en temas de cambio climático bajo la perspectiva de *gestión de riesgo*. En la segunda etapa se realizó un diagnóstico del área de estudio y se estableció una línea base con la información más cercana.

La expresión de vulnerabilidad se definió con 4 componentes, expresándose matemáticamente así:

$$V = ASE + IV + CI + RF$$

Donde,

V = vulnerabilidad ante el cambio climático

ASE (agua, salud, sociedad y energía)

IV (infraestructura y vivienda)

CI (conocimiento e información)

RF (recursos financieros)

Este índice ha servido de plataforma de análisis para los estudios sobre la vulnerabilidad de las distintas regiones de Costa Rica.

Índice de vulnerabilidad social al cambio ambiental global del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua de México

Este índice (IMTA 2010) tiene los siguientes componentes: Salud, Educación, Vivienda, Empleo e Ingreso, Población.

Con una calificación ya asignada, se construyeron los Índices de Vulnerabilidad Temática como sigue:

$$\mathbf{Salud} = \frac{\text{Indicador 1} + \text{Indicador 2} + \text{Indicador 3}}{3}$$

$$\mathbf{Educación} = \frac{(\text{Indicador 1}) * \frac{1}{2} + \text{Indicador 2}}{2}$$

$$\mathbf{Vivienda} = \frac{\text{Indicador 1} + \text{Indicador 2} + \text{Indicador 3} + \text{Indicador 4}}{4}$$

$$\mathbf{Empleo e Ingreso} = \frac{\text{Indicador 1} + (\text{Indicador 2}) * \frac{1}{2}}{2}$$

$$\mathbf{Población} = \frac{\text{Indicador 1} + \text{Indicador 2} + \text{Indicador 3} + \text{Indicador 4}}{4}$$

Una vez que se obtiene el índice por tema se hace un promedio para obtener el Índice de Vulnerabilidad Social, de manera definitiva:

$$\mathbf{IVS} = \frac{\text{salud} + \text{educación} + \text{vivienda} + \text{empleo e ingreso} + \text{población}}{5}$$

El IMTA presenta este índice en conjunto con el Índice de Vulnerabilidad Hídrica al Cambio Climático, siendo ambas propuestas, herramientas valiosas para analizar la vulnerabilidad a niveles de mayor detalle.

Mapeo de la vulnerabilidad a estresores múltiples: cambio ambiental global y globalización en la India

Un grupo de expertos en tema de vulnerabilidad y cambio climático (O'Brien, Leichenko, Et al 2004) realizaron un estudio para determinar las regiones de la India más afectadas por los efectos del cambio climático y por las consecuencias de la globalización económica. Para lograr lo anterior, construyeron una serie de índices y mapas que permiten mostrar los grados de afectación que tienen las distintas regiones de la India ante los fenómenos descritos anteriormente.

Los investigadores partieron conceptualizando la vulnerabilidad como:

$$V = F (\text{Capacidad de adaptación, sensibilidad, exposición})$$

Lo anterior sigue el marco conceptual sugerido por el IPCC, y se asume que la exposición al cambio climático (en desarrollo y futura) afectará la sensibilidad actual, positiva o negativamente, y que entonces los directamente afectados (en este caso los agricultores) responderán a los cambios si ellos tienen una capacidad de adaptación suficiente.

Los indicadores que utilizan son divididos en tres ámbitos:

Biofísicos (exposición).

- Condiciones de suelo.
- Disponibilidad de agua subterránea.

Socioeconómicos (sensibilidad).

- Niveles de capital humano y social.
- Carencia de actividades económicas alternativas.

Factores tecnológicos (capacidad de adaptación).

- Disponibilidad y calidad de infraestructura de irrigación.

Para medir la sensibilidad bajo exposición al cambio climático se construyó el *índice de sensibilidad climático*, que mide la sequía y la dependencia al monzón. Por el lado de la sequía se construye un índice al que se considera como la representación de la sensibilidad; y la medida de dependencia al monzón representa un porcentaje de eventos extremos de lluvia, es decir de exposición.

Al *índice de sensibilidad climático* se le incorporaron los componentes de exposición usando los resultados del modelo HadRM2 en un modelo regional de circulación general a escala menor. Los autores mencionan que aunque el modelo HadRM2 representa solo un escenario posible de cambio climático, puede mostrar el potencial de cambio en la sensibilidad de una región como resultado de su exposición al fenómeno.

Después de realizar este ejercicio, los autores sumaron al *índice de sensibilidad climático* el *índice distrital de capacidad de adaptación* con lo cual lograron representar el mapa de vulnerabilidad distrital presente y futuro.

Los autores resaltan que los resultados muestran que aquellos distritos con la más alta o la más baja sensibilidad bajo el escenario por ellos usado, no son necesariamente los más o los menos vulnerables, señalando que el estudio de la capacidad de adaptación en combinación con la exposición y sensibilidad es crucial para diferenciar la vulnerabilidad relativa, en donde desde luego, la capacidad de adaptación juega un papel fundamental para explicar el grado de vulnerabilidad que tiene los distintos distritos.

Índice de adaptación global (GAIN, por sus siglas en inglés)

Otro ejemplo de construcción de un índice compuesto, dirigido a medir el grado de vulnerabilidad ante el cambio climático, lo es el Índice de Adaptación Global, GAIN, por sus siglas en inglés (Global Adaptation Institute, 2011) y cuyo objetivo es ayudar a los países y al sector privado a invertir en aspectos de adaptación al cambio climático y otras fuerzas globales. Para los autores del GAIN, todos los países deben adaptarse, con objeto de minimizar los efectos de estos dos fenómenos. Agregan que, a pesar de la preocupación por expandir los recursos por las instituciones internacionales, los fondos públicos no son la solución. Para ellos, el sector privado jugará un papel clave como proveedor de recursos adicionales. Ante esto, el GAIN ofrece información acerca de la vulnerabilidad de los países y su disponibilidad a tomar medidas de adaptación para priorizar y evaluar estas inversiones requeridas.

El índice GAIN se basa en dos aspectos:

Vulnerabilidad.- El análisis busca capturar la exposición al cambio climático relacionada a las amenazas, la sensibilidad a sus impactos, y la habilidad para manejarlos. GAIN usa 24 indicadores para medir tres sectores que son la base del bienestar humano (agua, alimentos y salud) y tres sobre sectores de infraestructura (costas, energía y transporte).

Disponibilidad.- Busca medir la habilidad de un país para absorber exitosamente los recursos de inversiones adicionales, provenientes del sector privado y aplicarlos efectivamente para el incremento de su resiliencia. Se usan 14 indicadores para medir tres categorías de disponibilidad: económico, social y gobernanza.

El planteamiento matemático para la construcción de GAIN es:

$$(\text{Disponibilidad} - \text{Vulnerabilidad} + 1) \times 50$$

Los indicadores empleados son:

Cuadro 3. Indicadores de Vulnerabilidad de acuerdo al índice GAIN

Sectores		Exposición	Sensibilidad	Capacidad
Agua	Cantidad	Cambio proyectado en precipitación	Extracción de agua potable (subterránea y superficie) para todo uso	Población con acceso a suministro de agua mejorada
	Calidad	Cambio proyectado en temperatura	Mortalidad entre niños menores de 5 años debido a enfermedades adquiridas en el agua	Población con acceso a salud mejorada
Alimentos	Cantidad	Cambio proyectado en el rendimiento de la producción en agricultura (cereales)	Población viviendo en áreas rurales	Capacidad agrícola
	Calidad	Coefficiente de variación en el rendimientos de la producción de cereales	Dependencia en alimentos importados	Niños menores de 5 años sufriendo de desnutrición
Salud	Cantidad	Impacto estimado del cambio climático futuro sobre muertes por enfermedad	Trabajadores del área de la Salud per cápita	Longevidad
	Calidad	Mortalidad debido a enfermedades (infecciosas) transmisibles	Gastos en salud provenientes de recursos externos	Mortalidad materna
Infraestructura	Zonas Costeras	Cantidad	La tierra a menos de 10 m sobre el nivel del mar	Medición en el Eje de Preparación
	Energía	Cantidad	Población con acceso a electricidad confiable	
	Transporte	Cantidad	Frecuencia de inundaciones por área de unidad	

Cuadro 4. Indicadores de Preparación de acuerdo al índice GAIN

Componentes	Indicador
Económicos	Libertad Empresarial
	Libertad Comercial
	Libertad Fiscal
	Gasto Gubernamental
	Libertad Monetaria
	Libertad de Inversión
	Libertad Financiera
Gobernabilidad	Voz y Rendición de cuentas
	Estabilidad política y No Violencia
	Control de la Corrupción
Social	Teléfonos móviles por cada 100 personas
	Libertad Laboral
	Educación Terciaria
	Estado de Derecho

Los *pesos* de la vulnerabilidad son calculados tomando la media de los puntajes de los seis sectores y cada puntaje de sector y componente es calculado tomando la media de sus respectivos puntajes de indicador. En la actual estructura de vulnerabilidad, sucede que la fórmula conduce a que cada medida tiene peso idéntico.

Por su parte, los pesos de la *disponibilidad* son calculados sumando los puntajes de los componentes bajo la siguiente escala de pesos: 40% economía; 30% gobernanza; y 30% social.

Para calcular los *pesos* se recurrió a la opinión de 120 expertos académicos, empresariales y líderes políticos de todo el mundo.

El GAIN proporciona un índice aplicado a 161 países. Como dato, México ocupa el lugar 60 en los resultados 2011.

Tal y como se ha podido mostrar en los ejemplos anteriores, el uso de un índice compuesto, en este caso para evaluar la vulnerabilidad al cambio climático, es por igual utilizado por gobiernos, académicos, o incluso por el sector privado. El método para construir el índice, la robustez de la información empleada para ello y el objetivo del índice, son distintos, y de ello depende la profundidad de su análisis.

En el siguiente capítulo se presenta la propuesta metodológica de esta investigación, que busca ofrecer una perspectiva teórica alternativa a las conocidas actualmente para la construcción de un índice compuesto de vulnerabilidad al cambio climático.

A continuación un cuadro resumen con los puntos principales vistos en el primer capítulo.

Cuadro 5. Resumen del capítulo 1

El estudio del cambio climático en México	<p>Los estudios sistematizados sobre el tema del cambio climático en México no alcanzan los 20 años de haberse iniciado.</p> <p>El énfasis mayor de los estudios realizados, se ha concentrado en la elaboración de escenarios climatológicos, básicamente utilizando modelos de circulación general y dando prioridad a la exposición.</p> <p>Los estudios se han realizado generalmente de manera fragmentada, por sectores productivos, ecosistemas o afectaciones en aspectos particulares (salud humana).</p>
Los impactos esperados del cambio climático en México.	Los modelos probabilísticos dan cuenta de los impactos esperados en el aumento de la temperatura, en la afectación de las zonas costeras bajas debido al incremento del nivel del mar, a eventos meteorológicos extremos, como súper huracanes o sequías prolongadas.
El concepto de vulnerabilidad.	<p>Apenas en la década de los noventa del siglo pasado se empieza a tener una idea sistematizada de lo que se buscaba decir al utilizar la palabra vulnerabilidad.</p> <p>El concepto avanzó para considerar que más allá de lo aspectos físicos que provocan los desastres, la investigación del fenómeno debe considerar ahora a la vulnerabilidad, como el elemento clave explicativo de los daños causados.</p> <p>Además, se deben considerar:</p> <ul style="list-style-type: none"> • La presencia de elementos externos (naturales) que no están bajo el control de los grupos expuestos. • El grado de afectación distinto, que depende de elementos internos relacionados con la posición de los grupos ante determinados “derechos” o “activos.” • La vulnerabilidad como un proceso dinámico, en donde interactúan los factores de organización interna y los factores externos. • La posibilidad de creación de nuevos eventos, que se van acumulando a la vulnerabilidad existente.
Los índices compuestos como herramientas	Un índice compuesto se define como: una representación simplificada que busca resumir un concepto multidimensional en un índice simple (unidimensional) con base en un modelo conceptual subyacente.

<p>para analizar la vulnerabilidad.</p>	<p>La construcción de un indicador compuesto requiere de dos condiciones básicas, a saber: i) la definición clara del atributo que se desea medir y ii) la existencia de información confiable para poder realizar la medición.</p> <p>A pesar del enorme interés internacional existente para contar con herramientas estadísticas comparativas, que permitan medir y evaluar distintos aspectos económicos y sociales desde una perspectiva integral, la alternativa que ofrece para ello el desarrollo de índices compuestos, no ha contado aún con el consenso general.</p>
<p>Algunos ejemplos de índices compuestos de vulnerabilidad al cambio climático.</p>	<p>Los ejemplos de índices compuestos dirigidos a evaluar la vulnerabilidad al cambio climático, se han desarrollado en distintos ámbitos.</p> <p>Gobierno: Índice de vulnerabilidad al cambio ambiental global de Costa Rica (IVCR)</p> $V = ASE + IV + CI + RF$ <p>Donde,</p> <p>V = vulnerabilidad ante el cambio climático</p> <p>ASE (agua, salud, sociedad y energía)</p> <p>IV (infraestructura y vivienda)</p> <p>CI (conocimiento e información)</p> <p>RF (recursos financieros)</p> <p>Academia:</p> <p>V= F (Capacidad de adaptación, sensibilidad, exposición), cuyos indicadores son:</p> <p>Biofísicos (exposición)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Condiciones de suelo. • Disponibilidad de agua subterránea. <p>Socioeconómicos (sensibilidad.)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Niveles de capital humano y social. • Carencia de actividades económicas alternativas. <p>Factores tecnológicos (capacidad de adaptación).</p> <ul style="list-style-type: none"> • Disponibilidad y calidad de infraestructura de irrigación.

CAPÍTULO 2

PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN ÍNDICE COMPUESTO PARA EVALUAR LA VULNERABILIDAD AL CAMBIO CLIMÁTICO EN MÉXICO

2.1 CARACTERÍSTICA NO PARAMÉTRICA DEL ICVCC

Existen una serie de procedimientos estadísticos diseñados para analizar las variables cuantitativas (Universidad Complutense, 2014): la prueba T para contrastar hipótesis sobre medias o coeficientes de regresión; el estadístico F del análisis de varianza y de la prueba de Levene, y otros. Todos ellos coinciden en una serie de características:

- Permiten contrastar hipótesis inferidas a algún parámetro (β , μ , σ^2 etcétera).
- Exigen el cumplimiento de determinados supuestos sobre poblaciones originales de las que se extraen los datos (generalmente normalidad y homocedasticidad).
- Analizar datos obtenidos con una escala de medida de intervalo o razón.

Estas tres características combinadas permiten agrupar estos procedimientos estadísticos en una gran familia de técnicas denominada *contrastos paramétricos*. Estas técnicas son sin duda de las más utilizadas por analistas e investigadores de todo tipo de áreas científicas, pero su utilidad se ve reducida fundamentalmente por dos razones: por un lado, exigen el cumplimiento de algunos supuestos que en ocasiones pueden resultar demasiado exigentes; por el otro, obligan a trabajar con unos niveles de medida que, especialmente en las ciencias sociales y de la salud, no resulta fácil alcanzar.

Ante ello, existen también contrastes que permiten poner a prueba hipótesis no referidas a parámetros poblacionales que no necesitan establecer supuestos exigentes sobre poblaciones de donde extraer las muestras; y existen, por último, contrastes que no necesitan trabajar con datos obtenidos con una escala de medidas de intervalos o

razón. Esta otra familia de contrastes se conoce con el nombre de *contrastos no paramétricos*.

Algunos autores (Rojas Dávila, 2003) utilizan el término *no paramétrico* para referirse únicamente a los contrastes que no plantean hipótesis sobre parámetros y que se limitan a analizar las propiedades nominales u ordinales de los datos, y añaden el término de *distribución libre* para referirse a los contrastes que no necesitan establecer supuestos (o establecen supuestos poco exigentes, como simetría o continuidad) sobre las poblaciones originales de las que se extraen las muestras. El incumplimiento de las tres características señaladas al principio pueden ser consideradas suficientes para caracterizar a un contraste como *no paramétrico*, por lo tanto se puede:

- Utilizar la denominación genérica de *no paramétrica* para todos aquellos contrastes que no se ajustan a una cualquiera de las tres características de los *contrastos paramétricos*, y
- Englobar en ese término genérico de *no paramétrico* a los contrastes de *distribución libre*.

Así, las pruebas *no paramétricas* no plantean hipótesis sobre parámetros, analizan los datos obtenidos con una escala débil (o mejor, datos que aun estando medidos con una escala de intervalo o razón, se analizan aprovechando solo sus propiedades nominales u ordinales); y muchas de estas pruebas pueden considerarse de *distribución libre* utilizando el criterio de que no establecen supuestos demasiado exigentes sobre poblaciones originales de donde se muestrea.

Por las razones antes expuestas, el enfoque utilizado para la construcción del ICVCC, se plantea como *no paramétrico*, ya que:

- No existe una población muestreada, sino datos nominales.
- No existe una distribución normal, ya que se decidió trabajar con números nominales a efecto de llevar a cabo la normalización de los distintos indicadores que se utilizaron y propiciar que estos fueran comparables.
- Solamente existe una observación en el tiempo por cada uno de los 23 indicadores utilizados (salvo el experimento econométrico donde son tres distintos años).

Aclarado lo anterior, pasemos ahora a describir la perspectiva teórica que da sustento a esta investigación.

2.2. PERSPECTIVA TEÓRICA

No es un asunto menor y si por el contrario fundamental, recurrir a las herramientas que nos proporciona la Filosofía a fin de precisar con el mayor detalle posible el carácter ontológico del fenómeno que se estudia, la gnoseología como se le pretende estudiar y el andamiaje epistemológico que se utilizará para abordarlo. Es decir, la estructura cognitiva que guía y da sentido a la investigación.

Enseguida, se presenta la forma como se tratan estos elementos de la Filosofía en esta investigación.

Aproximación ontológica de la vulnerabilidad

Como se señala en el punto precedente, el significado de vulnerabilidad se ha venido abriendo paso dentro del conjunto de definiciones que estudian las condiciones en la que se encuentra una determinada población, en un momento y circunstancia concreta. Este proceso no ha concluido (Vogel, et al, 2007), sino que continúa en busca de su *especificidad ontológica*.

Una aproximación al sentido ontológico de la vulnerabilidad al cambio climático, nos lleva a considerar los siguientes elementos, a partir de propuestas de análisis existentes (CEPAL, 2006):

- Para acercarnos al sentido ontológico que adquiere la vulnerabilidad al cambio climático, se debe comprender que ésta es resultado de los intercambios que se suscitan entre los sistemas humanos y ecológicos, en una relación histórica, mutuamente transformadora. No es por lo tanto una relación lineal, como lo establece el análisis de riesgo para la vinculación fenómeno natural –sociedad.
- Asimismo, puede haber una coincidencia en el tiempo entre causa y efecto, en donde un problema ambiental se convierte al mismo tiempo en causa de afectación social, y efecto de una presión desde un grupo humano.

- Existen cadenas causales, que incluyen desde la misma exposición al fenómeno ambiental (factor exógeno, no controlable) tanto como presiones de carácter social y económico, como pobreza y marginación, así como las fallas institucionales y la insuficiente organización social (factores endógenos) sobre los cuales si es posible actuar, para moderar y/o determinar su alcance.

Con los antecedentes teóricos anteriores, se puede afirmar que la vulnerabilidad, en particular la vulnerabilidad al cambio climático, no es un fenómeno observable en sí mismo, sino que requiere de un conjunto de elementos que le den cuerpo, que lo *materialicen* (Hinkel, 2011).

Por ello, y a fin de darle contenido a un fenómeno inobservable *per se*, desde mi perspectiva, el análisis científico de este fenómeno debe considerar que la especificidad ontológica de la vulnerabilidad al cambio climático, se puede encontrar en su *multidimensionalidad*, en el sentido que adopta esta definición en el marco conceptual del desarrollo sustentable (González y Gutiérrez, 2008), que se explica en el **Anexo 1**.

Este *carácter ontológico multidimensional*, nos lleva a tener presente que la concatenación de los aspectos que aborda el concepto de sustentabilidad, genera condiciones particulares, en un tiempo y circunstancia determinados, que propician distintos niveles de vulnerabilidad (Turner *et.al.*, 2003) a partir de la manera en que estos aspectos se interrelacionan en cuanto a:

- exposición al fenómeno ambiental.
- sensibilidad a los impactos.
- resistencia a condiciones adversas y
- capacidad de adaptación.

Habiendo precisado el carácter ontológico del fenómeno en estudio, pasemos ahora a señalar la corriente de pensamiento que guía la investigación, aspecto fundamental en la perspectiva teórica de este trabajo.

Gnoseología de la vulnerabilidad

Los elementos conceptuales que se describen a continuación, forman el andamiaje gnoseológico mediante el cual se realiza la aproximación al fenómeno de estudio.

Racionalidad. A partir de la visión de racionalidad ambiental (Leff, 2009), la gnoseología usada en esta investigación, incluye los siguientes aspectos:

- **Holístico.** El fenómeno se estudia de manera integral a través de cuatro dimensiones: ambiental, económica, social, e institucional, las cuales conforman un sistema biosocial interrelacionado. La sustentabilidad, se propone aquí, se finca en el equilibrio de esta interrelación.
- **Dialéctico.** El vínculo sociedad - naturaleza está en permanente transformación, ambas partes del todo biosocial, ejercen acciones que influyen en la otra parte. Las características que toman estas acciones, en términos positivos o negativos derivan también del nivel de sustentabilidad alcanzado.
- **Material.** Las condiciones de vulnerabilidad al cambio climático que enfrenta la sociedad mexicana, son estudiadas a partir de las transformaciones en el modelo económico habido en la década de los años ochenta del siglo pasado, y a las cuales se considera como el origen estructural de dichas condiciones.
- **Espacial.** El estudio de la vulnerabilidad en esta investigación se realiza a nivel estatal, lo que se piensa, posibilita una mayor riqueza al análisis, debido principalmente a la calidad de la información disponible en ese nivel que no se encuentra en el espacio municipal.

Epistemología utilizada

Las herramientas epistemológicas (Limoeiro 1987) que llevarán el peso analítico de esta investigación, son divididas en dos partes, en donde la primera de ellas abarca los conceptos que sirven como explicación descriptiva (Método deductivo), y la segunda parte se forma con las variables operacionales sustentadas en indicadores (Método inductivo).

Componentes teóricos

Se definen a continuación los componentes teóricos que integran la investigación y que servirán para comprobar la hipótesis de trabajo.

- **Desarrollo sustentable.** El concepto de *desarrollo sustentable* a nivel teórico deductivo, es un punto de arranque fundamental para concebir la dinámica de la realidad (**ver anexo 1, Visiones sobre el concepto de desarrollo sustentable**). En México es más común utilizar este término en vez de *desarrollo sostenible*, el cual es preferido por organismos como la CEPAL para describir la dinámica que existe entre los aspectos económico, social, ambiental e institucional.
- **Multidimensionalidad.** La realidad presenta cuatro distintas dimensiones, (ambiental, económica, social, e institucional) en cada una de las cuales interviene la acción humana organizada socialmente. Las dimensiones no están separadas entre sí, sino que interactúan y se condicionan mutuamente dependiendo del contexto histórico particular de cada sociedad.
- **Vulnerabilidad al cambio climático.-** La vulnerabilidad al cambio climático, se determina y explica por las condiciones subyacentes actuales que tiene la sociedad frente a los diferentes impactos que genera el fenómeno. Para su estudio, esta investigación propone cuatro componentes, los cuales se asimilan a las cuatro dimensiones de la sustentabilidad:
 - **Exposición (dimensión ambiental).-** Explica la afectación a que son sujetos los recursos naturales y la sociedad, en este caso por la exposición al cambio climático. (O'Brien y Leichenko, 2000; O'Brien, Lietchenko, et, al, 2004; Belliveau, et al 2006; IPCC 2003, 2007).
 - **Sensibilidad (dimensión económica).-** Explica el nivel de impacto del cambio climático, en sectores productivos de la economía y la población que los compone (Stern, 2007; Galindo 2010; CEPAL 2011, 2012).
 - **Resistencia (dimensión social).-** Analiza las condiciones de vida en que se encuentra la población, que la hace apta o no para prevenir, resistir, y superar

los efectos del cambio climático (Luers, et al, 2003; Turner, et al, 2003 Sidle, et al, 2004; Hanh, Riederer y Foster, 2009; CEPAL, 2010).

- **Capacidad de adaptación (dimensión institucional).**- Estudia el nivel de organización política y social existente para hacer frente al cambio climático.(Gallopín, 2006; Smit y Wandel, 2006; Manuel-Navarrete, et al, 2007;Urwin y Jordan, 2008; IPCC,2008; Heltberg, Siegel y Jorgensen, 2009; Posey, 2009; Nielsen y Reenberg, 2010; Few y Tran, 2010; Vega-López, 2011).

Escala óptima de sustentabilidad.- Se considera como el punto en el cual la utilización de los recursos naturales, la eficiencia de las actividades productivas, las condiciones generales de vida de la población, y la gobernanza y cohesión social, permiten la adaptación efectiva a los impactos del cambio climático, disminuyendo la vulnerabilidad. A partir de la idea de Daly y Farley (2004), la sustentabilidad debe basarse en el punto en el cual la utilidad marginal en la utilización de los recursos naturales, se iguala al incremento marginal de los costos del uso de estos recursos.

Vulnerabilidad estructural. Se refiere a las condiciones de la formación económica – social mexicana, que determinan el nivel de afectación a los impactos del cambio climático; estas condiciones varían de acuerdo a la particularidad de cada Estado del país (Bassolls, 1970; Tamayo, 1982; Delgadillo, 2001;).

Vulnerabilidad ambiental. Describe el estado de agotamiento que presentan los recursos naturales, sin tomar en cuenta la exposición a eventos meteorológicos extremos. (CONABIO, 2008; SEMARNAT, 2009; CONAGUA, 2012).

Vulnerabilidad económica. Expresa el grado de sensibilidad potencial de las actividades productivas del sector primario y turístico a partir de los impactos esperados del cambio climático (INE, 2006b, 2006c; 2008b; Galindo, 2010).

Vulnerabilidad social. Describe el estado de las condiciones de vida generales de la población a fin de determinar el nivel de resistencia ante los efectos del cambio climático (CENAPRED, 1994; CONAPO 2005; CONEVAL, 2008, 2010, 2010b, 2013).

Vulnerabilidad institucional. Muestra el nivel de prioridades y organización política y social a través de su capacidad de adaptación, para tomar acciones que permitan disminuir los impactos del cambio climático (INE 2008; INEGI, 2010).

Componentes operacionales

Las 21 variables y 23 indicadores en las cuales se apoya el cuerpo teórico de esta investigación, están agrupadas en las cuatro dimensiones del desarrollo sustentable, y tienen relación con los efectos del cambio climático, asumiendo que tales efectos, de manera general, tendrán un impacto negativo en la formación social – ambiental de México. A continuación se enlistan los componentes operacionales de esta investigación.

Componentes de la dimensión ambiental (exposición)

1. COMPONENTE: DISPONIBILIDAD DE AGUA.
2. COMPONENTE: DEGRADACIÓN DE SUELO.
3. COMPONENTE: BIODIVERSIDAD.
4. COMPONENTE: VARIABILIDAD CLIMÁTICA.

Componentes de la dimensión económica (sensibilidad)

5. COMPONENTE: ACTIVIDADES PRODUCTIVAS POR SECTOR.
6. COMPONENTE: INGRESO ECONÓMICO.
7. COMPONENTE: SUBEMPLEO Y DESOCUPACIÓN.

Componentes de la dimensión social (resistencia)

8. COMPONENTE: POBLACIÓN VULNERABLE POR EDAD.
9. COMPONENTE: ACCESO A SERVICIOS DE SALUD.
10. COMPONENTE: CALIDAD DE LA VIVIENDA.
11. COMPONENTE: ACCESO A EDUCACIÓN.
12. COMPONENTE: SEGURIDAD ALIMENTARIA.
13. COMPONENTE: TRANSPARENCIA Y LEGITIMIDAD GUBERNAMENTAL.
14. COMPONENTE: COHESIÓN SOCIAL.
15. COMPONENTE: DISPERSIÓN GEOGRÁFICA.

Componentes de la dimensión institucional (capacidad de adaptación)

16. COMPONENTE: ORGANIZACIÓN SOCIAL.
17. COMPONENTE: PRIORIDADES PRESUPUESTALES.
18. COMPONENTE: CONSERVACIÓN DE ECOSISTEMAS.
19. COMPONENTE: ACCIONES GUBERNAMENTALES DE ADAPTACIÓN.
20. COMPONENTE: INFRAESTRUCTURA ECONÓMICA.
21. COMPONENTE: MEDIDAS GUBERNAMENTALES DE ADAPTACIÓN.

Se presentan más adelante y de manera detallada, cada uno de los componentes mencionados y sus indicadores, la justificación de su importancia para ésta investigación y su alineación con el cambio climático. Es pertinente señalar el consenso internacional existente acerca de los componentes que ofrecen mejor nivel explicativo acerca del fenómeno climático; en distintos trabajos realizados por organizaciones no gubernamentales y gobiernos, estos componentes aparecen, con los matices del caso, casi reiteradamente. (Prescott, 2001).

Características Técnicas de la base de datos

Se presentan los indicadores agrupados en su dimensión.

Dimensión Social/ Resistencia:

1. Porcentaje del Estado en edad vulnerable (entre 0 y 4 años de edad y arriba de 65 años).

Fuente: Iris 4.0

Elaboración:

$$\frac{\text{población entre 0 y 4 años} + \text{población mayor a 65 años}}{\text{población total}}$$

2. Porcentaje de la población con acceso a los servicios de salud.

Fuente: Estimaciones del CONEVAL con base en el MCS-ENIGH 2008.

3. Calidad y espacio de la vivienda.

Fuente: Estimaciones del CONEVAL con base en el MCS-ENIGH 2008.

4. Porcentaje de la población del estado con rezago educativo.

Fuente: Estimaciones del CONEVAL con base en el MCS-ENIGH 2008.

5. Porcentaje de la población del estado con carencia de alimentación.

Fuente: Estimaciones del CONEVAL con base en el MCS-ENIGH 2008.

6. Transparencia gubernamental (Índice Nacional de Corrupción y Buen Gobierno).

Fuente: Índice Nacional de Corrupción y buen Gobierno 2010 de Transparencia Mexicana.

7. Tasa de incidencia delictiva por entidad federativa 2010.

Fuente: ENVIPE 2011.

8. Índice de accesibilidad (antes Dispersión geográfica de la población estatal).

Fuente: Atlas de la red carretera 2011 e Iris 4.0.

Elaboración:

$$\frac{1}{3} * \frac{\text{Población en lugares con menos de 5000 habitantes}}{\text{Población total}} + \frac{2}{3} * \frac{\text{Extension en km de carreteras secundarias}}{\text{Extensión total de carreteras}}$$

Dimensión Institucional/Capacidad de Adaptación

1. Proporción de organizaciones civiles en el estado.

Fuente: INEGI, Directorio de empresas ambientales:

<http://www.medioambienteonline.com/site/root/market/directory/index.html?country=MX>,

Directorio ambiental: <http://www.ecodir.com.mx/>, Directorio Mexicano de

conservación: <http://www.directoriodelaconservacion.org.mx/directorio/> y Canacintra.

Elaboración:

$$\frac{\text{Número de organizaciones civiles}}{\text{Población total de la entidad}}$$

2. Porcentaje de presupuesto dedicado a la atención de los asuntos ambientales y de protección civil, con respecto al total del Estado.

Fuente: Presupuesto de Egresos 2010 de cada estado.

Elaboración:

Presupuesto destinado programas de medio ambiente
Presupuesto total

3. Porcentaje de áreas naturales protegidas con respecto al total del estado.
Fuente: www.imco.org.mx Instituto Mexicano para la Competitividad (IMCO). Índice de Competitividad Estatal 2010. La caja negra del gasto público. Anexo estadístico, 2010.
4. Planes de protección civil en el estado.
Fuente: <http://www.proteccioncivil.gob.mx/es/ProteccionCivil>.
5. Programas estatales de acción climática.
Fuente: INE.
6. Índice de Infraestructura económica del estado.
Fuente: Elaborado con datos obtenidos de Iris 4.0 (Ferrocarriles), INEGI 2010. (Electricidad, Teléfono, Aeropuertos, Presas) y del Atlas de la red carretera 2011.
Variables y pesos otorgados para la elaboración del índice:
$$\text{Viviendas con electricidad}(0.25) + \text{Viviendas con teléfono} (0.1) + \text{Aereopuertos}(.15) \\ + \text{Presas}(.15) + \text{Ferrocarriles}(.1) + \text{Carreteras}(.25)$$

Dimensión Ambiental/Exposición

1. Sobreexplotación de acuíferos (Extracción/recarga).
Fuente: CONAGUA. Estadísticas del agua 2010.México 2010.
2. Superficie con degradación fuerte y extrema.
Fuente: INE. Cambio porcentual de la vegetación y uso de suelo 1976-2000, nacional y estatal.
3. Cambio en la cobertura vegetal.
Fuente: SEMARNAT.
4. Eventos meteorológicos extremos.
Fuente: CENAPRED.

Dimensión Económica/Sensibilidad

1. Porcentaje de participación del sector primario en el PIB estatal.
Fuente: INEGI 2006.

2. Porcentaje de participación del sector turístico en el PIB estatal.
Fuente: INEGI.
3. Porcentaje de la población en actividades del sector primario y turístico.
Fuente: ENOE 2010.
4. Porcentaje de la población del estado con ingresos de hasta dos salarios mínimos.
Fuente: Iris 4.0.
5. Porcentaje de la población estatal subempleada.
Fuente: Iris 4.0.

Hay cuatro indicadores que presentan información adicional, ya que fueron contruidos como índices a partir de varios indicadores existentes, por ello se ofrece una explicación de cómo se formaron.

Los componentes e indicadores que abajo se describen tienen un signo positivo o negativo (+ -) que simboliza que el indicador suma o resta a la vulnerabilidad.

Alineación de los componentes con el cambio climático

Componentes e indicadores de la dimensión ambiental (exposición)

1. Componente: Disponibilidad de agua.

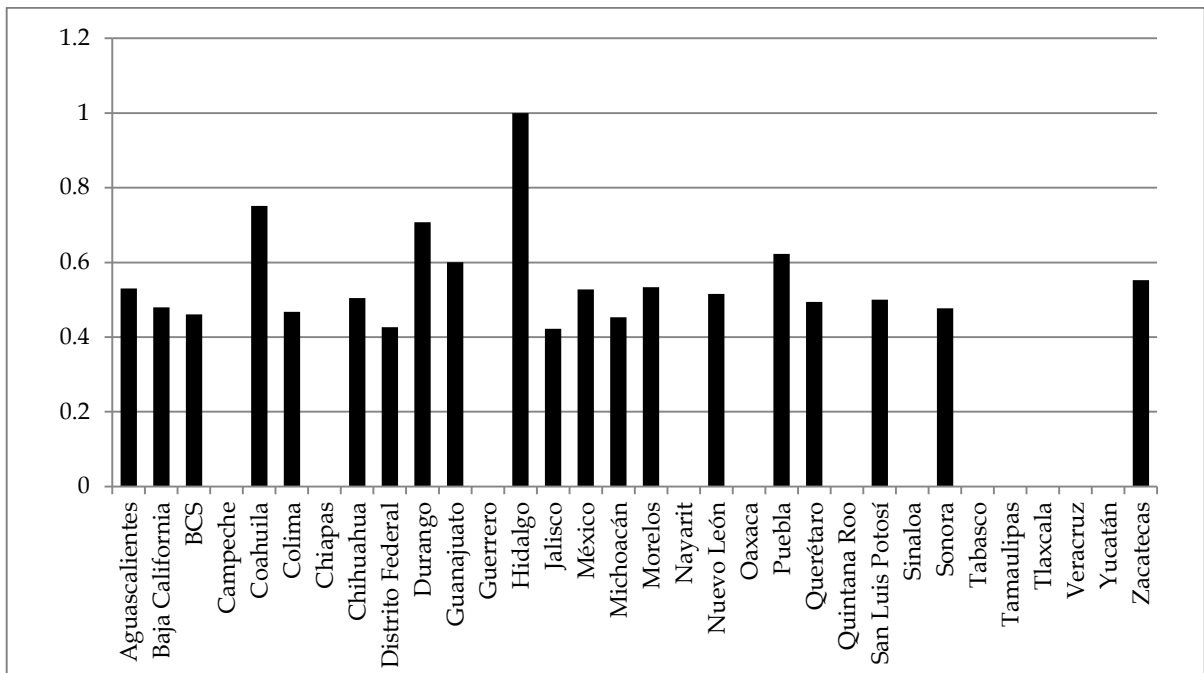
Justificación. El aumento en la temperatura provocará en algunas regiones del país: sequías severas, incremento de la evapotranspiración, cambio en el patrón de lluvias. Estos fenómenos se traducirán en la disminución la disponibilidad de agua.

Alineación con el cambio climático.- Si es mayor la presión sobre los cuerpos de agua la región es más vulnerable ante una disminución de lluvias. La repercusión económica y social de ello es crítica.

Indicador propuesto.- Relación Extracción / recarga en acuíferos.

Referencia: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua: *Atlas de Vulnerabilidad Hídrica, 2010*; Comisión Nacional del Agua, *Anuario Estadístico* (varios años).

Figura 1. Promedio de relación extracción / recarga (+)



Fuente: CONAGUA. Estadísticas del agua 2010. México 2010.

2.- Componente: Degradación de suelo

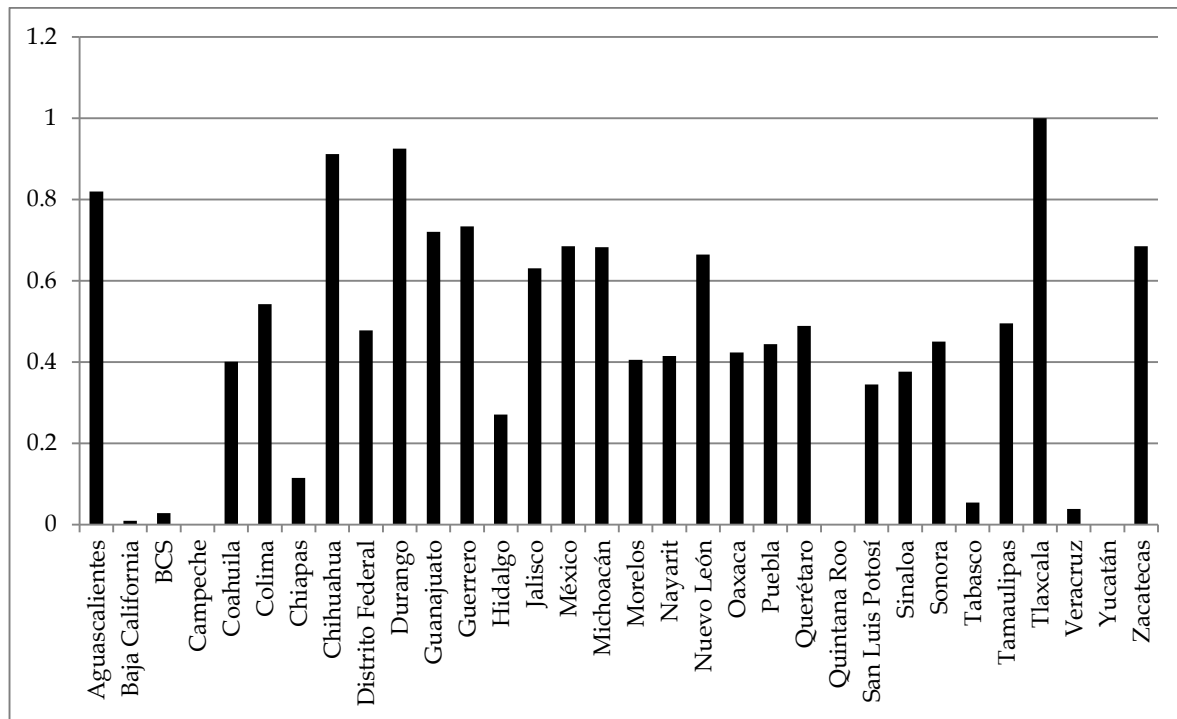
Justificación.- Los eventos extremos como huracanes, provocan grandes avenidas de agua, así como intensos vientos, lo que ocasiona pérdida del suelo, especialmente cuando éste presenta ya deterioro en su calidad.

Alineación con el cambio climático.- Si la calidad del suelo ya se encuentra comprometida, los eventos extremos exacerbarán la pérdida de suelo y su capacidad productiva.

Indicador propuesto.- Superficie con degradación fuerte y extrema.

Referencia: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales: Vulnerabilidad del suelo a los impactos del cambio climático, 2010. Estrategia Nacional de Manejo Sustentable de Tierras, 2010.

Figura 2. Porcentaje de superficie con erosión eólica e hídrica (+)



Fuente: Semarnat-CP. Evaluación de la degradación del suelo causada por el hombre en la República Mexicana, escala 1: 250 000. Memoria Nacional 2001-2002. México.

3. Componente.- Biodiversidad

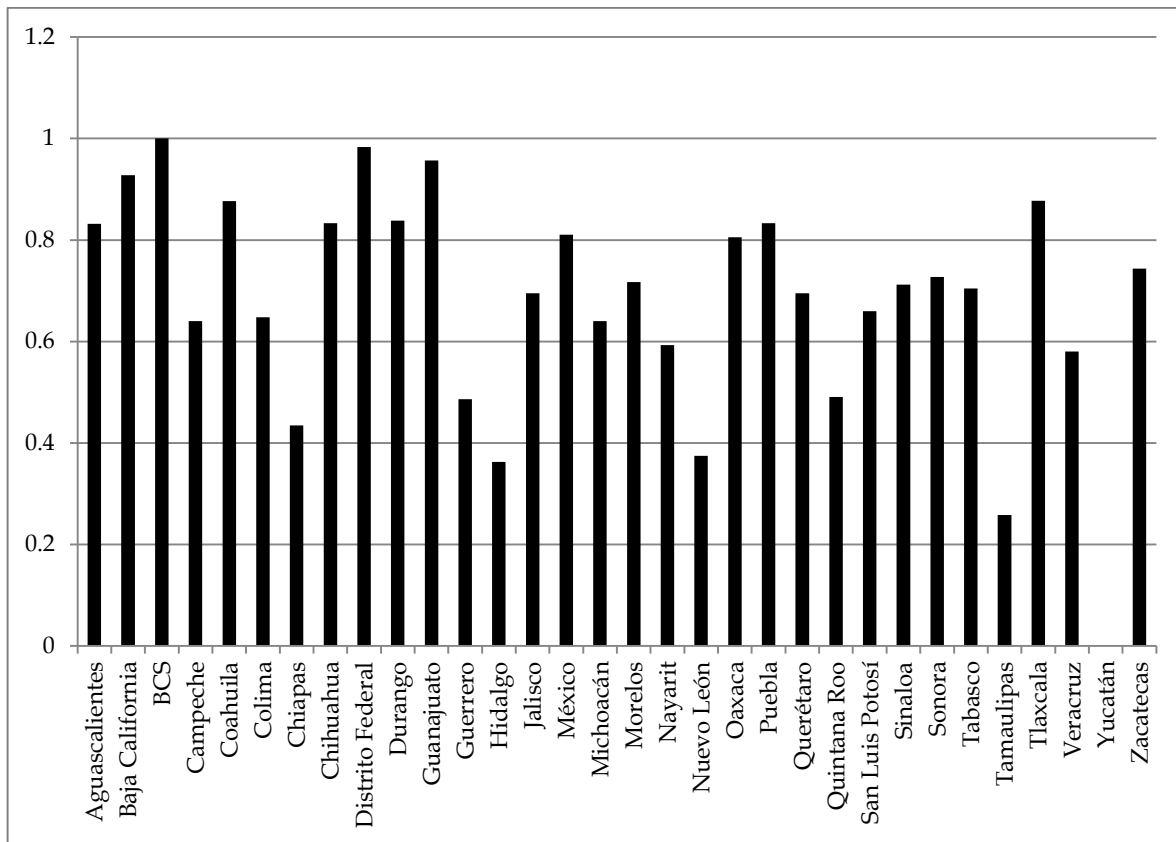
Justificación.- Los cambios en la temperatura y precipitación pueden modificar el patrón de flora y fauna, comprometiendo la biodiversidad. La alteración de los hábitats es uno de los factores que más impactan la biodiversidad.

Alineación con el cambio climático.- La biodiversidad de la región será más vulnerable a los efectos del cambio climático disminuyendo con ello los servicios ambientales y económicos que presta.

Indicador propuesto.- Cambio en la cobertura vegetal de bosques, selvas, matorrales y manglares.

Referencia: International Panel on Climate Change (2007) CONABIO (2010).

Figura 3. Porcentaje de cambio de cobertura de bosques, selvas y matorrales (+)



Fuente: INE. Cambio porcentual de la vegetación y uso de suelo 1976-2000, nacional y estatal.

4. Componente.- Variabilidad climática

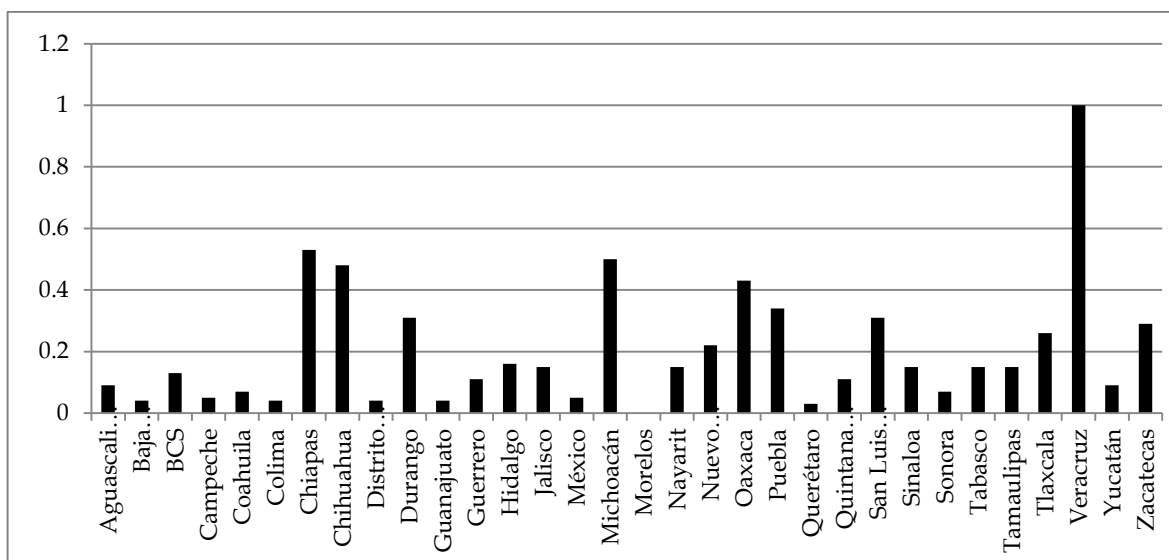
Justificación.- El cambio climático provocará el aumento en la intensidad de los fenómenos climáticos extremos, tales como súper huracanes, lluvias torrenciales, sequías intensas.

Alineación con el cambio climático.- Las regiones costeras, montañosas, planicies bajas o continentales, aumentan su vulnerabilidad geo - física natural, ante la presencia de fenómenos meteorológicos extremos.

Indicador propuesto.- Eventos meteorológicos extremos.

Referencia: Instituto Nacional de Ecología: Comunicación Nacional a la Convención Marco de las Naciones unidas sobre el Cambio Climático (Varias comunicaciones).

Figura 4. Eventos Meteorológicos Extremos (2003-2005) (+)



Fuente: CENAPRED (2003-2005).

Componentes e indicadores de la dimensión económica (sensibilidad)

5. Componente.- Actividades productivas por sector

Justificación.- Las actividades primarias y turísticas están directamente relacionadas con el uso de los recursos naturales.

Alineación con el cambio climático.- La alteración de los ciclos naturales, los eventos meteorológicos extremos, la aparición de plagas dañinas a los cultivos, son todos estos factores que impactarán negativamente en las actividades del sector primario y turístico. El impacto de una disminución de estas actividades será directamente recibido por la población dedicada a ellas.

Indicadores propuestos:

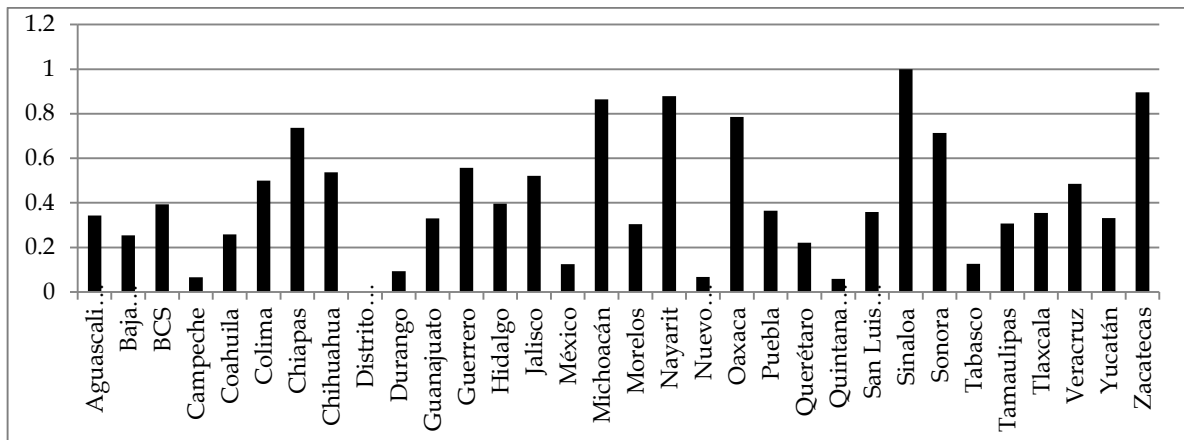
Porcentaje de participación del sector primario en el PIB estatal.

Porcentaje de participación del sector turismo en el PIB estatal.

Porcentaje de la población del Estado dedicada a actividades del sector primario y turístico.

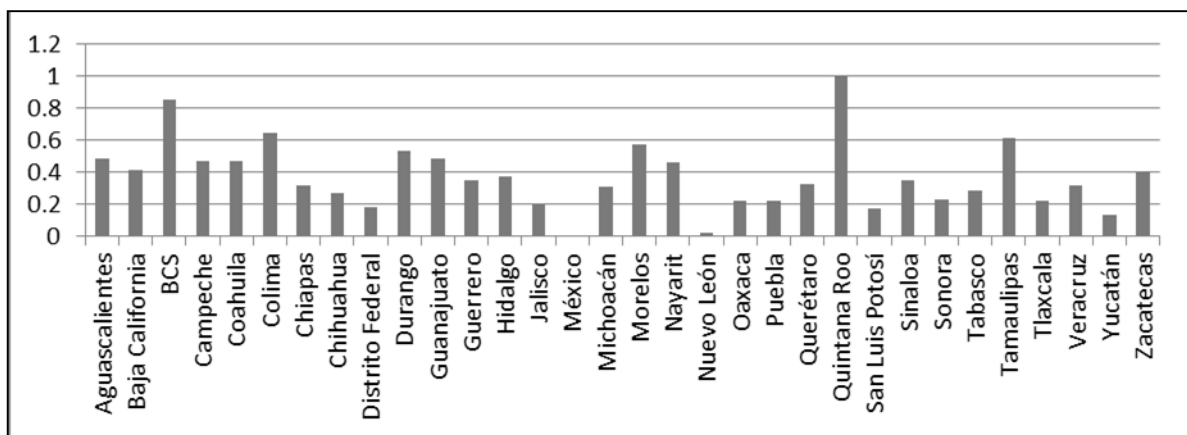
Referencia: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales: *Economía del Cambio Climático en México, 2009.*

Figura 5. Porcentaje de participación del sector primario en el PIB estatal (2009) (+)



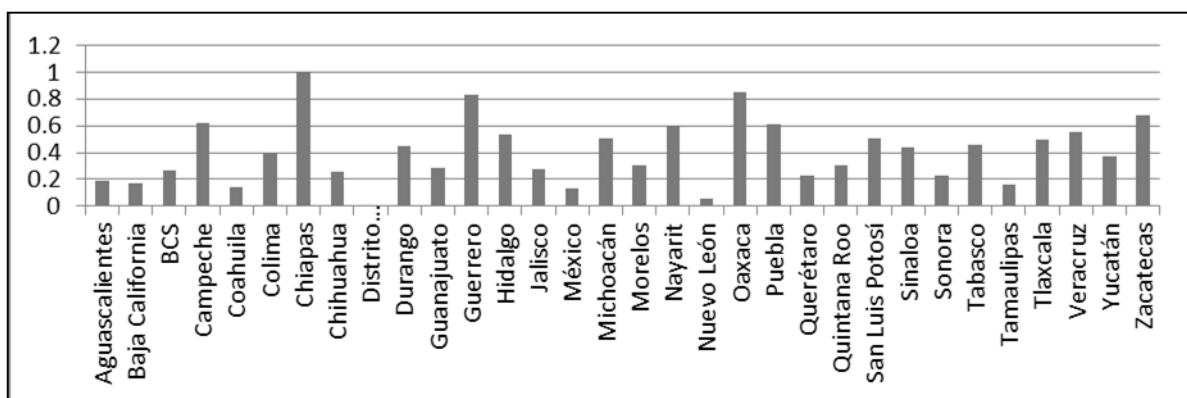
Fuente: INEGI 2009.

Figura 6. Participación del sector turístico en el PIB estatal (+)



Fuente: INEGI 2006.

Figura 7. Porcentaje de la población estatal ocupada en el sector primario (+)



Fuente: ENOE 2010.

6. Componente.- Ingreso Económico

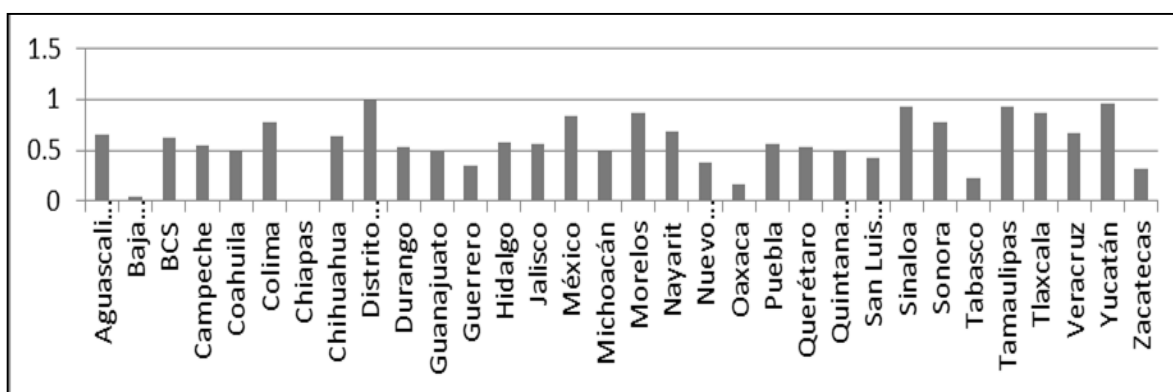
Justificación.- El ingreso económico de las personas, es una variable que determina la capacidad de éstas, a acceder a una serie de activos que le permiten el despliegue integral o no, de sus capacidades humanas.

Alineación con el cambio climático.- La imposibilidad de acceder a activos sustanciales, aumenta la exposición de las personas a distintos efectos del cambio climático (eventos meteorológicos extremos, enfermedades producidas por reaparición de vectores patógenos).

Indicador propuesto.- Porcentaje de la población del estado con ingresos hasta de 2 salarios mínimos.

Referencia: CEPAL, (2010): La Hora de la Equidad.

Figura 8. Porcentaje de la población del estado con ingresos de 1 a 2 salarios mínimos (+)



Fuente: INEGI, Iris 2004

7. Componente.- Subempleo y Desocupación

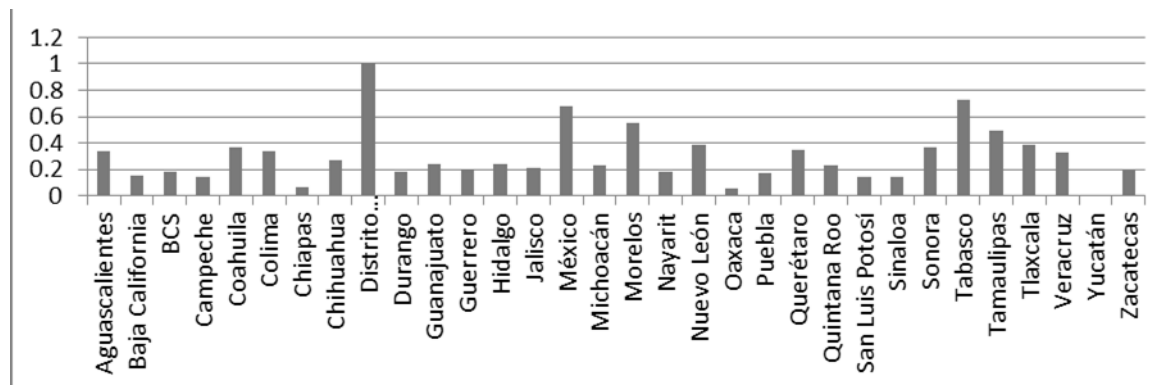
Justificación.- El subempleo, la desocupación o paro laboral forzado, disminuye, si no que elimina, las oportunidades de desarrollo humano de las personas, limitando severamente su movilidad social.

Alineación con el cambio climático.- El cambio climático obliga a la población a llevar a cabo acciones de adaptación en distintos niveles y esferas de la vida. La población desocupada tendrá menores recursos para efectuar esta adaptación.

Indicador propuesto.- Porcentaje de la población estatal subempleada

Referencia: CONAPO: Vivir del Norte: Remesas, Desarrollo y Pobreza en México, 2008.

Figura 9. Porcentaje de la población estatal desocupada (+)



Fuente: INEGI, Iris 4.0.

Componentes e indicadores de la dimensión social (resistencia)

Nota para leer las gráficas: la gráfica mide el nivel de vulnerabilidad, por lo tanto, en esta dimensión, entre más cercano se esté al 1, se es menos resistente.

8. Componente.- Población vulnerable por edad

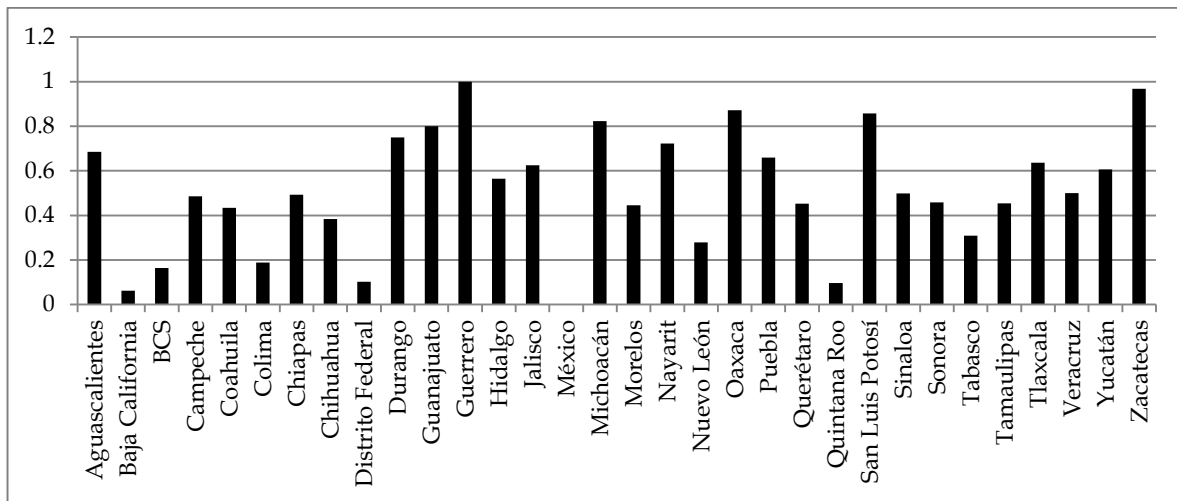
Justificación.- La población que ocupa los dos extremos de la vida (infancia y vejez), es la que tiene menores posibilidades de defenderse por sí misma ante la existencia de una situación de riesgo.

Alineación con el cambio climático.- Los eventos meteorológicos extremos (ciclones, inundaciones, golpes de calor, aparición de vectores patógenos) ponen en riesgo a la población más vulnerable.

Indicador propuesto.- Porcentaje de la población del Estado en edad vulnerable (entre 0 y 4 años de edad y arriba de 65 años).

Referencia: CEPAL: Estructura de oportunidades y vulnerabilidad social. Aproximaciones conceptuales recientes (Filgueira, 2001); INE: Cambio Climático y Salud (2009).

Figura 10. Porcentaje (%) de población vulnerable por edad (+)



Fuente: INEGI, Iris 4.0.

9. Componente.-Acceso a servicios de salud

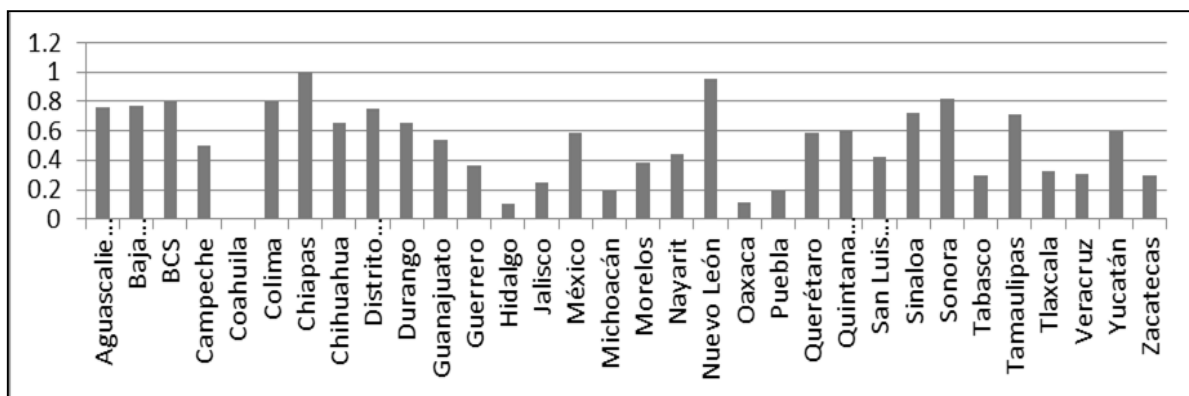
Justificación.- La existencia de servicios de salud, garantiza que la población tiene cobertura ante eventualidades climáticas.

Alineación con el cambio climático.- Además de los servicios de atención sanitaria, los servicios de salud son una forma de organización que permite a la población aminorar los impactos de los eventos meteorológicos catastróficos.

Indicador propuesto.- Porcentaje de acceso a los servicios de salud.

Referencia: Graizbord,B; Mercado, A; Few,R (Coord): Cambio climático, amenazas naturales y salud en México. El Colegio de México, México 2011.

Figura 11. Porcentaje de población con acceso a los servicios de salud (-)



Fuente: Estimaciones del CONEVAL con base en el MCS-ENIGH 2008.

10.-Componente.- Calidad de la vivienda

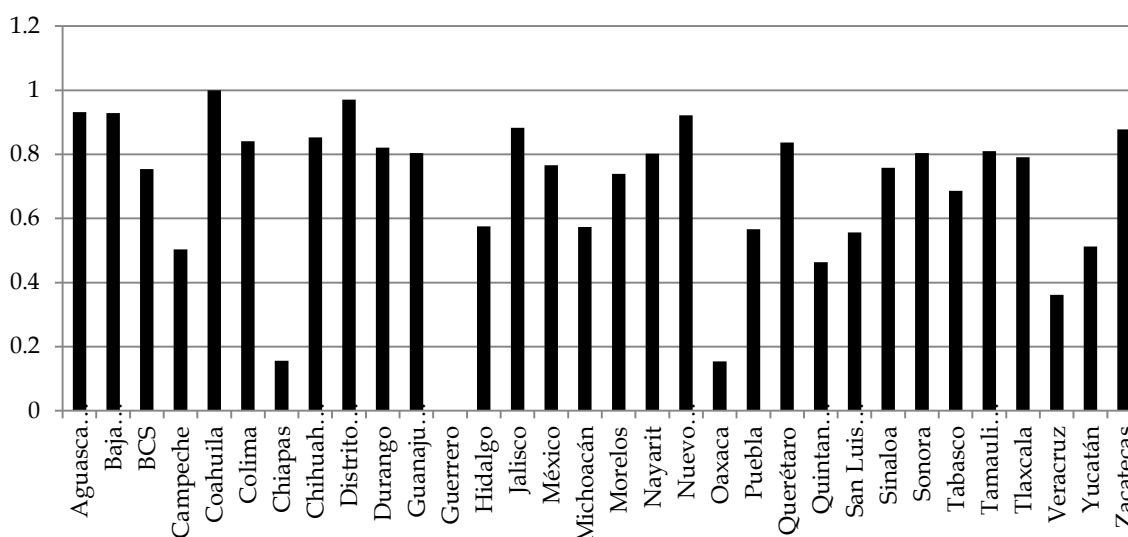
Justificación.- La vivienda garantiza la protección mínima ante eventos climáticos extremos.

Alineación con el cambio climático.- Los materiales de construcción de la vivienda, los espacios disponibles en ésta, son elementos importantes de protección ante fenómenos climáticos extremos.

Indicador propuesto.- Calidad y espacios de la vivienda.

Referencia: CONAPO: Índice de marginación urbana, 2005.

Figura 12. Calidad y espacios de la vivienda (-)



Fuente: Estimaciones del CONEVAL con base en el MCS-ENIGH 2008.

11. Componente.- Acceso a educación.

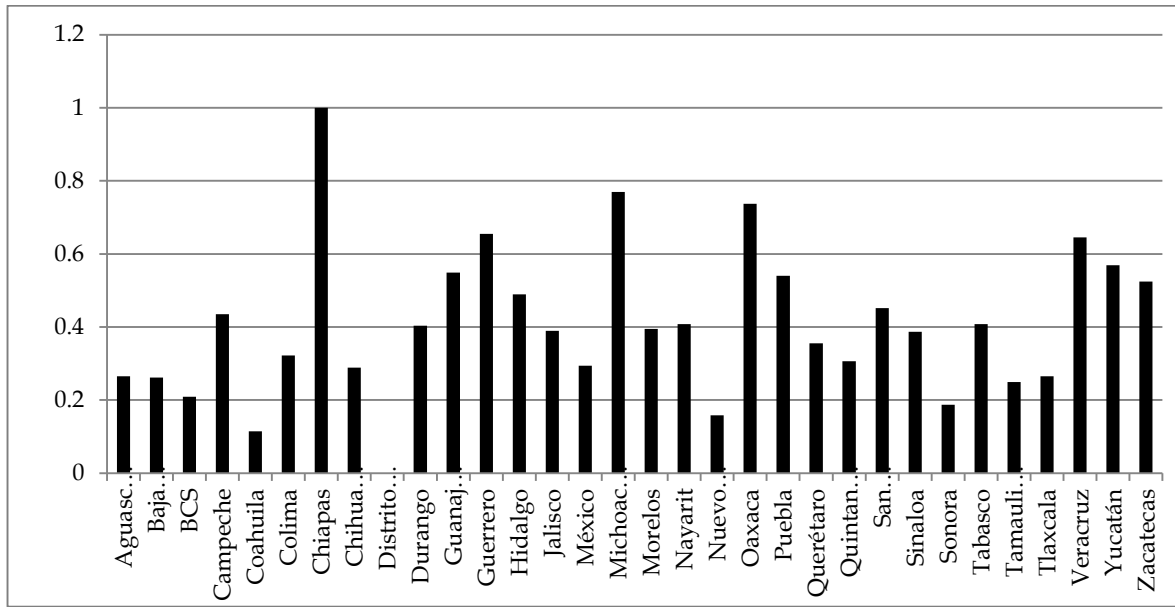
Justificación.- La educación es la herramienta principal para el avance de la sociedad. Lo anterior se manifiesta tanto en términos productivos, como de cohesión y organización social.

Alineación con cambio climático.- La educación permite la disseminación de la información y la toma de actitudes de civilidad ante la presencia de riesgos o catástrofes climáticas.

Indicador propuesto.- Porcentaje de rezago educativo.

Referencia: Estructura de oportunidades y vulnerabilidad social. Aproximaciones conceptuales recientes (Filgueira, 2001).

Figura 13. Rezago Educativo (%) (+)



Fuente: Estimaciones del CONEVAL con base en el MCS-ENIGH 2008.

12. Componente.- Seguridad alimentaria

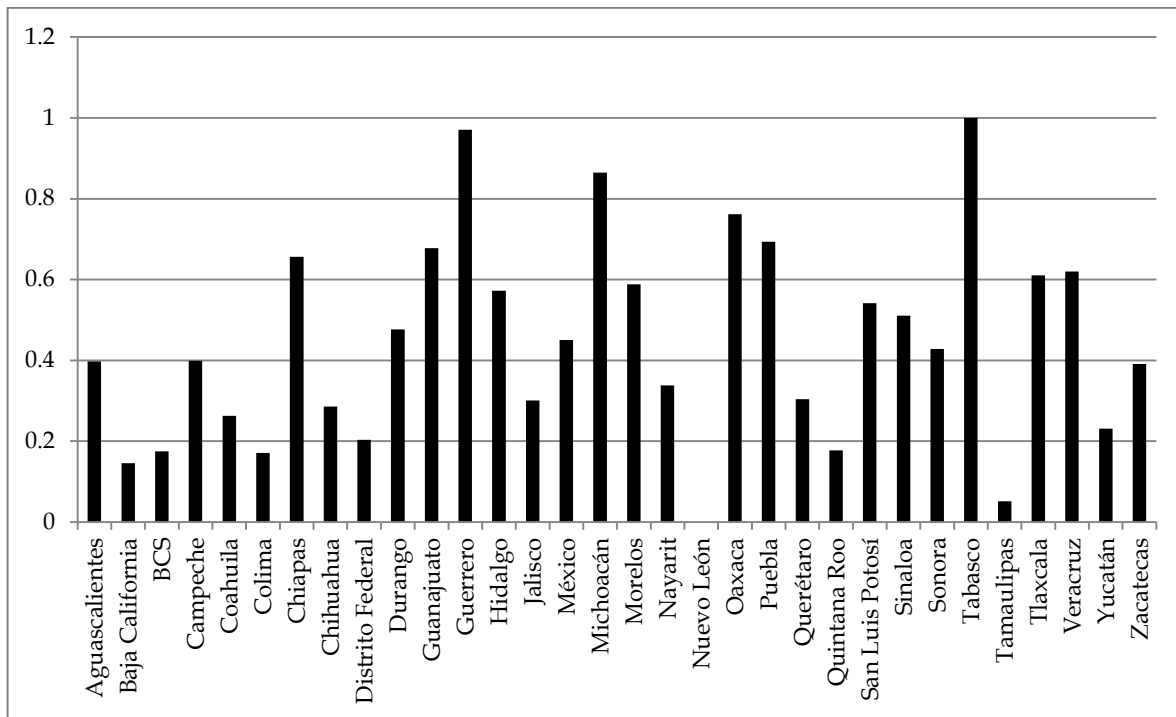
Justificación.- Una alimentación suficiente y equilibrada, contribuye grandemente a incrementar las capacidades de desarrollo del individuo.

Alineación con el cambio climático.- Una población bien alimentada es más resistente a los cambio abruptos en el clima, además de estar más alerta a las acciones de organización social que se toman, ante la presencia de riesgos climáticos.

Indicador propuesto.- Porcentaje de la población con carencia de alimentación.

Referencia: Torres, F: seguridad alimentaria: Seguridad nacional. Instituto de Investigaciones -económicas. UNAM. México, 2006.

Figura 14. Carencia de Acceso a la alimentación (%) (+)



Fuente: Estimaciones del CONEVAL con base en el MCS-ENIGH 2008.

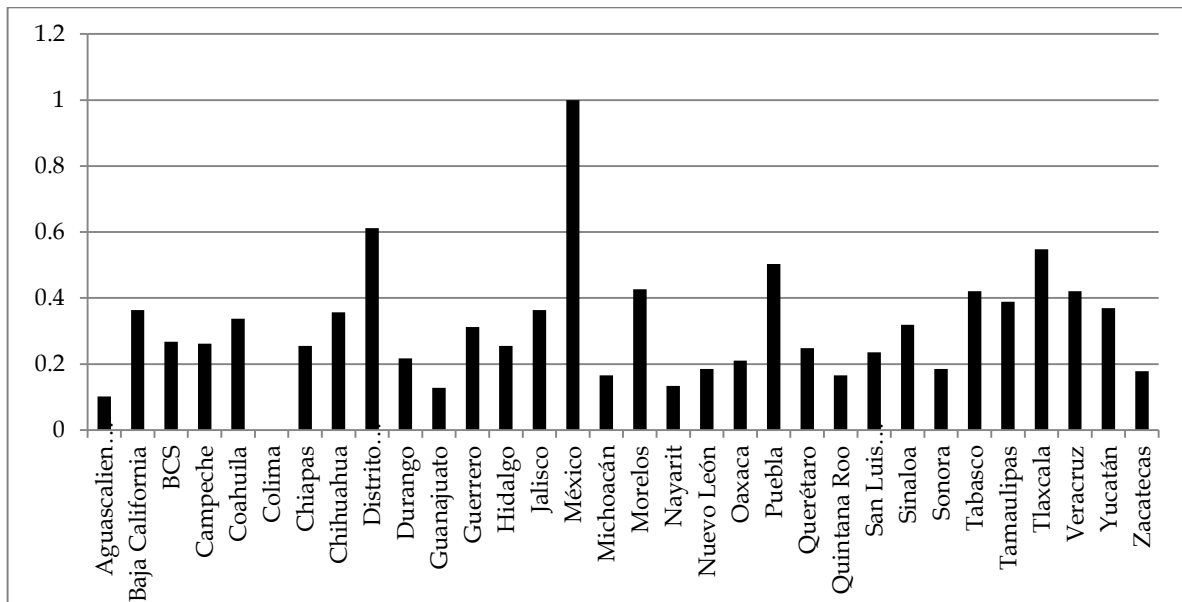
13. Componente: Transparencia y legitimidad gubernamental

Justificación: Como dimensión de la sustentabilidad, la acción del gobierno debe basarse en el respeto y cumplimiento del estado de derecho, en la plena justificación de sus actos, enfocados al bien común, así como en la transparencia de su proceder.

Alienación con el cambio climático: una sociedad es más resiliente en la medida en que su organización política representativa tiene un grado de legitimidad alto, que le permite llevar a cabo acciones de adaptación que contarán con el consenso social. Sin legitimidad y transparencia en el gobierno, las acciones de adaptación, que impliquen esfuerzos sociales mayores, serán más complicadas de realizar.

Indicador propuesto: índice de corrupción y buen gobierno.

Figura 15. Índice de corrupción y buen Gobierno 2007 (+)



Fuente: Índice Nacional de Corrupción y buen Gobierno 2010 de Transparencia Mexicana.

14. Componente: Cohesión social

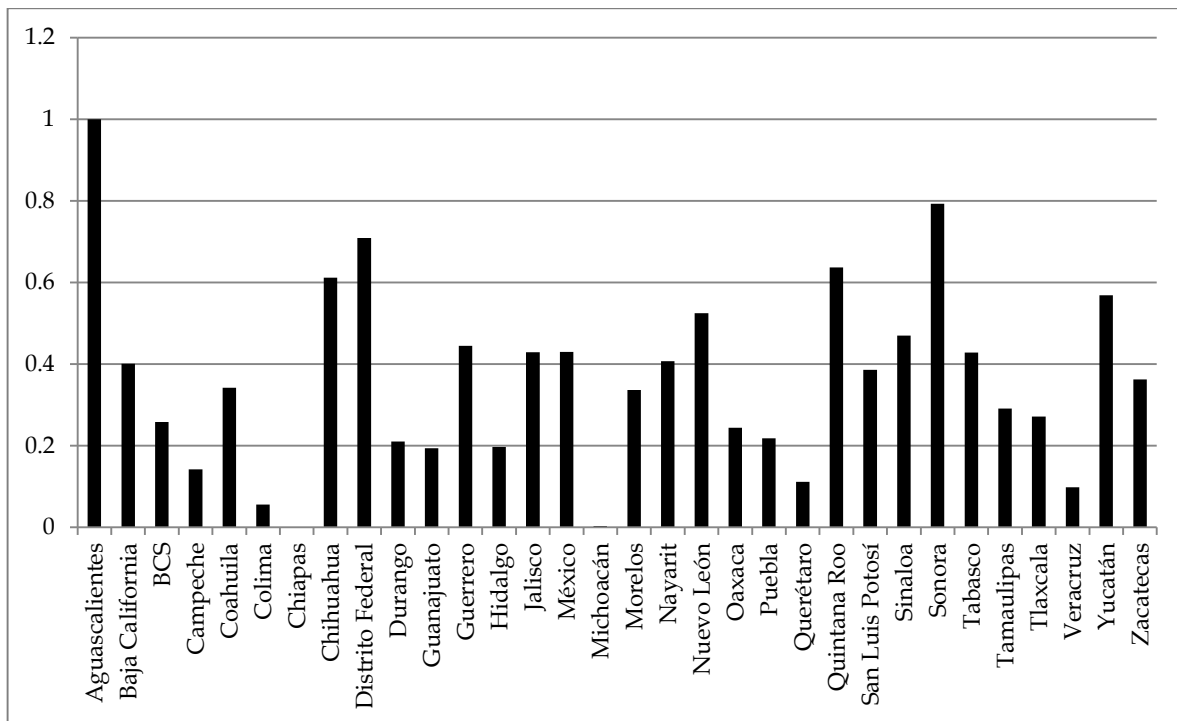
Justificación: Se asume que la sociedad es más apta de organizarse y tomar acciones de auto ayuda, en la medida en que el clima social esté libre de conflicto y alta criminalidad. La cohesión social que surge de una aceptación generalizada del estado de derecho y la responsabilidad individual y comunitaria, es fundamental para el avance de la sociedad.

Alineación con el cambio climático.- Para enfrentar exitosamente las consecuencias del cambio climático, se requiere la participación general, consciente y organizada de la sociedad. Por su naturaleza y magnitud, las acciones de adaptación implica llevar a cabo esfuerzos colectivos e individuales, los cuales se sustentan en la existencia de cohesión social.

Indicador propuesto: índice de conflicto civil en el Estado.

Nota: La tasa se calcula dividiendo el total de delitos en la entidad federativa de ocurrencia, entre la población de 18 años y más residente en ella multiplicada por 100 000 habitantes.

Figura 16. Índice de conflicto civil en el estado (+)



Fuente: ENVIPE 2011.

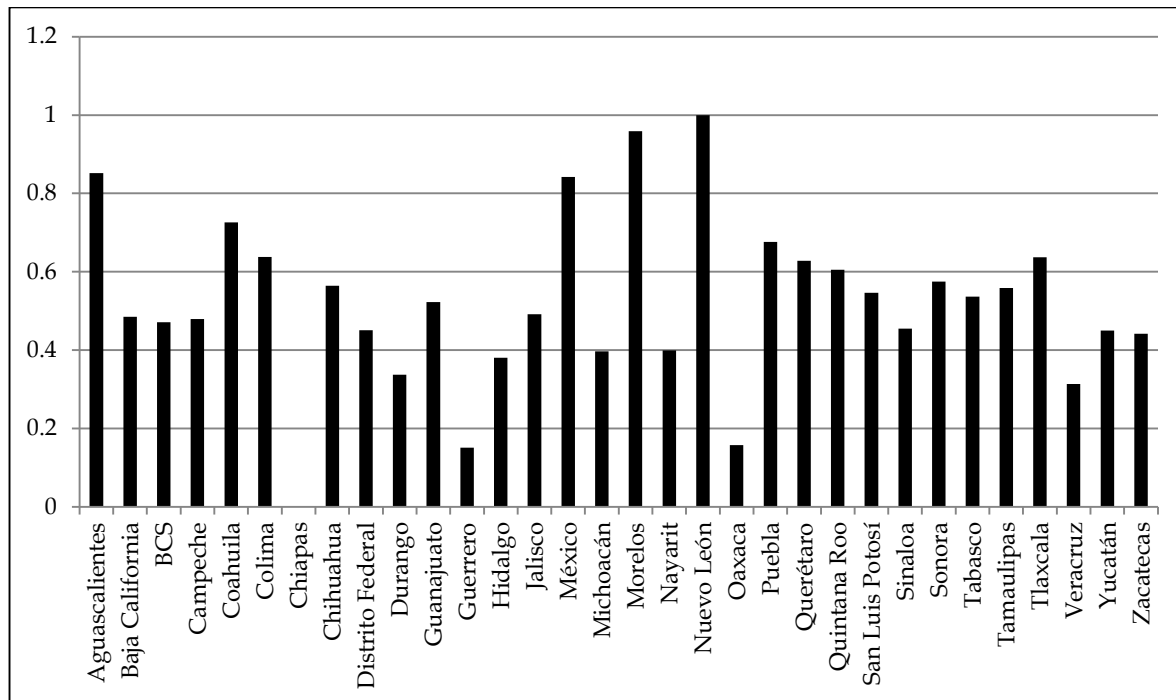
15. Componente: Dispersión geográfica

Justificación: la vulnerabilidad de las comunidades debido a su dispersión geográfica, es un elemento claro de subdesarrollo que marca de manera negativa las capacidades de estas comunidades de hacer frente a retos inesperados.

Alineación con el cambio climático: las comunidades que se encuentran más alejadas de infraestructura económica, social y de comunicación, son menos resilientes a los efectos del cambio ambiental global, en la medida en que la población está más agrupada en comunidades con acceso a los servicios, su vulnerabilidad es consecuentemente menor.

Indicador propuesto: Índice de accesibilidad.

Figura 17. Índice de Accesibilidad (-)



Fuente. Anuario estadístico 2009 SCT (<http://www.sct.gob.mx/uploads/media/ANUARIO2009-final.pdf>), IRIS 4.0.

Componentes e indicadores de la dimensión institucional (capacidad de adaptación).

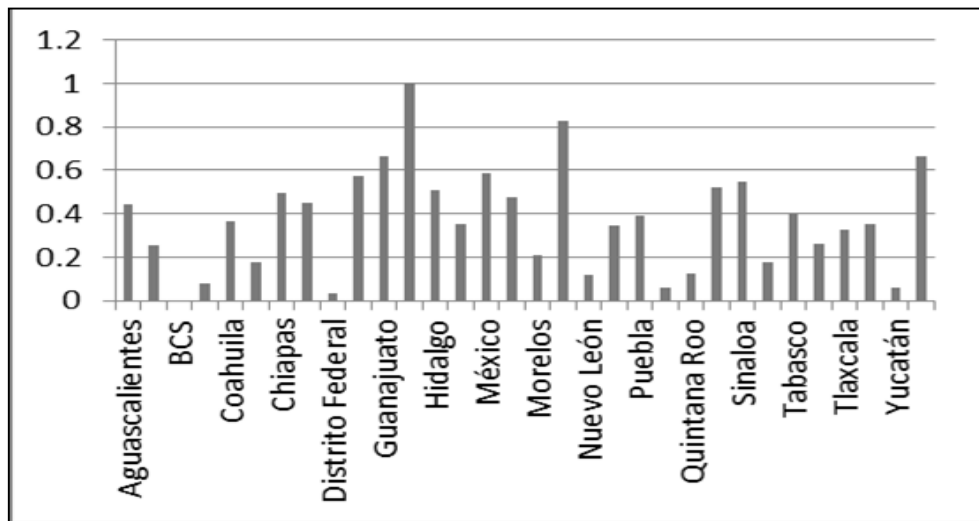
16. Componente.- Organización social

Justificación.- La organización social es un contrapeso natural a la ineficiencia gubernamental; permite que la sociedad, por sí misma, emprenda acciones de autodefensa ante situaciones de riesgo.

Alineación con el cambio climático.- La magnitud del cambio climático y sus impactos, implica que la adaptación sea una acción organizada desde la propia sociedad, quien a través de sus instituciones civiles, emprende acciones de información, mitigación y adaptación.

Indicador propuesto.- Número de organizaciones civiles

Figura 18. Proporción de falta de organizaciones civiles (+)



Fuente. Elaboración propia con datos obtenidos de: El directorio de empresas ambientales (<http://www.medioambienteonline.com/site/root/market/directory/index.html?country=MX>); El directorio ambiental (<http://www.ecodir.com.mx>); Directorio Mexicano de conservación (<http://www.directoriodelaconservacion.org.mx/directorio>); CANACINTRA.

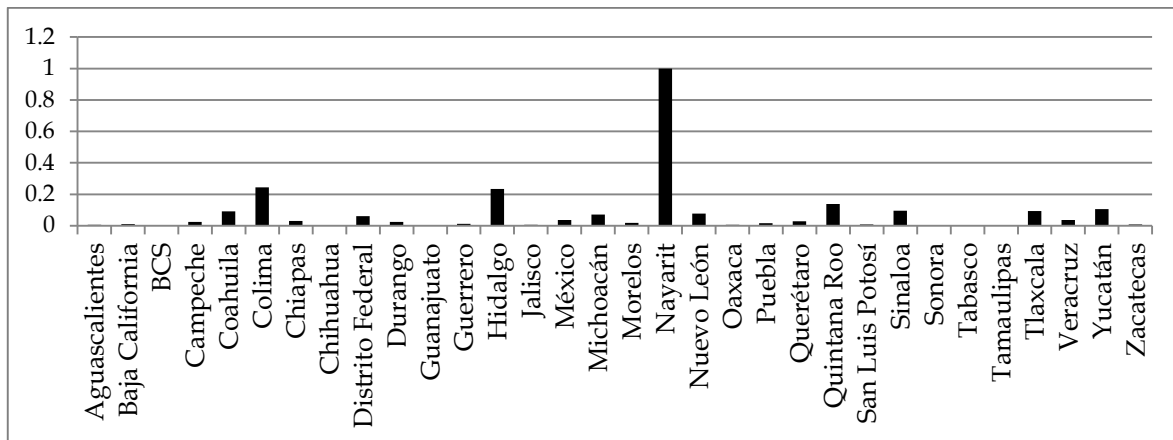
17. Componente.- Prioridades presupuestales

Justificación.- La orientación del presupuesto público hacia la atención de prioridades de primer orden y la existencia de programas de atención de esas prioridades, dan cuenta de una acción premeditada del estado.

Alineación con el cambio climático.- La prioridad que da el Estado a la protección del medio ambiente, tanto como a la prevención y/o atención de los casos de catástrofes ambientales, es muestra de la capacidad de respuesta ante la problemática de los impactos del cambio climático.

Indicador propuesto.- Porcentaje del presupuesto dedicado a la atención de los asuntos ambientales y de protección civil, con respecto al total del Estado.

Figura 19. Porcentaje del presupuesto dedicado a asuntos ambientales (+)



Fuente: Presupuesto de Egresos de cada estado, 2010.

18. Componente: Conservación de ecosistemas

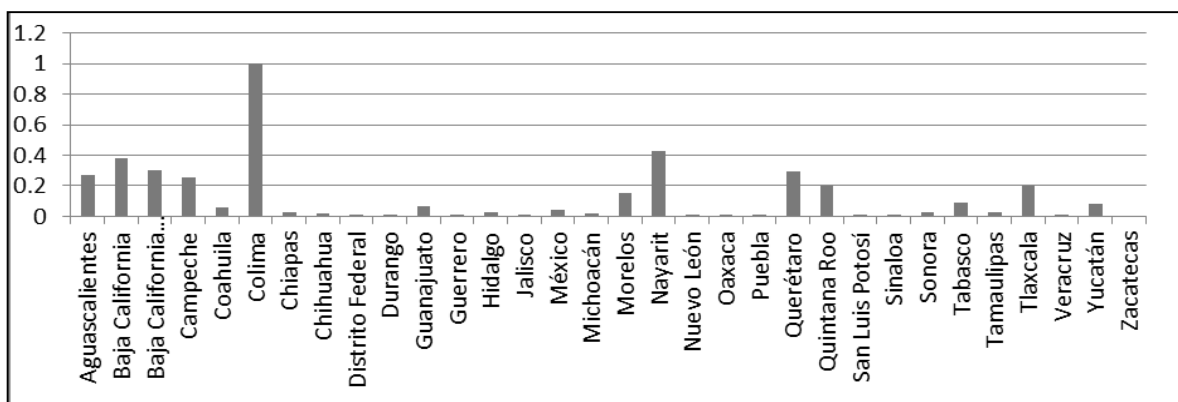
Justificación: la existencia de ecosistemas en estado saludable o no fragmentado, permite garantizar la continuación de la cadena productiva basada en el aprovechamiento de los recursos naturales.

Alineación con el cambio climático: Una sociedad que da prioridad a la conservación y uso sustentable de sus recursos naturales, cuenta con mayores elementos de resiliencia ante los impactos del cambio ambiental global.

Indicador propuesto: Porcentaje de superficie de áreas naturales protegidas con respecto al total del estado.

Referencia: CONANP: Programa de Áreas Naturales Protegidas, 2007-2012

Figura 20. Porcentaje de carencia ANP con respecto al total de la superficie del estado (+)



Fuente. CONANP, 2007.

19. Componente: acciones gubernamentales de adaptación

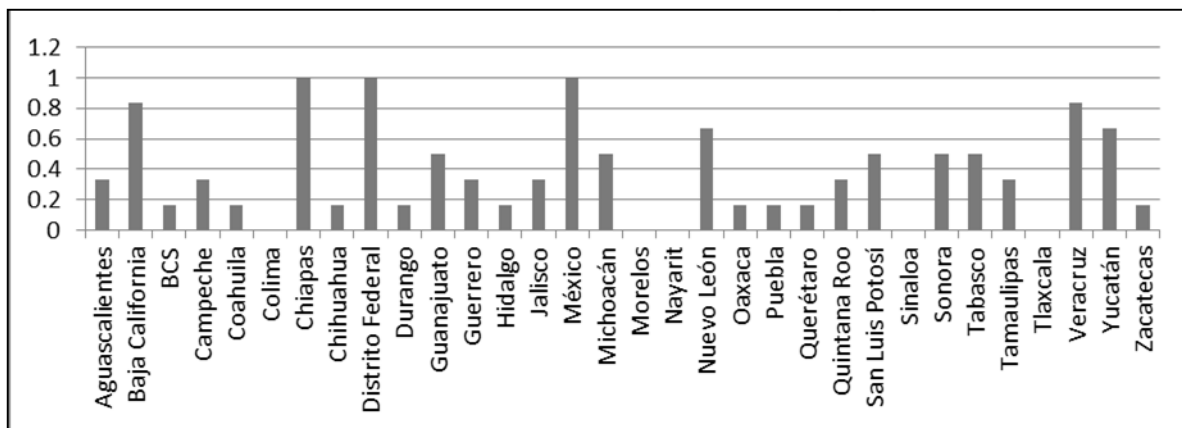
Justificación: la ocurrencia de eventos meteorológicos extremos es un efecto directo del cambio ambiental global, por lo cual, las acciones de adaptación que elabore el gobierno deben incluir los planes de protección civil.

Alineación al cambio climático: las condiciones económicas como sociales que tiene una comunidad, tanto como los planes de acción ante eventos catastróficos o meteorológicos extremos, son aspectos que diferencian el grado de afectación que tendrán tales comunidades ante los eventos señalados y su capacidad de recobrase rápidamente de éstos.

Indicador propuesto: Planes de protección civil en el estado

Referencia: Referencia: Comisión de las Naciones Unidas contra los Desastres: *Informe Anual, 2010.*

Figura 21. Planes de protección civil (-)



Fuente: Páginas de protección civil de estados (<http://www.proteccioncivil.gob.mx/es/ProteccionCivil>).

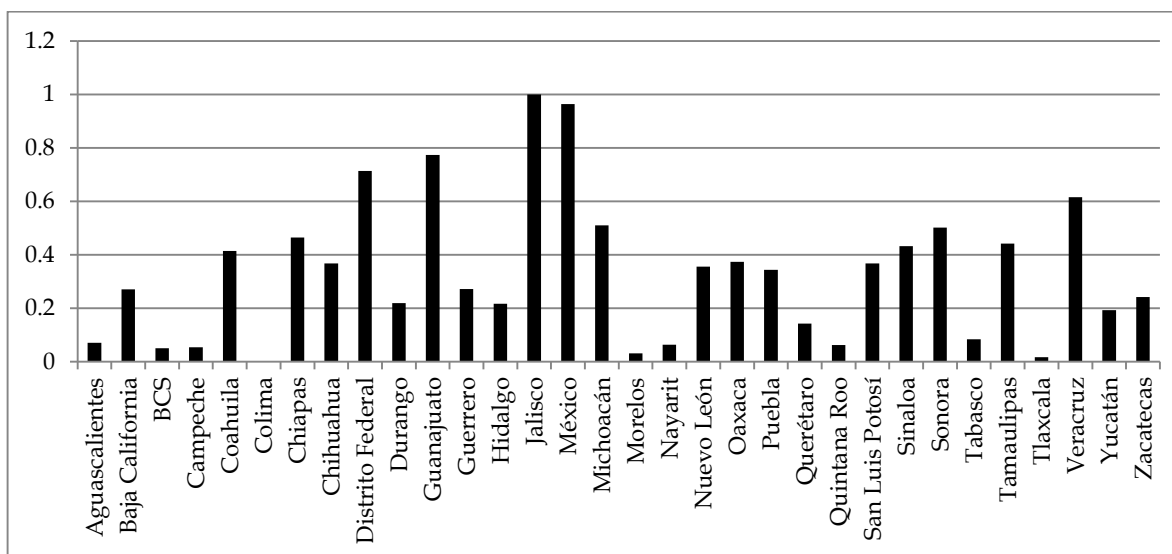
20. Componente.- Infraestructura económica

Justificación.- Los medios y vías de comunicación (carreteras, aeropuertos, telecomunicaciones) son en buena medida, la base estructural del desarrollo económico.

Alineación con el cambio climático.- Los eventos meteorológicos extremos pondrán a prueba la infraestructura económica de los Estados, y con ello la capacidad para mantener los niveles de producción y tránsito de personas y bienes.

Indicador propuesto.- Índice de infraestructura económica (cobertura de electricidad, carreteras, aeropuertos, ferrocarril, presas de almacenamiento de agua, teléfono).

Figura 22. Índice de Infraestructura económica (-)



Fuente: Elaborado con datos obtenidos de Iris 4.0 (Ferrocarriles), Anuario estadístico 2009 de la SCT (Carreteras) e INEGI 2010 (Electricidad, Teléfono, Aeropuertos, Presas).

21. Componente: Medidas gubernamentales de adaptación

Justificación.- La respuesta organizada y planificada que ofrecen las instituciones públicas como forma de adaptación al cambio ambiental global, es sin duda un elemento fundamental para medir el grado de resiliencia que se tiene ante un proceso natural, que como el cambio ambiental global, tomará decenas de años en manifestarse.

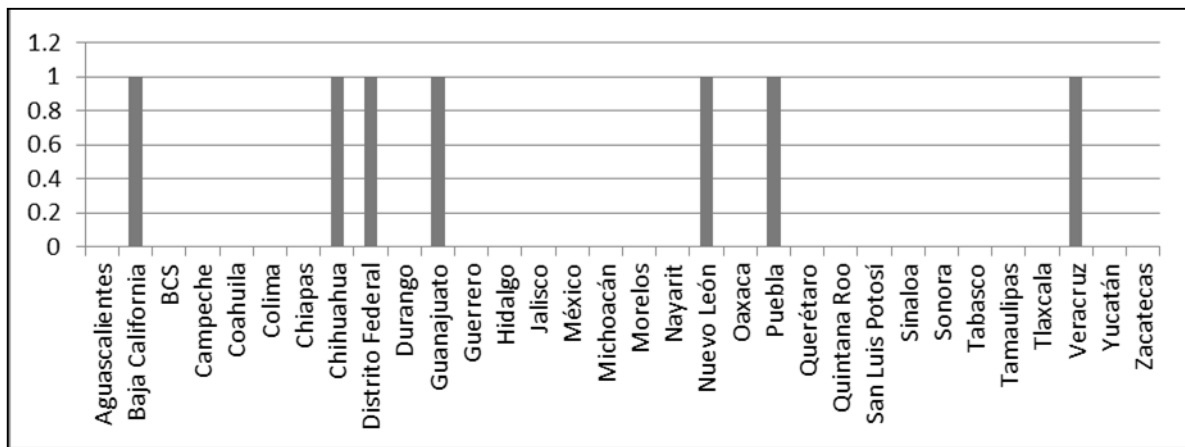
Alineación con el cambio climático.- Los planes estatales ofrecen un marco de organización coherente, a fin de coordinar las acciones sociales, en todos sus rubros

para adaptarse al cambio ambiental global. Es una acción de respuesta que muestra, además del valor del documento, el nivel de preocupación que el tema tiene entre las autoridades y la sociedad en general.

Indicador propuesto.- Plan estatal de acción climática.

Referencia: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales: Programa Especial de Cambio Climático, y Estrategia Nacional de Adaptación.

Figura 23. Programas estatales de acción climática (-)



Fuente: INE, 2011.

Nota: incluye los programas publicados y los terminados pero no publicados.

Una vez que se han definido los componentes mediante los cuales se llevarán a cabo las operaciones estadísticas, se procede a presentar el método utilizado para hacer compatible la operación estadística de los mencionados componentes, tomando en cuenta su carácter diferenciado al proceder de distintas dimensiones.

2.3. METODOLOGÍA

Esta investigación desarrollará tres ecuaciones, que se orientan a evaluar la vulnerabilidad de los estados de México al cambio climático.

La ecuación 1 se destina a la construcción de un índice compuesto bajo un enfoque multidimensional, siguiendo el marco conceptual del desarrollo sustentable.

Por ello y a fin de integrar el índice compuesto, se recurre a la metodología convenida internacionalmente (OCDE, 2008; CEPAL, 2010) cuyos antecedentes se detallan en el capítulo anterior, y la cual se explica a continuación, así como su aplicación concreta en esta investigación.

Las organizaciones mencionadas, establecen 8 pasos o etapas para construir un índice compuesto, como sigue:

1. Desarrollo de un marco conceptual
2. Selección de indicadores
3. Imputación de datos perdidos
4. Análisis multivariado
5. Normalización de los datos
6. Peso y agregación
7. Análisis de sensibilidad
8. Visualización de resultados

A partir de esta guía que proporcionan las estas organizaciones, se procedió a diseñar y construir el Índice Compuesto de Vulnerabilidad al Cambio Climático (ICVCC), que a continuación se detalla. Se sigue el orden de los pasos o etapas que se marcan para la construcción del índice.

Paso 1: Marco conceptual

La Declaración de Río en 1992 incorporó el concepto de *Desarrollo Sustentable* como el paradigma sobre el cual los países se deberían mover para establecer prácticas productivas que favorecieran la producción limpia, posibilitando con ello evitar el deterioro del medio ambiente, que para esos años acusaba ya serios niveles de desequilibrio.

El *Desarrollo Sustentable* de acuerdo a la Declaración de Río se entiende como “la satisfacción de las necesidades sociales actuales sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras de hacer lo propio”. Para lograr lo anterior, el esquema de la sustentabilidad establece el vínculo entre los aspectos económico, social, ambiental e

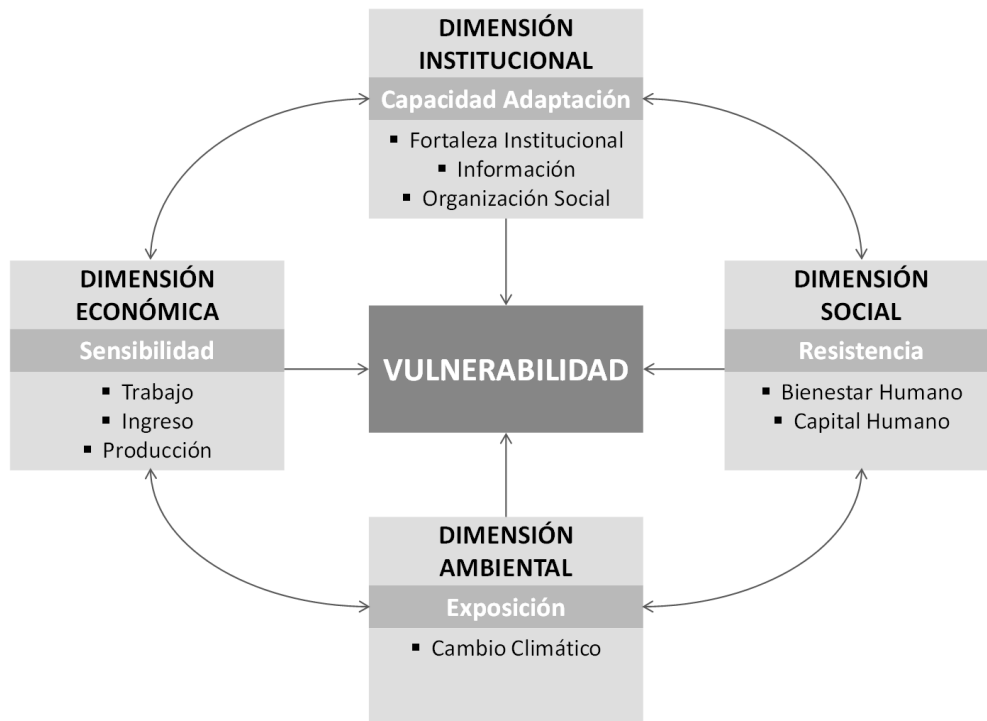
institucional. La sustentabilidad significa el equilibrio entre estas variables que permitirá a la sociedad transitar hacia esquemas equitativos de desarrollo y en consonancia con el medio ambiente.

A partir de este marco conceptual, el índice compuesto que se construye se mueve en los cuatro factores que intervienen en la caracterización ontológica de la vulnerabilidad al cambio climático, señalada en el punto 1.2.

- La *exposición* al cambio climático, se interpreta como la *dimensión ambiental* del modelo teórico del desarrollo sustentable.
- La *sensibilidad* como la *dimensión económica*.
- La *resistencia* como la *dimensión social*.
- La *capacidad de adaptación* como la *dimensión institucional*.

Quedando entonces así la relación:

Figura 24. Análisis de la vulnerabilidad en el marco teórico del desarrollo sustentable



Fuente: elaboración propia a partir de los conceptos de sustentabilidad y vulnerabilidad.

Una vez establecido lo anterior, doy paso a un segundo nivel de explicación teórica que nos aproxima aún más a la dilucidación de nuestro objeto de estudio.

El Método Contextual (Start Point)

En un segundo nivel conceptual, tal y como se adelantó en el punto 1.1, se utiliza el método de *Punto de Inicio* (Start Point), también llamado Método Contextual, o de vulnerabilidad interna (Füssel, 2009) que es una forma teórico - deductiva para acercarse a la comprensión y explicación de la vulnerabilidad. Este método tiende a enfocarse hacia estrategias de desarrollo sustentable para incrementar la capacidad de respuesta de las poblaciones humanas para manejar diversas amenazas. El Método contextual es una alternativa al método más conocido y usado en los análisis realizados, principalmente por el IPCC (2007), el cual es conocido como *Punto Final* (End Point) o *vulnerabilidad como producto o resultado*; el *End Point* se enfoca principalmente a la adaptación tecnológica como forma de minimizar los impactos particulares del cambio climático. A diferencia del método contextual, éste segundo es una forma teórico - inductiva de acercarse al fenómeno.

Así, al seguirse el método deductivo, el Start Point o vulnerabilidad contextual, se expresa de manera concreta en dos aspectos:

- **Exploratorio.** Busca identificar las causalidades de la vulnerabilidad al cambio climático, destacando las variables que determinan la dinámica de tal vulnerabilidad.
- **Normativo.** Una vez habiendo identificado las causalidades, es factible proponer acciones y/o políticas que permitan incidir en la transformación de las causalidades de la vulnerabilidad.

En el cuadro 1 se puede apreciar con claridad las diferencias de enfoque entre las dos posiciones señaladas, en donde la posición del *End point*, o *vulnerabilidad como producto*, es notoriamente la desarrollada por las llamadas ciencias de la atmósfera, mientras que la posición del *Start point*, o *vulnerabilidad contextual*, es la seguida por las ciencias económicas y sociales.

Cuadro 6. Dos interpretaciones de la investigación sobre vulnerabilidad al cambio climático

	INTERPRETACIÓN DE PUNTO FINAL (END POINT)	INTERPRETACIÓN DE PUNTO DE INICIO (START POINT)
Raíz del problema	Cambio climático	Vulnerabilidad social
Contexto de política	Mitigación del cambio climático; compensación; adaptación técnica.	Adaptación social; desarrollo sustentable.
Interrogante de política	¿Cuáles son los beneficios de la mitigación del cambio climático?	¿Cómo puede ser reducida la vulnerabilidad de las sociedades a las amenazas naturales?
Interrogante de investigación	¿Cuáles son los impactos del cambio climático netos esperados en diferentes regiones?	¿Por qué son algunos grupos más afectados a las amenazas climáticas que otros?
Vulnerabilidad y capacidad de adaptación	La capacidad de adaptación determina a la vulnerabilidad.	La vulnerabilidad determina la capacidad de adaptación.
Referencia de capacidad adaptativa	Adaptación al cambio climático futuro.	Adaptación a la actual variabilidad climática.
Análisis de punto de inicio	Escenarios de futuras amenazas climáticas.	Vulnerabilidad actual a estímulos climáticos.
Función analítica	Descriptiva, positivista.	Exploratoria, normativa.
Disciplina principal	Ciencias naturales.	Ciencias sociales.
Significado de "vulnerabilidad"	Daño esperado neto a un nivel dado de cambio climático global.	Susceptibilidad al cambio y a la variabilidad climáticos, determinada por factores socioeconómicos.
Clasificación conceptual	Vulnerabilidad dinámica integrada de escala cruzada (de un sistema particular) al cambio climático global.	Vulnerabilidad socioeconómica interna actual (de una unidad social particular) a todos los estresantes climáticos.
Aproximación de la vulnerabilidad	Integrada; Riesgo /Amenaza	Economía Política

Fuente: Füssel H-M 2007: Vulnerability: A generally applicable conceptual framework for climate change research. Pág 163.

Tenemos entonces dos niveles de acercamiento teórico a nuestro objeto de investigación: el nivel teórico general representado por el marco referencial del

Desarrollo Sustentable, y el marco teórico operativo que ofrece el Método Contextual o Punto de Inicio.

Habiendo resuelto los niveles de análisis teórico, pasemos ahora a unos de los puntos técnicos cruciales, que es la selección de los indicadores que servirán para el sustento empírico de la investigación.

Paso 2: Selección de indicadores

La selección de indicadores implicó la realización de dos aspectos simultáneos:

- Determinar la importancia explicativa del indicador para el tema de cambio climático y vulnerabilidad. Para ello, se recurrió a:
 - revisión de la literatura existente en el tema.
 - opinión de expertos.
 - ejemplos internacionales.
- Identificar aquellos indicadores existentes que cumplieran con las condiciones técnicas requeridas para la elaboración del índice compuesto de esta investigación.- Para determinar este aspecto, se siguió la metodología desarrollada por la OCDE (1994a) para la construcción de indicadores, que establece las siguientes características técnicas:
 - Información medible.
 - Información disponible.
 - Frecuencia de medición adecuada.
 - Relevancia.
 - Claridad.
 - Facilidad para ser interpretada.
 - Consenso internacional.
 - Comparabilidad.
 - Costo - eficiencia.

Para cumplir lo anterior, se consultaron, entre las más importantes, las fuentes de información estadística siguientes:

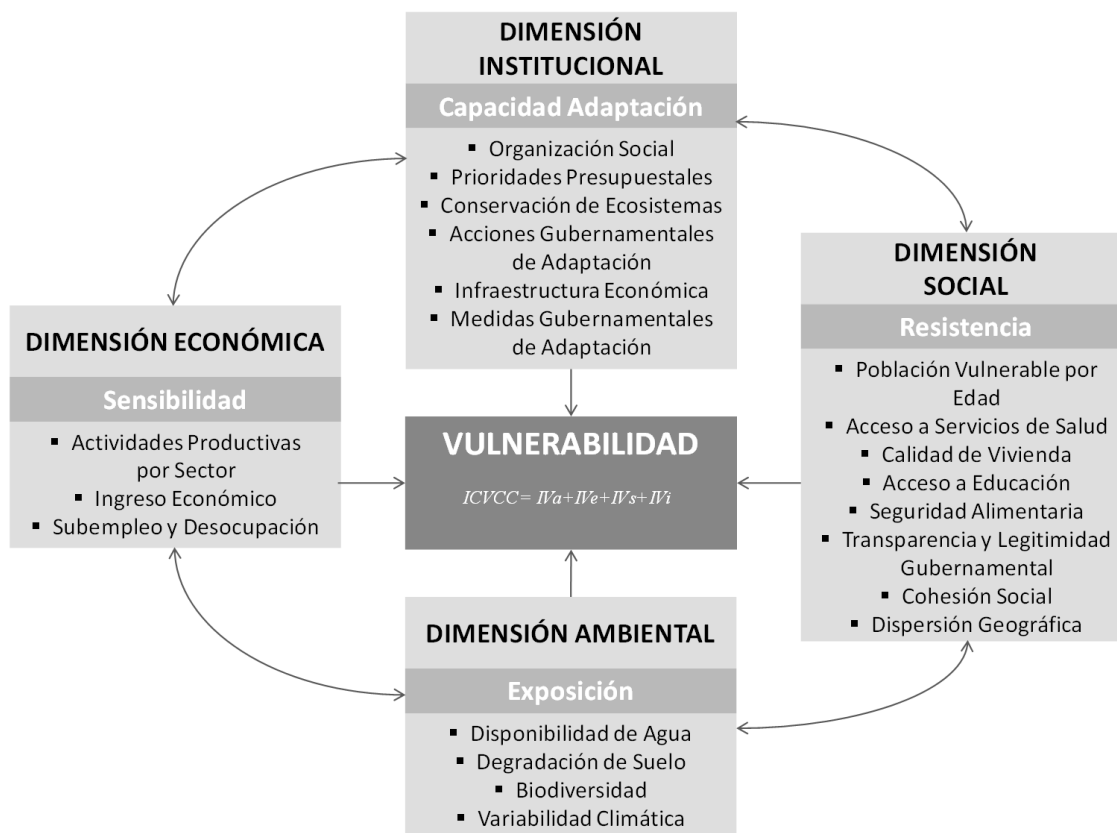
- Instituto Nacional de Ecología: Indicadores para la evaluación del desempeño ambiental en México, 1997 y 2000.

- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales: Sistema Nacional de Información Ambiental; Sistema de Indicadores Básicos del Desempeño Ambiental, 2010.
- INEGI. Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo. Indicadores estratégicos
- INEGI. XII Censo General de Población y Vivienda 2000 y 2010.
- SEGOB, CONAPO, Índice absoluto de marginación 1990-2000.
- Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL), Informe de Evaluación de la Política de Desarrollo Social en México 2008, 2010, 2012.
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, Índice de Desarrollo Humano, 2000.
- Organización de las Naciones Unidas, Objetivos del Milenio, 2000.
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe, Objetivos de Desarrollo del Milenio. Una mirada desde América Latina y el Caribe, 2005.

A partir de la revisión de la información estadística disponible, se construyó una base de datos integrada por 87 variables, las cuales fueron sometidas a las dos consideraciones anteriores, hasta quedar en la lista definitiva sólo 23 variables que son las que se utilizan en esta investigación. Como se verá en el capítulo 3, las variables utilizadas fueron analizadas mediante el uso del Statistical Package for Social Science (SPSS) a fin de corroborar su relevancia estadística.

Siguiendo nuestro marco conceptual, los indicadores seleccionados y mencionados precedentemente en la descripción de los componentes operacionales (Pág. 51), se ubican en cada una de las dimensiones, configurando entonces la base de la primera ecuación que sirve para la construcción del ICVCC en su versión que llamo *tradicional*.

Figura 25. Componentes operacionales incorporados al marco conceptual, como base de la ecuación 1 del ICVCC



Paso 3: imputación de datos

La disponibilidad de información estadística necesaria para la construcción de los indicadores a utilizar, fue suficiente y cumplió con las características técnicas, por lo cual no se requirió *imputar* datos. Este aspecto es relevante, ya que en la construcción de índices compuestos, sobre todo cuando se busca hacer comparaciones entre países, se recurre con frecuencia a la imputación de datos, algo que es considerado como un aspecto débil de los índices compuestos. En el caso de esta investigación, ese aspecto de debilidad no se presenta.

Paso 4: Análisis multivariado

En la Guía Metodológica de la CEPAL citada anteriormente, se propone que con el fin de integrar el índice compuesto, se recurra a métodos estadísticos que

proporcionen información respecto de la estructura de los datos que compondrán el mencionado índice. La CEPAL menciona dos criterios para realizar lo anterior:

- *Análisis de relaciones entre variables.*- Agrupa las variables en sub-indicadores, definiendo una estructura anidada y determinando si la selección de éstas resulta apropiada para describir el fenómeno en cuestión. Para ello es posible recurrir a técnicas estadísticas como el *análisis de componentes principales*, que permite estudiar cómo se interrelacionan estadísticamente las variables del fenómeno que contemplará el índice compuesto.
- *Estudio de relaciones entre unidades de análisis.*-Estableciendo grupos de unidades de análisis vinculadas con su similitud: Para ello se puede recurrir al análisis de conglomerados (*o cluster analysis*).

Entre las dos opciones anteriores, se eligió el método de *análisis de componentes principales* con el fin de demostrar la pertinencia estadística de las 23 variables seleccionadas, que como se señala anteriormente, se detalla en el capítulo 3.

Paso 5: Normalización de los datos

El método de normalización empleado en esta investigación es el denominado Mínimo - Máximo. (**Min -Max**) Este método consiste en transformar los niveles de las variables para llevarlos al intervalo [0,1], empleando la distancia entre los valores mínimos y máximos que la variable adquiere, tomando todos los datos de la variable conjuntamente, esto es, calcular valores que caen en el intervalo [0,1] a través de la ecuación:

$$x = \frac{x' - \min}{\max - \min}$$

De donde:

x' : valor de la variable original.

x : valor de la variable normalizada.

Min: el mínimo de los valores de la muestra. Es importante mencionar que antes de tomar el valor mínimo se descartan los valores atípicos.

Max: el máximo de los valores de la muestra. Es importante mencionar que antes de tomar el valor máximo se descartan los valores atípicos.

Ventajas de la utilización del método Min-Max

El método de normalización Min-Max consiste en aplicar la siguiente operación:

$$x'_i = \frac{x_i - \min\{x_1, \dots, x_n\}}{\max\{x_1, \dots, x_n\} - \min\{x_1, \dots, x_n\}}$$

Con lo que cada indicador $\{x'_1, \dots, x'_n\}$, se encuentra ahora acotado por:

$$0 \leq x'_i \leq 1$$

En donde en particular, $\max\{x'_1, \dots, x'_n\}=1$ y $\min\{x'_1, \dots, x'_n\} = 0$, respectivamente, esto es, la **observación máxima** después de la normalización será igual a 1 y la **observación mínima** después de la normalización será igual a 0.

Este método de normalización brinda la ventaja de que elimina las unidades que pudieran utilizarse en los indicadores o variables, esto es por ejemplo, si la variable $Y = \{y_1, \dots, y_n\}$ fuera medida en kilogramos (kg), se tendría mediante el análisis de unidades.

$$\begin{aligned} y'_i &= \frac{y_i(kg) - \min\{y_1, \dots, y_n\}(kg)}{\max\{y_1, \dots, y_n\}(kg) - \min\{y_1, \dots, y_n\}(kg)} \\ &= \frac{y_i - \min\{y_1, \dots, y_n\}}{\max\{y_1, \dots, y_n\} - \min\{y_1, \dots, y_n\}} \left(\frac{kg}{kg}\right) \\ &= \frac{y_i - \min\{y_1, \dots, y_n\}}{\max\{y_1, \dots, y_n\} - \min\{y_1, \dots, y_n\}} \end{aligned}$$

Así, la nueva variable y'_i ya no tiene ninguna unidad de medida.

La ventaja de tener todas las nuevas variables o indicadores dentro del intervalo $[0,1]$ es que ahora las variables pueden ser manipuladas (matemáticamente) con mayor facilidad pues las variables normalizadas $X', Y', Z', \dots etc$, tienen el mismo rango y carecen ya de unidades.

Como nota adicional esta normalización puede aplicarse a variables que cambien con el tiempo, es decir X^t, Y^t, Z^t, \dots donde t significa un momento determinado en el tiempo, por ejemplo años.

En estas circunstancias puede darse el caso que para una observación futura con

$$x_i^t > \max\{x_1^{t_0}, \dots, x_n^{t_0}\} \text{ Donde } t > t_0$$

y sucedería que si $x'_i > 1$, con lo que el método perdería una de sus finalidades de mantener todas las variables en el intervalo $[0,1]$ y habría que recalculara la normalización con las nuevas observaciones.

Sin embargo en el caso del índice que se propone, como cada variable sólo dispone de una observación en el tiempo, este posible inconveniente no se presenta.

Comparación Con Otros Métodos De Normalización

Se describen a continuación algunos otros métodos de *normalización* existentes haciendo el comentario acerca del porqué no presentan características que sean útiles para los fines de esta investigación.

Método de Estandarización (z-scores)

El proceso de estandarización aplicado a variables o a indicadores es el siguiente:

Sea μ_x =la media estimada del indicador o variable en cuestión.

Sea σ_x =la desviación estándar estimada del indicador o variable en cuestión

Tendremos ahora la nueva variable x'_i :

$$x'_i = \frac{x_i - \mu_x}{\sigma_x}$$

Ahora, es un hecho conocido que las características principales de estas nuevas variables x'_i es que poseen media $\mu=0$ y desviación estándar $\sigma=1$.

Sin embargo los valores de estas nuevas variables no están acotados como en el caso Min-Max donde los valores únicamente pertenecerán al intervalo $[0,1]$. En el caso de la estandarización, la nueva variable x'_i puede tomar valores tanto positivos como negativos, si bien se puede notar que la mayoría de los valores oscilan en el intervalo $(-3,3)$, y sólo en casos muy extremos, se sobrepasa el intervalo $(-6,6)$ sin embargo esto es más heurístico que una ley y se puede obtener cualquier valor.

Esta falta de una escala única dificulta el manejo de las variables y su integración en un indicador compuesto, si bien mantienen en mayor grado la dispersión de los

datos originales, para este trabajo, no necesitamos las propiedades estadísticas de la información, es decir, no nos es de utilidad tener variables con media igual a 0 y desviación estándar igual 1, que es la principal característica de esta normalización y perdemos el intervalo fijo [a,b] que se puede lograr con la normalización Min-Max.

Método de escala categórica

La normalización por medio de una escala categórica consiste en, dado el rango de las variables a utilizar, digamos $25 \leq x_i \leq 150$, con $i = 1, \dots, n$

$$x'_i = \begin{cases} 1 & \text{si } 25 \leq x_i \leq 50 \\ 2 & \text{si } 50 < x_i \leq 100 \\ 3 & \text{si } 100 < x_i \leq 150 \end{cases}$$

Podemos ver que ésta normalización reduce la posible complejidad que la variable original x_i pueda tener, y resulta en una variable x'_i bastante manejable, ahora si bien esto puede hacerse con una variable, es posible encontrar casos en los que otra variable, digamos $10 \leq y_i \leq 50$, deba interpretarse de otra forma, digamos:

$$y'_i = \begin{cases} -1 & \text{si } 10 < y_i \leq 20 \\ 1 & \text{si } 20 < y_i \leq 50 \end{cases}$$

Entonces vemos que las variables X e Y han perdido comparabilidad que hubiera brindado la normalización Min-Max, pues se encuentran en distintas escalas, si bien es un caso didáctico y muy particular, es un buen ejemplo de los problemas que pueden surgir al intentar comparar dos variables o índices para crear un indicador compuesto o manejarlo matemáticamente.

Otro punto en contra de esta normalización, para el caso de este trabajo, es que se pierde variabilidad, es decir, si bien ahora las cantidades numéricas pueden ser más manejables, ya no se representa toda la dispersión de la variable original. Pues la variable, digamos y_i , ya no puede tomar el valor de la infinidad de números del intervalo $10 \leq y_i \leq 50$, si no que su nueva variabilidad se reduce a la variable discreta $y_i = \{-1,1\}$. Siendo ésta la principal crítica de esta normalización.

En este trabajo, al poseer muchas variables, encontrar una escala que engloba las características de todas éstas y establecer intervalos resultaría en una operación muy arbitraria y su implementación presentaría más dificultades que ventajas.

Como información adicional sobre esta normalización, es que si se conoce la distribución probabilística de los datos que se quiere normalizar (este trabajo no es el caso), se pierde la distribución de probabilidad original.

Paso 6: Peso y agregación

La asignación de pesos a las distintas variables que conforman el índice compuesto, es sin duda una de las decisiones clave de la investigación.

Al respecto, la CEPAL (2010) señala: “Existen distintas pautas de agregación que consideran diversas técnicas, cada una de las cuales supone asumir ciertos supuestos de partida específicos (...) Sin embargo, no se debe perder de vista que independientemente de la metodología adoptada, ponderar un conjunto de variables para agregarlas en un único indicador, termina siendo en esencia un juicio de valores que debería explicitar el objetivo que subyace al diseño del indicador. Ello se debe a que no existe metodología objetiva para establecer los pesos de las variables (subrayado mío). Por esta razón, además de trabajar a partir de un marco conceptual consistente suele recurrirse también, a la opinión experta y a la búsqueda de consensos con grupos de interés que sintetizan las prioridades políticas y los puntos de vista” (Pág 61).

Existen distintos métodos para realizar el pesaje de las variables, en el cuadro siguiente se sintetizan aquellos más relevantes de acuerdo a la OCDE (2008).

Cuadro 7. Tabla comparativa de distintos métodos de pesaje

MÉTODO	PROS	CONTRAS
BENEFICIO DE LA DUDA.	<ul style="list-style-type: none"> • El indicador es sensible a las prioridades nacionales en donde los pesos están endógenamente determinados por desempeños observados. • La línea base no está basada sobre límites teóricos, sino sobre una combinación de los mejores desempeños observados. 	<ul style="list-style-type: none"> • Sin la imposición de restricciones (excepto no - negativas) es frecuente tener a muchos países con un indicador compuesto igual a 1 (con muchos países en la frontera). • Podría suceder que existan una multiplicidad de soluciones, haciendo indeterminado el conjunto óptimo de pesos. (Sucede cuando $CI=1$). • El índice recompensa el statu quo, a partir de que para cada país la maximización del problema le otorga mayores pesos a más altos puntajes.

MÉTODO	PROS	CONTRAS
		<ul style="list-style-type: none"> • El mejor desempeño (que con un índice igual a 1) no verá reflejado su progreso en el índice, (que seguirá estancado en 1).
MODELOS DE COMPONENTES NO OBSERVADOS.	<ul style="list-style-type: none"> • Los pesos no dependen de una restricción ad hoc. 	<ul style="list-style-type: none"> • La relevancia y robustez de los resultados dependen de la disposición suficiente de datos. • Con indicadores individuales altamente correlacionados habría problemas de identificación.
ASIGNACIÓN DE PRESUPUESTO.	<ul style="list-style-type: none"> • El peso está basado en opinión de expertos y no en manipulaciones técnicas. • Es probable que la opinión de expertos que aumente la legitimidad del índice y cree un foro de discusión en el cual se forme un consenso para la acción política. 	<ul style="list-style-type: none"> • Los pesos podrían reflejar condiciones locales específicas, imposibilitando que el criterio de los expertos se pueda trasladar de un área a otra. • La asignación de presupuesto sobre un gran número de indicadores puede conducir a los expertos a un stress cognitivo, que implica un pensamiento circular. • El pesaje no mediría la importancia de cada indicador individual, sino la urgencia o necesidad de la intervención política en la dimensión de ése indicador.
OPINIÓN PÚBLICA.	<ul style="list-style-type: none"> • Trata asuntos de la agenda pública • Permite a todos los interesados expresar su preferencia y crea un consenso para la acción política. 	<ul style="list-style-type: none"> • Implica la medida de “preocupación” al estilo del método de asignación del presupuesto. • Puede crear inconsistencias cuando trata con un número alto de indicadores.
<u>PROCESO DE ANÁLISIS JERÁRQUICO.</u>	<ul style="list-style-type: none"> • Puede ser usado tanto en información cuantitativa como cualitativa. • La transparencia del índice es más alta. • El pesaje está basado en opinión de expertos y no en manipulaciones técnicas. • La opinión experta conduce a incrementar la legitimidad del índice y a crear un foro de discusión el cual forma el consenso para la acción política. • Provee una forma matemática de medir la inconsistencia en las respuestas de los expertos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Requiere un alto número de comparaciones pareadas y puede ser algo computacionalmente costoso. • Los resultados dependen del conjunto de evaluadores elegido y el establecimiento del experimento.

Fuente: OCDE 2008, Handbook on constructing composite indicators: methodology and user guide.

Pág. 102.

Ante ello, siguiendo la metodología diseñada por la OCDE, se optó para el pesaje de las variables del índice compuesto que propone este trabajo, por el método del *Proceso de*

Análisis Jerárquico (Saaty, 1980) el cual se consideró el más apropiado para los fines de esta investigación, ya que combina información cuantitativa robusta (vista en el punto 2.1), con el análisis cualitativo de los expertos, el cual se requiere para ser compatible con el marco conceptual multidimensional que tiene esta tesis, lo cual se ve más adelante.

Así, poniendo en práctica el método de Análisis Jerárquico, para el cálculo de los factores se compararon las variables de cada dimensión de “par en par”, esto es, se le pidió al experto calificar del 1 al 9 (Escala de Linker) cuál de las variables “pareadas” es más importante, para ello se formaron tablas que facilitaron esta tarea. Como podemos observar en el ejemplo siguiente, en la tabla hipotética que contiene las variables ambientales, el experto calificó que la variable va_1 es 6 veces más importante que la variable va_2 . Así se obtuvo la calificación pareada como se muestra:

Indicador ambiental (A1)	Poner "X", si el indicador A1 es más importante que el indicador A2	Si los indicadores son idénticas poner X	Poner "X", si el indicador A1 es menos importante que el indicador A2	Indicador ambiental (A2)	Ponderación dada por el experto (P)	Calificación calculada en base a la intensidad de la importancia (C)
va_1	x			va_2	$P_1=6$	$C_1=6.0$
va_1			X	va_3	$P_2=4$	$C_2=0.3$
va_1		x		va_4	$P_3=1$	$C_3=1.0$
va_2			X	va_3	$P_4=5$	$C_4=0.2$
va_2	x			va_4	$P_5=4$	$C_5=4.0$
va_3	x			va_4	$P_6=5$	$C_6=5.0$

Donde la ponderación P toma valores en el conjunto $\{1,2, \dots, 9\}$ y la calificación C se calcula con el siguiente algoritmo:

- a) Si $A1 > A2$ entonces $C = P$
- b) Si $A1 = A2$ entonces $C = 1$
- c) Si $A1 < A2$ entonces $C = \frac{1}{P}$

Después se toman las calificaciones para formar una matriz pareada de la siguiente manera, en este caso se tiene $n=4$ variables con 6 calificaciones ($\sum_{x=1}^{4-1} x = 1 + 2 + 3 = 6$):

Vulnerabilidad Ambiental	va1	va2	va3	va4
va1	1	C_1	C_2	C_3
va2	$\frac{1}{C_1}$	1	C_4	C_5
va3	$\frac{1}{C_2}$	$\frac{1}{C_4}$	1	C_6
va4	$\frac{1}{C_3}$	$\frac{1}{C_5}$	$\frac{1}{C_6}$	1
Suma	$1 + \sum_{k=1}^3 \frac{1}{C_k}$	$1 + C_1 + \sum_{l=4}^5 \frac{1}{C_l}$	$1 + C_2 + C_4 + \frac{1}{C_6}$	$1 + C_3 + C_5 + C_6$

Generalizando, se toma n=número de variables se generan $\sum_{x=1}^{n-1} x$ calificaciones, entonces la matriz pareada obtenida es de la siguiente manera:

VA	va1	va2	va3	...	va _{n-1}	va _n
va1	1	C_1	C_2	...	C_{n-2}	C_{n-1}
va2	$\frac{1}{C_1}$	1	C_n	...	$C_{2(n-2)}$	C_{2n-3}
va3	$\frac{1}{C_2}$	$\frac{1}{C_n}$	1	⋮	$C_{3(n-2)-1}$	C_{3n-6}
⋮	⋮	⋮	⋮	1	⋮	⋮
va _{n-1}	$\frac{1}{C_{n-2}}$	$\frac{1}{C_{2(n-2)}}$	$\frac{1}{C_{3n-7}}$		1	$C_{\sum_{x=1}^{n-1} x}$
va _n	$\frac{1}{C_{n-1}}$	$\frac{1}{C_{2n-3}}$	$\frac{1}{C_{3n-6}}$	⋮	$\frac{1}{C_{\sum_{x=1}^{n-1} x}}$	1
Suma	$1 + \sum_{k=1}^{n-1} \frac{1}{C_k}$	$1 + C_1 + \sum_{l=n}^{2n-3} \frac{1}{C_l}$	$1 + C_2 + C_n + \sum_{m=2n-2}^{2n+1} \frac{1}{C_m}$	⋮		$1 + C_{n-1} + C_{2n-3} + C_{2n+1} + \dots + C_{\sum_{x=1}^{n-1} x}$

Las matrices pareadas se encuentran de la forma:

$$A = \begin{bmatrix} 1 & a_{11} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & 1 \end{bmatrix}$$

Donde se cumple que:

$$a_{ij} \times a_{ji} = 1$$

Lo cual quiere decir que:

$$A = \begin{bmatrix} 1 & a_{11} & \cdots & a_{1n} \\ 1/a_{11} & 1 & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 1/a_{1n} & 1/a_{2n} & \cdots & 1 \end{bmatrix}$$

Cumpliendo entonces:

$$a_{ij} \times a_{ji} = a_{ij} \times \frac{1}{a_{ij}} = \frac{a_{ij}}{a_{ij}} = 1$$

Como siguiente paso se normaliza la matriz pareada, dividiendo los elementos de las columnas por la sumatoria de la columna correspondiente, esto es:

En la tabla se ejemplifica para n =4 variables el cálculo de la matriz normalizada:

VA	va ₁	va ₂	va ₃	va ₄
va ₁	$1/(1 + \sum_{k=1}^3 \frac{1}{c_k})$	$C_1/(1 + C_1 + \sum_{l=4}^5 \frac{1}{c_l})$	$C_2/(1 + C_2 + C_4 + \frac{1}{c_6})$	$C_3/(1 + C_3 + C_5 + C_6)$
va ₂	$\frac{1}{c_1}/(1 + \sum_{k=1}^3 \frac{1}{c_k})$	$1/(1 + C_1 + \sum_{l=4}^5 \frac{1}{c_l})$	$C_4/(1 + C_2 + C_4 + \frac{1}{c_6})$	$C_5/(1 + C_3 + C_5 + C_6)$
va ₃	$\frac{1}{c_2}/(1 + \sum_{k=1}^3 \frac{1}{c_k})$	$\frac{1}{c_4}/(1 + C_1 + \sum_{l=4}^5 \frac{1}{c_l})$	$1/(1 + C_2 + C_4 + \frac{1}{c_6})$	$C_6/(1 + C_3 + C_5 + C_6)$
va ₄	$\frac{1}{c_3}/(1 + \sum_{k=1}^3 \frac{1}{c_k})$	$\frac{1}{c_5}/(1 + C_1 + \sum_{l=4}^5 \frac{1}{c_l})$	$\frac{1}{c_6}/(1 + C_2 + C_4 + \frac{1}{c_6})$	$1/(1 + C_3 + C_5 + C_6)$

En general se calcula usando:

$$\begin{bmatrix} c_{11} = 1 & c_{12} = a_{12} & \cdots & c_{1n} = a_{1n} \\ c_{21} = 1/a_{12} & c_{22} = 1 & \cdots & c_{2n} = a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ c_{n1} = 1/a_{1n} & c_{n2} = 1/a_{2n} & \cdots & c_{nn} = 1 \end{bmatrix}$$

Sumando las columnas se tiene:

$$N_j = \sum_{i=1}^n c_{ij}$$

$$N_j = c_{1j} + c_{2j} + \dots + c_{nj}$$

Donde: j va de 1 a n

Y por último, cada elemento de la matriz se divide entre N_j

$$\begin{bmatrix} c_{11}/N_1 & c_{12}/N_2 & \dots & c_{1n}/N_n \\ c_{21}/N_1 & c_{22}/N_2 & \dots & c_{2n}/N_n \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ c_{n1}/N_1 & c_{n2}/N_2 & \dots & c_{nn}/N_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} N_{11} & N_{12} & \dots & N_{1n} \\ N_{21} & N_{22} & \dots & N_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ N_{n1} & N_{n2} & \dots & N_{nn} \end{bmatrix}$$

Después de calcular la matriz normalizada se obtiene la matriz de prioridades.

Esta matriz es de la siguiente manera:

$$P = \begin{bmatrix} P_{11} & P_{12} & \dots & P_{1m} \\ P_{21} & P_{22} & \dots & P_{2m} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ P_{n1} & P_{n2} & \dots & P_{nm} \end{bmatrix}$$

Donde:

$$P_{im} = \frac{\sum_{j=1}^n N_{ij}}{n}$$

Con j que va de 1 a n variables; e i de 1 a m (m es el total de expertos entrevistados). O sea que para el primer experto ($m=1$) se tiene la primera columna de la matriz de prioridades:

$$\begin{bmatrix} P_{11} \\ P_{21} \\ \vdots \\ P_{n1} \end{bmatrix}$$

Así, haciendo los cálculos para cada experto m , se obtiene la matriz:

$$P = \begin{bmatrix} P_{11} & P_{12} & \cdots & P_{1m} \\ P_{21} & P_{22} & \cdots & P_{2m} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ P_{n1} & P_{n2} & \cdots & P_{nm} \end{bmatrix}$$

Por último se calcula la matriz promedios geométricos:

$$\begin{bmatrix} PG_1 \\ PG_2 \\ \vdots \\ PG_n \end{bmatrix}$$

Donde:

$$PG_i = \sqrt[m]{\prod_{j=1}^m P_{ij}} = \sqrt[m]{P_{i1} \cdot P_{i2} \cdots P_{im}}$$

Con $i = 1, 2, \dots, n$ variables y los P_{ij} son los elementos de la matriz de prioridades, j corriendo desde 1 hasta m expertos:

$$P = \begin{bmatrix} P_{11} & P_{12} & \cdots & P_{1m} \\ P_{21} & P_{22} & \cdots & P_{2m} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ P_{n1} & P_{n2} & \cdots & P_{nm} \end{bmatrix}$$

Entonces:

$$\begin{bmatrix} PG_1 \\ PG_2 \\ \vdots \\ PG_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sqrt[m]{\prod_{j=1}^m P_{1j}} \\ \sqrt[m]{\prod_{j=1}^m P_{2j}} \\ \vdots \\ \sqrt[m]{\prod_{j=1}^m P_{nj}} \end{bmatrix}$$

Esta técnica matemática nos permite hacer un “puente” entre la observación subjetiva de un experto, es decir, un criterio no paramétrico, y un dato, en este caso, el *peso* a una variable, eliminando matemáticamente lo más posible el sesgo subjetivo, acercando el juicio del experto a un mayor grado de verisimilitud.

Técnica propuesta para la ponderación (pesaje) de variables

La revisión de ejemplos sobre la utilización del método de Análisis Jerárquico, en especial lo relativo al tema de la integración de paneles de expertos, no ofrecen una regla metodológica que nos oriente acerca de las características que debe tener el mencionado panel, en cuanto a:

- Número de participantes.
- Características profesionales de los participantes.
- Género y edad de los participantes.

Por decir algunas de las características que se podrían tomar en cuenta.

Existen ejemplos de cómo importantes agencias ambientales del mundo han realizado ejercicios de este tipo. En la década de los años ochenta del siglo pasado, la Agencia Ambiental de Estados Unidos (EPA) conjuntó a un grupo amplio de expertos, a fin de analizar el futuro de la política ambiental de ese país, a través de la definición de prioridades, ejercicio que justamente realizarían los expertos. (EPA 1987). El grupo se integró con representantes de las diferentes agencias ambientales especializadas, jefes de división de investigación y otros expertos, sumando 75 expertos los que intervinieron en el ejercicio señalado.

En los ejemplos mostrados anteriormente en el capítulo 1, el índice GAIN fue construido con el apoyo de 120 expertos de distintas características técnicas; por su parte, el índice de vulnerabilidad de Costa Rica, fue desarrollado con la participación de representantes de 20 instituciones gubernamentales y académicas de ese país, más el concurso de expertos internacionales. En el trabajo sobre el *mapeo de la vulnerabilidad de la India*, de corte eminentemente académico, el índice fue diseñado con la participación de 6 expertos académicos.

Se destaca que la amplitud de los paneles es una consecuencia directa del financiamiento con que se cuenta. Así, las organizaciones internacionales como la Organización de las Naciones Unidas (ONU), la OCDE, gobiernos, así como institutos de investigación respaldados por financiamiento privado, son los actores que tienen posibilidades de integrar paneles de expertos amplios, ya sea a través de convocatorias

para realizar talleres en algún lugar del mundo con un atractivo especial, o bien a través de la participación con el reconocimiento de créditos de autoría.

Al no contarse con este tipo de financiamiento y respaldo señalado arriba, el criterio seguido en esta investigación para la integración de los paneles y que forma parte de la propuesta de este trabajo fue establecido de la manera siguiente:

Congruencia metodológica

- Integración de cuatro paneles de expertos, en concordancia lógica con la propuesta metodológica:
 - Ambiental.
 - Económica.
 - Social.
 - Institucional.

Equilibrio en la integración

- Cada panel formado por 5 expertos (20 en total).
- Representatividad. Cada panel se conformó de acuerdo al siguiente criterio:
 - académicos pertenecientes a universidades públicas y privadas.
 - expertos de agencia especializada (nacional o internacional).
 - representantes de la sociedad civil (sector privado, organismo no gubernamental).

Reconocimiento académico y/o profesional

- Nivel académico.-El 80% de los expertos tienen grado de Doctor.
- Liderazgo de opinión.- Los expertos han contribuido desde su especialidad al desarrollo del tema.

Representatividad nacional

- Descentralización de las participaciones.- Se seleccionaron expertos de distintas partes del país.

Entrevistas.- Tomó 15 meses llevar a cabo las entrevistas. De manera personal, frente a frente se efectuaron 20 entrevistas, incluyendo visitas a las ciudades de Torreón (Universidad Autónoma de Coahuila) Tlaxcala (Asociación Pro Derechos Humanos), Guadalajara (Asociación de Municipios de México), Texcoco (Universidad

Autónoma de Chapingo), y Monterrey (Universidad Autónoma de Nuevo León), así como visitas a diversas instituciones académicas y privadas del Distrito Federal, que incluyen: Instituto de Investigaciones Económicas de la UNAM, El Colegio de México, Instituto Nacional de Administración Pública, Instituto Politécnico Nacional, Instituto Nacional de Ecología, Centro de Ciencias de la Atmósfera.

Para realizar las entrevistas, se diseñó una herramienta informática que se describe en el anexo electrónico, que permitió la captura y procesamiento de la información proporcionada por los expertos de manera automática, con lo cual, cada uno de los expertos conoció el resultado de su evaluación al término de la entrevista.

Se destaca ampliamente la colaboración desinteresada proporcionada por cada una y uno de los expertos entrevistados, cuya experiencia quedó plasmada en el ICVCC y que sin duda es una pieza básica de la consistencia de éste. Cada cuadro contiene el nombre del experto y su pesaje.

A continuación se detalla el resultado obtenido por el *pesaje* de los expertos.

Cuadro 8. Ponderación por expertos por dimensión

Dimensión Ambiental	Adrián Fernández	Edmundo de Alba	Carlos Gay	Cecilia Conde	Gabriel Quadri	Promedio geométrico
Sobreexplotación de acuíferos (extracción/recarga).	0.337	0.589	0.477	0.178	0.090	0.273
Superficie con degradación fuerte y extrema.	0.168	0.284	0.070	0.279	0.097	0.155
Cambio en la cobertura vegetal de bosques, selvas, matorrales y manglares.	0.578	0.175	0.344	0.486	0.511	0.387
Eventos meteorológicos extremos.	0.108	0.154	0.142	0.128	0.210	0.145
Superficie de áreas naturales protegidas.	0.059	0.048	0.217	0.179	0.091	0.100

Dimensión Económica	Carlos Muñoz Piña	Genoveva Roldán	Juan Carlos Moreno	Felipe Torres	Fernando Zavala	Promedio Geométrico
Porcentaje de participación del sector primario en el PIB estatal.	0.361	0.054	0.200	0.167	0.085	0.141
Porcentaje de la población del estado con ingresos hasta 2 salarios mínimos.	0.231	0.127	0.034	0.167	0.094	0.109
Porcentaje de participación del sector turístico en el PIB estatal.	0.076	0.021	0.088	0.167	0.088	0.073
Porcentaje de la población estatal subempleada.	0.035	0.122	0.073	0.167	0.182	0.099
Porcentaje de la población del estado en actividades del sectores primario y turístico.	0.168	0.127	0.348	0.167	0.371	0.215
Índice de infraestructura económica.	0.128	0.549	0.257	0.167	0.179	0.222

Dimensión Social	Manuel Quijano	Roberto Tuda	Andrés Flores	Raúl Rodríguez	Raúl Zúñiga	Promedio geométrico
Porcentaje de la población del Estado en edad vulnerable.	0.201	0.054	0.269	0.078	0.053	0.104
Porcentaje de la población con acceso a los servicios de salud.	0.093	0.213	0.111	0.059	0.026	0.081
Calidad y espacios de la vivienda.	0.021	0.059	0.304	0.025	0.138	0.066
Porcentaje de la población del estado con rezago educativo.	0.132	0.556	0.139	0.169	0.283	0.218
Porcentaje de la población del estado con carencia de alimentación.	0.345	0.082	0.148	0.367	0.378	0.226
Dispersión geográfica de la población del estado.	0.208	0.036	0.029	0.301	0.123	0.096

Dimensión Institucional	Miguel Ángel Gil	Sergio Reyes	Victoria Morales Cortés	Héctor Mayagoitia	Octavio Chávez	Promedio geométrico
Número de organizaciones civiles en el Estado.	0.139	0.162	0.164	0.260	0.059	0.141
Porcentaje del presupuesto dedicado a la atención de los asuntos ambientales y de protección civil.	0.053	0.102	0.091	0.259	0.302	0.131
Índice de corrupción y buen gobierno.	0.237	0.291	0.299	0.257	0.218	0.259
Planes de protección civil en el estado.	0.076	0.071	0.138	0.042	0.195	0.091
Programas estatales de acción climática.	0.325	0.185	0.222	0.086	0.085	0.158
Índice de conflicto civil en el estado.	0.171	0.190	0.086	0.096	0.140	0.130

Paso 7 Análisis de sensibilidad

Con el fin de comprobar la solidez de los promedios obtenidos a partir del ejercicio de análisis jerárquico, y desechar posibles sesgos en el *pesaje*, se procedió a realizar el análisis de sensibilidad con los siguientes pasos.

- Cada panel de expertos fue sometido al análisis de sensibilidad.
- En cada panel se realizó el ejercicio de suprimir el promedio obtenido por un experto, conservando al resto a fin de observar la posible modificación en el promedio ponderado general de cada variable, que pudiera afectar el rango de importancia. Sin excepción, el promedio de cada uno de los expertos fue excluido en su oportunidad.

A continuación se presenta a manera ilustrativa, el panel de los expertos de la dimensión ambiental, y en seguida se muestra el cuadro en donde ya no aparece un experto, comprobándose que la variable con mayor peso del primer cuadro, mantiene su rango en el segundo no obstante la ausencia de un experto.

Cuadro 9. Ejemplo 1: Ponderación con todos los expertos

Dimensión Ambiental	Adrián Fernández	Edmundo de Alba	Carlos Gay	Cecilia Conde	Gabriel Quadri	Promedio geométrico
Superficie de áreas naturales protegidas.	0.059	0.048	0.217	0.179	0.091	0.100
Eventos meteorológicos extremos.	0.108	0.154	0.142	0.128	0.210	0.145
Superficie con degradación fuerte y extrema.	0.168	0.284	0.070	0.279	0.097	0.155
Sobreexplotación de acuíferos (extracción/recarga).	0.337	0.589	0.477	0.178	0.090	0.273
Cambio en la cobertura vegetal de bosques, selvas, matorrales y manglares.	0.578	0.175	0.344	0.486	0.511	0.387

Cuadro 10. Ejemplo 2: Ponderación con la ausencia de 1 experto

Dimensión Ambiental	Adrián Fernández	Edmundo de Alba	Cecilia Conde	Gabriel Quadri	Promedio geométrico
Superficie de áreas naturales protegidas.	0.059	0.048	0.179	0.091	0.082
Eventos meteorológicos extremos.	0.108	0.154	0.128	0.210	0.145
Superficie con degradación fuerte y extrema.	0.168	0.284	0.279	0.097	0.190
Sobreexplotación de acuíferos (extracción/recarga).	0.337	0.589	0.178	0.090	0.237
Cambio en la cobertura vegetal de bosques, selvas, matorrales y manglares.	0.578	0.175	0.486	0.511	0.398

La variable: *Cambio en la cobertura vegetal de bosques, selvas, matorrales y manglares*, mantuvo su relevancia sobre las demás en los dos ejercicios.

Lo anterior se realizó con el mismo procedimiento en cada uno de los paneles, siendo siempre consistente, salvo en una ocasión, en el panel económico, cuando la ausencia de un experto modificó el orden de jerarquía, pasando la variable más importante al segundo lugar en la ponderación.

Contando ya con los componentes teóricos, los componentes operativos y habiéndose ya señalado la parte metodológica para la construcción del ICVCC, se procede enseguida a realizar la formalización matemática de cada una de las tres ecuaciones que se proponen en esta investigación, señalando antecedentes y contexto en el cual se basó la construcción de la propuesta de cada ecuación, comparándolas con algunos de los ejemplos mostrados en los antecedentes, a fin de constatar su aporte al conocimiento.

2.4 FORMALIZACIÓN MATEMÁTICA

En el contexto de la sociedad de la información en que vivimos, resulta muy importante la forma en la cual dicha información es manejada, jerarquizada, analizada y evaluada (Castells, 1998). Depende en mucho de la herramienta que se utilicen para la gestión de la información, que ésta alcance niveles de seriedad que permitan su uso con fines ya sea científicos, o para la toma de decisiones.

La construcción de indicadores e índices agregados ha sido tan necesaria como discutida. Cómo se señaló precedentemente, aún hoy y a pesar de los beneficios que acarrea contar con la información de manera ordenada y sistematizada, a través de indicadores o índices, persiste la idea de la poca solidez científica que tienen particularmente los índices agregados (Füsell 2009).

En términos generales, siguiendo a CEPAL (2010), un indicador es una medida cuantitativa o cualitativa, que proviene de una serie de hechos observados que pueden revelar la situación ocurrida en un área determinada. Cuando son evaluados en intervalos regulares, los indicadores pueden puntualizar la dirección de los cambios a través de distintas unidades o en el tiempo. Cuando se trata de indicadores compuestos o índices, estos están formados por indicadores individuales que han sido compilados en un índice sencillo sobre la base de un modelo determinado. El indicador compuesto debería idealmente medir *conceptos multidimensionales*, los cuales no pueden ser contemplados en un indicador sencillo. Sin embargo, la naturaleza que adquiere esta compilación de indicadores, y la manera como se vinculan en un solo

índice, es la materia de la discusión, y la gran diferencia entre índices sólidos de aquellos otros que pueden dar señales equivocadas respecto a la tendencia de un fenómeno determinado, concluye CEPAL.

Enseguida se presenta la formalización matemática de la propuesta de las 2 ecuaciones que sustentan el ICVCC y su comprobación econométrica.

Formalización matemática de ecuación 1

Antes de formalizar la ecuación 1, y a fin de aclarar el desarrollo lógico de la propuesta del ICVCC, es necesario precisar los siguientes términos matemáticos.

Identities, equations and functions

En matemáticas, una **identidad** es la constatación de que dos objetos que matemáticamente se escriben diferentes, son de hecho el mismo objeto. En particular, una identidad es una igualdad entre dos expresiones que es cierta, sean cuales sean los valores de las distintas variables empleadas. Las identidades suelen utilizarse para transformar una expresión matemática en otra equivalente, particularmente para resolver una ecuación.

$$\text{Ejemplo: } (a+b)^2 = a^2 + 2ab + b^2$$

Una **ecuación** es una igualdad en la cual hay términos conocidos y términos desconocidos. El término desconocido se llama **incógnita** y se representa generalmente por las últimas letras del abecedario: “x”, “y” o “z”, aunque puede utilizarse cualquiera otra letra.

Una **función** es un objeto matemático que se utiliza para expresar la dependencia entre dos magnitudes, y puede presentarse a través de varios aspectos complementarios. Un ejemplo habitual de función numérica es la relación entre la posición y el tiempo en el movimiento de un cuerpo.

Una función también puede reflejar la relación de una variable dependiente con varias variables independientes.

De acuerdo con lo anterior, el término *Función* es lo que más se acerca a describir lo que queremos, cuando anotamos que: V está en función de IVA, IVE, IVS, IVI,

Así:

$V = f(IVA, IVE, IVS, IVI)$ desprendiéndose la propuesta $V = IVA + IVE + IVS + IV$

O bien,

V está en función de e, s, r, ca . O lo que es lo mismo, $V = f(e, s, r, ca)$,

$$\text{desprendiéndose la propuesta } V = \frac{e + s - r}{ca}$$

Aun cuando no cumplen estrictamente con la definición que se anota líneas arriba, a manera de exposición utilizaré el término ecuaciones 1 y 2 para diferenciarlas de la estructura matemática que describe una función.

Dicho lo anterior, procedo a señalar que los antecedentes referenciales de la ecuación 1 están ya señalados en el capítulo 1 y solamente a manera de recordatorio, menciono aquí 2 de ellos:

Índice de Vulnerabilidad de Costa Rica:

$$V = ASE + IV + CI + RF$$

Donde,

V = vulnerabilidad ante el cambio climático.

ASE (agua, salud, sociedad y energía.)

IV (infraestructura y vivienda).

CI (conocimiento e información).

RF (recursos financieros).

Índice de vulnerabilidad social al cambio ambiental global del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua de México:

$$IVS = \frac{\text{salud} + \text{educación} + \text{vivienda} + \text{empleo e ingreso} + \text{población}}{5}$$

Como se puede apreciar, cada uno de estos índices presenta una forma distinta de ponderar los subíndices que los integran, mientras que el primero hace una sumatoria, el segundo divide la sumatoria.

Paso ahora a describir la ecuación 1 de esta investigación, que corresponde a lo que llamo *ecuación convencional*, la cual se formaliza matemáticamente de la manera siguiente:

Se define el índice de vulnerabilidad (IV) en función de los cuatro componentes, uno por cada punto del desarrollo sustentable (ver paso 1 de la metodología). **Se**

asume que cada componente (subíndice) posee el mismo peso, ya que tienen la misma importancia. Para construir la relación entre el IV y los subíndices se plantea la siguiente ecuación:

$$IV = F_1IVa + F_2IVe + F_3IVs + F_4IVi$$

Donde,

IV = Índice de vulnerabilidad.

IVa = subíndice de vulnerabilidad ambiental.

IVe = subíndice de vulnerabilidad económica.

IVs = subíndice de vulnerabilidad social.

IVi = subíndice de vulnerabilidad institucional.

F_1 = Ponderador del subíndice de vulnerabilidad ambiental.

F_2 = Ponderador del subíndice de vulnerabilidad económica.

F_3 = Ponderador del subíndice de vulnerabilidad social.

F_4 = Ponderador del subíndice de vulnerabilidad institucional.

Y cada subíndice se definen como:

$$IVa = \sum_{j=1}^5 F_{aj} V_{aj}$$

$$IVe = \sum_{j=1}^6 F_{ej} V_{ej}$$

$$IVs = \sum_{j=1}^6 F_{sj} V_{sj}$$

$$IVi = \sum_{j=1}^6 F_{ij} V_{ij}$$

Entonces,

$$IV = \sum_{j=1}^5 F_{aj} V_{aj} + \sum_{j=1}^6 F_{ej} V_{ej} + \sum_{j=1}^6 F_{sj} V_{sj} + \sum_{j=1}^6 F_{ij} V_{ij}$$

Ecuación 1: Aportes realizados para la construcción de índices compuestos

Esta ecuación 1 tiene ventaja con respecto a los modelos de escenarios usados para proyectar impactos futuros del cambio climático, así como de otras ecuaciones similares mostradas anteriormente en:

Cada indicador es producto de una observación estadística y no de estimaciones (modelos de escenarios).

Cada uno de los indicadores que se utilizan es estadísticamente consistente, no existen imputaciones de datos.

Incorpora mayor rigor en los pesos que utiliza, ya que hay un ponderador generado por la opinión calificada de los expertos, basada en promedios geométricos, lo que elimina la probabilidad de estadística espuria, generada en ocasiones al practicar experimentos estadísticos de regresión, y el aspecto principal a señalar, la ecuación presenta la visión ontológica multidimensional de la vulnerabilidad, ya que se conforma con la participación de las cuatro dimensiones del desarrollo sustentable, algo inédito en México hasta ahora en la construcción de índices compuestos de vulnerabilidad al cambio climático.

Pasemos ahora a describir la ecuación 2

De igual manera a lo seguido líneas arriba, a continuación se enuncian algunos ejemplos internacionales, que sirven de antecedente a la presentación de la propuesta de la segunda ecuación de esta investigación, a la que llamo *ecuación activa*.

Antecedentes

En el Atlas Nacional de Riesgos (CENAPRED 1994), aparece una mención al concepto de vulnerabilidad. Siendo coherente con la interpretación teórica de *peligros naturales*, la vulnerabilidad en esta versión está ligada al concepto de riesgo, y se expresa en la forma siguiente:

$$\mathbf{Riesgo} = \mathbf{Vulnerabilidad} \times \mathbf{Valor} \times \mathbf{Peligro}$$

En donde, el **Riesgo** se define como la posibilidad de pérdida, tanto en vidas humanas como en bienes o en capacidad de producción. Por su parte, el **Valor** se refiere al número de vidas humanas amenazadas o, en general, a cualquiera de los elementos económicos (capital, inversión, capacidad productiva, etc.) expuestos a un evento destructivo. La **Vulnerabilidad** es una medida del porcentaje del Valor que

puede ser perdido en el caso de que ocurra un evento destructivo determinado. El **Peligro** es la probabilidad de que un área en particular sea afectada por algunas de las manifestaciones destructivas.

En un trabajo más reciente (CENAPRED 2001) se avanza en la definición de aspectos como diagnósticos de riesgo, escenarios, estudios de peligro, estudios de riesgo. En esta nueva aportación, se define que:

“La ocurrencia de un desastre implica la conjunción de dos factores: un fenómeno, natural o antrópico, externo que alcanza proporciones extraordinarias, y ciertos asentamientos humanos y sistemas físicos expuestos a la acción de dichos fenómenos. (...) se emplea el término genérico de agentes perturbadores para denominar a los diferentes fenómenos que pueden causar un desastre (sismos, huracanes, etc.) y el de sistemas afectables, para designar a los conjuntos sociales y físicos que están expuestos al agente perturbador y que pueden quedar dañados por este, en un grado tal que constituye un desastre”. (pág. 7)

En esta lógica, se llama **Peligro**, a la probabilidad de que se presente un evento de cierta intensidad, que pueda ocasionar daños en un sitio dado. Se define como **Grado de Exposición**, a la cantidad de personas, bienes y sistemas que se encuentran en el sitio considerado y que es factible sean dañadas por el evento. Se llama **Vulnerabilidad**, a la propensión de estos sistemas a ser afectados por el evento; la vulnerabilidad se expresa como una *probabilidad de daño*. Finalmente el **Riesgo** es el resultado de los tres factores, que se obtiene como:

$$\mathbf{Riesgo} = \mathbf{Peligro} \times \mathbf{Exposición} \times \mathbf{Vulnerabilidad}$$

En este esquema, el riesgo se expresa como un resultado posible de un evento; ya que el **Peligro** y la **Vulnerabilidad** son dos *probabilidades* (subrayado mío); si la **Exposición** se puede expresar en términos monetarios, el **Riesgo** resulta igual a la fracción del costo total de los sistemas expuestos que se espera sea afectada por el evento en cuestión.

En los ejemplos anteriores se aprecia desde mi perspectiva una relación mecánica entre los componentes de la ecuación, siendo el aspecto social un componente *pasivo* en la ecuación, en cuyo planteamiento a lo sumo, se describen las interacciones entre las amenazas naturales y la sociedad (Sidle et al, 2004, CEPAL 2012).

Al paso del tiempo, la interpretación acerca de cómo interactúan los factores arriba señalados ha venido evolucionando hacia formas en donde ya no se aprecia una relación mecánica, sino que ahora hay dinámica entre los componentes, como se sugiere en los siguientes ejemplos.

De acuerdo con organismos como la Estrategia Internacional de las Naciones Unidas contra los Desastres (ISDR, 2004) la ecuación del riesgo es:

$$\text{Riesgo} = \frac{\text{Amenaza} \times \text{Vulnerabilidad}}{\text{Capacidad de manejo}}$$

La capacidad de manejo se refiere a los medios que la gente o las organizaciones tienen a la mano, en cuanto a recursos o capacidades para enfrentar las consecuencias adversas relacionadas con un desastre, antes, durante y después de la ocurrencia de éste.

Más aún, estableciendo ya una diferenciación con respecto al concepto de riesgo, el Instituto para la Reducción de los Desastres, señala que la vulnerabilidad en sí misma es una combinación de exposición, susceptibilidad y capacidad de manejo (DRI, 2005):

$$\text{Vulnerabilidad} = \frac{\text{Exposición} \times \text{Susceptibilidad}}{\text{Capacidad de manejo}}$$

A partir de los trabajos del IPCC (2003, 2007) la vulnerabilidad aparece como un asunto central en el estudio de los efectos del cambio climático. Su representación funcional más difundida por el IPCC es (IPCC, 2007):

$$\text{Vulnerabilidad} = F(\text{exposición, resiliencia, capacidad de adaptación})$$

Esta definición de la vulnerabilidad que ofrece el IPCC nos muestra ya el carácter multifacético que tiene el problema, sin embargo, queda corta para establecer las causalidades que existen entre los distintos factores, y que es desde mi punto de vista, lo que si le otorga el carácter ontológicamente multidimensional de la vulnerabilidad.

En la contribución del Grupo II del IPCC (2007) se señala en la sección *nuevo conocimiento relacionado a los impactos y la adaptación* lo siguiente:

“Trabajo reciente también ha reconfirmado la utilidad de la prescripción inicialmente presentada en Smith, et al (2006) que: 1) cualquier vulnerabilidad de un sistema al cambio

climático o a la variabilidad climática podría ser descrita productivamente en términos de su exposición a los impactos del cambio climático y de su línea base de sensibilidad a esos impactos, y que 2) tanto la exposición como la sensibilidad pueden ser influenciadas por la capacidad de adaptación del sistema. (Pág 814). Como se señaló en el primer capítulo, el IPCC (2014) en su Reporte del Grupo II, ofrece ya una consolidación de esta apreciación que se cita anteriormente.

Por su parte, Leurs (2005) al aproximarse a una definición de la vulnerabilidad, la conceptualiza como un vector, donde la vulnerabilidad relativa está representada por una posición con superficie de tres dimensiones, representándolo matemáticamente así:

$$\text{Vulnerabilidad} = \frac{(\text{Sensibilidad, Exposición})}{F (\text{Estado/Umbral})}$$

Expresada de esta manera, la vulnerabilidad es proporcional a la Sensibilidad y la Exposición, e inversamente proporcional al Estado del sistema relativo al umbral del daño.

Una vez repasados los antecedentes inmediatos que avanzan en una categorización de la vulnerabilidad desde un aspecto mucho más amplio, pasemos ahora a establecer la formalización matemática de la segunda propuesta de ecuación.

Formalización matemática de la ecuación 2

A partir de los antecedentes anteriores y de lo expuesto en la descripción del Paso 1, siguiendo lógicamente la aplicación del marco teórico operativo de esta investigación (Vulnerabilidad contextual, o Punto de Inicio), la ecuación activa que se propone, incorpora los cuatro aspectos siguientes:

- El carácter ontológico multidimensional de la vulnerabilidad.
- La interrelación sistémica entre los factores que la integran.
- La progresión o disminución de los patrones de la vulnerabilidad.
- La dinámica social expresada a través de la capacidad de adaptación.

La ecuación que propongo para dar sentido a los cuatro puntos anteriores, se expresa así:

$$V = \frac{e + s - r}{ca}$$

Que llamaré E2, de aquí en adelante

En donde,

V = Vulnerabilidad al cambio climático

e= Exposición del sistema ambiental al cambio climático (dimensión ambiental).

s = Sensibilidad de los sectores productivos (primario y turístico) a los impactos del cambio climático (dimensión económica).

r = Resistencia de la sociedad para tolerar los impactos del cambio climático (Dimensión Social).

ca = Capacidad de adaptación, las acciones organizadas de la sociedad y el gobierno para avanzar a mediano y largo plazo en la adaptación efectiva al cambio climático (Dimensión institucional).

Así,

E2

Con *e*, *s*, *r* y *ca* calculadas con las siguientes ecuaciones definidas líneas arriba:

$$e = \sum_{i=1}^5 w_i * va_i$$

$$s = \sum_{i=1}^6 x_i * ve_i$$

$$r = \sum_{i=1}^6 y_i * vs_i$$

$$ca = \sum_{i=1}^6 z_i * vi_i$$

Donde w_i , x_i , y_i y z_i son los factores de pesos asociados a cada variable y va_i , ve_i , vs_i y vi_i son valores de los indicadores definidos en cada dimensión.

Dado que w_i , x_i , y_i y z_i son índices que van de 0 a 1 y va_i , ve_i , vs_i y vi_i definidas como las medidas dadas a los indicadores de cada dimensión, se asegura que la

sumatorias de las multiplicaciones arrojan cada una un número, los cuales pueden estar involucrados en sumas, restas y divisiones.

Por lo que,

E2

Se propone se convierta en un número real simple (siguiendo la metodología señalada en el punto 2.1, que ayude a establecer el nivel de vulnerabilidad de cada estado del país ante el cambio climático, estableciéndose la siguiente clasificación:

Caso 1. Baja. La vulnerabilidad es baja cuando la sociedad ha desarrollado la habilidad de recuperarse efectivamente de las adversidades y disminuir la probabilidad de que la exposición a la adversidad lleve al crecimiento de la vulnerabilidad, es decir:

$$(e + s - r) \rightarrow 0$$

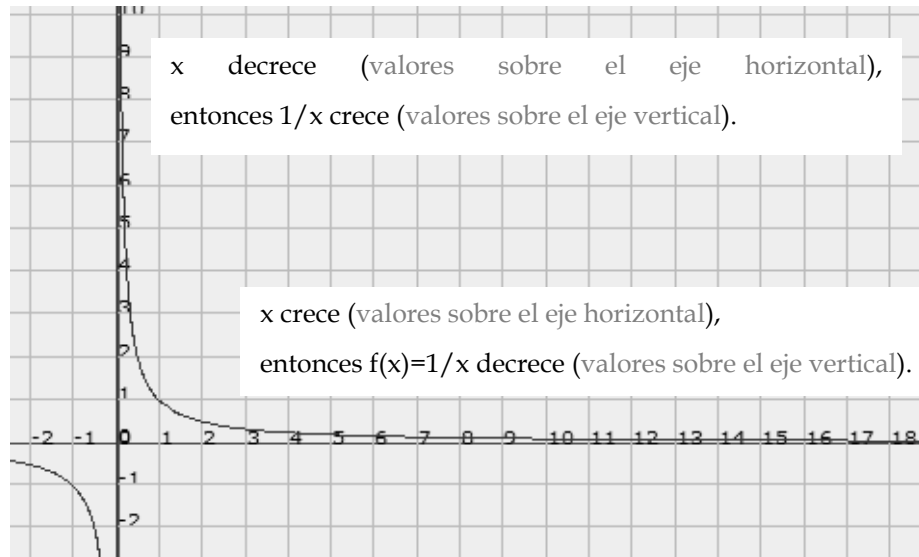
O, en dado caso, las instituciones deben propiciar la capacidad de adaptación a través de acciones que fomenten la organización de la sociedad civil, aumenten el presupuesto a la atención de asuntos ambientales y de protección civil, implementen o incrementen las áreas naturales protegidas, desarrollen planes de protección civil y programas de acción climática y aumenten la infraestructura económica del estado.

Es decir,

$$\frac{e + s - r}{ca} \rightarrow 0$$

O sea, *ca* (crece) significativamente más que *e+s-r*, obteniendo un comportamiento de la forma:

$$f(x) = \frac{1}{x}$$



Caso 2. Media o media alta. La vulnerabilidad es media o media alta cuando la sociedad recién está adquiriendo los conocimientos y la educación requerida para obtener información sobre la forma de enfrentar los eventos climáticos. Es decir, todavía toma tiempo para recuperarse de las adversidades ambientales y no alcanza a organizarse sólidamente para un desarrollo sustentable. Analíticamente, aunque r y ca no son definitivamente nulos, se expresan de la siguiente manera:

$$r \rightarrow 0 \text{ y } ca \rightarrow 0$$

Entonces,

$$\frac{e + s - r}{ca} \rightarrow \infty$$

Donde $\rightarrow \infty$ representa el crecimiento de la expresión (aunque matemáticamente es considerada como *tiende a infinito*).

Caso 3. Alta o muy alta. La vulnerabilidad es alta o muy alta cuando la sociedad está totalmente expuesta a las adversidades ambientales, es decir, no se ha recuperado de los eventos anteriores o no ha desarrollado una cultura de respuesta ante cualquier adversidad ambiental. Entonces, nuestra ecuación de vulnerabilidad se reduce a:

$$V = \frac{e + s}{ca}$$

Por lo cual, para revertir la vulnerabilidad alta o muy alta, las instituciones gubernamentales deben construir urgentemente acciones para tener una sociedad con

una alta capacidad de adaptabilidad ante el cambio climático. Es decir, que en lugar de que:

$$e + s > ca$$

Debe ser:

$$e + s < ca$$

Entonces, se tendrá la condición de que $\frac{e+s}{ca}$ decrece conforme crece ca .

Con estos criterios, la expresión de la ecuación 2 queda así:

$$V_{cc} = \frac{\sum_{i=1}^5 (w_i * va_i) + \sum_{i=1}^6 (x_i * ve_i) - \sum_{j=1}^6 (y_j * vs_j)}{\sum_{i=1}^6 (z_i * vi_i)}$$

Figura 26. Ecuación 2 en el marco conceptual del desarrollo sustentable



Ecuación 2: Aportes de esta investigación

Esta ecuación 2 presenta también características distintas a aquellas mostradas en los antecedentes.

- Por una parte, incorpora las cuatro dimensiones del desarrollo sustentable (al igual que la ecuación 1) y no solo los aspectos de exposición, sensibilidad y capacidad de adaptación que tradicionalmente se usan.
- Asimismo, la relación entre los componentes de la ecuación no es una simple sumatoria, sino que, al agrupar por un lado elementos que propician la vulnerabilidad, y por el otro a aquellos que la disminuyen, propicia una mayor riqueza en el análisis, ya que abre la posibilidad de incorporar nuevas variables en correspondencia a cada contexto que se estudie, algo que no se observa en las ecuaciones que sirvieron de antecedente, las cuales son más rígidas ya que se circunscriben a un grupo de variables tradicionalmente ya utilizado.
- La ecuación está construida decididamente a mostrar el papel de la capacidad de adaptación ante un fenómeno en movimiento, es decir, elimina la pasividad que se esconde en la posición determinista que generalmente se asume frente al cambio climático. Lo *activo* de la ecuación es sinónimo de cambio, acción, transformación, ingredientes que ponderan la capacidad social para adaptarse y transformar su entorno.

A continuación se procede a explicar la comprobación econométrica utilizada en esta investigación, la cual, a diferencia de las dos anteriores, sigue un método paramétrico, ejercicio que se consideró necesario incluir como forma de darle mayor robustez y validación a las dos ecuaciones construidas mediante un método no paramétrico y para aproximarse a algunas de las causas generadoras de la vulnerabilidad al cambio climático.

Comprobación econométrica

Antecedentes

Los trabajos que buscan construir una especie de *métrica de la vulnerabilidad* se enfrentan a varios tipos de problemas:

- La definición conceptual de vulnerabilidad.
- La escala geográfica de la medición.
- La selección apropiada de variables.
- El marco teórico que da coherencia a la medición.
- La información disponible.

Por lo menos desde hace 20 años atrás y más consistentemente en la primera década del siglo XXI, han existido esfuerzos encaminados a resolver los problemas arriba citados (Kasperson et al, 2003; Mitchell et al, 1989; Chambers 1989; Blaikie et al, 1996; Alwang et al, 2001; Turner et al, 2003; Folke et al, 2002).

La preocupación por encontrar una definición de vulnerabilidad que refleje los distintos elementos que la conforman, ha sido sin duda un problema de tipo conceptual que sigue en proceso. A lo anterior se agrega la necesidad de encontrar, junto con el concepto, la *métrica* de la vulnerabilidad.

La literatura sobre el tema coincide en señalar, que si bien es difícil, no es imposible identificar sistemáticamente cuales sistemas son más vulnerables que otros (Downing et al, 2001).

Básicamente, la discusión se ha centrado en buscar la *métrica* en dos momentos distintos:

- *Ex post*.- La vulnerabilidad se mide en relación a los impactos relativos de las fuerzas estresoras en una región determinada.
- *Ex ante*.- Esta aproximación requiere de un conjunto de métricas genéricas que pueden analizar las relaciones entre un amplio rango de estresores y las variables de interés (Luers et al, 2003).

A pesar de los esfuerzos internacionales realizados para encontrar la métrica adecuada para medir la vulnerabilidad en aspectos económicos y agrícolas (Pritchett et al, 2002), así como habiéndose construido índices compuestos como el Sistema de Alerta de Emergencia Alimentaria de la Agencia de Ayuda al Desarrollo de Estados Unidos; el Programa de Análisis de la Vulnerabilidad del Laboratorio del Pacífico Noroccidental (Moss et al, 2002) y el Índice de Vulnerabilidad Ambiental, de la Comisión de Geociencias Aplicadas del Pacífico Sur (Kaly et al, 2002) entre muchos otros, existen todavía amplios niveles de incertidumbre sobre la efectividad de la métrica utilizada.

Hay un punto de consenso que señala que ninguna medida simple es capaz de capturar completamente las dimensiones múltiples de la vulnerabilidad, y que las métricas más efectivas serán aquellas que sean lo suficientemente genéricas para ser aplicadas a un amplio rango de situaciones (Luers et al, 2003).

Al respecto, ya señalé en el punto 2.2, siguiendo a Hinkel (2011) que la vulnerabilidad al cambio climático es *per se* inobservable, por lo cual se requiere para su estudio *materializarla*, siendo esto precisamente el objetivo de esta investigación y de la propuesta del ICVCC.

Ante ello, El ICVCC y el esquema econométrico de causalidades que aquí se proponen para identificar la dinámica de la vulnerabilidad, son análisis *ex ante* que permiten reconocer las principales variables de interés y las fuerzas estresoras que actúan.

Formalización matemática

Partamos explicando brevemente el contexto de lo que se entiende por un modelo econométrico. Se puede señalar que éste pretende ser una aproximación razonable al proceso presente que genera una información observada. Este proceso envuelve la interacción del desempeño de numerosas variables (Ramanathan, 1993).

Un modelo econométrico de ecuación simple (Gujarati, 2009) se presenta como:

$$Y = f(X_1, X_2, \dots, X_k, u)$$

Donde:

Y es una variable de interés primario, referida como variable dependiente o endógena;

X_i son variables que tienen efectos causales sobre la variable dependiente;

u se les refiere como variables independientes o exógenas; y es una variable no observada, referida como variable de prueba o estocástica, que captura la incertidumbre en la formulación.

Donde β son los parámetros desconocidos para ser estimados desde la información disponible. Las variables independientes X , podrían ser valores pasados de las variables dependiente e independiente.

Como el esquema que se propone busca mostrar el desempeño de las distintas variables independientes que conforman el ICVCC, para ver su influencia en el grado de vulnerabilidad de cada estado del país, se recurre a la información panel, la cual es

información de series de tiempo para una sección cruzada de las distintas unidades (estados) que se analizan. Con lo cual, se propone la siguiente ecuación general:

$$ICVCC = \sum_{j=1}^5 F_{aj} V_{aj} + \sum_{j=1}^6 F_{ej} V_{ej} + \sum_{j=1}^6 F_{sj} V_{sj} + \sum_{j=1}^6 F_{ij} V_{ij} + u$$

Con $V_{aj}, V_{ej}, V_{sj}, V_{ij}$ significativas al momento realizar el análisis de regresión, y u la incertidumbre dada.

Aporte de la comprobación econométrica

La comprobación nos permite:

- Conocer las probabilidades de que ciertas variables propicien el aumento de la vulnerabilidad en cada estado del país, estableciendo entonces un cierto patrón de *causalidades*.
- A diferencia de los modelos de escenarios de impactos del cambio climático, que se basan en probabilidades de aumentos de temperatura, obtenidos en modelos de circulación general, el experimento se conforma con variables de las cuatro dimensiones del marco conceptual de esta tesis, las cuales son observaciones paramétricas obtenidas en tres periodos de tiempo distintos, lo cual le confiere, desde mi punto de vista, mayor jerarquía que aquellas basadas en escenarios probabilísticos.
- Es factible hacer el seguimiento en el tiempo de cómo se *mueve* la vulnerabilidad, a partir de una *visión multidimensional*, materializada en *causas multifactoriales*.
- La vulnerabilidad se *materializa* a través de las variables clave que marcan su tendencia, propiciando con ello la factibilidad de realizar acciones sociales de adaptación, con un mayor enfoque y acentuación en el aspecto determinante, de acuerdo al contexto que se trate.

Se establecieron ya de manera matemática, las tres ecuaciones que servirán para la comprobación empírica de la hipótesis de este trabajo. En el capítulo siguiente se llevan a cabo las operaciones estadísticas de cada una de estas tres ecuaciones, desplegando una propuesta heurística, que permitió no solo resolver problemas técnicos surgidos en el proceso de construcción del ICVV, sino además dio mayor robustez a la investigación. Para la mejor comprensión de esta propuesta heurística, los movimientos hechos se desglosan paso por paso.

Se ofrece a continuación un cuadro que sintetiza los principales aspectos vistos en el capítulo 2 y un diagrama que presenta la lógica teórico – empírica seguida en esta investigación.

Cuadro 11. Resumen del Capítulo 2

Ontología de la vulnerabilidad.	Multidimensionalidad.
Gnoseología empleada.	Racionalismo dialéctico.
Perspectiva teórica.	Método deductivo-inductivo, a partir del concepto de desarrollo sustentable a nivel deductivo, y el enfoque de <i>Start Point</i> o vulnerabilidad contextual, a nivel inductivo.
Epistemología aplicada.	Método no paramétrico, a través de la construcción de un índice compuesto de vulnerabilidad al cambio climático. Método paramétrico, a través de un enfoque econométrico.
Componentes teórico-operativos.	23 variables: 5 ambientales, 6 económicas, 6 sociales, y 6 institucionales.
Metodología para la construcción del índice compuesto.	Método de 8 pasos propuesto por la OCDE y la CEPAL.
Método de <i>normalización</i> de las variables empleado.	Método de Mínimos y Máximos $x = \frac{x' - \min}{\max - \min}$
Método de <i>pesaje</i> de las variables.	Método de Análisis Jerárquico a) Si $A1 > A2$ entonces: $C = P$ b) Si $A1 = A2$ entonces: $C = 1$ c) Si $A1 < A2$ entonces: $C = \frac{1}{P}$
Formalización matemática de la propuesta.	Ecuación 1: $IV = \sum_{j=1}^5 F_{aj} V_{aj} + \sum_{j=1}^6 F_{ej} V_{ej} + \sum_{j=1}^6 F_{sj} V_{sj} + \sum_{j=1}^6 F_{ij} V_{ij}$ Ecuación 2: $V_{cc} = \frac{\sum_{i=1}^5 (w_i * v_{a_i}) + \sum_{i=1}^6 (x_i * v_{e_i}) - \sum_{j=1}^6 (y_j * v_{s_j})}{\sum_{i=1}^6 (z_i * v_{i_i})}$ Comprobación econométrica $ICVCC = \sum_{j=1}^5 F_{aj} V_{aj} + \sum_{j=1}^6 F_{ej} V_{ej} + \sum_{j=1}^6 F_{sj} V_{sj} + \sum_{j=1}^6 F_{ij} V_{ij} + u$

CAPÍTULO 3

EPISTEMOLOGÍA SEGUIDA PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL ICVCC

En el presente capítulo se realizan las operaciones estadísticas de cada una de las ecuaciones señaladas en el capítulo 2, tratando de ser lo más claro posibles en cada uno de los pasos que se ejecutan.

3.1 OPERACIONES ESTADÍSTICAS

De acuerdo a lo establecido en el punto 2.2 y una vez que describieron en el punto 2.3, los pasos 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7 de la metodología utilizada, se continúa con la operación estadística de los pasos 4, 5 y 6, señalados en la propia metodología, consistente en la realización del análisis estadístico de las variables seleccionadas.

Paso 4(de la metodología) Análisis estadístico de las variables utilizadas.-

Con el fin de descartar cualquier elemento que pudiera distorsionar la operación estadística, las variables se sometieron a una prueba de calidad que resultó en:

- No se presentaron *outliers* debido a que se analizaron solamente datos estadísticos, y no tipo encuesta, por lo cual la presencia de *outliers* era improbable.

Cabe hacer una aclaración sobre los *outliers* en esta investigación. Los *outliers* son desviaciones extremas tanto inferiores como superiores en una muestra (una parte representativa de un todo, que en estadística se llama población); en efecto, existen pruebas estadísticas para determinar con un grado de confianza si es factible que un dato por muy extremo que sea, pertenezca a una población o no, sin embargo **en esta investigación cabe destacar que no se trabaja con una muestra sino con la población (el todo)** por lo cual, los datos que aparecen como respuestas a las variables son “reales”, en el sentido de que en efecto nuestras variables tienen ese rango de resultados y no es de extrañar su aparición, al menos estadísticamente. El término “*outlier*” tiene distintas implicaciones dependiendo del fin con el cual se le utilice; por lo tanto una vez realizada la aclaración anterior, y con el fin de evitar terminología que

lleve a la confusión, se seguirá utilizando este término para los datos extremos, **pero sin su connotación estadística.**

La existencia de estos datos extremos es utilizada también como mecanismo de seguridad sobre la consistencia de la base de datos, es decir, para buscar errores que haya habido durante la captura de la información. La base de datos fue revisada y se encuentra correctamente capturada.

Paso 5 (de la metodología) Normalización.

Todas las variables fueron *normalizadas* de acuerdo al método señalado en el punto 2.1 de tal manera que cuando se analizaron en el método de componentes principales ya eran compatibles para ser comparadas.

Operación basada en el método de componentes principales

Para llevar a cabo lo anterior se utilizó el Statistical Package for the Social Science (SPSS) con el objetivo de obtener componentes principales. Este paquete fue el que ofreció un manejo más amigable de la información, de los varios paquetes que se ofrecían para llevar a cabo este ejercicio.

Resultados obtenidos del uso de SPSS

1. La prueba de correlación entre las variables resultó baja, con lo cual existe seguridad de que las variables no tendrán efectos acumulativos que propicien el *sobredimensionamiento* de algunas de éstas.

Cuadro 12. Matriz de correlación

		Correlation Matrix ^a																					
	ExtraRecar	DegrSuelo	CoberVege	EvMeteo	PIBprim	PIBTuris	PobPrima	unodosIngre	PobDesoc	PobVuln	PobSalud	CalVivienda	RezEduc	CarAlim	ICBG	IncidDelic	DensPob	OrgCiv	PresupAmb	AreasNat	ProtecCivil	Infra	
Correlation	1.000	.334	-.360	-.207	-.197	-.043	-.401	-.008	-.122	.005	-.087	.546	-.085	-.224	-.043	.016	.074	.009	-.131	-.026	-.052	.241	
	DegrSuelo	1.000	-.298	-.013	.119	-.259	-.132	.192	.181	.348	-.097	.335	-.030	-.198	.027	.137	.050	.417	-.051	-.124	-.280	.208	
	CoberVege	-.360	1.000	.091	.057	-.079	.216	.073	-.254	.091	.068	-.330	-.135	.083	-.157	-.054	-.271	-.041	-.189	-.088	.129	-.114	
	EvMeteo	-.207	-.013	.091	1.000	.355	-.203	.470	-.243	-.255	.238	-.462	-.363	.074	.183	-.015	-.354	-.167	.193	-.115	-.346	.186	.168
	PIBprim	-.197	.119	.057	.355	1.000	-.074	.537	-.099	-.473	.521	-.212	-.207	-.076	.239	-.341	-.100	-.305	.485	.265	-.049	-.284	-.073
	PIBTuris	-.043	-.259	-.079	-.203	-.074	1.000	-.027	.008	-.154	-.088	.268	-.020	-.218	-.180	-.449	-.104	-.198	-.141	.158	.440	-.420	-.535
	PobPrima	-.401	-.132	.216	.470	.537	-.027	1.000	-.461	-.555	.592	-.497	-.772	.012	.657	-.235	-.481	-.336	.484	.106	-.097	-.159	-.273
	unodosIngre	-.008	.192	.073	-.243	-.099	.008	-.481	1.000	.387	-.171	.231	.335	.153	-.315	.321	.272	.340	-.250	.189	.095	-.185	.107
	PobDesoc	.122	.161	-.254	-.255	-.473	-.154	-.555	.387	1.000	-.484	.053	.360	.422	-.175	.534	.276	.667	-.216	-.081	-.035	.277	.328
	PobVuln	.005	.348	.091	.238	.521	-.068	.592	-.171	-.484	1.000	-.220	-.286	-.117	.368	-.405	-.206	-.355	.597	.041	-.254	-.395	-.148
	PobSalud	.087	-.097	.068	-.462	-.212	.268	-.497	.231	.053	-.220	1.000	.833	-.302	-.462	-.384	.339	-.103	-.315	.198	.423	-.209	-.347
	CalVivienda	.546	.335	-.330	-.363	-.207	-.020	-.772	.335	.380	-.268	.833	1.000	-.144	-.686	.005	.344	.166	-.204	.104	.169	-.130	.130
	RezEduc	-.085	-.030	-.135	.074	-.076	-.218	.153	.422	-.117	-.302	-.144	1.000	-.045	.230	.063	.912	-.098	.002	-.198	.410	.295	.295
	CarAlim	-.224	-.136	.063	.183	.239	-.180	.657	-.315	-.175	.368	-.462	-.686	1.000	.119	-.252	-.237	.506	-.076	-.208	.066	.036	.036
	ICBG	-.043	.027	+157	+015	-.341	-.449	-.235	.321	.534	-.405	-.384	.005	.230	1.000	.083	.381	-.038	-.255	-.346	.353	-.526	.526
	IncidDelic	.016	.137	-.054	-.354	-.150	-.104	-.481	.272	.276	-.208	.339	.344	.083	-.252	.083	1.000	.275	-.074	-.001	-.157	.115	-.035
	DensPob	.074	.056	-.271	-.167	-.305	-.190	-.338	.340	.667	-.355	-.103	.166	.912	-.237	.381	.275	1.000	-.244	.003	-.104	.390	.318
	OrgCiv	.009	.417	-.041	.193	.485	-.141	.484	-.250	-.216	.597	-.315	-.204	-.088	.508	-.038	-.074	-.244	1.000	.248	-.250	-.119	.150
	PresupAmb	-.131	-.051	.189	-.115	.285	.158	.108	.189	-.081	.041	.198	.104	.002	-.078	-.255	-.001	.003	.248	1.000	.418	-.287	-.238
	AreasNat	-.026	-.124	-.088	-.346	-.049	.440	-.097	.095	-.035	-.254	.423	.169	-.198	-.208	-.346	-.157	-.104	-.250	.418	1.000	-.295	-.486
	ProtecCivil	-.092	-.280	-.129	.186	-.284	-.420	-.159	-.185	.277	-.395	-.209	-.130	.416	.068	.393	.115	.390	-.119	-.287	-.295	1.000	.550
	Infra	.241	.208	-.114	.168	-.073	-.535	-.273	.107	.328	-.148	-.347	.130	.295	.036	.528	-.035	.318	-.238	-.486	.550	1.000	.241

a. Determinant = 2.62E-010

Siguiendo con el análisis se extrae la prueba KMO:

2. KMO and Bartlett's Test

Cuadro 13. Prueba Kaiser-Meyer-Olkin

Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy.		.462
Prueba de Esfericidad de Bartlett	Approx. Chi-Square	503.744
	Df	231
	Sig.	.000

Si bien el KMO no es muy bueno, la prueba de esfericidad es aceptable por lo que se continúa con el siguiente paso del análisis.

3. El *análisis de comunalidades* muestra que las variables tienen un aceptable nivel explicativo, lo que da confianza de que su selección fue apropiada.

Cuadro 14. Comunalidades

	Inicial	Extracción
VAR00001	1.000	.670
VAR00002	1.000	.734
VAR00003	1.000	.727
VAR00004	1.000	.699
VAR00005	1.000	.680
VAR00006	1.000	.636
VAR00007	1.000	.930
VAR00008	1.000	.717
VAR00009	1.000	.755
VAR00010	1.000	.780
VAR00011	1.000	.792
VAR00012	1.000	.906
VAR00013	1.000	.959
VAR00014	1.000	.820
VAR00015	1.000	.880
VAR00016	1.000	.824
VAR00017	1.000	.979
VAR00018	1.000	.741
VAR00019	1.000	.647
VAR00020	1.000	.721
VAR00021	1.000	.756
VAR00022	1.000	.773

Método de Extracción: Análisis de Componentes Principales.

4 *Análisis de varianza*. El análisis arroja que es posible reducir la dimensión de 22 variables a sólo 7 componentes que comprenden el 77.854% de la varianza total (de nuestra información inicial).

Cuadro 15. Tabla de componentes principales

Component	Initial Eigenvalues			Extraction Sums of Squared Loadings			Rotation Sums of Squared Loadings		
	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %
1	5.262	23.919	23.919	5.262	23.919	23.919	3.217	14.623	14.623
2	4.017	18.259	42.178	4.017	18.259	42.178	3.178	14.443	29.066
3	2.459	11.178	53.356	2.459	11.178	53.356	2.745	12.477	41.543
4	1.732	7.871	61.228	1.732	7.871	61.228	2.341	10.643	52.185
5	1.430	6.500	67.727	1.430	6.500	67.727	2.213	10.059	62.244
6	1.176	5.345	73.073	1.176	5.345	73.073	1.729	7.859	70.104
7	1.052	4.781	77.854	1.052	4.781	77.854	1.705	7.750	77.854
8	.978	4.444	82.298						
9	.740	3.362	85.660						
10	.579	2.630	88.290						
11	.548	2.489	90.779						
12	.438	1.989	92.768						
13	.410	1.862	94.630						
14	.337	1.534	96.164						
15	.281	1.279	97.443						
16	.205	.931	98.374						
17	.153	.697	99.071						
18	.090	.407	99.478						
19	.048	.219	99.697						
20	.041	.187	99.883						
21	.022	.101	99.984						
22	.003	.016	100.000						

Método de Extracción: Análisis de Componentes Principales.

Cuadro 16. Matriz de componentes rotada

	Componentes						
	1	2	3	4	5	6	7
VAR00001	-.029	.103	.344	-.105	.720	-.105	-.004
VAR00002	.457	.246	.103	-.041	.596	.275	.146
VAR00003	.087	.121	.051	-.241	-.799	.071	.022
VAR00004	.302	.356	-.045	.050	-.206	-.235	-.616
VAR00005	.770	-.023	-.059	-.037	-.157	.024	-.239
VAR00006	-.117	-.776	.021	-.085	.038	-.106	-.019
VAR00007	.519	-.120	-.619	-.019	-.285	-.251	-.345
VAR00008	-.097	.029	.248	.116	-.042	.775	.171
VAR00009	-.468	.197	.032	.437	.281	.418	.228
VAR00010	.811	.014	-.247	-.164	.086	-.164	.005
VAR00011	-.125	-.388	.617	-.220	-.090	.062	.430
VAR00012	-.100	.012	.752	-.079	.449	.252	.245
VAR00013	-.021	.166	-.058	.962	-.027	.015	-.032
VAR00014	.168	.104	-.867	-.120	-.076	-.096	-.022
VAR00015	-.486	.566	-.321	.117	.119	.439	-.008
VAR00016	-.016	.145	.238	.159	-.055	.046	.846
VAR00017	-.239	.151	.088	.903	.141	.191	.141
VAR00018	.678	.188	-.429	-.120	.190	.085	.056
VAR00019	.366	-.411	.133	.115	-.252	.497	-.056
VAR00020	-.162	-.766	.170	-.057	.010	.234	-.142
VAR00021	-.404	.583	-.002	.350	-.255	-.253	-.032
VAR00022	-.123	.790	.051	.158	.215	.151	-.192

Método de Extracción: Análisis de Componentes Principales.

Método de Rotación: Varimax con Normalización Kaiser.

Los 7 componentes principales obtenidos presentan características que permiten proponer algunos juicios sobre ellos:

- El componente 5 está formado mayormente por variables ambientales, las cuales parecen presentar cierta *autonomía* con respecto al entorno económico-social, lo que hace pensar que independientemente de las condiciones de este tipo que tengan los estados, las variables ambientales responden a un nivel mayor de influencia. En el caso de la dinámica ambiental en particular, pudiera pensarse que ésta obedece a una influencia mayor a la localizada estatal, regional o incluso nacionalmente. Con mucho, la dimensión ambiental, la que caracterizo como de exposición al cambio climático, presenta aspectos que el análisis estadístico no permite relacionar de una manera clara con los factores socio-económicos a nivel estatal, suponiéndose en consecuencia, que las presiones que afectan al medio ambiente provienen de las políticas económica y social a nivel nacional. En otro momento se tendría que ver la relación entre las políticas económicas y sociales a escala mundial, sus interrelaciones y las presiones que ejercen sobre el entorno ambiental y el *estado* que presenta éste ante tales presiones. Un claro ejemplo de esto es el cambio climático como *externalidad negativa* que afecta a todo el planeta.
- El componente 7 presenta características eminentemente económico-sociales, más directamente relacionadas con las condiciones estatales que se analizan, con lo cual es factible proponer relaciones de causalidad que expliquen el nivel de vulnerabilidad de cada estado.
- El componente 2 parece vincular los aspectos institucionales con los sociales, lo cual parecería lógico, ya que una buena parte de las condiciones sociales de la población mexicana se generan de las políticas públicas, sobre todo aquellas de atención a los asuntos de vulnerabilidad social.

Es importante señalar que el método de componentes principales es sugerido en la metodología (CEPAL 2010) como forma de **comprobar la relevancia estadística** de las variables que se proponen para integrar el índice compuesto, **pero no para el pesaje**. Sin embargo, sí el resultado arrojará la formación de uno o máximo dos

componentes que acumulen más del 70% de la varianza, nivel que se considera el óptimo relevante, sería factible tomar en cuenta tales variables como base del experimento econométrico. En este caso, el experimento con componentes principales arrojó como resultado siete componentes que acumularon el 77.854 % de la varianza.

Paso 6 (de la metodología) Pesaje de las variables

Con las variables ya normalizadas de acuerdo al método propuesto y habiéndose aplicado el peso a cada una de ellas, obtenido de la ponderación de expertos, (ver supra 2.1) se procedió a efectuar la sustitución en las ecuaciones de cada uno de los subíndices, a efecto de obtener el dato correspondiente a cada estado del país.

Las ecuaciones que se sustituyen corresponden a los subíndices del ICVCC:

Se transforman para aplicar los pesos:

$$\begin{aligned}
 IVa &= \sum_{j=1}^5 Faj Vaj \dots\dots\dots e = \sum_{i=1}^5 w_i * va_i \\
 IVe &= \sum_{j=1}^6 Fej Vej \dots\dots\dots s = \sum_{i=1}^6 x_i * ve_i \\
 IVs &= \sum_{j=1}^6 Fsj Vsj \dots\dots\dots r = \sum_{i=1}^6 y_i * vs_i \\
 IVs &= \sum_{j=1}^6 Fij Vij \dots\dots\dots ca = \sum_{i=1}^6 z_i * vi_i
 \end{aligned}$$

3.2 HEURÍSTICA SEGUIDA PARA LA SOLUCIÓN DE PROBLEMAS ESTADÍSTICOS EN LA CONSTRUCCIÓN DEL ICVCC

Es pertinente señalar que, a diferencia de los otros índices compuestos que se describen precedentemente, en la presente investigación se plantea una forma heurística distinta para resolver los problemas técnicos surgidos al desarrollar el ICVCC.

Esta nueva heurística para la construcción del ICVCC contempla, como primer paso, realizar el promedio geométrico de las distintas variables que intervienen en cada subíndice, por cada uno de los estados del país, a efecto de que se supere el esquema de realizar un promedio simple, y se propicie una mayor robustez en el dato que se obtiene de cada estado.

3.2.1 Cálculo de los subíndices

A continuación se explicará cómo se calculó el subíndice de la dimensión ambiental, el mismo procedimiento es para las demás dimensiones. La diferencia deriva en el número de variables usadas en cada uno de ella. Así de:

$$e = \sum_{i=1}^5 w_i * va_i$$

Se tiene que:

$$e = w_1 * va_1 + w_2 * va_2 + w_3 * va_3 + w_4 * va_4 + w_5 * va_5$$

Donde:

w_i = promedios geométricos ponderados de las opiniones de los expertos, y

va_i = valor de los indicadores, en este caso son cinco.

Por lo que, para calcular, por ejemplo el subíndice para Aguascalientes se toman los siguientes valores:

Aguascalientes			
w_1	0.27	Va_1	0.53
w_2	0.16	Va_2	0.82
w_3	0.39	Va_3	0.83
w_4	0.14	Va_4	0.09
w_5	0.1	Va_5	0.73

Sustituyendo en la ecuación anterior se obtiene:

$$e = 0.27 * 0.53 + 0.16 * 0.82 + 0.39 * 0.83 + 0.14 * 0.73 + 0.1 * 0.73 = \mathbf{0.68}$$

De esta manera, los promedios de los subíndices de cada una de las dimensiones se construyen de una manera más robusta, dándole al ICVCC en su conjunto mayor solidez.

Enseguida se presenta el despeje de cada uno de los subíndices el cual muestra resultados por cada uno de los estados del país.

$$e = \sum_{i=1}^5 w_i * va_i$$

Cuadro 17. Dimensión Ambiental (EXPOSICIÓN)

ESTADO	Sobreexplotación de acuíferos (extracción/recarga)	Superficie con degradación fuerte y extrema	Cambio en la cobertura vegetal de bosques, selvas, matorrales y manglares	Eventos meteorológicos extremos	Superficie de áreas naturales protegidas	Subíndices
Aguascalientes	0.53	0.82	0.83	0.09	0.73	0.68
Baja California	0.48	0.01	0.93	0.04	0.62	0.56
BCS	0.46	0.03	1.00	0.13	0.70	0.61
Campeche	0.00	0.00	0.64	0.05	0.74	0.33
Coahuila	0.75	0.40	0.88	0.07	0.94	0.71
Colima	0.47	0.54	0.65	0.04	0.00	0.47
Chiapas	0.00	0.11	0.43	0.53	0.97	0.36
Chihuahua	0.50	0.91	0.83	0.48	0.99	0.77
Distrito Federal	0.43	0.48	0.98	0.04	0.99	0.68
Durango	0.71	0.93	0.84	0.31	0.99	0.80
Guanajuato	0.60	0.72	0.96	0.04	0.94	0.75
Guerrero	0.00	0.73	0.49	0.11	1.00	0.42
Hidalgo	1.00	0.27	0.36	0.16	0.97	0.58
Jalisco	0.42	0.63	0.70	0.15	0.99	0.60
México	0.53	0.68	0.81	0.05	0.95	0.67
Michoacán	0.45	0.68	0.64	0.50	0.98	0.65
Morelos	0.53	0.41	0.72	0.00	0.85	0.57
Nayarit	0.00	0.41	0.59	0.15	0.57	0.37
Nuevo León	0.52	0.66	0.37	0.22	0.99	0.52
Oaxaca	0.00	0.42	0.81	0.43	0.99	0.54
Puebla	0.62	0.44	0.83	0.34	1.00	0.71
Querétaro	0.49	0.49	0.70	0.03	0.70	0.55
Quintana Roo	0.00	0.00	0.49	0.11	0.80	0.29
San Luis Potosí	0.50	0.34	0.66	0.31	1.00	0.59
Sinaloa	0.00	0.38	0.71	0.15	1.00	0.46
Sonora	0.48	0.45	0.73	0.07	0.98	0.59
Tabasco	0.00	0.05	0.70	0.15	0.91	0.39
Tamaulipas	0.00	0.50	0.26	0.15	0.97	0.30
Tlaxcala	0.00	1.00	0.88	0.26	0.80	0.61
Veracruz	0.00	0.04	0.58	1.00	0.99	0.47
Yucatán	0.00	0.00	0.00	0.09	0.92	0.10
Zacatecas	0.55	0.68	0.74	0.29	1.00	0.69
Promedio Geométrico	0.27	0.16	0.39	0.14	0.10	
de las Ponderaciones dada por expertos	Sobreexplotación de acuíferos (extracción/recarga)	Superficie con degradación fuerte y extrema	Cambio en la cobertura vegetal de bosques, selvas, matorrales y manglares	Eventos meteorológicos extremos	Superficie de áreas naturales protegidas	

$$s = \sum_{i=1}^6 x_i * ve_i$$

Cuadro 18. Dimensión económica (SENSIBILIDAD)

ESTADO	Porcentaje de participación del sector primario en el PIB estatal	Porcentaje de la población del estado con ingresos hasta 2 salarios mínimos	Porcentaje de participación del sector turístico en el PIB estatal	Porcentaje de la población estatal subempleada	Porcentaje de la población del estado en actividades del sector primario y turístico	Índice de infraestructura económica	Subíndices
Aguascalientes	0.34	0.66	0.49	0.34	0.49	0.07	0.31
Baja California	0.25	0.05	0.41	0.15	0.41	0.27	0.23
BCS	0.39	0.63	0.85	0.18	0.85	0.05	0.40
Campeche	0.07	0.55	0.47	0.15	0.47	0.05	0.23
Coahuila	0.26	0.50	0.47	0.36	0.47	0.41	0.35
Colima	0.50	0.78	0.64	0.34	0.64	0.00	0.37
Chiapas	0.74	0.00	0.32	0.07	0.32	0.46	0.31
Chihuahua	0.54	0.64	0.27	0.27	0.27	0.37	0.33
Distrito Federal	0.00	1.00	0.18	1.00	0.18	0.71	0.42
Durango	0.09	0.53	0.54	0.18	0.54	0.22	0.29
Guanajuato	0.33	0.49	0.48	0.24	0.48	0.77	0.43
Guerrero	0.56	0.35	0.35	0.20	0.35	0.27	0.30
Hidalgo	0.40	0.58	0.37	0.24	0.37	0.22	0.30
Jalisco	0.52	0.56	0.20	0.21	0.20	1.00	0.43
México	0.12	0.84	0.00	0.68	0.00	0.96	0.39
Michoacán	0.86	0.49	0.31	0.23	0.31	0.51	0.40
Morelos	0.30	0.87	0.57	0.55	0.57	0.03	0.36
Nayarit	0.88	0.68	0.46	0.18	0.46	0.06	0.36
Nuevo León	0.07	0.37	0.02	0.38	0.02	0.36	0.17
Oaxaca	0.78	0.17	0.22	0.05	0.22	0.37	0.28
Puebla	0.36	0.56	0.22	0.17	0.22	0.34	0.27
Querétaro	0.22	0.54	0.32	0.35	0.32	0.14	0.25
Quintana Roo	0.06	0.49	1.00	0.23	1.00	0.06	0.39
San Luis Potosí	0.36	0.43	0.17	0.14	0.17	0.37	0.24
Sinaloa	1.00	0.93	0.35	0.14	0.35	0.43	0.45
Sonora	0.71	0.77	0.23	0.36	0.23	0.50	0.40
Tabasco	0.13	0.23	0.28	0.73	0.28	0.08	0.22
Tamaulipas	0.31	0.92	0.61	0.49	0.61	0.44	0.47
Tlaxcala	0.35	0.86	0.22	0.39	0.22	0.02	0.25
Veracruz	0.49	0.67	0.32	0.33	0.32	0.62	0.40
Yucatán	0.33	0.96	0.13	0.00	0.13	0.19	0.23
Zacatecas	0.90	0.31	0.40	0.19	0.40	0.24	0.35
Promedio Geométrico	0.14	0.11	0.07	0.10	0.22	0.22	
de las Ponderaciones dadas por expertos	Porcentaje de participación del sector primario en el PIB estatal	Porcentaje de la población con ingresos hasta 2 salarios mínimos	Porcentaje de participación del sector turístico en el PIB estatal	Porcentaje de la población estatal subempleada	Porcentaje de la población en actividades del sector primario y turístico	Índice de infraestructura económica	

$$r = \sum_{i=1}^6 y_i * vS_i$$

Cuadro 19. Dimensión Social (RESISTENCIA)

ESTADO	Porcentaje de la población del Estado en edad vulnerable	Porcentaje de la población con acceso a los servicios de salud	Calidad y espacios de la vivienda	Porcentaje de la población del estado con rezago educativo	Porcentaje de la población del estado con carencia de alimentación	Dispersión geográfica de la población del estado	Subíndices
Aguascalientes	0.69	0.76	0.93	0.27	0.40	0.40	0.38
Baja California	0.06	0.77	0.93	0.26	0.15	0.15	0.23
BCS	0.16	0.80	0.75	0.21	0.17	0.17	0.23
Campeche	0.49	0.50	0.50	0.43	0.40	0.40	0.35
Coahuila	0.43	0.00	1.00	0.11	0.26	0.26	0.22
Colima	0.19	0.80	0.84	0.32	0.17	0.17	0.26
Chiapas	0.49	1.00	0.16	1.00	0.66	0.66	0.57
Chihuahua	0.38	0.66	0.85	0.29	0.29	0.29	0.30
Distrito Federal	0.10	0.75	0.97	0.00	0.20	0.20	0.20
Durango	0.75	0.65	0.82	0.40	0.48	0.48	0.43
Guanajuato	0.80	0.54	0.80	0.55	0.68	0.68	0.52
Guerrero	1.00	0.37	0.00	0.66	0.97	0.97	0.59
Hidalgo	0.56	0.10	0.58	0.49	0.57	0.57	0.40
Jalisco	0.62	0.25	0.88	0.39	0.30	0.30	0.32
México	0.00	0.59	0.77	0.29	0.45	0.45	0.31
Michoacán	0.82	0.19	0.57	0.77	0.86	0.86	0.58
Morelos	0.45	0.39	0.74	0.39	0.59	0.59	0.40
Nayarit	0.72	0.44	0.80	0.41	0.34	0.34	0.36
Nuevo León	0.28	0.96	0.92	0.16	0.00	0.00	0.20
Oaxaca	0.87	0.11	0.15	0.74	0.76	0.76	0.51
Puebla	0.66	0.19	0.57	0.54	0.69	0.69	0.46
Querétaro	0.45	0.58	0.84	0.36	0.30	0.30	0.32
Quintana Roo	0.10	0.61	0.46	0.31	0.18	0.18	0.21
San Luis Potosí	0.86	0.42	0.56	0.45	0.54	0.54	0.43
Sinaloa	0.50	0.72	0.76	0.39	0.51	0.51	0.41
Sonora	0.46	0.82	0.80	0.19	0.43	0.43	0.35
Tabasco	0.31	0.30	0.69	0.41	1.00	1.00	0.51
Tamaulipas	0.45	0.71	0.81	0.25	0.05	0.05	0.23
Tlaxcala	0.64	0.32	0.79	0.27	0.61	0.61	0.40
Veracruz	0.50	0.31	0.36	0.65	0.62	0.62	0.44
Yucatán	0.61	0.60	0.51	0.57	0.23	0.23	0.34
Zacatecas	0.97	0.29	0.88	0.52	0.39	0.39	0.42
Promedio Geométrico	0.10	0.08	0.07	0.22	0.23	0.10	
de las Ponderaciones dada por expertos	Porcentaje de la población del Estado en edad vulnerable	Porcentaje de la población con acceso a los servicios de salud	Calidad y espacios de la vivienda	Porcentaje de la población del estado con rezago educativo	Porcentaje de la población del estado con carencia de alimentación	Dispersión geográfica de la población del estado	

$$ca = \sum_{i=1}^6 z_i * vi_i$$

Cuadro 20. Dimensión Institucional (CAPACIDAD DE ADAPTACIÓN)

ESTADO	Número de organizaciones civiles en el Estado	Porcentaje del presupuesto o dedicado a la atención de los asuntos ambientales	Índice de corrupción y buen gobierno	Planes de protección civil en el estado	Programas estatales de acción climática	Índice de conflicto civil en el estado	Subíndices
Aguascalientes	0.45	0.01	0.10	0.33	0	1.00	0.25
Baja California	0.26	0.01	0.36	0.83	1	0.40	0.42
BCS	0.00	0.00	0.27	0.17	0	0.26	0.12
Campeche	0.08	0.02	0.26	0.33	0	0.14	0.13
Coahuila	0.37	0.09	0.34	0.17	0	0.34	0.21
Colima	0.18	0.24	0.00	0.00	0	0.06	0.06
Chiapas	0.50	0.03	0.25	1.00	0	0.00	0.23
Chihuahua	0.45	0.00	0.36	0.17	1	0.61	0.41
Distrito Federal	0.04	0.06	0.61	1.00	1	0.71	0.51
Durango	0.57	0.03	0.22	0.17	0	0.21	0.18
Guanajuato	0.66	0.00	0.13	0.50	1	0.19	0.36
Guerrero	1.00	0.01	0.31	0.33	0	0.44	0.31
Hidalgo	0.51	0.23	0.25	0.17	0	0.20	0.21
Jalisco	0.35	0.01	0.36	0.33	0	0.43	0.23
México	0.58	0.04	1.00	1.00	0	0.43	0.49
Michoacán	0.47	0.07	0.17	0.50	0	0.00	0.17
Morelos	0.21	0.02	0.43	0.00	0	0.34	0.19
Nayarit	0.83	1.00	0.13	0.00	0	0.41	0.34
Nuevo León	0.12	0.08	0.18	0.67	1	0.52	0.36
Oaxaca	0.34	0.01	0.21	0.17	0	0.24	0.15
Puebla	0.39	0.02	0.50	0.17	1	0.22	0.39
Querétaro	0.06	0.03	0.25	0.17	0	0.11	0.11
Quintana Roo	0.12	0.14	0.17	0.33	0	0.64	0.19
San Luis Potosí	0.52	0.01	0.24	0.50	0	0.39	0.23
Sinaloa	0.55	0.10	0.32	0.00	0	0.47	0.23
Sonora	0.18	0.00	0.18	0.50	0	0.79	0.22
Tabasco	0.40	0.00	0.42	0.50	0	0.43	0.27
Tamaulipas	0.26	0.00	0.39	0.33	0	0.29	0.21
Tlaxcala	0.33	0.09	0.55	0.00	0	0.27	0.24
Veracruz	0.35	0.04	0.42	0.83	1	0.10	0.41
Yucatán	0.06	0.11	0.37	0.67	0	0.57	0.25
Zacatecas	0.66	0.01	0.18	0.17	0	0.36	0.20
Promedio Geométrico	0.14	0.13	0.26	0.09	0.16	0.13	
de las Ponderaciones dada por expertos	Número de organizaciones civiles en el Estado	Porcentaje del presupuesto	Índice de corrupción y buen gobierno	Planes de protección civil en el estado	Programas estatales de acción climática	Índice de conflicto civil en el estado	

En esta etapa se cuenta ya con cada uno de los subíndices, correspondientes a cada dimensión, los cuales tienen incorporados:

- *Los datos normalizados de cada variable para cada estado de acuerdo con el método propuesto.*
- *El peso de cada variable resultado del promedio geométrico obtenido de la ponderación realizada por cada experto.*
- *El promedio geométrico de cada subíndice.*

Se procede ahora a la sustitución de la primera ecuación, no sin antes mencionar los pasos técnicos seguidos para el despeje de la primera ecuación y la construcción del ICVCC.

3.2.2 Pasos técnicos seguidos para el despeje de la ecuación 1

En este punto, se propone también una forma novedosa para solucionar los problemas técnicos que se presentan al momento de despejar las ecuaciones. En tal sentido, se llevan a cabo los siguientes pasos técnicos, que permiten exponer claramente el proceso seguido para el desarrollo de las ecuaciones hasta la obtención de resultados y su presentación:

- a: Aplicación de la ecuación.
- b: Normalización de los resultados obtenidos de la aplicación de la ecuación.
- c: Establecimiento de los rangos de vulnerabilidad.
- d: Identificación del rango de vulnerabilidad para cada estado del país.
- e: Mapeo de la vulnerabilidad.

3.3 DESPEJE DE LA ECUACIÓN 1

De acuerdo con la propuesta, se procede de la manera siguiente:

a) aplicación de la ecuación:

$$IV = \sum_{j=1}^5 F_{aj} V_{aj} + \sum_{j=1}^6 F_{ej} V_{ej} + \sum_{j=1}^6 F_{sj} V_{sj} + \sum_{j=1}^6 F_{ij} V_{ij}$$

Cuadro 21. Tabla obtenida después de aplicar la ecuación 1

	Subíndice Ambiental (IVa)	Subíndice Económica (IVe)	Subíndice Social (IVs)	Subíndice Institucional (IVi)	$V = IVa + IVe + IVs + IVi$
Aguascalientes	0.638	0.309	0.386	0.134	1.466
Baja California	0.538	0.403	0.239	0.511	1.691
BCS	0.567	0.435	0.235	0.322	1.559
Campeche	0.283	0.292	0.351	0.341	1.265
Coahuila	0.626	0.382	0.223	0.289	1.520
Colima	0.572	0.346	0.268	0.268	1.455
Chiapas	0.263	0.501	0.578	0.359	1.700
Chihuahua	0.673	0.348	0.310	0.397	1.727
Distrito Federal	0.582	0.208	0.204	0.589	1.583
Durango	0.713	0.351	0.431	0.239	1.734
Guanajuato	0.663	0.487	0.525	0.392	2.066
Guerrero	0.323	0.391	0.595	0.184	1.493
Hidalgo	0.479	0.334	0.401	0.283	1.496
Jalisco	0.509	0.478	0.328	0.290	1.606
México	0.580	0.278	0.313	0.488	1.659
Michoacán	0.552	0.456	0.590	0.303	1.900
Morelos	0.505	0.273	0.409	0.311	1.497
Nayarit	0.360	0.387	0.366	0.264	1.377
Nuevo León	0.422	0.226	0.204	0.463	1.316
Oaxaca	0.444	0.441	0.520	0.262	1.667
Puebla	0.609	0.320	0.468	0.495	1.892
Querétaro	0.518	0.270	0.328	0.332	1.448
Quintana Roo	0.227	0.445	0.219	0.262	1.152
San Luis Potosí	0.490	0.330	0.436	0.255	1.511
Sinaloa	0.359	0.430	0.415	0.228	1.432
Sonora	0.498	0.365	0.351	0.234	1.449
Tabasco	0.311	0.229	0.524	0.312	1.376
Tamaulipas	0.205	0.377	0.230	0.327	1.139
Tlaxcala	0.560	0.194	0.406	0.343	1.502
Veracruz	0.374	0.401	0.448	0.557	1.779
Yucatán	0.021	0.230	0.346	0.358	0.955
Zacatecas	0.587	0.452	0.425	0.194	1.657

Como se aprecia, los rangos obtenidos van más allá del parámetro máximo establecido [0,1] por lo cual se procede a efectuar la siguiente propuesta de solución:

b) Normalización de los resultados obtenidos de la aplicación de la ecuación 1

Con el fin de que los resultados obtenidos de la aplicación de la ecuación 1 sean consistentes con el rango [0,1] que marca el ICVCC, se procedió a *normalizar* tales datos mediante la siguiente ecuación:

$$N = \frac{V - \text{Min}(V)}{\text{Max}(V) - \text{Min}(V)}$$

Donde:

V : Es el valor obtenido para cada estado con la ecuación convencional

$\text{Min}(V)$ Es el valor mínimo de los 32 valores estales.

$\text{Max}(V)$ Es el valor máximo de los 32 valores estales.

Del cuadro 15 se obtuvieron los siguientes valores:

$$\text{Min}(V) = 0.955$$

$$\text{Max}(V) = 2.066$$

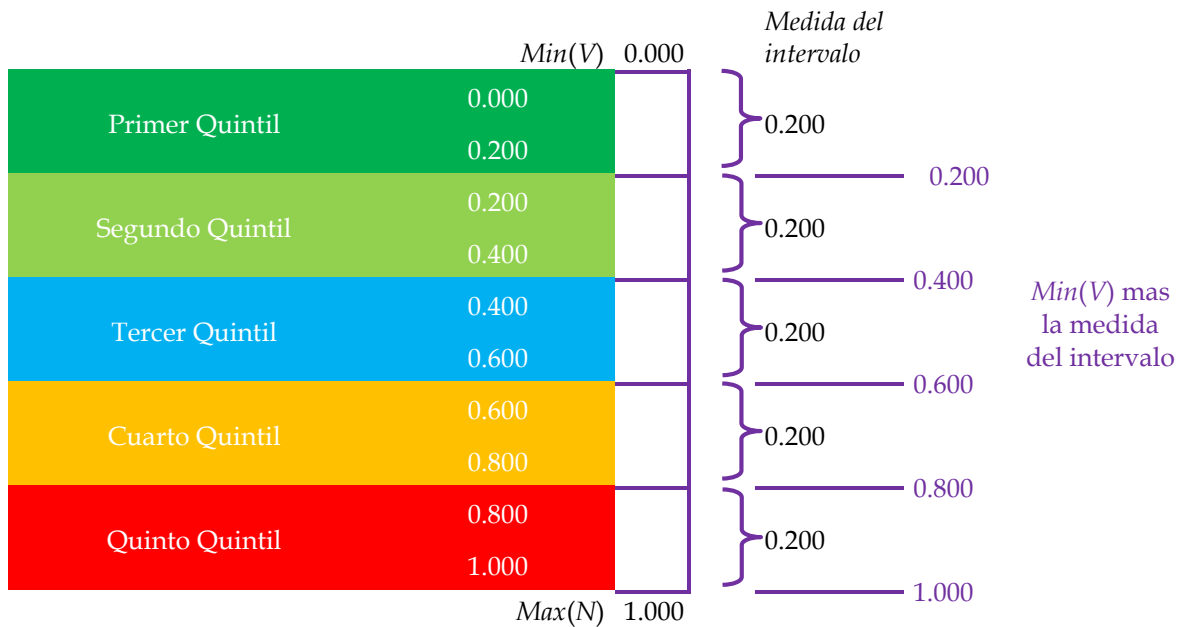
Con lo cual se obtuvieron los siguientes resultados normalizados:

Cuadro 22. Resultados normalizados

	Subíndice Ambiental (IVa)	Subíndice Económica (IVe)	Subíndice Social (IVs)	Subíndice Institucional (IVi)	V= IVa+IVe+IVs+IVi	Normalización $N = \frac{V - \text{Min}(V)}{\text{Max}(V) - \text{Min}(V)}$
Aguascalientes	0.638	0.309	0.386	0.134	1.466	0.460
Baja California	0.538	0.403	0.239	0.511	1.691	0.662
BCS	0.567	0.435	0.235	0.322	1.559	0.543
Campeche	0.283	0.292	0.351	0.341	1.265	0.279
Coahuila	0.626	0.382	0.223	0.289	1.520	0.508
Colima	0.572	0.346	0.268	0.268	1.455	0.450
Chiapas	0.263	0.501	0.578	0.359	1.700	0.670
Chihuahua	0.673	0.348	0.310	0.397	1.727	0.694
Distrito Federal	0.582	0.208	0.204	0.589	1.583	0.565
Durango	0.713	0.351	0.431	0.239	1.734	0.701
Guanajuato	0.663	0.487	0.525	0.392	2.066	1.000
Guerrero	0.323	0.391	0.595	0.184	1.493	0.484
Hidalgo	0.479	0.334	0.401	0.283	1.496	0.487
Jalisco	0.509	0.478	0.328	0.290	1.606	0.585
México	0.580	0.278	0.313	0.488	1.659	0.633
Michoacán	0.552	0.456	0.590	0.303	1.900	0.851
Morelos	0.505	0.273	0.409	0.311	1.497	0.488
Nayarit	0.360	0.387	0.366	0.264	1.377	0.379
Nuevo León	0.422	0.226	0.204	0.463	1.316	0.325
Oaxaca	0.444	0.441	0.520	0.262	1.667	0.641
Puebla	0.609	0.320	0.468	0.495	1.892	0.843
Querétaro	0.518	0.270	0.328	0.332	1.448	0.443
Quintana Roo	0.227	0.445	0.219	0.262	1.152	0.177
San Luis Potosí	0.490	0.330	0.436	0.255	1.511	0.500
Sinaloa	0.359	0.430	0.415	0.228	1.432	0.429
Sonora	0.498	0.365	0.351	0.234	1.449	0.444
Tabasco	0.311	0.229	0.524	0.312	1.376	0.378
Tamaulipas	0.205	0.377	0.230	0.327	1.139	0.166
Tlaxcala	0.560	0.194	0.406	0.343	1.502	0.492
Veracruz	0.374	0.401	0.448	0.557	1.779	0.742
Yucatán	0.021	0.230	0.346	0.358	0.955	0.000
Zacatecas	0.587	0.452	0.425	0.194	1.657	0.632

c) Establecimiento de los rangos de vulnerabilidad

Una vez obtenido el dato de vulnerabilidad normalizado para cada estado del país, y sabiendo que han quedado dentro del rango [0,1], se procede a identificar la vulnerabilidad. Para tal efecto se divide el intervalo [0,1] en cinco parte iguales, la cual nos dará el quintil en el que se ubica cada estado:



Entonces las vulnerabilidades de los estados quedan de la siguiente manera:

1	Vulnerabilidad baja	[0.0,0.2)
2	Vulnerabilidad media	[0.2,0.4)
3	Vulnerabilidad media alta	[0.4,0.6)
4	Vulnerabilidad alta	[0.6,0.8)
5	Vulnerabilidad muy alta	[0.8,1.0]

d) Identificación del rango de vulnerabilidad para cada estado del país

A partir de lo anterior, es factible identificar el grado de vulnerabilidad que presenta cada estado del país, señalándose esto en la tabla siguiente, en la cual aparece ya el color que distinguirá en los mapas los distintos rangos de vulnerabilidad.

Cuadro 23. Identificación del rango de vulnerabilidad de cada estado

	$V = IV_a + IV_e + IV_s + IV_i$	Normalización $N = \frac{V - \text{Min}(V)}{\text{Max}(V) - \text{Min}(V)}$	Calificativo de la Vulnerabilidad
Aguascalientes	1.466	0.460	Media alta
Baja California	1.691	0.662	Alta
BCS	1.559	0.543	Media alta
Campeche	1.265	0.279	Media
Coahuila	1.520	0.508	Media alta
Colima	1.455	0.450	Media alta
Chiapas	1.700	0.670	Alta
Chihuahua	1.727	0.694	Alta
Distrito Federal	1.583	0.565	Media alta
Durango	1.734	0.701	Alta
Guanajuato	2.066	1.000	Muy alta
Guerrero	1.493	0.484	Media alta
Hidalgo	1.496	0.487	Media alta
Jalisco	1.606	0.585	Media alta
México	1.659	0.633	Alta
Michoacán	1.900	0.851	Muy alta
Morelos	1.497	0.488	Media alta
Nayarit	1.377	0.379	Media
Nuevo León	1.316	0.325	Media
Oaxaca	1.667	0.641	Alta
Puebla	1.892	0.843	Muy alta
Querétaro	1.448	0.443	Media alta
Quintana Roo	1.152	0.177	Baja
San Luis Potosí	1.511	0.500	Media alta
Sinaloa	1.432	0.429	Media alta
Sonora	1.449	0.444	Media alta
Tabasco	1.376	0.378	Media
Tamaulipas	1.139	0.166	Baja
Tlaxcala	1.502	0.492	Media alta
Veracruz	1.779	0.742	Alta
Yucatán	0.955	0.000	Baja
Zacatecas	1.657	0.632	Alta

Paso 8 (de la metodología): Visualización de resultados

e) Mapeo de la vulnerabilidad del Índice 1

Habiéndose identificado el rango de vulnerabilidad que presenta cada estado del país, se procede a mostrarlo en un mapa, a efecto de comprobar algunas de las características de la *exposición* que tiene cada estado al cambio climático, y estar en posibilidad de afirmar o negar la hipótesis de trabajo.

Se presentan cuatro mapas:

- En el primero se observa el panorama general de la vulnerabilidad.
- En el segundo se identifica solamente a los estados con vulnerabilidad muy alta.
- En el tercero se agregan a lo anterior los estados con vulnerabilidad alta.
- En el cuarto se completa con los estados con vulnerabilidad media alta.

Mapa 4. Panorama general de la vulnerabilidad (Índice 1)



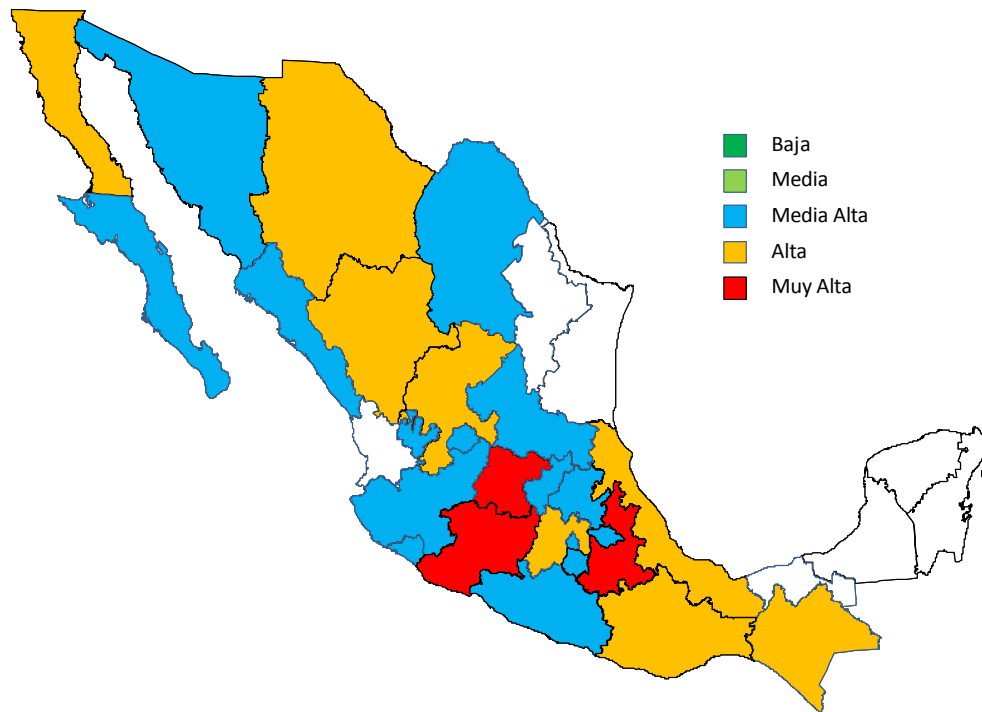
Mapa 5. Vulnerabilidad muy alta (Índice 1)



Mapa 6. Vulnerabilidad alta y muy alta (Índice 1)



Mapa 7. Vulnerabilidad media alta, alta y muy alta (Índice 1)



3.4 DESPEJE DE LA ECUACIÓN 2

Al igual que lo realizado en la primera ecuación, en esta segunda, se siguen los pasos técnicos diseñados en esta investigación, a fin de mostrar el proceso completo para la obtención de resultados.

a) Aplicación de la ecuación:

La ecuación que se propone para medir la vulnerabilidad al cambio climático y que ha sido descrita precedentemente en el punto 2.1, y que se desprende de:

E2

es:

$$V_{cc} = \frac{\sum_{i=1}^4 (w_i * va_i) + \sum_{i=1}^5 (x_i * ve_i) - \sum_{j=1}^8 (y_i * vs_j)}{\sum_{i=1}^6 (z_i * vi_i)}$$

Sustituyendo la ecuación con los datos de cada estado del país, se obtienen los siguientes resultados:

Cuadro 24. Índice de vulnerabilidad por Estado (Índice 2)

	Exposición (e)	Sensibilidad (s)	Resistencia (r)	Capacidad de adaptación (ca)	Vulnerabilidad $V = \frac{e + s - r}{ca}$
Aguascalientes	0.611	0.293	0.372	0.150	3.533
Baja California	0.500	0.343	0.321	0.437	1.195
BCS	0.537	0.424	0.291	0.196	3.412
Campeche	0.257	0.281	0.382	0.198	0.783
Coahuila	0.620	0.292	0.290	0.211	2.939
Colima	0.472	0.346	0.257	0.246	2.282
Chiapas	0.260	0.399	0.577	0.268	0.305
Chihuahua	0.672	0.267	0.376	0.335	1.678
Distrito Federal	0.581	0.052	0.344	0.549	0.526
Durango	0.712	0.303	0.442	0.129	4.440
Guanajuato	0.657	0.318	0.494	0.428	1.122
Guerrero	0.323	0.331	0.579	0.090	0.834
Hidalgo	0.476	0.286	0.411	0.165	2.120
Jalisco	0.508	0.258	0.395	0.343	1.084
México	0.575	0.066	0.533	0.370	0.293
Michoacán	0.550	0.343	0.552	0.243	1.407
Morelos	0.490	0.267	0.467	0.135	2.143
Nayarit	0.317	0.374	0.368	0.210	1.538
Nuevo León	0.421	0.147	0.256	0.434	0.720
Oaxaca	0.443	0.359	0.500	0.191	1.583
Puebla	0.609	0.246	0.533	0.338	0.950
Querétaro	0.488	0.239	0.369	0.212	1.694
Quintana Roo	0.207	0.432	0.247	0.204	1.915
San Luis Potosí	0.490	0.248	0.447	0.195	1.494
Sinaloa	0.359	0.335	0.449	0.171	1.434
Sonora	0.496	0.255	0.356	0.272	1.454
Tabasco	0.302	0.211	0.536	0.156	0.144
Tamaulipas	0.202	0.280	0.330	0.233	0.654
Tlaxcala	0.540	0.189	0.492	0.130	1.824
Veracruz	0.373	0.265	0.497	0.468	0.299
Yucatán	0.013	0.188	0.421	0.256	0.860
Zacatecas	0.587	0.399	0.435	0.117	4.702

c) Normalización de los resultados obtenidos de la aplicación de la segunda ecuación

Usando el mismo criterio de normalización que en la ecuación 1, se procedió a *normalizar* los datos de la tabla anterior mediante la ecuación:

$$N = \frac{V - \text{Min}(V)}{\text{Max}(V) - \text{Min}(V)}$$

Donde:

$$\begin{aligned} \text{Min}(V) &= 0.144 \\ \text{Max}(V) &= 4.702 \end{aligned}$$

Con lo cual se obtuvieron los siguientes resultados:

Cuadro 25. Resultados normalizados (Índice 2)

	Exposición (e)	Sensibilidad (s)	Resistencia (r)	Capacidad de adaptación (ca)	Vulnerabilidad $V = \frac{e + s - r}{ca}$	Normalización $N = \frac{V - Min(V)}{Max(V) - Min(V)}$
Aguascalientes	0.611	0.293	0.372	0.150	3.533	0.744
Baja California	0.500	0.343	0.321	0.437	1.195	0.231
BCS	0.537	0.424	0.291	0.196	3.412	0.717
Campeche	0.257	0.281	0.382	0.198	0.783	0.140
Coahuila	0.620	0.292	0.290	0.211	2.939	0.613
Colima	0.472	0.346	0.257	0.246	2.282	0.469
Chiapas	0.260	0.399	0.577	0.268	0.305	0.035
Chihuahua	0.672	0.267	0.376	0.335	1.678	0.337
Distrito Federal	0.581	0.052	0.344	0.549	0.526	0.084
Durango	0.712	0.303	0.442	0.129	4.440	0.943
Guanajuato	0.657	0.318	0.494	0.428	1.122	0.215
Guerrero	0.323	0.331	0.579	0.090	0.834	0.151
Hidalgo	0.476	0.286	0.411	0.165	2.120	0.433
Jalisco	0.508	0.258	0.395	0.343	1.084	0.206
México	0.575	0.066	0.533	0.370	0.293	0.033
Michoacán	0.550	0.343	0.552	0.243	1.407	0.277
Morelos	0.490	0.267	0.467	0.135	2.143	0.439
Nayarit	0.317	0.374	0.368	0.210	1.538	0.306
Nuevo León	0.421	0.147	0.256	0.434	0.720	0.126
Oaxaca	0.443	0.359	0.500	0.191	1.583	0.316
Puebla	0.609	0.246	0.533	0.338	0.950	0.177
Querétaro	0.488	0.239	0.369	0.212	1.694	0.340
Quintana Roo	0.207	0.432	0.247	0.204	1.915	0.389
San Luis Potosí	0.490	0.248	0.447	0.195	1.494	0.296
Sinaloa	0.359	0.335	0.449	0.171	1.434	0.283
Sonora	0.496	0.255	0.356	0.272	1.454	0.287
Tabasco	0.302	0.211	0.536	0.156	0.144	0.000
Tamaulipas	0.202	0.280	0.330	0.233	0.654	0.112
Tlaxcala	0.540	0.189	0.492	0.130	1.824	0.369
Veracruz	0.373	0.265	0.497	0.468	0.299	0.034
Yucatán	0.013	0.188	0.421	0.256	0.860	0.157
Zacatecas	0.587	0.399	0.435	0.117	4.702	1.000

d) Rangos de vulnerabilidad establecidos

Una vez obtenido el dato de vulnerabilidad para cada estado del país, y sabiendo que han quedado entre 0 y 1, se procede a identificar el rango de vulnerabilidad. Para tal efecto se divide el intervalo [0,1] en cinco parte iguales, la cual nos dará el quintil

en el que se ubica cada estado, tal cual se hizo en la ecuación 1 (pág. 132), lo cual se expresa en el cuadro siguiente.

d) Rango de vulnerabilidad para cada estado del país

Cuadro 26. Rango de vulnerabilidad por estado (Índice 2)

	Vulnerabilidad $V = \frac{e + s - r}{ca}$	Normalización $N = \frac{V - Min(V)}{Max(V) - Min(V)}$	Calificativo de la Vulnerabilidad
Aguascalientes	3.533	0.744	Alta
Baja California	1.195	0.231	Media
BCS	3.412	0.717	Alta
Campeche	0.783	0.140	Baja
Coahuila	2.939	0.613	Alta
Colima	2.282	0.469	Media alta
Chiapas	0.305	0.035	Baja
Chihuahua	1.678	0.337	Media
Distrito Federal	0.526	0.084	Baja
Durango	4.440	0.943	Muy alta
Guanajuato	1.122	0.215	Media
Guerrero	0.834	0.151	Baja
Hidalgo	2.120	0.433	Media alta
Jalisco	1.084	0.206	Media
México	0.293	0.033	Baja
Michoacán	1.407	0.277	Media
Morelos	2.143	0.439	Media alta
Nayarit	1.538	0.306	Media
Nuevo León	0.720	0.126	Baja
Oaxaca	1.583	0.316	Media
Puebla	0.950	0.177	Baja
Querétaro	1.694	0.340	Media
Quintana Roo	1.915	0.389	Media
San Luis Potosí	1.494	0.296	Media
Sinaloa	1.434	0.283	Media
Sonora	1.454	0.287	Media
Tabasco	0.144	0.000	Baja
Tamaulipas	0.654	0.112	Baja
Tlaxcala	1.824	0.369	Media
Veracruz	0.299	0.034	Baja
Yucatán	0.860	0.157	Baja
Zacatecas	4.702	1.000	Muy alta

e) Mapeo de la vulnerabilidad Índice 2

Se presentan cuatro mapas:

- En el primero se observa el panorama general de la vulnerabilidad.
- En el segundo se identifica solamente a los estados con vulnerabilidad muy alta.
- En el tercero se agregan a lo anterior los estados con vulnerabilidad alta.
- En el cuarto se completa con los estados con vulnerabilidad media alta.

Mapa 8. Panorama general de la vulnerabilidad (Índice 2)



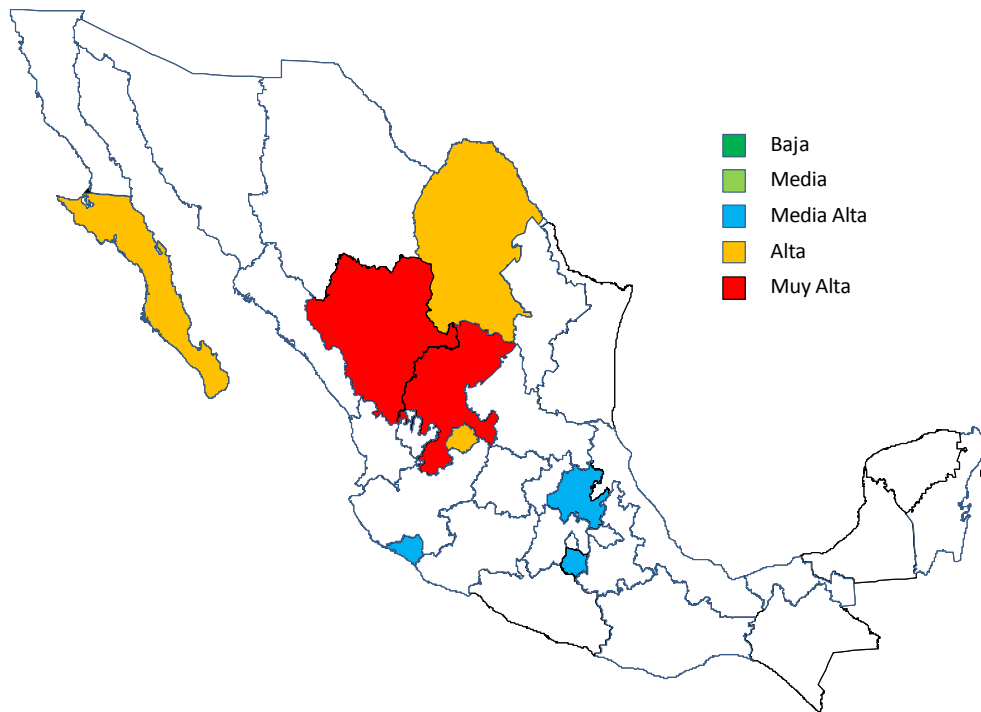
Mapa 9. Vulnerabilidad muy alta (Índice 2)



Mapa 10. Vulnerabilidad alta y muy alta (Índice 2)



Mapa 11. Vulnerabilidad media alta, alta y muy alta (Índice 2)



3.5 COMPROBACIÓN ECONOMETRICA

Con el fin de establecer algunos patrones mínimos acerca de la dinámica de la vulnerabilidad, se realizó un ejercicio econométrico dirigido a determinar las variables principales que actúan en la mencionada dinámica.

Este ejercicio de regresión utilizó el paquete PROBIT, el cual analiza la relevancia de las variables seleccionadas, con el objeto de establecer probabilidades de afectación de las variables independientes sobre la variable dependiente.

Con el propósito de mantener la congruencia con el marco teórico utilizado, se procedió de la manera siguiente:

- Se analizaron las 23 variables que se manejan en esta investigación.
- Se realizaron 30 pruebas con distintos conjuntos de variables, en los cuales de manera inequívoca se encontraban presentes variables de las cuatro dimensiones que señala el marco teórico (**Ver Anexo electrónico**).

Es necesario señalar que en los experimentos comentados, se notó que la presencia de las variables ambientales alejaba la relevancia del conjunto seleccionado, o bien, simplemente se obtenía información fragmentada y parcial. Algo similar se observó al utilizar el SPSS para obtener los componentes principales que se detalla en el punto 2.3 y el análisis de los componentes obtenidos.

Como se menciona, y después de varios experimentos, el conjunto de variables que obtuvo mayor relevancia explicativa en el experimento econométrico es el siguiente:

Cuadro 27. Experimento con variables seleccionadas de las cuatro dimensiones a través del paquete estadístico PROBIT

```

. use "C:\stata\Trabajados\prueba4.dta", clear

. probit dependiente va3 ve6 vs5 vi3

Iteration 0:  log likelihood = -16.810282
Iteration 1:  log likelihood =  -8.207966
Iteration 2:  log likelihood = -7.2455796
Iteration 3:  log likelihood = -7.1102058
Iteration 4:  log likelihood = -7.1058206
Iteration 5:  log likelihood = -7.1058192
Iteration 6:  log likelihood = -7.1058192

Probit regression                               Number of obs   =       32
                                                LR chi2(4)      =       19.41
                                                Prob > chi2     =       0.0007
Log likelihood = -7.1058192                    Pseudo R2      =       0.5773

```

dependiente	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]
va3	7.778027	3.786486	2.05	0.040	.3566501 15.1994
ve6	7.207632	4.499703	1.60	0.109	-1.611625 16.02689
vs5	1.624302	1.609808	1.01	0.313	-1.530863 4.779467
vi3	-4.035821	3.69339	-1.09	0.275	-11.27473 3.203091
_cons	-5.045827	2.522468	-2.00	0.045	-9.989774 -.1018809

Note: 0 failures and 2 successes completely determined.

En donde,

Va3 = Cambio en la cobertura vegetal de bosques, selvas, matorrales y manglares.

Ve6 = Índice de infraestructura económica.

Vs5 = Porcentaje de la población del estado con carencia de alimentación.

Vi3= Índice de corrupción y buen gobierno.

Los resultados no muestran un nivel esperado de relevancia (z) en todas las variables, sin embargo, son los que mayor rango alcanzaron en todas las pruebas realizadas; el R2 obtuvo un rango aceptable de confiabilidad.

Al observar estos resultados estadísticos, de corte cuantitativo, así como las ponderaciones cualitativas realizadas por los expertos de los paneles que otorgaron el *peso* a cada variable, la observación nos indica que **las variables que obtuvieron mayor peso explicativo por dimensión, de acuerdo al promedio geométrico obtenido de las ponderaciones de los expertos, son las mismas que después de varios experimentos, alcanzaron la mayor relevancia estadística en la prueba PROBIT** (desde luego señalando el nivel débil con respecto a la z).

En el cuadro siguiente, sólo **de manera informativa, no comparativa**, se anotan con sus respectivos rangos, las cuatro variables con mayor relevancia en los dos métodos empleados.

Cuadro 28. Nivel de relevancia alcanzado por las variables ponderadas por expertos y las variables obtenidas por la prueba PROBIT

VARIABLES	Promedio geométrico obtenido de los expertos	Prueba PROBIT
Va3.- Cambio en la cobertura vegetal de bosques, selvas, matorrales y manglares.	0.387	2.05
Ve6.-Índice de infraestructura económica.	0.222	1.60
Vs5.-Porcentaje de la población del estado con carencia de alimentación.	0.226	1.01
Vi3.-Índice de corrupción y buen gobierno.	0.259	-1.09

Lo más indicado para continuar el ejercicio para definir patrones de causalidad de la vulnerabilidad, sería que a partir de los resultados de la prueba PROBIT, se construyera un modelo tipo econométrico a fin de poder señalar las curvas de causalidades de la vulnerabilidad, en un ejercicio que seguiría este esquema:

Comprobación econométrica

$$(Y = f(X_1, X_2, \dots, X_k, u)).$$

ó

$$ICVCC = \sum_{j=1}^5 F_{aj} V_{aj} + \sum_{j=1}^6 F_{ej} V_{ej} + \sum_{j=1}^6 F_{sj} V_{sj} + \sum_{j=1}^6 F_{ij} V_{ij} + u$$

Con $V_{aj}, V_{ej}, V_{sj}, V_{ij}$ significativas al momento realizar el análisis de regresión, y u la incertidumbre dada.

La significancia se dio con la combinación de las variables V_{a3}, V_{e6}, V_{s5} y V_{i3} , con las cuales se obtuvieron los valores de F_{a3}, F_{e6}, F_{s5} y F_{i3} como sigue:

$$F_{a3} = 7.778027$$

$$F_{e6} = 7.207632$$

$$F_{s5} = 1.624302$$

$$F_{i3} = -4.035821$$

y la incertidumbre,

$$u = -5.045827$$

Ahora, sustituyendo estos valores en la ecuación econométrica se tiene:

$$Y = 7.778027(V_{a3}) + 7.207632(V_{e6}) + 1.624302(V_{s5}) - 4.035821(V_{i3}) - 5.045827$$

Donde:

V_{a3} = Cambio en la cobertura vegetal de bosques, selvas, matorrales y manglares.

V_{e6} = Índice de infraestructura económica.

V_{s5} = Porcentaje de la población del estado con carencia de alimentación.

V_{i3} = Índice de corrupción y buen gobierno.

La ausencia de series de tiempo con amplia cobertura, impiden desarrollar a plenitud un modelo econométrico que brinde información sobre las causalidades de la vulnerabilidad. Por ello, se reconoce que **únicamente se corrió cada variable con tres años de comparación**. No obstante, el experimento permitió una aproximación a la

dinámica de la vulnerabilidad, arrojando información complementaria a la ofrecida por el ICVCC.

Pasos técnicos seguidos

- a) Incorporación de los datos de PROBIT en la ecuación econométrica.
- b) Normalización de los datos obtenidos para cada variable en los tres distintos años que se analizan, siguiendo el proceso Min - Max.
- c) Incorporación en la ecuación de los datos de cada variable.
- d) Aplicación de la ecuación.
- e) Gráfica con la recta de la vulnerabilidad.

El cuadro siguiente muestra la vulnerabilidad por estado por años seleccionados y la tendencia a partir de la comparación con la vulnerabilidad media nacional anual de éstos.

Cuadro 29. Dinámica de la vulnerabilidad por estado obtenida de manera paramétrica

	2005	2008	2010	Tendencia
Aguascalientes	0.262	0.410	0.590	
Baja California	0.684	0.777	0.659	

BCS	0.688	0.733	0.782	<p>Line graph for BCS comparing BCS (solid line) and Nacional (dashed line) from 2005 to 2010. The y-axis ranges from 0 to 1. BCS starts at ~0.7, rises to ~0.8. Nacional starts at ~0.6, falls to ~0.5.</p>
Campeche	0.479	0.050	0.397	<p>Line graph for Campeche comparing Campeche (solid line) and Nacional (dashed line) from 2005 to 2010. The y-axis ranges from 0 to 1. Campeche starts at ~0.5, drops to ~0.1, rises to ~0.4. Nacional starts at ~0.6, falls to ~0.5.</p>
Coahuila	0.820	0.790	0.603	<p>Line graph for Coahuila comparing Coahuila (solid line) and Nacional (dashed line) from 2005 to 2010. The y-axis ranges from 0 to 1. Coahuila starts at ~0.8, falls to ~0.6. Nacional starts at ~0.6, falls to ~0.5.</p>
Colima	0.313	0.000	0.307	<p>Line graph for Colima comparing Colima (solid line) and Nacional (dashed line) from 2005 to 2010. The y-axis ranges from 0 to 1. Colima starts at ~0.3, drops to ~0.0, rises to ~0.3. Nacional starts at ~0.6, falls to ~0.5.</p>

Chiapas	0.853	0.423	0.300	
Chihuahua	0.575	0.695	0.606	
Distrito Federal	0.258	0.574	1.000	
Durango	0.566	0.595	0.617	

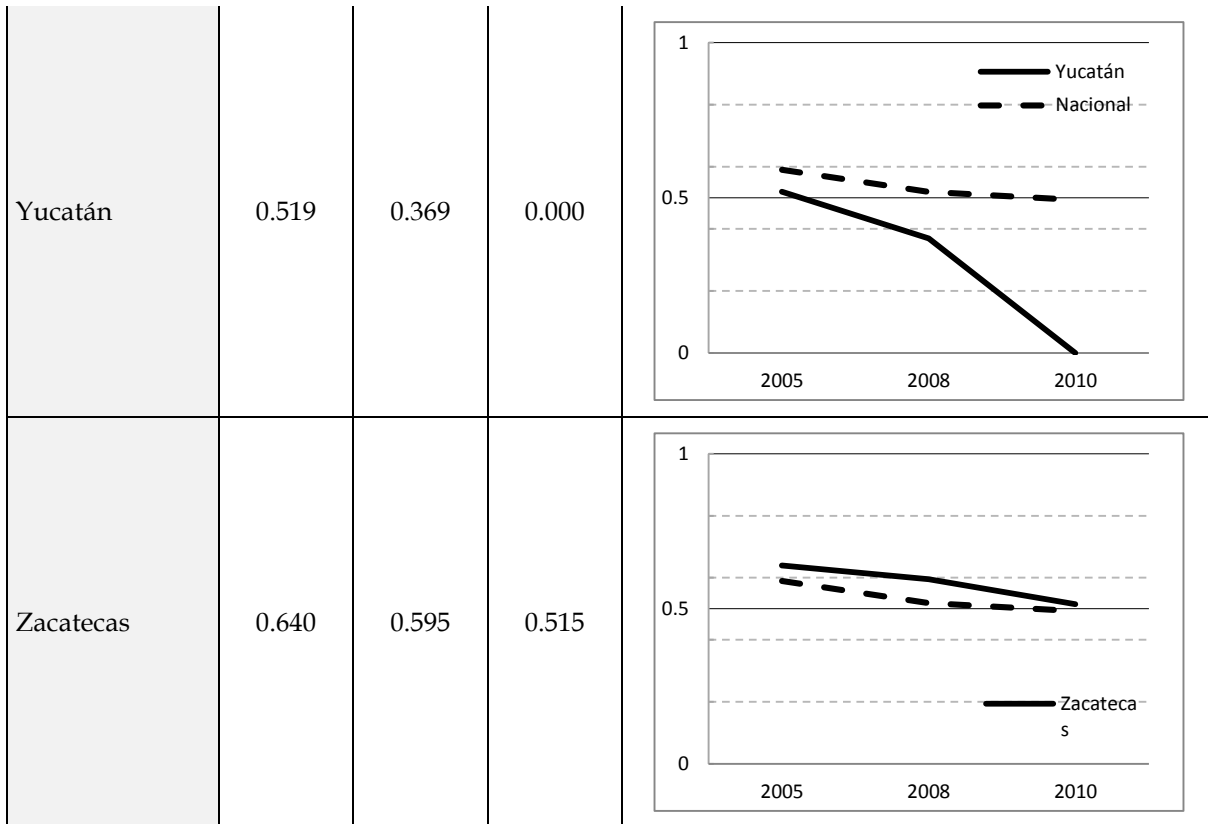
Guanajuato	0.772	1.000	0.758	<p>Line graph for Guanajuato showing values for 2005, 2008, and 2010 compared to a national average. The state's value starts at 0.772 in 2005, peaks at 1.000 in 2008, and ends at 0.758 in 2010. The national average is shown as a dashed line around 0.5.</p>
Guerrero	0.631	0.376	0.242	<p>Line graph for Guerrero showing values for 2005, 2008, and 2010 compared to a national average. The state's value starts at 0.631 in 2005, drops to 0.376 in 2008, and further to 0.242 in 2010. The national average is shown as a dashed line around 0.5.</p>
Hidalgo	0.557	0.435	0.152	<p>Line graph for Hidalgo showing values for 2005, 2008, and 2010 compared to a national average. The state's value starts at 0.557 in 2005, drops to 0.435 in 2008, and further to 0.152 in 2010. The national average is shown as a dashed line around 0.5.</p>
Jalisco	1.000	0.802	0.668	<p>Line graph for Jalisco showing values for 2005, 2008, and 2010 compared to a national average. The state's value starts at 1.000 in 2005, drops to 0.802 in 2008, and further to 0.668 in 2010. The national average is shown as a dashed line around 0.5.</p>

México	0.642	0.701	0.818	<p>Line graph showing the evolution of two variables for México from 2005 to 2010. The y-axis ranges from 0 to 1. The solid line represents México, starting at 0.642 in 2005 and rising to 0.818 in 2010. The dashed line represents Nacional, starting at 0.540 in 2005 and falling to 0.431 in 2010.</p>
Michoacán	0.718	0.577	0.490	<p>Line graph showing the evolution of two variables for Michoacán from 2005 to 2010. The y-axis ranges from 0 to 1. The solid line represents Michoacán, starting at 0.718 in 2005 and falling to 0.490 in 2010. The dashed line represents Nacional, starting at 0.540 in 2005 and falling to 0.431 in 2010.</p>
Morelos	0.108	0.316	0.511	<p>Line graph showing the evolution of two variables for Morelos from 2005 to 2010. The y-axis ranges from 0 to 1. The solid line represents Morelos, starting at 0.108 in 2005 and rising to 0.511 in 2010. The dashed line represents Nacional, starting at 0.540 in 2005 and falling to 0.431 in 2010.</p>
Nayarit	0.540	0.107	0.431	<p>Line graph showing the evolution of two variables for Nayarit from 2005 to 2010. The y-axis ranges from 0 to 1. The solid line represents Nayarit, starting at 0.540 in 2005, dropping to 0.107 in 2008, and recovering to 0.431 in 2010. The dashed line represents Nacional, starting at 0.540 in 2005 and falling to 0.431 in 2010.</p>

<p>Nuevo León</p>	<p>0.682</p>	<p>0.610</p>	<p>0.331</p>	
<p>Oaxaca</p>	<p>0.865</p>	<p>0.409</p>	<p>0.421</p>	
<p>Puebla</p>	<p>0.564</p>	<p>0.592</p>	<p>0.705</p>	
<p>Querétaro</p>	<p>0.634</p>	<p>0.255</p>	<p>0.464</p>	

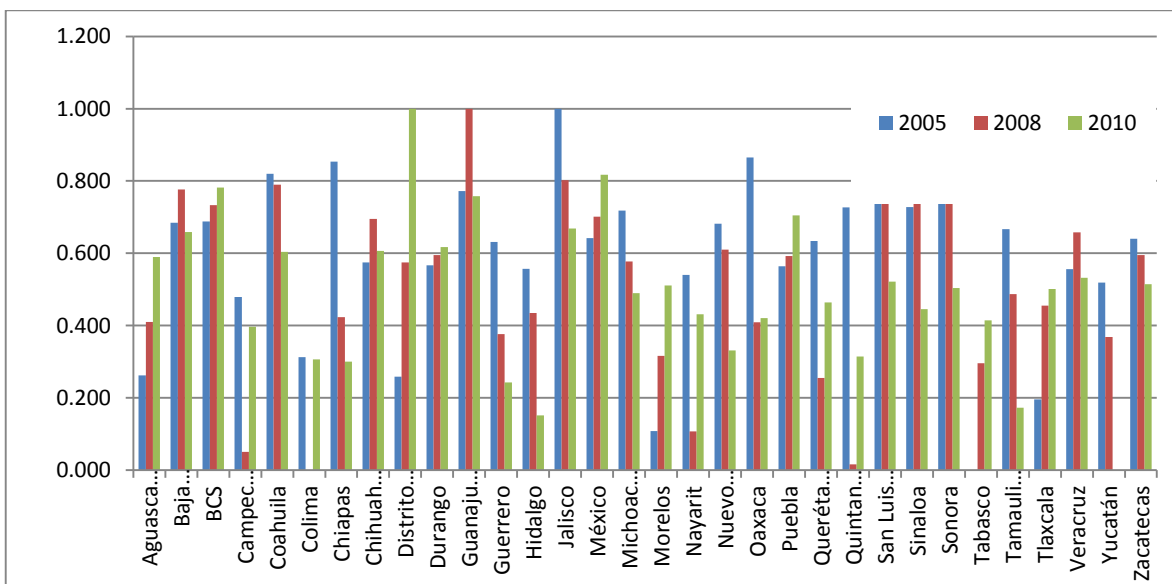
Quintana Roo	0.727	0.016	0.314	
San Luis Potosí	0.799	0.762	0.522	
Sinaloa	0.728	0.768	0.445	
Sonora	0.825	0.956	0.504	

Tabasco	0.000	0.296	0.414	
Tamaulipas	0.667	0.487	0.173	
Tlaxcala	0.195	0.455	0.501	
Veracruz	0.556	0.658	0.532	



— Tendencia estatal.
 - - - - - Tendencia Nacional (media anual de los estados).

Figura 27. Dinámica de la vulnerabilidad por estados en años seleccionados



A manera de conclusión de este Capítulo 3, se puede decir que la epistemología seguida aquí, consistente en la aplicación de un método inductivo basado en el

enfoque de la vulnerabilidad contextual, así como la propuesta de una heurística novedosa en la aplicación de la técnica estadística, resultaron positivas para construir el ICVCC y señalar tendencias del fenómeno en estudio. En el siguiente capítulo se analizan y evalúan los resultados obtenidos mediante las vías paramétrica y no paramétrica, desarrolladas en este apartado.

Aportes de la investigación a la heurística seguida para la construcción de índices compuestos

- Se propone una **nueva heurística para la construcción del índice**, la cual contempla, como primer paso, realizar el **promedio geométrico de las distintas variables que intervienen en cada subíndice**, por cada uno de los estados del país, a efecto de que se supere el esquema de realizar un promedio simple, y se propicie una mayor robustez en el dato que se obtiene de cada estado quedando así:

$$e = w_1 * va_1 + w_2 * va_2 + w_3 * va_3 + w_4 * va_4 + w_5 * va_5$$

Donde:

w_i = promedios geométricos ponderados de las opiniones de los expertos, y
 va_i = valor de los indicadores, en este caso son cinco.

- Se desarrolla una forma novedosa de resolver el problema técnico de respetar el intervalo [0,1]: Con el fin de que los resultados obtenidos de la aplicación de la ecuación 1 sean consistentes con el rango [0,1] que marca el ICVCC, se procedió a *normalizar* tales datos mediante la siguiente ecuación:

$$N = \frac{V - \text{Min}(V)}{\text{Max}(V) - \text{Min}(V)}$$

Donde:

V : Es el valor obtenido para cada estado con la ecuación convencional.

$\text{Min}(V)$ Es el valor mínimo de los 32 valores estatales.

$\text{Max}(V)$ Es el valor máximo de los 32 valores estatales.

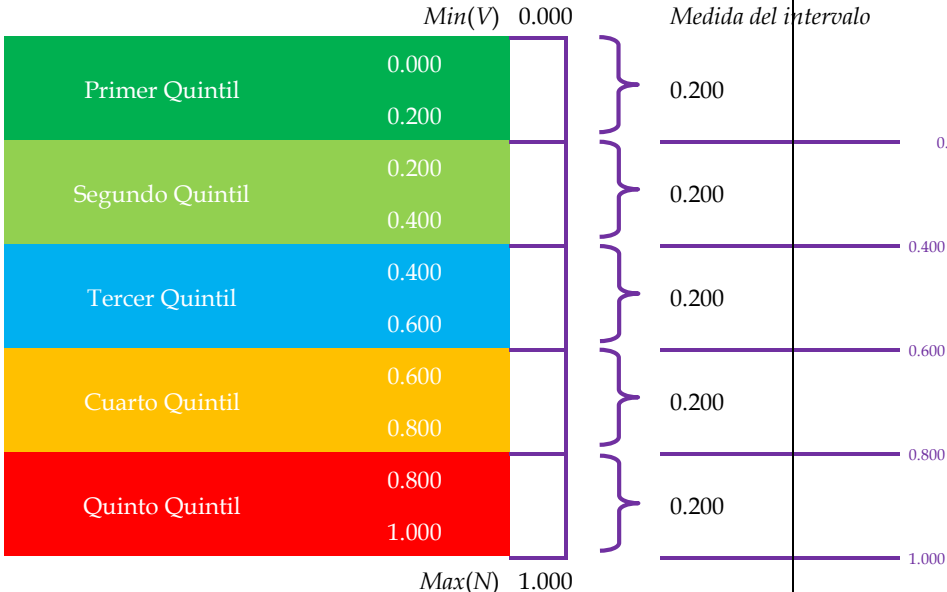
- Se construye una alternativa estadística para definir los rangos de la vulnerabilidad

A partir del intervalo [0,1], se subdivide en 5 intervalos de 0.2 cada uno para quedar:

1	Vulnerabilidad baja	[0.0,0.2)
2	Vulnerabilidad media	[0.2,0.4)
3	Vulnerabilidad media alta	[0.4,0.6)
4	Vulnerabilidad alta	[0.6,0.8)
5	Vulnerabilidad muy alta	[0.8,1.0]

Con esta propuesta se resuelve técnicamente lo que los teóricos han llamado el “umbral de la vulnerabilidad”, aspecto en el que se podría incurrir en subjetividades, pero que con la propuesta de esta investigación queda superado este problema de subjetividad, al establecerse de manera estadística la fijación de tales “umbrales.”

Cuadro 30. Resumen del Capítulo 3

Epistemología aplicada	Método inductivo basado en el enfoque <i>Start point</i> o vulnerabilidad contextual.
Técnica estadística aplicada para establecer la relevancia de las variables.	Componentes Principales obtenidos en el paquete Statistical Package for the Social Science.
Técnica estadística para aplicar la ecuación 3.	Relevancia estadística de las variables obtenida en el paquete Stata usando Regresión PROBIT.
Técnica estadística para obtener los subíndices.	$e = w_1 * va_1 + w_2 * va_2 + w_3 * va_3 + w_4 * va_4 + w_5 * va_5$ $w_i = \text{promedios geométricos ponderados de las opiniones de los expertos, y}$ $va_i = \text{valor de los indicadores.}$
Técnica estadística para obtener el índice dentro del rango [0,1].	$N = \frac{V - Min(V)}{Max(V) - Min(V)}$
Técnica estadística para establecer los rangos de la vulnerabilidad.	 <p>En donde:</p> <ul style="list-style-type: none"> Primer quintil = Vulnerabilidad Baja Segundo quintil = Vulnerabilidad Media Tercer quintil = Vulnerabilidad Media Alta Cuarto quintil = Vulnerabilidad Alta Quinto quintil = Vulnerabilidad Muy Alta
Resultados obtenidos	<ol style="list-style-type: none"> 1. Se completó el ICVCC con los rangos de vulnerabilidad por cada estado despejando las ecuaciones 1 y 2. 2. Se realizó la comprobación econométrica y se obtuvo una tendencia de vulnerabilidad para cada estado. 3. Se presentó la visualización de la vulnerabilidad a través de mapas que muestran la distribución geográfica del fenómeno a partir de los distintos rangos que adquiere.

CAPÍTULO 4

ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS ESTADÍSTICOS OBTENIDOS

4.1 ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LAS ECUACIONES 1 Y 2

Antes de pasar a describir y analizar los resultados obtenidos de las operaciones estadísticas, conviene recordar al psicólogo Carl Jung, quien al referirse a la estadística señaló: *La falacia del cuadro estadístico estriba en que es unilateral, en la medida en que representa sólo el aspecto promedio de la realidad y excluye el cuadro total. La concepción estadística del mundo es una mera abstracción, y es incluso falaz, en particular cuando atañe a la psicología del hombre.*

Sobre esto que escribe Jung, no obstante que los maestros de la estadística y los creadores de modelos probabilísticos (Gujariti 2009) escriben y reiteran, que tanto una como los otros son tan solo *aproximaciones a la realidad*, que por lo tanto no la sustituyen, en ciertos círculos académicos se ha tratado de establecer a la estadística (de manera distorsionada a mi entender) como la *nueva Filosofía* para interpretar el mundo.

En esa línea de pensamiento, el análisis y evaluación de los resultados que se presentan en este capítulo, son el producto de una perspectiva teórica para analizar la vulnerabilidad al cambio climático, que permite una visión diferente del fenómeno a partir del uso de estadística no paramétrica. Este análisis refleja una parte de la realidad que no se había estudiado, pero que desde luego, es solo un intento por abrir nuevos caminos de investigación e interpretación, más que tratar de elaborar verdades estadísticas absolutas.

Dicho lo anterior, el análisis de los resultados obtenidos de las ecuaciones 1 y 2 propuestas en esta investigación, señala interesantes rasgos en los que se pueden encontrar algunos elementos explicativos acerca de la vulnerabilidad al cambio climático en los diferentes estados del país. Los cuadros siguientes muestran los resultados cuantitativos encontrados.

Cuadro 31. Tabla comparativa de número de estados por rango de vulnerabilidad, de acuerdo a la aplicación de las ecuaciones 1 y 2

Rangos de vulnerabilidad	Índice 1 (número de estados)	Índice 2 (número de estados)
Muy alta	3	2
Alta	8	3
Media Alta	14	3
Media	4	13
Baja	3	11

El cuadro anterior nos muestra que como resultado de la aplicación de la ecuación 1, 25 estados (78%) se encuentran en niveles de vulnerabilidad media alta, hasta muy alta; mientras que, contrariamente a lo anterior, la aplicación de la ecuación 2 situó 27 estados (84.3%) en niveles de vulnerabilidad media alta hacia vulnerabilidad baja.

Los estados con vulnerabilidad muy alta descienden de 3 (9.3%) en la ecuación 1 a 2 (6.2%) en la ecuación 2; mientras que los estados con vulnerabilidad baja aumentan de 3 (9.3%) en la ecuación 1 a 11 (34.3%) en la ecuación 2.

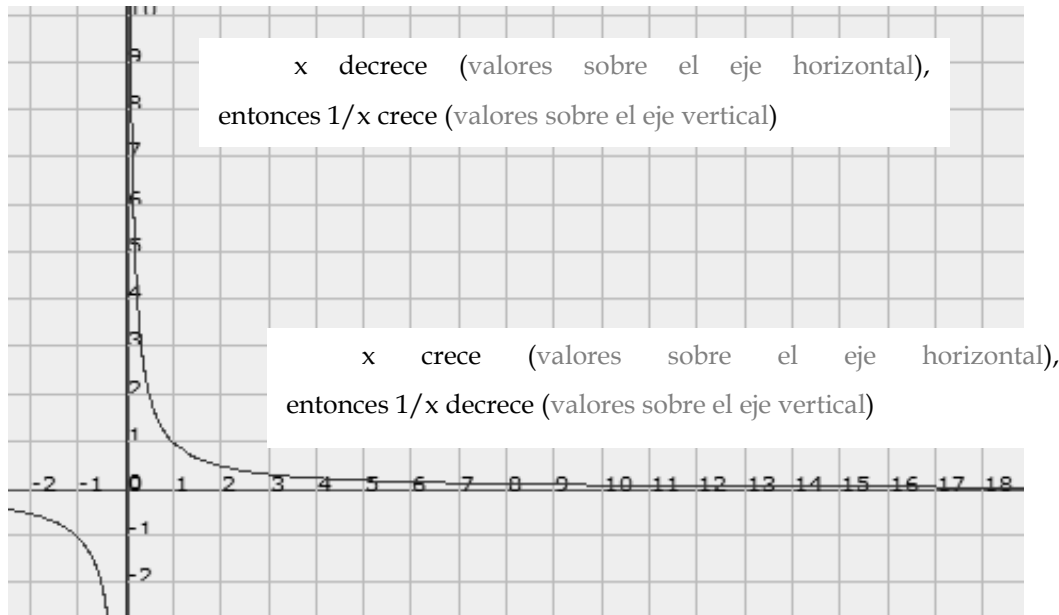
La ecuación 1 puede ser semejante a la toma de una fotografía en el tiempo, en donde las variables tienen su importancia y su peso relativo, pero sin dinámica. En cambio, la ecuación 2 puede ser interpretada como esa misma fotografía que se pone en movimiento, gracias a la dinámica que le imprime una de las variables que conforman la ecuación, que en el caso preciso de la ecuación 2, este elemento está identificado con la variable *capacidad de adaptación*, perteneciente a la dimensión institucional.

Es decir, como se señaló en el punto 2.1, al referirse a la formalización matemática de la ecuación 2:

$$\frac{e + s - r}{ca} \rightarrow 0$$

O sea, ca es significativamente mayor a $e+s-r$, obteniendo un comportamiento de la forma:

$$f(x) = \frac{1}{x}$$



El elemento *capacidad de adaptación* se convierte en pieza fundamental para hacer variar el porcentaje de 78% de estados en situación de vulnerabilidad media alta a muy alta en la ecuación 1, hacia el 84 % de estados situados en vulnerabilidad media alta a baja en la ecuación 2.

Lo anterior no significa que los estados que pasan a otra categoría de vulnerabilidad, hayan bajado su exposición al cambio climático, sino que hipotéticamente, ahora están mejor capacitados para minimizar, manejar y superar los impactos del fenómeno.

Examinemos ahora, quiénes son los estados que se encuentran en ambos extremos de la vulnerabilidad, a fin de aproximarnos a la comprobación de la hipótesis de esta investigación.

El cuadro siguiente detalla la ubicación de los estados en los niveles de vulnerabilidad en los índices 1 y 2, resaltando el hecho en el que un estado aparece en los extremos de la vulnerabilidad en los dos índices. (Se establece el nivel de vulnerabilidad media alta (0.4 a 0.6) como punto medio de los extremos).

Cuadro 32. Ubicación de estados por su vulnerabilidad, de acuerdo a la aplicación de las ecuaciones 1 y 2

Rangos de vulnerabilidad	Ecuación 1	Ecuación 2
5. Muy Alta	Guanajuato, Michoacán, Puebla	Durango, Zacatecas
4. Alta	Baja California, Chihuahua, Chiapas, Durango, México, Oaxaca, Veracruz, Zacatecas.	Aguascalientes, Baja California Sur, Coahuila.
3. Media Alta	Aguascalientes, Baja California Sur, Coahuila, Colima, Distrito Federal, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, Morelos, Querétaro, San Luis Potosí, Sinaloa, Sonora, Tlaxcala.	Colima, Hidalgo, Morelos.
2. Media	Campeche, Nayarit, Nuevo León, Tabasco.	Baja California, Chihuahua, Guanajuato, Jalisco, Michoacán, Nayarit, Oaxaca, Querétaro, Quintana Roo, San Luis Potosí, Sinaloa, Sonora, Tlaxcala.
1. Baja	Quintana Roo, Tamaulipas, Yucatán.	Campeche, Chiapas, Distrito Federal, Guerrero, México, Nuevo León, Puebla, Tabasco, Tamaulipas, Veracruz, Yucatán.

Nota: En rojo aparecen los estados que están en ambas ecuaciones con rango de vulnerabilidad media alta a muy alta y en verde los estados con vulnerabilidad baja.

Si tomamos como criterio la aparición de los estados en alguna de los dos índices, a partir del rango de vulnerabilidad media alta, los resultados nos arrojan que los estados que presentan mayor vulnerabilidad en el país son:

- Aguascalientes
- Baja California Sur
- Coahuila
- Colima
- Durango
- Hidalgo
- Morelos
- Zacatecas

Cuadro 33. Variación de la vulnerabilidad a partir de la comparación de los índices 1 y 2 (de la 1 a la 2)

	Índice 1	Índice 2	Comparación
Aguascalientes	3	4	Sube 1
Baja California	4	2	Baja 2
BCS	3	4	Sube 1
Campeche	2	1	Baja 1
Coahuila	3	4	Sube 1
Colima	3	3	no cambia
Chiapas	4	1	Baja 3
Chihuahua	4	2	Baja 2
Distrito Federal	3	1	Baja 2
Durango	4	5	Sube 1
Guanajuato	5	2	Baja 3
Guerrero	3	1	Baja 2
Hidalgo	3	3	no cambia
Jalisco	3	2	Baja 1
México	4	1	Baja 3
Michoacán	5	2	Baja 3
Morelos	3	3	no cambia
Nayarit	2	2	no cambia
Nuevo León	2	1	Baja 1
Oaxaca	4	2	Baja 2
Puebla	5	1	Baja 4
Querétaro	3	2	Baja 1
Quintana Roo	1	2	Sube 1
San Luis Potosí	3	2	Baja1
Sinaloa	3	2	Baja 1
Sonora	3	2	Baja 1
Tabasco	2	1	Baja 1
Tamaulipas	1	1	no cambia
Tlaxcala	3	2	Baja 1
Veracruz	4	1	Baja 3
Yucatán	1	1	no cambia
Zacatecas	4	5	Sube 1

4.2 ANÁLISIS DE LA COMPROBACIÓN ECONOMETRICA

Por lo que respecta a los resultados obtenidos a partir de la aplicación de la ecuación econométrica, se puede señalar que éste índice no es solamente una fotografía en el tiempo, o una fotografía con elementos dinámicos, sino que es ya una película (en este experimento un *corto metraje*) que nos aproxima a vislumbrar ciertas probabilidades explicativas de las causalidades de la vulnerabilidad al cambio climático en los estados del país.

Figura 28. Estados con tendencia hacia vulnerabilidad alta y muy alta (Índice 3)

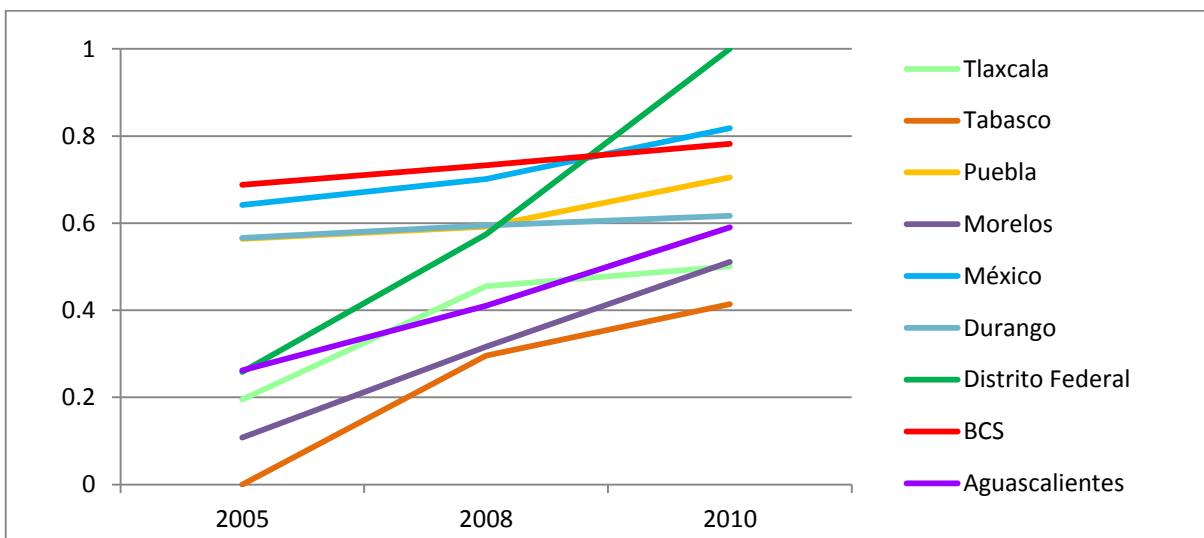


Figura 29. Estados con tendencia a vulnerabilidad media y media alta (Índice 3)

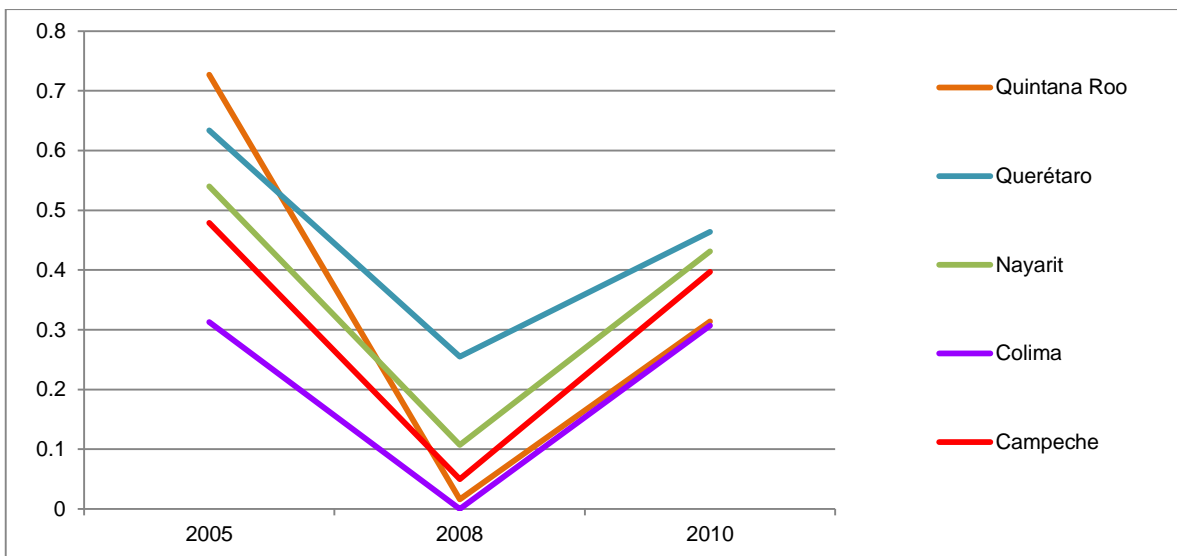
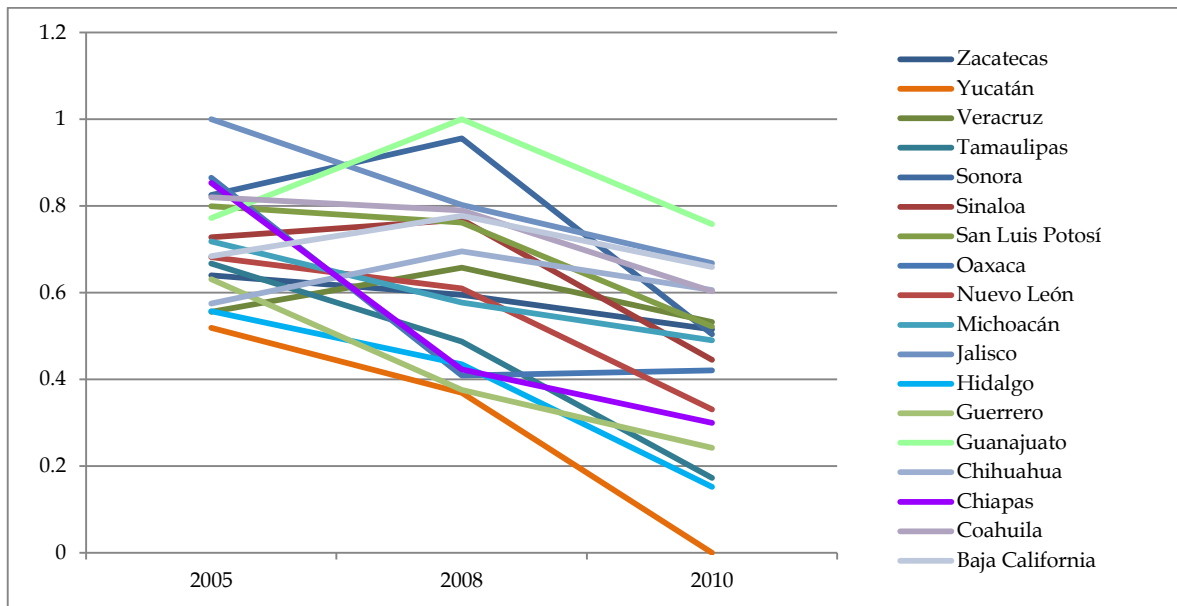


Figura 30. Estados con tendencia a vulnerabilidad baja (Índice 3)



Continuando con los resultados obtenidos mediante la ecuación 3, destacan los siguientes aspectos:

- 9 estados (28%) presentan una clara tendencia positiva, mayor que la media nacional, hacia niveles de vulnerabilidad alta y muy alta (Tlaxcala, Tabasco, Puebla, Morelos, México, Durango, Baja California Sur, Distrito Federal y Aguascalientes).
- 7 de estos estados son pertenecientes al altiplano y sólo 2 son costeros.
- De estos 9 estados, 4 de ellos (Aguascalientes, Baja California Sur, Durango y Morelos) aparecen también en niveles de vulnerabilidad alta en los dos primeros índices.
- 18 estados (56%) presentan tendencia hacia niveles de vulnerabilidad baja mayor que la media nacional.
- Entre estos 18 estados se encuentran Yucatán y Tamaulipas, que también aparecen en los dos primeros índices como los estados con vulnerabilidad baja.

4.3 ANÁLISIS METODOLÓGICO DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS Y COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN

El ICVCC construido en el marco conceptual deductivo de la *multidimensionalidad*, y concretizado de manera inductiva en la *multifactorialidad*, demostró la utilidad de este tipo de herramientas, construidas a partir de la estadística existente y fortalecida con la ponderación cualitativa de expertos, para sintetizar una problemática de estudio, en este caso la vulnerabilidad al cambio climático, y explicarla mejor.

A partir de los indicadores que dan sustento al ICVCC, se puede establecer con claridad, que no hay un patrón definitivo que incline el juicio hacia un aspecto sobre los demás. Por el contrario, indicadores que son desfavorables en cierta dimensión para algunos estados, no lo son para otros.

Lo interesante de lo anterior, es que es factible establecer que el supuesto teórico surgido a partir del método deductivo, que determina la *multidimensionalidad ontológica* de la vulnerabilidad al cambio climático, se ve comprobado de manera inductiva por la *multifactorialidad* de los resultados obtenidos.

Al analizar los estados que presentan mayor vulnerabilidad, se encuentra que tal condición no es producto de la debilidad que acusa el estado en una determinada dimensión, o la sobre representación de algún factor en particular.

Por el contrario, la vulnerabilidad de cada estado es el resultado de la interrelación de distintos factores (las Partes) que se vinculan en una unidad (el Todo) para generar la vulnerabilidad (Totalidad).

Combinando los tres índices, los cuadros siguientes muestran a los cuatro estados que presentan consistentemente vulnerabilidad alta. Se aprecia ahí, que salvo en la dimensión ambiental en donde Durango es el estado con mayor vulnerabilidad y en la variable cambio en la cobertura vegetal, en donde Baja California Sur es el estado en donde se presenta mayor vulnerabilidad, en el resto de las dimensiones y variables, no existe un patrón común, y que son otras entidades las que encabezan la vulnerabilidad por dimensión o variable.

En cambio, una suerte de *dinámica multifactorial* se acerca más a ser la clave en la explicación de la vulnerabilidad al cambio climático, que acusan los cuatro estados señalados.

Cuadro 34. Multifactorialidad como origen de la vulnerabilidad muy alta en los cuatro estados que presentan esta característica (de acuerdo al ICVCC)

ESTADO	SUBÍNDICE AMBIENTAL Vulnerabilidad más alta: 0.713 (Durango)	SUBÍNDICE ECONÓMICO Vulnerabilidad más alta: 0.501 (Chiapas)	SUBÍNDICE SOCIAL Vulnerabilidad más alta: 0.595 (Guerrero)	SUBÍNDICE INSTITUCIONAL Vulnerabilidad más alta: 0.589 (Distrito Federal)
Aguascalientes	0.638 (Alta)	0.309 (Media)	0.386 (Media)	0.134 (Baja)
Baja California Sur	0.567 (Media Alta)	0.435 (Media Alta)	0.235 (Media)	0.322 (Media)
Durango	0.713 (Alta)	0.351 (Media)	0.431 (Media Alta)	0.239 (Media)
Morelos	0.505 (Media Alta)	0.273 (Media)	0.409 (Media Alta)	0.311 (Media)

Nota: De acuerdo a los quintiles establecidos en el punto 3.2:

0 a 0.2 Vulnerabilidad Baja

0.2 a 0.4 Vulnerabilidad Media

0.4 a 0.6 Vulnerabilidad Media Alta

0.6 a 0.8 Vulnerabilidad Alta

0.8 a 1.0 Vulnerabilidad Muy Alta

Cuadro 35. Multifactorialidad como origen de la vulnerabilidad muy alta en los cuatro estados que presentan esta característica (Variables obtenidas por método paramétrico)

ESTADOS	Variable 1 Cambio en la cobertura vegetal Vulnerabilidad más alta: 1.00 (BCS)	Variable 2 Infraestructura Económica (ausencia de) Vulnerabilidad más alta: 0.00 (Colima)	Variable 3 Carencia de alimentación Vulnerabilidad más alta: 0.86 (Michoacán)	Variable 4 Índice de corrupción y buen gobierno Vulnerabilidad más alta: 0.61 (Distrito Federal)
Aguascalientes	0.83 (Muy Alta)	0.07 (baja)	0.40 (Media)	0.10 (Baja)
Baja California Sur	1.00 (Muy Alta)	0.05 (baja)	0.17 (Baja)	0.27 (Media)
Durango	0.84 (Muy Alta)	0.54 (Media Alta)	0.48 (Media Alta)	0.22 (Media)
Morelos	0.72 (Alta)	0.57 (Media Alta)	0.59 (Media Alta)	0.43 (Media Alta)

Los datos que arroja la investigación comprueban que la exposición es un factor no determinante en el conjunto y dinámica de la vulnerabilidad, sino que ésta es el resultado de una dinámica multifactorial originada en su carácter ontológico multidimensional.

Más aún, el resultado confirma el *aspecto gnoseológico* defendido en esta tesis: la dialéctica causa - efecto (intercambio histórico sociedad / naturaleza), entre las cuatro dimensiones del desarrollo sustentable como explicación de la dinámica seguida por el objeto de estudio de esta investigación.

4.4 DISCUSIÓN SOBRE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

Sobre la calidad y pertinencia de las variables estadísticas utilizadas

Tal cual se señala en la página 83, cuando se detalla el *paso 2 de la metodología*, la selección de las variables que intervienen en este estudio, implicó el análisis previo de la información existente, su disponibilidad, robustez, comparabilidad, consenso e importancia explicativa para el objeto de estudio de esta

investigación. De cerca de 90 variables contempladas en el inicio de la investigación que cumplían técnicamente con lo que se requería, la lista final quedó en 23, las cuales fueron sometidas a pruebas estadísticas para mostrar su relevancia explicativa, y a la opinión cualitativa de expertos.

La experiencia obtenida por esta investigación respecto al uso de variables en este tipo de análisis, indica:

- El marco conceptual es la base de la selección de variables, y lo que permite además, dar a éstas sentido explicativo. Por ello, no basta solo contar con variables estadísticamente sólidas, sino que deben estar agrupadas a un cuerpo teórico que permita, una vez habiéndose realizado los experimentos estadísticos, dar sentido y coherencia a los resultados obtenidos, para que se posibilite su uso práctico en la toma de decisiones.
- Con mucho, las variables económicas y sociales de que se dispone en México, son las que cuentan con mayores atributos técnicos; por el contrario, las variables ambientales requieren un mayor trabajo institucional para hacerlas no solo técnicamente robustas, sino trascendentes para la toma de decisiones. Por lo que respecta a las variables institucionales, hay un enorme camino por recorrer en México a este respecto. Afortunadamente la propia sociedad civil ha tomado parte importante en esta responsabilidad. Pero desde luego queda de manifiesto, que la información disponible, muestra claramente el débil nivel democrático que tenemos en nuestro país y lo urgente de exigir a las autoridades, mayor claridad y transparencia en la rendición de cuentas, que más allá de los discursos de los políticos, se ofrezca información objetiva que permita su análisis científico por investigadores y expertos.

Sobre la escala de análisis

El punto anterior da margen para abordar el tema de la escala de análisis utilizada en esta investigación.

En el capítulo 2 se señaló que la decisión acerca de la escala para el análisis de la vulnerabilidad, era uno de los puntos técnicos de mayor discusión.

Para superar lo anterior, en esta investigación se establecieron los criterios siguientes, que sirvieron de justificación a la elección de la escala de análisis estatal seguida aquí:

- La información estadística con mayor calidad generada por INEGI, CONEVAL, CONAPO y SEMARNAT está a escala estatal.
- La aplicación del marco teórico utilizado en esta investigación solo es factible en este momento a nivel nacional y/o estatal, ya que es la escala que permite estadísticamente observar la dinámica multidimensional del fenómeno.
- El análisis a escala estatal, permite definir criterios de jerarquía en la toma de decisiones con mayor precisión.
- Los resultados mostrados en el ICVCC a escala estatal, posibilitan establecer de mejor manera las prioridades de política pública en materia de vulnerabilidad, ya que identifican de manera clara a los estados que presentan de manera más severa el fenómeno.
- La escala de análisis estatal y su reflejo en un valor numérico único que proporciona el ICVCC, elimina la posibilidad de pulverizar criterios de política pública, ya que aglutina la atención sobre objetivos más precisos, en este caso representados por los estados del país.

Sobre el peso de los componentes de las ecuaciones

Sí bien es cierto que los resultados obtenidos muestran la multifactorialidad de las causas de la vulnerabilidad, lo que pondera de mejor manera el peso que tiene el componente de *exposición* como causa principal de la vulnerabilidad, también es pertinente señalar que el componente *capacidad de adaptación*, es un tema que debe ser tratado con precaución. El carácter *normativo* de esta investigación permitiría establecer que, *ceteris paribus* y en circunstancias de desarrollo institucional y democrático alcanzadas por ejemplo en los países más desarrollados de la OCDE, las acciones de adaptación, sobre todo en sus variables *programas de cambio climático estatales, programas de protección civil, gasto ambiental estatal, y cohesión social*, deberían ser contundentes para marcar la disminución de la vulnerabilidad. Sin embargo, se

debe admitir, que estas variables para el caso mexicano, no cuentan con mecanismos internos de evaluación que funcionen adecuadamente, por lo cual al momento de tomarse como un dato absoluto para el ICVCC, se da por sentado *a priori* que efectivamente cumplen su cometido.

Para solventar lo anterior, se propone en el capítulo siguiente, mecanismos que fortalezcan la evaluación de los programas estatales.

Comparación con otros índices de vulnerabilidad al cambio climático

En el capítulo 1 se anotaron algunos ejemplos de índices de vulnerabilidad elaborados por instituciones de gobierno, expertos y organizaciones privadas. Enseguida se ofrece una matriz comparativa de cuatro ejemplos de índices generados en México que se contrastan en términos metodológicos y de resultados con esta investigación.

Cuadro 36. Comparación metodológica entre índices de vulnerabilidad al cambio climático seleccionados

Índices	Método matemático utilizado	Escala	Resultados obtenidos
IMTA 2010. Índice de Vulnerabilidad Social al Cambio Climático.	No tiene marco teórico. IVS $= \frac{\text{salud} + \text{educación} + \text{vivienda} + \text{empleo e ingreso} + \text{población}}{5}$ Cada subíndice se forma del promedio de los indicadores que lo forman. Se realiza el promedio simple de los subíndices No se normalizan las variables ya que cada subíndice tiene independencia.	Municipal	No se obtiene un índice numérico, sino la clasificación de los municipios del país de acuerdo a 5 rangos establecidos para medir su vulnerabilidad social. El documento considera la necesidad de seguir generando estadística municipal, a fin de contemplar temas de gobernanza y programas de acción frente al cambio climático, los cuales no se contemplan en el IVS del IMTA. El IVS no contempla tampoco indicadores ambientales.
INE 2007. Estudio sobre Economía del Cambio Climático en México. Dra. María Eugenia Ibararán Viniestra. Melissa Rodríguez Segura. Universidad Iberoamericana, Puebla.	No tiene marco teórico. Modelo VRIP (Vulnerability-Resilience Indicator Prototype) Basado en Brenkert y Malone (2005). 18 indicadores para medir la sensibilidad y la capacidad de adaptación. No se presentan las fuentes de información estadística. El documento menciona que se normalizan los valores para las distintas variables y a través de medias geométricas se determina la resiliencia ante el cambio climático para cada estado. Sin embargo, no se ofrece información sobre el método empleado para la normalización ni tampoco acerca del establecimiento de rangos. No se formaliza matemáticamente.	Estatil	No se obtiene un índice numérico, Hay calificación de estados de acuerdo a su rango de resiliencia: Resiliencia alta: Nuevo León y Jalisco seguidos por Tamaulipas, Estado de México, Sonora, Sinaloa, Quintana Roo y Campeche. Los estados con menor resiliencia son Guerrero, Chiapas y Oaxaca. La ubicación geográfica (i.e. costa vs. Interior o norte vs. Centro o sur) no es un factor determinante de la resiliencia de los estados ante el cambio climático, concluye el documento.

<p>SEMARNAT 2013. Estrategia Nacional de Cambio Climático.</p>	<p>No tiene marco teórico.</p> <p>Los datos históricos no son observaciones directas de lo ocurrido, sino estimaciones con base en ciertos modelos de proyecciones climáticas.</p> <p>Se construyen los siguientes índices:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Índice de vulnerabilidad agrícola y social por temperatura. • Índice de vulnerabilidad agrícola por precipitación. • Índice de vulnerabilidad pecuaria. • Índice de vulnerabilidad de salud y social. <p>No se formaliza matemáticamente.</p>	<p>Municipal</p>	<p>No se obtiene un índice numérico,</p> <p>Se elabora una matriz donde se cruzan la exposición y la vulnerabilidad, estableciéndose una clasificación de riesgo en baja, media y alta.</p> <p>El riesgo alto está determinado por la exposición y los valores en riesgo, lo que arroja que el 4% de los municipios de México, con 56 millones de habitantes presenten vulnerabilidad alta. 17% ó 34 millones presenten vulnerabilidad media, y 79% ó 22 millones de habitantes, presenten vulnerabilidad baja.</p>
<p>SEMARNAT 2014. Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales 2012 - 2018.</p> <p>Indicador: <i>Disminución de la vulnerabilidad mediante infraestructura y acciones para la conservación, restauración y manejo sustentable del capital natural.</i></p>	<p>Es un componente de un programa de gobierno.</p> <p>Este índice agrupa un conjunto de variables que reflejan las acciones del sector para conservar, restaurar y manejar sustentablemente el capital natura; así como el desarrollo y mejoramiento de la infraestructura relacionada y contribuir a la protección de la población.</p> <p>Los indicadores utilizados son:</p> <p>C1. Deterioro del capital natural. Porcentaje de la superficie de vegetación afectada por incendios, plagas y enfermedades.</p> <p>C2. Restauración del capital natural. Porcentaje de aguas residuales tratadas con respecto a las colectadas.</p> <p>C3. Conservación del capital natural. Porcentaje de la superficie nacional con Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre.</p> <p>C4. Planes integrados de manejo territorial.</p> <p>Aunque se habla de un "índice", no se menciona en el documento, el método utilizado para elaborarlo.</p> <p>No se formaliza matemáticamente.</p>	<p>Nacional</p>	<p>No hay un índice numérico.</p> <p>Se fijan valores de 0.2, como línea base, y 0.6 como meta al 2018.</p> <p>Sin embargo, no se muestra la técnica para obtener estos valores.</p>
<p>Índice Compuesto de Vulnerabilidad al Cambio Climático (ICVCC) propuesto en esta investigación.</p>	<p>Marco teórico: Concepto de Desarrollo Sustentable.</p> <p>Establece la multidimensionalidad ontológica del fenómeno.</p> <p>Es congruente con la metodología aceptada internacionalmente para la construcción de índices compuestos.</p> <p>Se compone de 23 variables que agrupan, por primera vez para índices similares, indicadores de las 4 dimensiones del desarrollo sustentable.</p> <p>Todas las variables son observaciones estadísticas.</p> <p>Las variables comprobaron estadísticamente su relevancia.</p> <p>Las variables están normalizadas mediante el método:</p> $N = \frac{V - \text{Min}(V)}{\text{Max}(V) - \text{Min}(V)}$ <p>Se evita estadística espuria mediante la ponderación de las variables realizada por expertos, con el método de promedios geométricos.</p> <p>Se formaliza matemáticamente en tres ecuaciones:</p> <p>ICVCC= IVa+IVe+IVs+IVi</p> <p>ICVCC= $\frac{e+s-r}{ca}$</p>	<p>Estatal</p>	<p>Se presentan tres índices numéricos, el tercero desarrollado con un esquema econométrico que permite observar la vulnerabilidad en tres años distintos, señalando causas probables.</p> <p>Se establece estadísticamente la multifactorialidad como elemento explicativo de la vulnerabilidad.</p> <p>A partir de los resultados del ICVCC, se plantea un enfoque metodológico para el diseño y aplicación de política pública orientada a los temas de vulnerabilidad y adaptación al cambio climático.</p>

Visualización de resultados

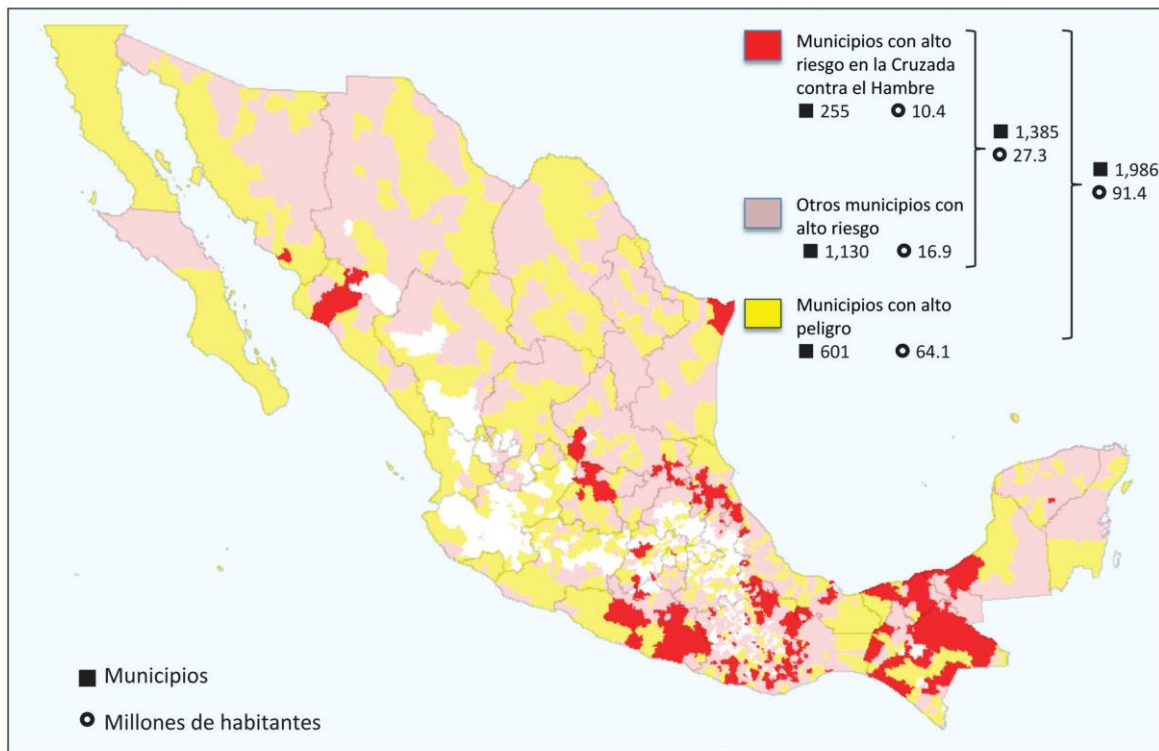
Un aspecto que marca la metodología para la elaboración de índices compuestos (ver capítulo 1) es la visualización de la información, ya que de ello depende la comprensión rápida y oportuna de la problemática que se desea dar a conocer. A partir de los ejemplos de índices dados a conocer en el punto anterior, se ofrece la visualización de cada uno de ellos y su comparación con el ICVCC.

Cuadro 37. INE 2007. Estudio sobre Economía del Cambio Climático en México

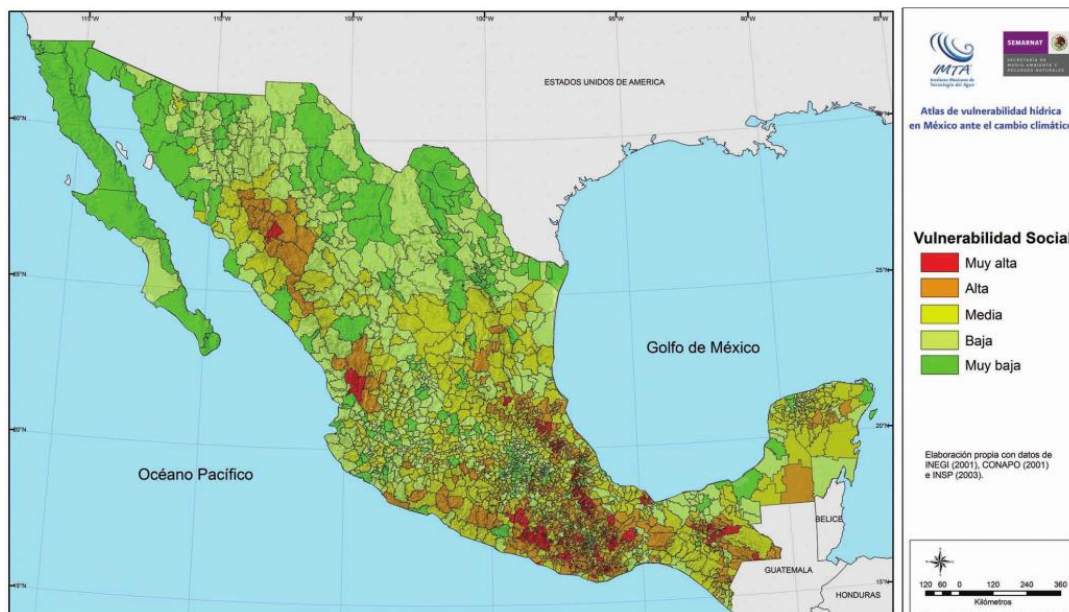
Índice de Vulnerabilidad

Estados	Desigualdad	VRIP	Desastres Naturales	Cambio Climático	Vulnerabilidad Agregada
AGS	B	M	B	A	BAJA
BCS	B	A	M	M	MEDIO
BC	B	M	M	M	BAJO
CAM	A	B	M	M	MEDIO
COAH	M	M	B	A	MEDIO
COL	M	M	A	B	MEDIO
CHIS	B	A	M	M	MEDIO
CHIH	B	B	M	B	BAJO
DF	A	A	M	B	ALTO
DGO	M	M	B	A	MEDIO
GTO	A	M	A	B	ALTO
GRO	B	A	M	M	MEDIO
HGO	M	A	M	B	MEDIO
JAL	M	B	A	B	BAJO
MEX	M	B	A	B	BAJO
MICH	A	A	A	B	ALTO
MOR	M	M	A	B	MEDIO
NAY	B	M	M	M	BAJO
NVO LEON	M	B	B	A	BAJO
OAX	M	A	A	B	ALTO
PUE	A	A	A	M	ALTO
QRO	M	B	M	M	BAJO
Q ROO	B	B	M	M	BAJO
SLP	B	A	B	A	MEDIO
SIN	M	B	B	A	BAJO
SON	M	B	B	A	BAJO
TAB	A	M	M	M	ALTO
TAM	B	B	M	A	BAJO
TLAX	B	M	A	B	BAJO
VER	A	A	A	M	ALTO
YUC	A	A	M	B	ALTO
ZAC	M	A	B	A	ALTO

Mapa 14. SEMARNAT 2013. Vulnerabilidad por municipios de acuerdo a la Estrategia Nacional de Cambio Climático



Mapa 15. IMTA 2010. Índice de Vulnerabilidad Social al Cambio Climático



Cuadro 38. Índice Compuesto de Vulnerabilidad al Cambio Climático (ICVCC 1)

	$V = IV_a + IV_e + IV_s + IV_i$	Normalización $N = \frac{V - \text{Min}(V)}{\text{Max}(V) - \text{Min}(V)}$	Calificativo de la Vulnerabilidad
Aguascalientes	1.466	0.460	Media alta
Baja California	1.691	0.662	Alta
BCS	1.559	0.543	Media alta
Campeche	1.265	0.279	Media
Coahuila	1.520	0.508	Media alta
Colima	1.455	0.450	Media alta
Chiapas	1.700	0.670	Alta
Chihuahua	1.727	0.694	Alta
Distrito Federal	1.583	0.565	Media alta
Durango	1.734	0.701	Alta
Guanajuato	2.066	1.000	Muy alta
Guerrero	1.493	0.484	Media alta
Hidalgo	1.496	0.487	Media alta
Jalisco	1.606	0.585	Media alta
México	1.659	0.633	Alta
Michoacán	1.900	0.851	Muy alta
Morelos	1.497	0.488	Media alta
Nayarit	1.377	0.379	Media
Nuevo León	1.316	0.325	Media
Oaxaca	1.667	0.641	Alta
Puebla	1.892	0.843	Muy alta
Querétaro	1.448	0.443	Media alta
Quintana Roo	1.152	0.177	Baja
San Luis Potosí	1.511	0.500	Media alta
Sinaloa	1.432	0.429	Media alta
Sonora	1.449	0.444	Media alta
Tabasco	1.376	0.378	Media
Tamaulipas	1.139	0.166	Baja
Tlaxcala	1.502	0.492	Media alta
Veracruz	1.779	0.742	Alta
Yucatán	0.955	0.000	Baja
Zacatecas	1.657	0.632	Alta

Mapa 16. Mapa de la Vulnerabilidad de acuerdo al ICVCC (1)

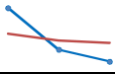

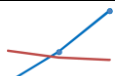

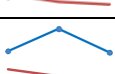
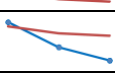
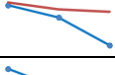
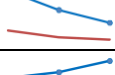
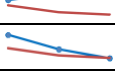
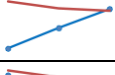

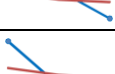



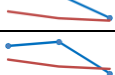
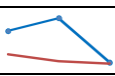
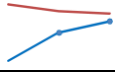
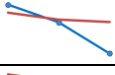
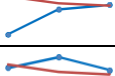
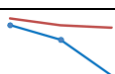
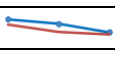








A diferencia de los índices mostrados, la visualización del problema que ofrece el ICVCC es más clara y directa, lo que favorece la comprensión inmediata de la información.

Por lo que respecta a la comprobación econométrica, la visualización de ésta permite observar el desenvolvimiento de la vulnerabilidad en tres años distintos y su comparación con la media nacional.

Cuadro 39. Visualización del ICVCC 3

	2005	2008	2010	Tendencia
Aguascalientes	0.262	0.410	0.590	
Baja California	0.684	0.777	0.659	
BCS	0.688	0.733	0.782	
Campeche	0.479	0.050	0.397	
Coahuila	0.820	0.790	0.603	
Colima	0.313	0.000	0.307	

Chiapas	0.853	0.423	0.300	
Chihuahua	0.575	0.695	0.606	
Distrito Federal	0.258	0.574	1.000	
Durango	0.566	0.595	0.617	
Guanajuato	0.772	1.000	0.758	
Guerrero	0.631	0.376	0.242	
Hidalgo	0.557	0.435	0.152	
Jalisco	1.000	0.802	0.668	
México	0.642	0.701	0.818	
Michoacán	0.718	0.577	0.490	
Morelos	0.108	0.316	0.511	
Nayarit	0.540	0.107	0.431	
Nuevo León	0.682	0.610	0.331	
Oaxaca	0.865	0.409	0.421	
Puebla	0.564	0.592	0.705	
Querétaro	0.634	0.255	0.464	
Quintana Roo	0.727	0.016	0.314	
San Luis Potosí	0.799	0.762	0.522	
Sinaloa	0.728	0.768	0.445	
Sonora	0.825	0.956	0.504	
Tabasco	0.000	0.296	0.414	
Tamaulipas	0.667	0.487	0.173	
Tlaxcala	0.195	0.455	0.501	
Veracruz	0.556	0.658	0.532	
Yucatán	0.519	0.369	0.000	
Zacatecas	0.640	0.595	0.515	

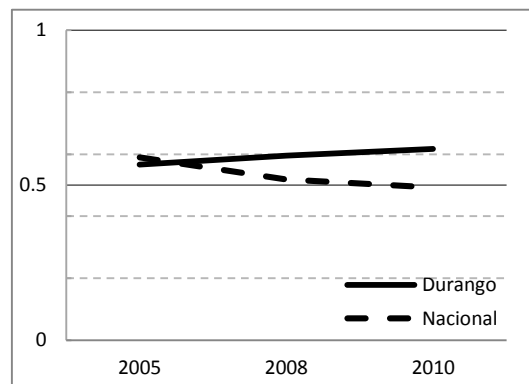
 Tendencia estatal
 Tendencia Nacional (media anual de los estados)

En el siguiente capítulo, y a partir de los resultados obtenidos de los experimentos estadísticos realizados, se plantea una propuesta de enfoque para el diseño y aplicación de lo que pueden ser políticas públicas orientadas a la atención de la vulnerabilidad al cambio climático.

Aporte de la investigación a la construcción de un índice de vulnerabilidad al cambio climático bajo un esquema paramétrico.

A diferencia de otros índices compuestos sobre vulnerabilidad al cambio climático que establecen un solo punto de análisis, en esta investigación se desarrolla una propuesta que, de manera congruente con el marco conceptual que guía el trabajo, ofrece un índice que señala causalidades y tendencias del fenómeno estudiado a partir de un modelo econométrico de probabilidad.

Con lo anterior, la vulnerabilidad no se ve como un punto en el tiempo, sino como una tendencia, quedando así:



Se ofrece a continuación un cuadro resumen del Capítulo 4.

Cuadro 40. Resumen del Capítulo 4

Resultados de índole metodológica	<ol style="list-style-type: none"> 1. Nivel deductivo.- Se comprobó la validez de otorgarle a la vulnerabilidad el carácter ontológico <i>multidimensional</i>, ya que a través del marco teórico del desarrollo sustentable fue posible <i>materializar</i> y hacer posible la observación empírica del fenómeno. 2. Nivel inductivo.- La utilización del enfoque de <i>Start point</i> o vulnerabilidad contextual, permitió desarrollar la epistemología que descubrió empíricamente el carácter <i>multifactorial</i> de la vulnerabilidad. 3. Se comprobó la hipótesis de investigación, al descubrirse que la vulnerabilidad al cambio climático tiene causas multifactoriales y no solo por la <i>exposición</i> al fenómeno.
Análisis de resultados	<ol style="list-style-type: none"> 1. A partir de la mezcla de las tres ecuaciones, cuatro estados: Aguascalientes, Baja California Sur, Durango, y Morelos son los estados que presentan sistemáticamente la mayor vulnerabilidad. 2. Por su parte, Tamaulipas y Yucatán, son los estados que presentan sistemáticamente la menor vulnerabilidad. 3. Siguiendo la ecuación paramétrica, los estados del país (28%) que presentan tendencia al aumento de su vulnerabilidad por encima de la media nacional, son: Aguascalientes, Baja California Sur, Distrito Federal, Durango, México, Morelos, Puebla, Tabasco y Tlaxcala.
Evaluación de resultados	<ol style="list-style-type: none"> 1. La vulnerabilidad se origina por una <i>dinámica multifactorial</i> en donde no hay una sola variable (Parte) que determine a las demás, sino por el contrario, son las variables multidimensionales actuando en conjunto (Totalidad) las que originan tal vulnerabilidad.

CAPÍTULO 5

APROXIMACIÓN DE UN ENFOQUE PARA EL DISEÑO DE POLÍTICAS PÚBLICAS SOBRE VULNERABILIDAD AL CAMBIO CLIMÁTICO

5.1. EL COSTO DE LA VULNERABILIDAD Y SUS IMPLICACIONES PARA LA SUSTENTABILIDAD DEL DESARROLLO.

La vulnerabilidad y la adaptación al cambio climático son temas que están indisolublemente ligados *vis a vis* al modelo de desarrollo que tiene un país. Una discusión muy interesante sobre este tema se puede encontrar en: *The elephant in the room: capitalism and global environmental change* (Global Environmental Change 2011) artículo que muestra las distintas facetas que tiene el análisis a fondo de la relación ente modelo capitalista y el cambio climático.

Así, un posible origen del fenómeno en estudio en el caso de México, se encontraría en el modelo económico seguido a partir de la década de los años ochenta del siglo pasado, cuando se da el gran viraje de una economía basada primordialmente en el modelo de sustitución de importaciones, hacia una economía abierta y globalizada (Moreno_Brid y Ross 2010; Ortíz Wadgymar 2010), cuyos resultados 25 años después, no fueron los que defendió el entonces *nuevo paradigma del desarrollo mexicano*, que hipotéticamente, haría más eficiente y competitivo a nuestro país frente a las alianzas regionales en proceso (Salas-Porras y Uscanga 2008).

Argumentando lo anterior, de acuerdo a la medición de la pobreza que hace el Consejo Nacional de Evaluación de la Política Social (CONEVAL), en el año 2008, todos los estados del país tenían un coeficiente Gini por arriba del registrado en 1987; 11 entidades se situaron entre 0.42 y 0.48; 9 lo hicieron entre 0.48 y 0.50; mientras que 12 se situaron entre 0.50 y 0.56. (CONEVAL, mapas de la pobreza en México, 2008).

En información para 2012, basada en el Censo General de Población llevado a cabo por INEGI, CONEVAL (2013) da a conocer que el número de mexicanos en pobreza pasó de 52.8 millones en 2010, a 53.3 millones en 2012, y la pobreza extrema pasó de 13 millones de personas en 2010 a 11.5 en 2012, siendo en estas cifras 1003 municipios del país los que presentan un 75% o más de su población en pobreza, y 190 municipios en los que concentran a la mitad de la población en esta situación. (CONEVAL 2010).

Este panorama social realmente existente en nuestro país, adquiere aún mayor importancia, a la luz de los estudios sobre los posibles impactos que el cambio climático tendrá (a partir de los escenarios de crecimiento de la economía mundial planteados por el IPCC) en diversos sectores productivos de México. Los mencionados escenarios se muestran en el cuadro siguiente.

Cuadro 41. Escenarios IPCC

A 1	A 2
<p>Mundo: orientado hacia el mercado.</p> <p>Economía: crecimiento per cápita más rápido.</p> <p>Población: pico en 2050, a partir de lo cual desciende.</p> <p>Gobernanza: fuertes interacciones regionales; convergencia en el ingreso.</p> <p>Tecnología: grupos de 3 escenarios:</p> <p>A1F1: Intensidad en el consumo de fósiles.</p> <p>A1T: Fuentes de energía no fósiles.</p> <p>A1B: Equilibrio entre todas las fuentes.</p>	<p>Mundo: diferenciado.</p> <p>Economía: orientada regionalmente; crecimiento per cápita más bajo.</p> <p>Población: incrementándose continuamente.</p> <p>Gobernanza: auto realización con preservación de identidades locales.</p> <p>Tecnología: desarrollo más lento y más fragmentado.</p>
B1	B2
<p>Mundo: convergente.</p> <p>Economía: basada en los servicios e información; desarrollo más lento que en A1.</p> <p>Población: lo mismo que en A1.</p> <p>Gobernanza: soluciones globales en los aspectos económicos, sociales y en la sustentabilidad ambiental.</p> <p>Tecnología: limpia y eficiente en el uso de recursos.</p>	<p>Mundo: soluciones locales.</p> <p>Economía: crecimiento intermedio.</p> <p>Población: incrementándose continuamente a una tasa menor que A2.</p> <p>Gobernanza: soluciones locales y regionales hacia la protección ambiental y la equidad social.</p> <p>Tecnología: más rápida que A2; menos rápida, más diversa que A1/B1.</p>

Fuente: IPCC 2007: Climate Change 2007. Impacts, Adaptation and Vulnerability. Pág. 3.

Al respecto, Galindo (2009), en su estudio *Economía y Cambio Climático en México*, sintetiza en el cuadro siguiente los distintos escenarios que presentarían algunos sectores económicos clave de la economía mexicana bajo el supuesto mencionado.

Cuadro 42. Costos Totales del Cambio Climático para la Economía Mexicana al 2050
% del PIB

Sector	Tasa de descuento 0.05%				Tasa de descuento 2%				Tasa de descuento 4%			
	Escenarios				Escenarios				Escenarios			
	A1	A1B	A2	Promedio	A1	A1B	A2	Promedio	A1	A1B	A2	Promedio
Agrícola.	22.11	2.82	22.42	22.45	11.37	22.44	11.56	11.79	00.80	11.07	00.90	0.092
Agua.	77.59	7.59	77.59	77.59	44.02	44.02	44.02	44.02	22.20	22.20	22.20	22.20
Uso de suelo.	00.17	0.37	00.57	00.37	00.08	00.18	00.28	00.18	00.03	00.07	00.11	00.07
Biodiversidad.	00.02	0.05	00.02	00.03	00.01	00.03	00.01	00.02	00.01	00.02	00.00	00.01
Turismo Internacional.	00.01	0.01	00.01	00.01	00.00	00.01	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00
Total	99.90	10.84	110.60	110.45	55.49	66.68	55.87	66.01	33.04	33.36	33.21	33.20
Pecuario.	11.10	1.44	11.24	11.26	00.71	00.94	00.80	00.82	00.41	00.55	00.46	00.47
Biodiversidad-Indirecto.	00.23	0.42	00.16	00.27	00.13	00.16	00.06	00.12	00.08	00.01	00.01	00.03
Total (incluyendo pecuario y biodiversidad-indirecto).	111.22	12.70	112.01	111.98	66.34	77.78	66.73	66.95	33.53	33.92	33.68	33.71

Como se puede apreciar, la inacción puede llevar a costos cercanos al 12% del PIB, (tasa de descuento del 0.05%); en tanto que medidas discretas, (tasa de descuento del 2%) este mismo costo bajaría a 6.95%; lo más significativo es que aún tomándose acciones de adaptación mayores, (tasa de descuento del 4%) el costo esperado de los impactos del cambio climático como porcentaje del PIB, alcanzaría el 3.71% en escenarios al año 2050.

La CEPAL (2010c) hace también un balance de los posibles costos de los impactos del cambio climático sobre nuestra región. Sus resultados arrojan cifras contundentes: América Central, bajo distintos escenarios, tendría una variación de afectación como porcentaje de su PIB, entre el 70%, con una tasa de descuento del 0.5%; y 10% si se aplica una del 4%; por su parte, Chile y Uruguay perderán un punto porcentual de su PIB cada año hasta el 2100.

Las características principales que adquieren estos costos, siguiendo a CEPAL son:

- **Significantes y heterogéneos:** Los costos son significantes pero difieren grandemente de acuerdo al sector, agente económico, región o clima.
- **Perdedores y ganadores al corto tiempo:** Los costos se incrementarán al aumentar la temperatura. Sin embargo, al corto plazo, habrá regiones del continente que experimentarán crecimiento, ya que este aumento de la temperatura expandirá el área de cultivo. En contraste, en aquellas áreas con ingresos bajos, las cuales son menos capaces de adaptarse y prevenir, los costos económicos podrían ser significantes a consecuencia de eventos climáticos extremos aún en el corto plazo.

- **No lineales e irreversibles:** Los costos se incrementarán de manera desigual, con fronteras específicas que, una vez excedidas, causarán daños irreparables, como puede ser el caso de la biodiversidad.
- **Dependientes de los escenarios climáticos:** Los costos económicos son dependientes de las proyecciones del cambio climático. La evidencia muestra que, en ausencia de mitigación, los costos económicos derivados del cambio climático, son usualmente más altos que cualquier proceso internacionalmente coordinado de mitigación. Aunque esto no se mantiene necesariamente para todas las regiones (Pág. 19).

Lo anterior se basa en la metodología de escenarios climáticos, que como hemos visto corresponde a la visión mayormente difundida por el IPCC. Más aún, si tomamos como base de nuestro análisis acerca de los costos del cambio climático estas proyecciones anteriores, pero a partir de las condiciones de paulatino deterioro que sufre el capital natural del país, merced al modelo de desarrollo imperante, el panorama se complica significativamente.

Respecto a la relación entre el PIB y el uso de los recursos naturales, el INEGI (2013) en su Sistema de Cuentas Económicas y Ecológicas de México, 2007 - 2011, señala la evolución que ha tenido el costo ecológico con relación al crecimiento del PIB, básicamente en dos aspectos: agotamiento y contaminación de los recursos naturales. El siguiente cuadro presenta las conclusiones del trabajo del INEGI.

Cuadro 43. Agotamiento y contaminación de los recursos naturales de México de acuerdo al Sistema de Cuentas Económicas y Ecológicas 2007 - 2011. INEGI.

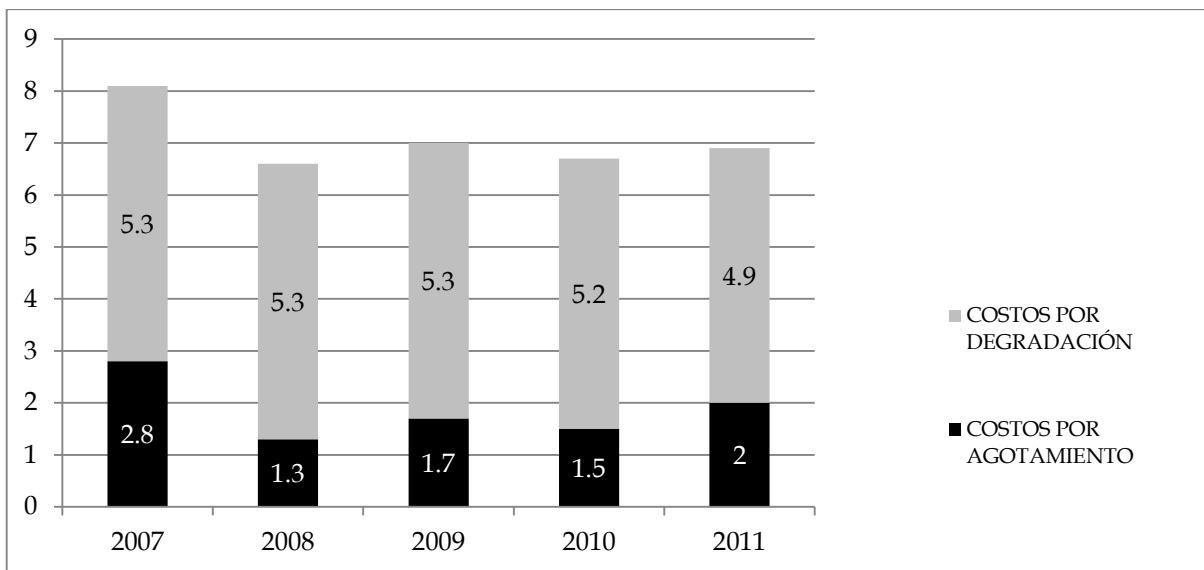
Recurso	Agotamiento	Monto estimado de recuperación	Degradación	Monto estimado de recuperación
Recursos forestales	<p>El agotamiento de los recursos forestales estimado para la serie 2007-2011 equivale a una disminución promedio anual de casi 12 millones de metros cúbicos de madera en rollo (Mmm3mr) entre el año 2007 y 2011, contemplando selvas y bosques de coníferas y latifoliadas con una cobertura vegetal del 10%, una altura de 5 metros y una extensión mayor a 0.5 hectáreas, de acuerdo a la definición de la FAO implícita en el <i>Forest Resources Assessment</i>.</p> <p>Asimismo, la superficie sobreexplotada de bosques y selvas para el año 2011 fue de 107 mil ha, es decir casi el 71.6% de la superficie del Distrito Federal, o el equivalente a 8.5 veces la superficie sembrada para la producción de nopal en todo el país.</p>	<p>Se calcula que para el último año de la serie de estudio los esfuerzos necesarios para resarcir el agotamiento de la superficie forestal equivaldrían a una inversión cercana a los 18 mil millones de pesos, monto similar al invertido para la construcción de la línea 12 del metro del Distrito Federal.</p>		

Recurso	Agotamiento	Monto estimado de recuperación	Degradación	Monto estimado de recuperación
	Entre las causas principales del agotamiento del recurso se encuentran el avance de la agricultura y la ganadería, la producción maderable, así como los incendios forestales.			
Hidrocarburos	Referente al agotamiento de los hidrocarburos (petróleo y gas natural), se observó que el total de las reservas probadas, probables y posibles registraron una disminución de 0.4% promedio anual en el periodo 2007-2011. Lo anterior permite observar que de persistir el mismo ritmo de explotación del recurso (1 435 millones de barriles de petróleo crudo equivalente en promedio) su vida útil será de alrededor de 30 años. Si se considera exclusivamente el monto de las reservas probadas de hidrocarburos, de acuerdo con los presentes niveles de explotación, se puede estimar una vida útil de alrededor de 10 años.	Medido en términos monetarios, la disminución de hidrocarburos es equivalente al 1.7% del PIB en el año 2011, siendo el factor de agotamiento de los recursos naturales que más incide en el impacto ambiental medido a través de los Costos Totales por Agotamiento y Degradación Ambiental.		
Agua	En lo que se refiere a la disponibilidad de agua subterránea, para la serie 2007-2011, se observó una tendencia a disminuir la sobreexplotación del recurso en el orden del 1.2% promedio anual. De acuerdo con la FAO esta situación nos ubica en el 8° lugar a nivel internacional como uno de los principales países consumidores de agua ⁴ siendo la agricultura el sector que mayor demanda tiene del recurso.	Para recuperar la sobreexplotación observada en 2011, se requeriría poco más de la cantidad del líquido almacenado en el Lago de Chapala, que contiene 5 342 millones de metros cúbicos.		
Aire			Para situarlo en perspectiva, el peso acumulado de las emisiones atmosféricas por las fuentes móviles en el año 2011 es equivalente a poco más de 43.4 veces el peso de la Torre Ejecutiva PEMEX de la Ciudad de México. Nota: La Torre tiene un peso de 224 mil toneladas de acero estructural y de refuerzo, además de 39 150 metros cúbicos de concreto.	Los costos de mitigación de las emisiones contaminantes representan el 3.6% del PIB para el año 2011 y constituyen el 53% del total de los costos ambientales registrados en el Informe.
Suelo			Los principales tipos de degradación del suelo como la erosión hídrica y eólica, provocaron una pérdida de tierra de 1 251 millones de toneladas en el año 2011 , lo que equivale al volumen de tierra que podría cubrir con una capa de casi 2 metros de altura una extensión de terreno similar a la superficie del Distrito Federal. Con relación a la degradación física y química, se puede observar que ésta afecta en alguna medida o grado casi 74 millones de hectáreas , que equivalen aproximadamente a la superficie territorial conjunta de los estados de Chihuahua, Sonora, Nuevo León, Coahuila y Tamaulipas.	La remediación de los daños ocasionados por la erosión del suelo en nuestro país, para el año 2011, tendría un costo estimado de casi 9 093 millones de pesos , mientras que para la degradación física y química, sería aproximadamente de 59 735 millones de pesos. Los costos totales estimados para la remediación del daño generado al suelo equivalen al 0.5% del PIB del año 2011. Este daño es ocasionado principalmente por actividades agrícolas y pecuarias.

Señala el INEGI en el estudio mencionado que “respecto al impacto del deterioro ambiental como proporción del PIB, los Costos Totales de Agotamiento y Degradación Ambiental (CTADA) promediaron 7.0% durante el periodo de estudio, pasando de 8.1% en el año 2007 a 6.9% en el año 2011 y resultan equivalentes a las erogaciones mínimas que la sociedad en conjunto tendría que efectuar para remediar y/o prevenir el daño al medio ambiente como resultado de las actividades propias del ser humano, tales como la producción, la distribución y el consumo de bienes y servicios. El monto de los CTADA en el año 2011 equivaldría a la suma de casi 140 salarios mínimos por habitante del país.” (Pág. 21).

En la gráfica siguiente se ve la evolución que han tenido en el periodo 2007 – 2011 cada uno de los elementos que conforman el Sistema Cuentas Económicas y Ecológicas.

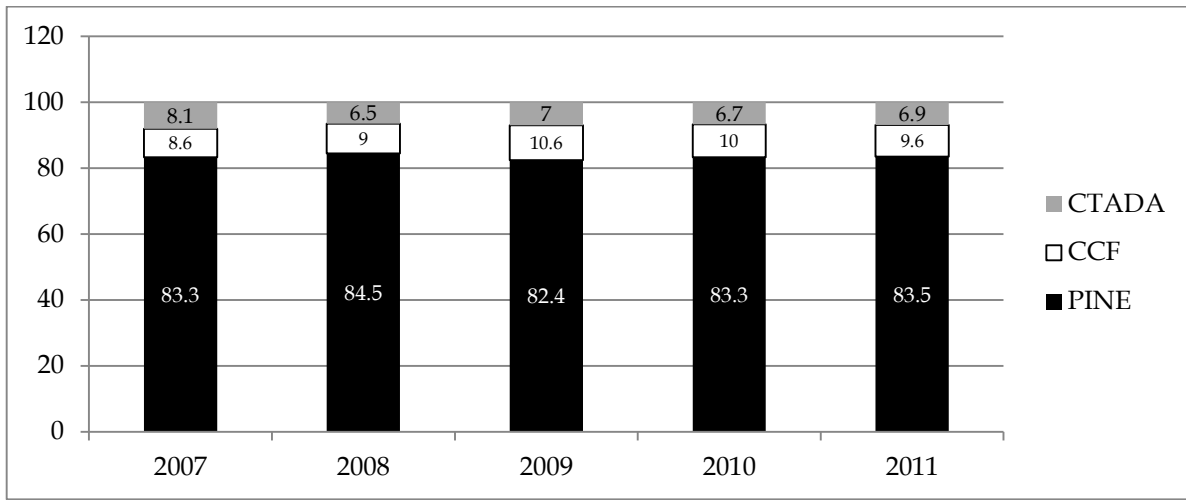
Figura 31. Costos de Degradación y Agotamiento como porcentaje del PIB



Fuente: INEGI 2013: Sistema de Cuentas Económicas y Ecológicas de México 2007-2011. Pág. 22.

En la siguiente figura se observa estos mismos elementos y su relación con el Producto Interno Neto Ecológico (PINE).

Figura 32. Impacto por la depreciación del capital natural y económico con respecto al PIB
2007 - 2011



Fuente: INEGI 2013: Sistema de Cuentas Económicas y Ecológicas de México 2007-2011. Pág. 23.

Asimismo, un tema no menos importante, pero que aún no cuenta con suficiente consenso respecto a su forma de medición, es el relacionado a los costos ambientales no asociados al mercado. El potencial de impacto en los ecosistemas, la pérdida de especies, las amenazas a la salud humana y otros efectos No de Mercado, han sido citados como una razón suficiente para mitigar el cambio climático. (Smith, Lazo y Hurd, 2011).

En el marco del contexto señalado y en la búsqueda de una explicación económica y social acerca de los orígenes de la vulnerabilidad al cambio climático, resulta relevante reflexionar acerca del sentido que asume el modelo económico frente a la sustentabilidad del desarrollo.

Al respecto, Gabaldón y Rodríguez (2007) mencionan “los avances en términos de normatividad no han sido todavía suficientes para revertir tendencias inerciales de destrucción del capital natural, que están determinadas en gran medida por los estilos de desarrollo prevalecientes en la región. Además, el avance mismo de la gestión ambiental se ve condicionado por estas formas de desarrollo, tal como se manifiesta en los límites que impone la pobreza a la protección ambiental, o las presiones

negativas causadas sobre los recursos naturales generadas por muchos de los patrones de producción y consumo dominantes.” (Pág. 36).

Y una reflexión más acerca de la contradicción crecimiento económico – sustentabilidad. Señalan Guimaraes y Bárcena (2007): “Se vuelve cada día más evidente que el proceso de crecimiento económico no basta para satisfacer los requerimientos sociales de sostenibilidad, (y que ello) no resulta de las tasas anuales de crecimiento, sino de un estilo de desarrollo en términos de los patrones de producción y consumo que engendra (...) ello pone de relieve, una vez más, por encima de los imperativos de crecimiento a corto plazo, la urgencia de introducir cambios estructurales profundos en los estilos de desarrollo vigentes” (Pág. 20).

Aún sin la presencia del estresante cambio climático, *Bussiness As Usal*, el aprovechamiento ineficiente de los recursos naturales actualmente existente en México, genera una externalidad calculada por el INEGI en cerca de 983 mil 886 millones 163 pesos, solo para el año 2011, derivada de los costos en agotamiento y degradación del capital natural (INEGI 2013).

En el punto siguiente se analizan los impactos del cambio climático en los grupos más vulnerables, la estrategia política que se sigue para atender esta situación, y la importancia de la cohesión social para el éxito de tal estrategia.

5.2 RESISTENCIA SOCIAL, ESTRATEGIA Y COHESIÓN SOCIAL EN EL MARCO DE LA VULNERABILIDAD

Los datos proporcionados por CONEVAL e INEGI mostrados en el punto anterior, parecen abonar en la idea sobre los bajos niveles de *resistencia* que presenta la sociedad mexicana, que propician una mayor vulnerabilidad del país a los efectos del cambio climático, acentuada tal vulnerabilidad sobre todo entre los grupos con mayor marginación, como son los indígenas y los campesinos (Kabeer, 2000; Swift, 2006; Bardsley 2012).

Tenemos como ejemplo cercano de lo anterior, lo registrado en los estados de Chihuahua, Durango y Zacatecas, durante los años 2011 y 2012 cuando tales estados

fueron afectados por una prolongada sequía, la cual se convirtió después en una situación de emergencia alimentaria, y luego crisis de hambruna, que golpeó directamente a su población indígena y campesina. Esta situación impulsó a que la administración federal 2012 - 2018 lanzara su *Programa contra el Hambre*, reconociendo la existencia del fenómeno de la hambruna entre sectores de la población mexicana.

En condiciones de adaptación planificadas o en los casos de emergencia como el que se reseña líneas arriba, los especialistas en el tema coinciden, que el diseño de la política pública en materia de adaptación al cambio climático (Frank, 2011), tiene que basarse como elemento *sine qua non* sobre las condiciones generales de la formación social en la que se ejecute tal adaptación.

Al respecto, en Junio de 2013, se dio a conocer la Estrategia Nacional de Cambio Climático (SEMARNAT, 2013) en la cual se establece la visión de la administración federal sobre los temas de vulnerabilidad, adaptación, y mitigación al cambio climático. En el **anexo electrónico 7** se hacen comentarios sobre esta Estrategia, en particular lo relativo a aspectos metodológicos.

La mencionada Estrategia se despliega en tres partes:

Pilares de política nacional de cambio climático. Integra un breve análisis de la política seguida en el país en materia de cambio climático.

Adaptación a los efectos del cambio climático. Incluye escenarios climáticos y una evaluación y diagnóstico de la vulnerabilidad y capacidad de adaptación en el país.

Desarrollo bajo en emisiones / Mitigación. Incorpora un panorama sobre las emisiones del país, las oportunidades de mitigación, el escenario y las emisiones de línea base y trayectoria objetivo de emisiones.

Esta Estrategia da cuenta de la continuación del esfuerzo institucional en materia de cambio climático, algo que sin duda es importante. Sin embargo la propia Estrategia señala el alcance de su acción: (SEMARNAT 2013) *“Es importante mencionar que la Estrategia no es exhaustiva y no pretende definir acciones concretas de corto plazo ni con entidades responsables de su cumplimiento. A nivel federal, el PECC definirá los objetivos sexenales y acciones específicas de mitigación y adaptación cada seis años, mientras señala*

entidades responsables y metas. A nivel local de acuerdo a lo dispuesto en la LGCC y en sus respectivos ámbitos de competencia, serán los programas de las entidades federativas en materia de cambio climático y los programas municipales de cambio climático". (Pág 17, subrayado mío).

La Estrategia mencionada propone integrar las políticas públicas en una sola dirección, buscando con ello fortalecer las acciones en materia de cambio climático, siguiendo lo planteado por el IPCC (2007):

- *Energía* (principalmente subsidios al consumo de energía).
- *Transporte* (eficiencia vehicular, sistemas de transportación masiva).
- *Edificaciones* (materiales de construcción, gestión de la demanda).
- *Industria* (desempeño, certificaciones ambientales, subsidios).
- *Agricultura* (gestión de la tierra, conservación del carbono).
- *Bosques* (conservación de la cubierta forestal).
- *Manejo de residuos* (incentivos para la gestión apropiada de los residuos).

Además de los aspectos técnicos que requiere presentar una estrategia o política pública como la anterior, la literatura que estudia las formas y procedimientos de la adaptación, señala que a la par de que los planes gubernamentales tengan coherencia y objetividad, se deben buscar entre la sociedad, elementos de índole aspiracional, que contengan motivaciones y objetivos socio - políticos, legitimidad teleológica, legitimidad de procedimiento y reglas sobre decisiones que se tomen (Haddad, 2005), a efecto de que efectivamente las acciones que se emprendan tengan mayor posibilidad de éxito. Así, es conveniente reflexionar si la adaptación al cambio climático puede hacerse eficientemente sin la participación consciente de la sociedad.

Por ello, desde mi perspectiva, la cohesión social es un tema prioritario a considerar, para que ésta se convierta en la plataforma sobre la cual se construyan las estrategias de política pública en materia de desarrollo y en particular de adaptación al cambio climático.

En un excelente análisis acerca de la importancia de la cohesión social en la estrategia de las políticas públicas frente al cambio climático, Vega-López (2010) se refiere a este aspecto, señalando:

“En tiempos de cambio climático, la debilidad, fragilidad o inexistencia de cohesión social se convierte en pieza analítica clave para completar los diagnósticos acerca del conjunto de vulnerabilidades sociales y económicas que cualquier país, región, ciudad o lugar afronta ante las amenazas climáticas de origen antropogénico y ante las políticas públicas vigentes, convencionales, inerciales o adecuadas y eficaces para los tiempos que corren” (Pág. 59).

Otros elementos también a considerar para una efectiva acción de adaptación al cambio climático, pueden ser las llamadas *barreras sociales* a la adaptación (Jones y Boyd, 2011) en donde confluyen aspectos cognitivos, normativos e institucionales. A estas barreras se agregan, no con menor importancia, el escepticismo y la incertidumbre social al cambio climático (Freudenburg, W. R. Musell, V 2010; Shwom R. Bidwell, D. Dan, A. Dietz, T. 2010, Whitmarsh, 2011; Atker, 2012; Krishnamurthy, 2011).

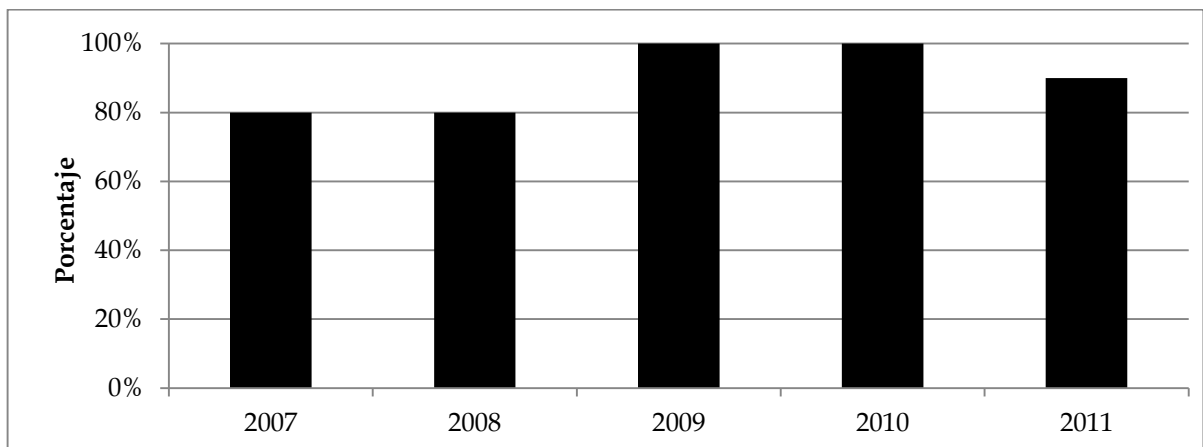
En esta misma línea discursiva, destaca sin lugar a dudas la manera en la cual los actores sociales se acercan a la *gestión del problema* (Tompkins, y Eakin, 2012; Hobson, 2011). En ello destaca el capital social, cuya existencia es primordial para tener un mayor alcance en las acciones de gobierno que se emprendan en materia de adaptación (Pelling y High 2005).

A las consideraciones anteriores, hay que sumar la debilidad de los gobiernos estatales para asumir su responsabilidad como generadores de mejores condiciones para atender la vulnerabilidad al cambio climático. Así, a pesar de que parece darse un contexto mundial y nacional favorable para llevar a cabo las medidas de adaptación requeridas, el nivel del presupuesto ambiental que manejan los estados del país, señala que el tema es de un interés muy bajo. En un reciente estudio realizado para México por la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID, 2012), se diseñó el Índice de Presupuesto Verde (IPV) que muestra el gasto ejercido por los estados del país en el tema ambiental. El promedio que registran los 32 estados es de 1.30% del gasto total, entre lo que destaca el máximo de 4.57% de Puebla y el mínimo de 0.0 de Querétaro. A lo de por si desilusionante bajo porcentaje, se añade el contraste

tan marcado en el interés de los estados en el tema, como lo exhibe la brecha existente entre el máximo y el mínimo que se menciona arriba.

Siguiendo de nuevo a INEGI (2013), el gasto ambiental (remediación, prevención, administración e investigación y desarrollo,) como porcentaje del PIB alcanza niveles cuyo máximo es el 1.0%, cayendo incluso a 0.9% en la más reciente medición realizada en 2011.

Figura 33. Gasto ambiental como porcentaje del PIB



Fuente: INEGI, 2013: Sistema de Cuentas Económicas y Ecológicas de México 2007-2011. Pág. 26.

Visto lo anterior como un panorama general, en el siguiente punto se aborda la propuesta de esta investigación sobre lo que debe ser un enfoque integral de la política de atención a la vulnerabilidad y adaptación al cambio climático.

5.3 PROPUESTA DE ENFOQUE PARA EL DISEÑO Y APLICACIÓN DE LA POLÍTICA EN MATERIA DE VULNERABILIDAD Y ADAPTACIÓN

Tomando en consideración que el hilo conductor de esta investigación ha sido analizar la vulnerabilidad desde una perspectiva holística, la propuesta del enfoque hacia lo que debe contemplar una política pública de adaptación mantiene tal línea.

Por lo anterior, se considera que un enfoque integral del desarrollo nacional, implica la conformación *pari pasu* de lo que denomino el *Rombo de la Sustentabilidad*, formado a partir de lo que llamo *visión de las 4 M*:

Multidimensionalidad de la visión. El análisis ontológico de la vulnerabilidad al cambio climático, desde mi propuesta, puede llevarse en términos de política pública hacia acciones sustentables, tal y como fue concebido este concepto originalmente; no hacerlo así nos conduciría, desde mi punto de vista, a medidas parciales de corte coyuntural, que resuelven (dando por sentado que sean efectivas) solo una parte del problema.

Multidisciplinariedad del análisis. Recurrir a segmentar el conocimiento para rescatar las particularidades que tiene cada fenómeno, contribuye a crear procesos epistemológicos objetivos, que ayudan estudiar el fenómeno en sus partes. La tarea de la Filosofía es reconstruir ontológicamente, a partir de esta parcialización, el fenómeno como Totalidad. Así, el análisis debe buscar esta Totalidad, a partir de un enfoque multidisciplinario que posibilite rescatar el valor de las categorías (Partes o segmentos) al tiempo que se analizan en su Totalidad. Considero que al lado de los avances aportados por las ciencias de la atmósfera y otras ciencias de las llamadas exactas, debe seguirse avanzando desde las ciencias sociales, con nuevas perspectivas teóricas que ayuden a enriquecer el análisis.

Multisectorialidad del enfoque. La política pública requiere ser accionada a partir de una visión multisectorial, en un sentido que ligue los aspectos de vulnerabilidad, adaptación y resistencia de las comunidades (Janssen, et al 2006; Voguel, et. al 2007). Tenemos mucho por avanzar en este aspecto; a pesar de contar con una Ley de Planeación y un Plan Nacional de Desarrollo, la acción coordinada entre los distintos sectores gubernamentales no ha sido el punto más fuerte del gobierno mexicano.

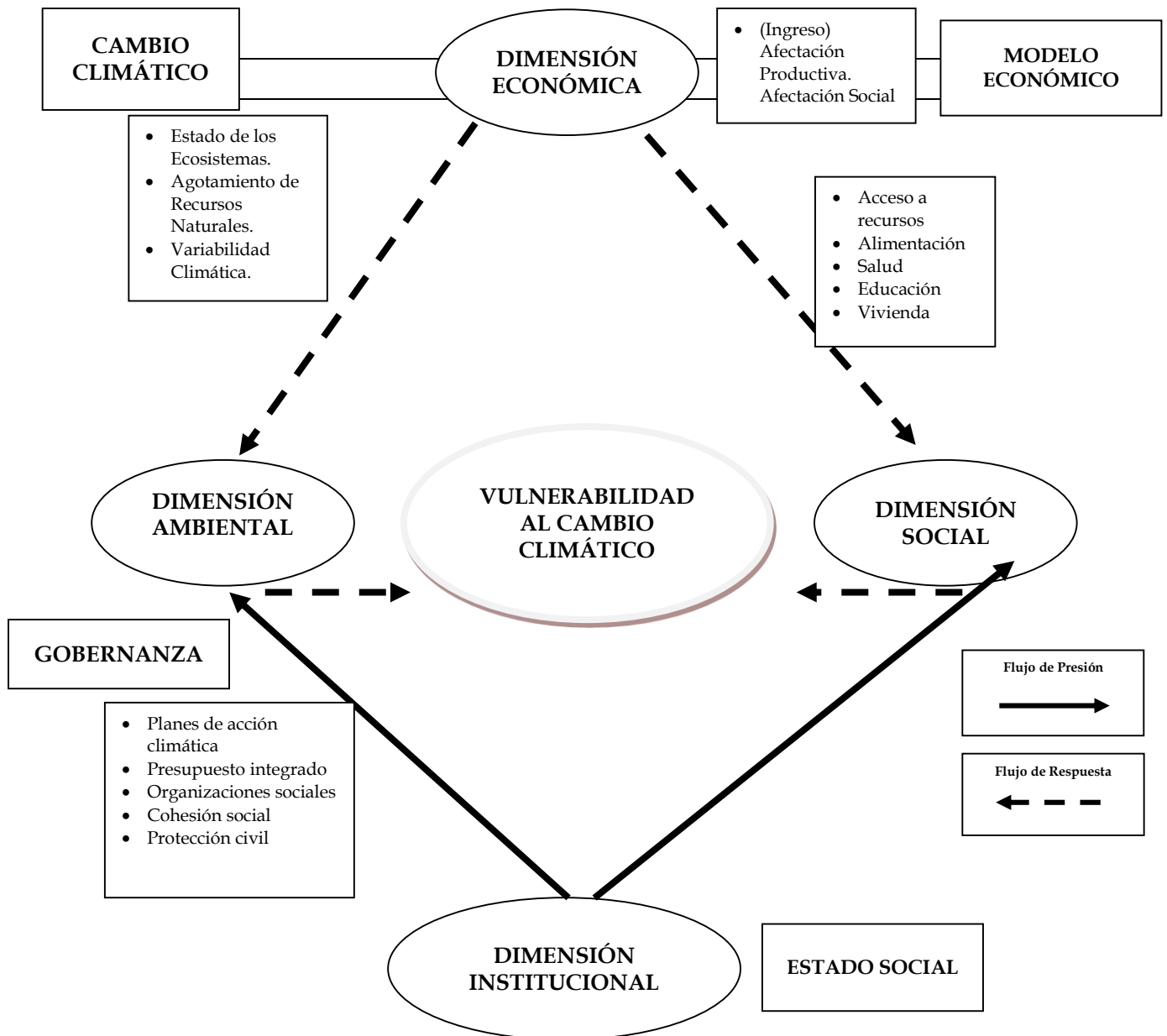
Multiescala de la aplicación. La literatura especializada en el tema nos señala que tanto el análisis de la vulnerabilidad, como las acciones de adaptación al cambio climático, implican que el nivel de atención debe ser diferenciado, estableciendo *escalas o niveles* de ello (Posey, J, 2009; Adger, et al 2011). Así, entre más precisa y *enfocada* sea la política, tendrá mayores resultados positivos. Para ello, se requieren estudios focalizados a nivel infra, (Sánchez Vargas A, 2012) que rescaten las particularidades regionales o locales y otorguen una mayor precisión a las políticas que se diseñen.

Por lo anterior, mi propuesta abona porque la política se establezca con contenido y orientación general (*centralidad* del pensamiento), y presente la flexibilidad de establecer criterios operativos locales (*descentralidad de la acción*)

aprovechando las redes sociales existentes que hacen frente con sus propios recursos, a las distintas problemáticas que se les presentan (Trærup, 2012).

En la figura siguiente se pueden apreciar las fuerzas estresantes de la vulnerabilidad, así como las fuerzas positivas que las contrarrestan, que plantea al enfoque de las 4M:

Figura 34. Diagrama de la adaptación (Enfoque de las 4 M)



Habiéndose descrito en las líneas anteriores el enfoque de las 4 M, en el siguiente apartado se avanza en la parte *normativa* de la propuesta de esta tesis, referida a buscar

establecer un *mínimo sustentable* como base para detener la tendencia al aumento de la vulnerabilidad.

5.4. VULNERABILIDAD, ADAPTACIÓN Y SUSTENTABILIDAD ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO

Los avances teóricos en materia de adaptación y vulnerabilidad (Berrang-Ford, 2011) se refieren a la necesidad de atender estos dos fenómenos evitando la fragmentación de las acciones. (Global Environmental Change 2010). El tema de la adaptación es relativamente más reciente en su estudio (Engle 2011) lo que es explicable hasta cierto punto por la dinámica seguida en los foros internacionales, cuyo tema central era hasta aproximadamente el 2010, las acciones de mitigación.

El Banco Mundial (2008) hace también un planteamiento dirigido a fortalecer la visión pública respecto al tema de la adaptación, incorporándole nuevos aspectos a esta visión. El enfoque de esta Institución toma en cuenta a:

- El capital social existente (educación, cultura, comunicación, información, redes de colaboración).
- Capacidad institucional (organización institucional frente a los desastres, cercanía de la población a los activos sociales, presupuestos oficiales sobre el tema).
- Las condiciones naturales (geografía, clima, riesgos).
- La vocación productiva (principales actividades económicas).

Siguiendo el enfoque del start point, la parte *normativa* de mi propuesta, se refiere al *mínimo sustentable* que debe construirse en el camino de la adaptación al cambio climático. Se cree que para orientar la política pública respecto a la vulnerabilidad (Urwin y Jordan 2008), se avance (siguiendo a Daly) en la construcción de una *escala mínima de sustentabilidad*, cuyos componentes principales serían:

Mínimo sustentable ambiental.

- Reducir la tasa de cambio de la cobertura vegetal a no más del 15 % para el periodo 2013-2023. (25.5% nacional 1997 -2008). Este objetivo es estratégico, ya

que como se ha visto en los ejercicios estadísticos practicados en esta investigación, esta variable es la que más peso tiene como estresante de la vulnerabilidad. La articulación de las políticas públicas es vital para alcanzar este objetivo (Barde, 2002). Al respecto, las herramientas de gestión que brinda la Economía Ambiental, como el pago por servicios ambientales, la certificación verde (*green labelling*), los bonos de carbono, las unidades de manejo sustentable de recursos naturales, por citar algunas relacionadas al manejo del suelo que impulsan las autoridades ambientales, deben formar parte también de las políticas de desarrollo agropecuario, de combate a la pobreza y de comunicaciones, por decir solo tres políticas públicas que inciden directamente en la conservación del suelo.

- Eliminar progresivamente la sobreexplotación en los 100 acuíferos más importantes del país, llevando su *índice consuntivo* a los promedios internacionalmente establecidos. (menor a 40% de presión en la renovación/extracción. CNA, 2010). La Economía Ambiental ofrece también alternativas para aliviar este problema; hay propuestas serias para substituir el actual esquema de subsidios a la tarifa eléctrica para fines agrícolas, por otro, que desacopla el subsidio y lo enfoca hacia el uso sustentable del agua. (Ávila, Muñoz-Piña, et al 2003; Rivero-Cob, García, 2011).
- Alcanzar que los esquemas de conservación/uso sustentable ambiental del territorio nacional lleguen como mínimo al 30%, para los próximos 10 años, a fin de que se haga más efectiva la conservación de la cobertura vegetal y el uso sustentable de la biodiversidad. (23.6% en 2011). El consenso internacional sitúa el mínimo en el 15%, pero considerando la característica de país megadiverso, el 30% se considera aceptable (COP 7 decisión VII/30).

Mínimo sustentable económico.

- Recuperar el nivel general de ingreso de la población mexicana, incrementando paulatina pero constantemente, la participación de los salarios en el PIB hasta alcanzar un mínimo de 37% (nivel registrado en 1984).

- Disminuir el índice GINI del máximo registrado de 0.56 en 2008, a un máximo de 0.30; nivel registrado en 1984.
- Identificar las vocaciones productivas de las distintas regiones de México (Delgadillo y Torres, 2011) a efecto de hacer eficientes y sustentables las actividades económicas que se realicen ahí.
- Diversificar la actividad productiva, procurando:
 - modernizar las actividades del sector primario.
 - articular las políticas públicas para promover el desarrollo rural sustentable (Carabias, 2002), que entre otros aspectos toca el financiamiento público y privado para incrementar la agricultura y ganadería con buenas prácticas sustentables, mejorando con ello sustancialmente la calidad de vida de la población indígena y campesina dedicada a estas actividades, al tiempo que se aminora la presión sobre los recursos naturales y la vulnerabilidad ante el cambio climático.

Mínimo sustentable social.

- Reducir la pobreza multidimensional del 45.5%, que corresponde a 53.3 millones de personas, a un máximo de 20% que significa 22.4 millones de personas en un periodo de 20 años y eliminar la pobreza extrema, que aqueja a 11.5 millones de mexicanos (Coneval 2013) en un periodo de 10 años.

Mínimo sustentable Institucional.

- Aumentar el presupuesto estatal dedicado al tema ambiental, que registra en promedio el 1.30% entre los 32 estados del país (USAID, 2013), a un mínimo del 5%.
- Invertir en infraestructura económica y social, que permita al estado tener capacidad de prevención y respuesta ante los embates del cambio climático, y a la sociedad contar con medios de vida que potencien sus capacidades.
- El 100% de los estados del país deben contar con planes de acción climática, y al interior de cada uno de ellos, los municipios que concentran la mayor parte

de la población del estado. La primera etapa debe iniciarse con los estados que presentan mayor vulnerabilidad de acuerdo al ICVCC.

- Elevar el plan estatal de acción climática a nivel de ley estatal, destinando el 10% del presupuesto general como mínimo a programas de adaptación al cambio climático, bajo esquemas integrales como las 4 M propuesto en esta investigación.
- Alentar la participación de las organizaciones civiles, en el diseño y aplicación de las acciones de adaptación, conformando consejos evaluadores de las políticas públicas en esta materia. Cada estado debería establecer, bajo el esquema que propongo, un consejo evaluador, replicándose esto en los municipios.

Por ello, lo antes expuesto debe considerarse como el paso inicial para establecer una política que sea capaz de reconocer *el eslabón más débil* en la cadena de la adaptación (Tol y Yohe, 2007; Turner II, 2010).

Otro importante aspecto a resaltar, es tomar en cuenta que las instituciones también presentan sus propios *estresores*, que les impiden actuar de manera efectiva en la atención de asuntos como la vulnerabilidad al cambio climático (Young 2010) de ahí la importancia de aumentar, junto al presupuesto dedicado al medio ambiente, las capacidades profesionales e institucionales para hacer frente al reto ambiental.

También es relevante considerar que la política de adaptación bajo un enfoque como el que se propone, es eficiente en todos sentidos, ya que permite actuar sobre realidades existentes más que sobre escenarios modelados. Siguiendo a Füsell (2007), el umbral de la vulnerabilidad debe ser reducido para ir alejando la posibilidad de afectación que tiene la población merced a su exposición a los fenómenos naturales, que dadas las condiciones de precariedad económica, social e institucional prevalecientes, convierten en catástrofes tales fenómenos (Few y Tran, 2010).

En esa línea de pensamiento, siendo el cambio climático un *monstruo con mil cabezas*, la diversidad de impactos es mucha. Líneas arriba se mencionó la sequía que golpeó a los estados del norte del país; en Septiembre de 2013 el fenómeno se presentó

ahora como lluvias intensas registradas en buena parte del territorio nacional, debido a la confluencia de los huracanes *Ingrid* y *Manuel*, que ocasionaron la muerte de alrededor de 150 personas y daños severos en infraestructura básica y de comunicaciones. Lo anterior, que adquirió niveles de tragedia, puso a mi entender, claramente de manifiesto la situación económica y social profundamente desigual que tiene México, aunada a la *debilidad institucional* (Harris y Penning-Roswell 2011) por utilizar un término amable, de las autoridades nacionales y estatales, que conjuntadas hacen más grave y profundo el umbral de la vulnerabilidad al que se refiere Füsell.

Un factor adicional a considerar, es la llamada *vulnerabilidad en cadena* (CEPAL 2006), concepto que aclara por qué fenómenos como el descrito anteriormente, tengan una huella profunda no solamente en los damnificados, sino también a aquellos que se verán afectados por la pérdida de su trabajo a consecuencia del mismo fenómeno (Rodríguez-Oreggia, 2013; Heltberg, 2009; Chhotray, 2012).

Concluyendo este capítulo, se puede decir que no obstante que las alternativas políticas son ante todo variantes ideológicas, sobre las cuales se pretende construir un proyecto de gobierno, las decisiones que toma una administración deben partir del diagnóstico correcto de la realidad sobre la cual se pretende actuar.

Al respecto, en nuestro caso como país, iniciando el tercer centenario de vida independiente y en el contexto del cambio climático, se requieren establecer, mediante el análisis científico y el consenso político y social, los mínimos sustentables en cada una de las dimensiones que se arguyen en esta investigación. Lo mencionado precedentemente en este capítulo, es una *propuesta normativa* que intenta poner a discusión la necesidad de definir un *mínimo sustentable de desarrollo*, partiendo de niveles ya alcanzados en otros tiempos, que sin ser los mejores, al menos no parecen tan lejanos de volver a tener.

Hasta aquí el capitulado de esta investigación. Se presentó en el primer capítulo la importancia que adquiere el fenómeno del cambio climático para la sociedad actual, el estudio que se ha hecho en México de éste, el proceso seguido por el concepto de vulnerabilidad hasta alcanzar su desarrollo actual, y algunos ejemplos nacionales e internacionales de construcción de índices compuestos dedicados al tema de la

vulnerabilidad al cambio climático. En el segundo capítulo, se dedicó a la parte filosófica – metodológica, señalando el método deductivo que permitió la definición ontológica del objeto de estudio, la gnoseología para aprehenderlo cognitivamente, el método inductivo en el que se basó la epistemología para su análisis científico; en el tercer capítulo, se describe la epistemología en que se basó la construcción del ICVCC y los resultados que se obtuvieron de los experimentos estadísticos practicados. En el cuarto capítulo se analizan los resultados obtenidos y se hace una comparación con otros estudios de naturaleza similar a la presente investigación. En el quinto capítulo se propone un enfoque para el diseño y ejecución de la política pública en materia de vulnerabilidad y adaptación al cambio climático.

Enseguida se ofrece una sección de conclusiones y recomendaciones, la cual sintetiza los aspectos y aportes más importantes desarrollados en la investigación.

Cuadro 44. Resumen del capítulo 5

Propuesta <i>Normativa</i>	Mínimo sustentable ambiental
Propuesta Metodológica para el diseño y aplicación de una política sobre vulnerabilidad y adaptación.	Enfoque de las 4 M: <ul style="list-style-type: none"> • Multidimensionalidad. • Multidisciplinariedad. • Multisectorialidad. • Multiescala.
Elementos <i>sine qua non</i> para disminuir la vulnerabilidad y posibilitar la adaptación efectiva al cambio climático.	Cohesión social. Eficiencia, equidad y legitimidad como elementos que posibilitan la adaptación. Asignación y aplicación efectiva del gasto público.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. DE ÍNDOLE METODOLÓGICA

Ontología de la vulnerabilidad al cambio climático

El estudio sistemático del fenómeno del cambio climático en nuestro país tiene menos de 20 años. Desde entonces, la gran mayoría de las investigaciones sobre este tema se han dado desde las ciencias de la atmósfera. Solo muy recientemente el análisis se ha empezado a expandir hacia las ciencias económico – sociales.

Es precisamente la irrupción de las ciencias económico –sociales en el estudio del fenómeno mencionado, lo que ha favorecido, desde mi punto de vista, el enriquecimiento del análisis y con esto la oportunidad de brindar opciones de conocimiento más amplias sobre un fenómeno cuyo origen es ya bien conocido, pero cuyas repercusiones e impactos aún se siguen descubriendo.

En el aspecto particular de la relación cambio climático y vulnerabilidad, el enfoque predominante a partir de la propuesta del IPCC, fue considerar la vulnerabilidad bajo el enfoque de *end point: Daño esperado neto a un nivel dado de cambio climático global, en donde la capacidad de adaptación determina la vulnerabilidad.*

Este enfoque, útil en un principio, parece hoy insuficiente para explicar todas las variables que intervienen en la configuración de la vulnerabilidad. Su línea se asemeja más al análisis de riesgo, de corte predominantemente lineal y con tendencia al mecanicismo. El IPCC mismo ha reconocido en su más reciente Reporte del Grupo II (2014) que el análisis de la vulnerabilidad pasa por los factores económicos, sociales, culturales e institucionales que están presentes en una sociedad determinada y no solo por el factor de su exposición al cambio climático.

Así, si lo que buscamos es establecer una metodología que nos aproxime al estudio de la vulnerabilidad, parece lógico primero preguntarnos acerca de las características que distinguen a dicho fenómeno y lo hacen diferente de otros.

De lo anterior surge la interrogante principal que determina la investigación:

¿Cuál es el carácter ontológico de la vulnerabilidad al cambio climático?

La vulnerabilidad en sí misma no es observable, sino que requiere ser estudiada en términos multidimensionales, como se hace aquí. Esta definición ontológica permite ampliar las perspectivas de análisis, no limitando éste a una sola dimensión (ambiental), sino incorporando variables de otras dimensiones, que abordan las particularidades económicas y sociales que tiene en nuestro caso, la formación mexicana, además del papel central que juega el aspecto institucional.

De esta manera, la propuesta de esta investigación persigue hacer más integral y ofrecer una nueva perspectiva teórica al análisis científico que hasta ahora ha prevalecido en México sobre el tema de estudio de esta investigación.

Gnoseología de la vulnerabilidad al cambio climático

Conforme esta investigación avanzó en el conocimiento de los factores que determinan la vulnerabilidad, resultó más clara la característica dinámica que distingue este fenómeno, cuyo determinante gnoseológico principal, desde mi perspectiva, es la dialéctica.

Se concluye también que la multidimensionalidad del fenómeno provoca que los factores que interviene en él, sean a su vez *causa y efecto*. Lo anterior vuelve más complejo su estudio si se pretende realizar a una escala general de análisis (nacional), ya que la dialéctica del fenómeno se puede expresar de diversas maneras, en correspondencia con las distintas realidades del país.

Epistemología de la vulnerabilidad al cambio climático

Ligado al punto anterior, el aspecto epistemológico resulta clave, ya que se deben determinar los componentes y variables más representativas por cada una de las

dimensiones del modelo, que hagan factible evaluar *y proponer causalidades* de la vulnerabilidad.

Al respecto, se identificó que el poder explicativo de las variables utilizadas es más fuerte cuando se refieren exclusivamente a aspectos económicos y sociales, pero mucho menos cuando se trata de lo ambiental, máxime si tomamos en cuenta el factor gnoseológico señalado anteriormente sobre la dialéctica de causa – efecto.

En la medida en que se hace más precisa la escala de análisis las variables toman más fuerza interpretativa, pero sigue prevaleciendo cierta incertidumbre respecto a la manera de seleccionar la representatividad de éstas.

2. DE ÍNDOLE ESTADÍSTICA

La Economía Ambiental ha venido consolidándose como parte indiscutible en los análisis sobre la sustentabilidad (Pérez, Ávila, Aguilar, 2010). Cada vez hay más estudios acerca de las mejores prácticas productivas bajo esquemas sustentables (Ostrom, 1990), análisis que señalan formas más eficientes en la utilización de los recursos naturales en general, y la energía, en particular.

No obstante lo anterior, la Economía Ambiental, al estudiar la interrelación entre los aspectos biofísicos con los sociales (Martínez Allier, 2000; Torres Carral, 2001) que implican:

- alta complejidad derivada de la dinámica de cambio.
- múltiples *estresores* con origen distinto que intervienen en un solo fenómeno.
- distintas escalas de análisis.
- necesidad de establecer una *métrica*.

Entre otros aspectos más, tiene ante sí un reto mayúsculo:

¿Cómo alcanzar la cientificidad en lo que realiza, cuando las herramientas de análisis son inexistentes, insuficientes o precarias?

¿Pueden por sí mismos los métodos estadísticos tradicionales, ser útiles para ayudar a explicar la complejidad del objeto de estudio de la Economía Ambiental?

Mi conclusión al respecto es que la Economía Ambiental debe buscar formas más propositivas a las que hoy el estado actual de la estadística y la econometría le

permitan hacer. Hay un campo de desarrollo metodológico muy amplio por delante y se antoja pertinente favorecer la especialización de economistas en el diseño de propuestas metodológicas que hagan factible enriquecer el análisis de la Economía Ambiental.

Una alternativa a lo anterior, es seguir perfeccionado la metodología para la construcción de *índices compuestos*, que incorporan lo mejor de la estadística, pero abriendo el espectro a enfoques no paramétricos.

Cada vez resulta más evidente que el análisis de la interacción sociedad - naturaleza, y en particular el fenómeno del cambio climático, es prácticamente imposible de realizar objetivamente desde una sola de las ramas del conocimiento, sea ésta de las llamadas ciencias exactas, ciencias naturales, o ciencias sociales. La *parcialización del conocimiento*, debe dar paso al redescubrimiento de la *Totalidad del pensamiento* (Leff 1986), que sintetiza lo mejor de cada ciencia para la comprensión en este caso del fenómeno de la vulnerabilidad al cambio climático.

Siguiendo la línea de pensamiento anterior, construir índices compuestos no resulta sencillo de hacer. La experiencia tenida en esta investigación, es que la mayoría de los métodos no paramétricos actualmente existentes, son aún complicados de llevar a la práctica ya que implican un amplio despliegue de recursos técnicos y financieros, además que se requiere contar con una extensa red de contactos académicos y sociales, que en la mayoría de las ocasiones solo el gobierno puede tener.

Ante ello, propongo que a partir del reconocimiento sobre la complejidad de este fenómeno, lo limitado de las herramientas de análisis existentes, lo inapropiado de continuar fragmentando el conocimiento, y sobre todo, la urgencia de encontrar explicaciones a lo que acontece ofreciendo alternativas válidas para superar los problemas, se exploren alternativas y acciones en los sectores público y académico, para construir índices compuestos en materia de Economía Ambiental orientados al estudio del fenómeno del cambio climático y sus repercusiones sociales en México.

3. DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

Para dar a conocer los resultados obtenidos en esta investigación, retomo y doy respuesta, a las interrogantes de investigación que se señalaron en el primer capítulo de este trabajo y que sirvieron de guía para su elaboración:

- ¿Qué se entiende por vulnerabilidad al cambio climático?

La revisión del *estado del arte* de la literatura referente a nuestro tema de estudio nos muestra el recorrido que han tenido las distintas aproximaciones teóricas que buscan elevar el concepto de vulnerabilidad. Podemos distinguir las siguientes fases:

Fase 1:

Hay un avance conceptual que pasa por las siguientes etapas:

- **Dependencia.** Vulnerabilidad es un término que está subsumido en una categoría de análisis mayor. (pobreza, marginación).
- **Asociación.** Vulnerabilidad es una variable dentro de un conjunto (Riesgo).
- **Particularidad.** Vulnerabilidad adquiere características propias (Se diferencia y aparta del concepto de riesgo).
- **Singularidad.** Vulnerabilidad toma su propio conjunto de variables.

Fase 2:

El concepto de vulnerabilidad es utilizado en distintas disciplinas de estudio, tanto económicas, como políticas y más recientemente ambientales.

Fase 3:

El concepto de vulnerabilidad es utilizado consistentemente por los científicos internacionales que estudian el fenómeno del cambio climático.

- Asociado a las condiciones físico –geográficas que tiene una determinada región, ante escenarios futuros de aumento de la temperatura.
- Ligado a los impactos que sufrirán los distintos sectores productivos a los efectos del cambio climático.
- Como concepto explicativo integral ante el cambio climático, a través de la visión de sustentabilidad (propuesta de esta investigación).

El concepto sigue en evolución, y su poder de explicación está asociado a la escala de análisis que se establezca. No hay entonces una vulnerabilidad absoluta, sino más bien vulnerabilidades relativas.

- ¿Cómo determinan las condiciones económicas, sociales e institucionales el grado de vulnerabilidad de México al cambio climático?

Aproximándonos a responder estas interrogantes, se puede afirmar que la vulnerabilidad de México al cambio climático *no cayó del cielo*, sino que es el resultado por lo menos contemporáneo, del modelo económico practicado en México a partir de la segunda mitad de la década de los años ochenta del siglo pasado. (Ver Anexo 5 de esta investigación).

Describiendo en términos generales ese periodo, los análisis económicos practicados por expertos e instituciones académicas, muestran que en estos 6 lustros en que la economía mexicana pasó de un modelo esencialmente proteccionista, a otro predominante de economía abierta y globalizada en su aspecto comercial, otros países con igual condición de desarrollo que intentaron y pusieron en práctica otros instrumentos económicos, cuyos resultados fueron notoriamente más exitosos; economías que hace 30 años, tenían un PIB per cápita inferior al mexicano y que hoy no solo lo han alcanzado, sino superado (Corea del Sur, Taiwán). Este indicador es sólo uno entre otros que da cuenta a nivel comparativo, de cómo el modelo hasta ahora seguido no obtuvo los resultados que el nuevo paradigma anticipó, como lo muestran sus indicadores principales.

Las consecuencias directas de este proceso fueron tanto económicas como sociales, siendo entre otras: la ineficiencia económica, la carencia de sustentabilidad en el uso de los recursos, el ensanchamiento de la brecha de la desigualdad social, y más cercanamente, el quiebre de la institucionalidad y cohesión social, todo ello traducido en crear las condiciones para una mayor vulnerabilidad ante el cambio climático.

Lo anterior nos conduce a proponer, que un elemento *sine qua non* para analizar, evaluar, y establecer políticas con respecto a la vulnerabilidad del país al cambio climático, es considerar los *estresantes estructurales que potencian la exposición natural al*

fenómeno en términos generales del país, y de manera particular en cada uno de los estados. (*vulnerabilidad contextual*).

- ¿Cuál es el método científico más apropiado para evaluar la vulnerabilidad de México al cambio climático?

Mi conclusión al respecto es que la Economía Ambiental en general y los análisis específicos en torno al fenómeno del cambio climático y sus impactos sociales en particular, deben desarrollar nuevos esquemas de comparación y análisis que den oportunidad de seguir avanzando en el estudio multidisciplinario del fenómeno ambiental, de manera alternativa a los esquemas ortodoxos.

Las conclusiones más importantes obtenidas de esta perspectiva teórica, basada en un método deductivo-inductivo, señalan lo siguiente:

- El método deductivo-inductivo desarrollado en esta investigación probó su eficacia, pues permitió, en una relación dialécticamente enriquecedora, dar una *explicación teórica* a las causas de la vulnerabilidad, a la vez que generó una herramienta estadística para realizar su *análisis empírico*, permitiendo establecer y comparar los niveles que asume la vulnerabilidad en cada uno de los estados del país.
- El nivel teórico general de interpretación (método deductivo) bajo el concepto del desarrollo sustentable, permitió analizar el fenómeno de manera holística:
 - En términos ambientales, al situar que además de los fenómenos hidrometeorológicos extremos, existen otros como la pérdida de cobertura vegetal, la sobreexplotación de mantos acuíferos, la erosión del suelo y la fragilidad de las áreas naturales protegidas, que coadyuvan en la explicación de la *exposición* a las diversas formas que adquiere el cambio climático.
 - En términos económicos, al identificar los aspectos productivos, el ingreso y la infraestructura como los factores clave que generan la *sensibilidad* al fenómeno estudiado.

- En términos sociales, al considerar a los niveles de bienestar (educación, alimentación, salud, vivienda, edad) como la base de la *resistencia* (entendida como la capacidad para prevenir, manejar y superar una crisis ambiental).
- En términos institucionales, al establecer que la gobernanza, la cohesión social y la legitimidad gubernamental, son elementos *sine qua non* de la *capacidad de adaptación*.
- La aplicación del método inductivo para desarrollar un índice compuesto, mostró que una vez que se ha avanzado en el aspecto central que es la ponderación o *peso* de las variables, la información que proporciona el índice se vuelve más clara de interpretar. La complejidad estadística que implica el uso multidimensional de las variables, se supera a través del ejercicio de panel de expertos. Con una sólida y robusta información estadística, y la ponderación otorgada por los expertos, el índice se puede aplicar obteniendo resultados robustos.

No obstante lo limitado del experimento de regresión seguido con PROBIT, debido a la escasez de información disponible, sus resultados son consistentes con los juicios cualitativos de los expertos, lo que nos lleva a plantear que **ahí donde la herramienta estadística presente limitaciones de consistencia y robustez, la opinión de expertos se convierte en un elemento muy valioso para explicar las relaciones de causalidad de un determinado fenómeno.**

¿Cuáles son los sectores sociales, regiones y estados del país más vulnerables al cambio climático?

Hay un hecho que destaca ampliamente a partir de la utilización de las tres ecuaciones que se proponen en esta investigación: 9 estados del país aparecieron en las tres ecuaciones en los rangos de vulnerabilidad media alta, alta o muy alta y 2 en el rango de vulnerabilidad baja. Lo anterior se interpreta como un argumento que fortalece el planteamiento de la hipótesis.

Mientras que Yucatán y Tamaulipas mantuvieron su nivel de vulnerabilidad baja, los estados de Aguascalientes, Baja California Sur, Coahuila, Colima, Durango,

Hidalgo, Morelos y Zacatecas lo mantuvieron en vulnerabilidad alta; sí a lo anterior le agregamos los resultados de la ecuación 3, en cuanto a los estados que presentan tendencia al alza por encima de la media nacional, Aguascalientes, Baja California Sur, Durango, y Morelos, aparecen en las tres ecuaciones con nivel y tendencia a la vulnerabilidad alta.

Este resultado nos lleva a concluir que las políticas que se orienten a reducir la vulnerabilidad al cambio climático, podrían establecer como prioridad de atención a los ocho estados arriba mencionados, los cuales constituyen el 25 % del total de estados que conforman nuestra República y como máxima prioridad a solo 4 si tomamos también a la ecuación 3.

Sí atendemos a lo mostrado en la ecuación 3, 28% de los estados del país presentan tendencias al aumento de la vulnerabilidad por encima de la media nacional. Lo anterior habla ya no solamente de una fotografía obtenida en el tiempo por las ecuaciones 1 y 2, sino de un fenómeno en movimiento que expone la ecuación 3.

¿Cómo debe diseñarse y que elementos debe contemplar, una política pública encaminada a disminuir la vulnerabilidad del país al cambio climático?

La integración de las políticas públicas en México, no es algo característico de las administraciones federales. La prioridad de una administración no es necesariamente la misma que pondrá en práctica la siguiente. Salvo contadas excepciones que generalmente responden a obligaciones internacionales del país, ha faltado establecer *políticas de estado* que tengan un horizonte de ejecución más allá de los marcados para las administraciones, y en las cuales converjan las voluntades políticas de actores públicos y privados.

Es de reconocerse los esfuerzos que se han hecho desde el sector ambiental oficial, para avanzar en el conocimiento del cambio climático y establecer líneas de política, como las siguientes:

- Estrategia Nacional de Acción Climática (SEMARNAT 2000).
- Programa Especial de Cambio Climático (SEMARNAT 2008).
- Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (INE, distintos años).

- 5 Comunicaciones Nacionales a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (INE, distintos años) siendo México hasta ahora el único país en desarrollo en hacerlo.
- Estrategia Nacional de Cambio Climático (2013).

Estos trabajos han contado con la participación de numerosos científicos mexicanos, cuyo aporte ha servido para avanzar con menor incertidumbre, en el conocimiento del fenómeno ambiental global.

Sin embargo, desde mi perspectiva el énfasis a los trabajos hasta ahora desarrollados, se ha centrado en el aspecto de la mitigación, por ello, la mayoría de las políticas públicas propuestas se enfocan hacia este tema.

Las consecuencias económicas de esta decisión son notables. Transparencia Mexicana (2013) sitúa en 300 mil millones de dólares, el esfuerzo que tendría que hacer México para lograr las metas de disminución en un 30% de las emisiones de gases de efecto invernadero para el año 2020, lo que representa casi una tercera parte del PIB nacional, generando como consecuencia que el monto anual de las inversiones para la mitigación de aquí al 2020, tendría que ser cercano al 5% del PIB (gasto similar al hecho en educación).

Lo anterior merece al menos una reflexión, ya que estamos hablando de prioridades de inversión orientadas al desarrollo. Considero que el tema del cambio climático y el aspecto particular de la vulnerabilidad, deben ser parte estratégica de la política de desarrollo nacional. Como lo menciono anteriormente (punto 4.2), estos aspectos deben ser inscritos en el marco de una visión de sustentabilidad, cuya metodología de estudio y aplicación de política, desde mi punto de vista, debe comprender cuatro componentes:

- Multidimensionalidad de la visión.
- Multidisciplinariedad del análisis.
- Multisectorialidad del enfoque.
- Multiescala de la acción.

En ese marco, se propone que la política enfocada a disminuir la vulnerabilidad de México al cambio climático, que basada en consideraciones de eficiencia, equidad y legitimidad, sea vista como un asunto prioritario del desarrollo nacional, dándole el rango de atención de una auténtica política de estado.

Se ofrece a continuación un cuadro resumen con las aportaciones realizadas por esta investigación.

Aspectos cognitivos.- Se propone un **método deductivo - inductivo** para el análisis de la vulnerabilidad al cambio climático. Lo anterior es una alternativa a los estudios realizados desde las ciencias de la atmósfera, cuyo método es predominantemente de carácter inductivo.

Se define ontológicamente la vulnerabilidad al cambio climático. Lo anterior *materializa* el análisis a través de un enfoque *multidimensional* basado en el marco contextual del desarrollo sustentable. Esto es un paso fundamental ya que permite realizar *observaciones estadísticas* superando los estudios probabilísticos en que se basan los estudios de escenarios climáticos.

En términos gnoseológicos, se fundamenta el análisis en una visión dialéctica de la relación sociedad - naturaleza, lo que conduce a encontrar las *causas multifactoriales* que propician la vulnerabilidad en cada contexto particular.

La construcción de un índice compuesto de vulnerabilidad al cambio climático, a partir de la concepción multidimensional del fenómeno, se sustenta en **términos epistemológicos** en el enfoque de *vulnerabilidad contextual (start point)*, a diferencia de los estudios convencionales que se han realizado siguiendo el esquema de *vulnerabilidad como resultado (end point)*.

La **heurística utilizada** aporta alternativas para la solución de problemas técnicos que se presentan regularmente durante la construcción de índices compuestos. Este aporte contribuye a eliminar subjetividades en cuanto a:

- Selección y *pesaje* de las variables, mediante la utilización del esquema de *componentes principales* y del modelo de *análisis jerárquico multivariado*, respectivamente.
- *Se aporta una técnica matemática de normalización* para la construcción del índice compuesto, garantizando el rango [0,1].
- *Se establecen en términos matemáticos* los rangos de la vulnerabilidad. Lo anterior elimina cualquier subjetividad al momento de establecer los umbrales.

Aspectos analíticos.- Se ofrece una perspectiva holística para establecer una relación en conjunto de las dimensiones ambiental, económica, social e institucional. Lo anterior rompe con el esquema determinista basado en la exposición al riesgo. Esta perspectiva permite apreciar otro ángulo del fenómeno, que está más allá del ya insuficiente enfoque de la exposición como causa principal de la vulnerabilidad.

El ICVCC focaliza de manera más clara los estados vulnerables del país, abriendo una alternativa a otros índices existentes (IMTA, análisis a nivel municipal basado en tres dimensiones; Estrategia Nacional de Cambio Climático, análisis de riesgo con indicadores de infraestructura y de escenarios probabilísticos de aumento de temperatura).

Aspecto normativo.- Al analizar la vulnerabilidad al cambio climático como parte de la problemática del desarrollo nacional, se propone establecer un *Mínimo de Sustentabilidad*, sobre cuya plataforma sea factible llevar a cabo políticas que disminuyan los niveles de tal fenómeno. Se ofrecen criterios para establecer las líneas base de mínimos ambientales, económicos, sociales e institucionales.

Se propone asimismo que la política pública enfocada a la vulnerabilidad y adaptación al cambio climático, siga el *esquema de las 4 M* (Multidimensionalidad de la visión; Multidisciplinariedad del análisis; Multisectorialidad del enfoque; Multiescala de la aplicación).

Lo anterior va más allá de la política pública actualmente en práctica: unidimensional, esquematizada, sectorizada y centralizada.

Palabras finales:

La sociedad mexicana sigue esforzándose en la construcción de un sistema democrático más pleno. Un primer paso ocurrió en el año 2000 cuando se dio la primera alternancia en el poder político en 72 años. Este hecho histórico hace posible pensar que, al renovarse democráticamente las instituciones, se pueden llegar a establecer acuerdos políticos que identifiquen y atiendan los grandes temas nacionales, desde una perspectiva de largo plazo.

El problema de la vulnerabilidad al cambio climático, obliga a definir de manera apropiada acuerdos y políticas de largo horizonte. Sociedad y gobierno deben prestar atención a la naturaleza, y organizarse eficientemente para prevenir y atender los impactos del cambio climático, adaptándose y reduciendo la vulnerabilidad en el contexto de un desarrollo basado en la sustentabilidad. De no hacerlo apropiadamente y en el menor tiempo posible, es factible esperar que se profundice la vulnerabilidad, haciendo más evidentes las desigualdades económicas y sociales existentes.

Es estratégico y prioritario que el diseño de las políticas públicas que se orientan a impulsar el desarrollo sustentable de la sociedad mexicana y su puesta en práctica, se realicen de manera eficiente, equitativa y legítima, algo en lo que puede coadyuvar la investigación científica que realiza la Economía Ambiental.

Espero que la perspectiva teórica presentada en esta investigación, aporte elementos útiles que ayuden a identificar y evaluar la vulnerabilidad de México al cambio climático y al diseño de la política pública que se destine a su atención.

Dice Octavio Paz que la historia de México es *“cómo un cometa de jade, que de vez en cuando relampaguea”*. Deseo que pronto, los mexicanos seamos testigos y actores de un cometa relampagueante, que no se extinga jamás.

BIBLIOGRAFÍA

Adger N; Vincent, K, 2005. Uncertainty in adaptive capacity. *Comptes Rendus Geoscience* 4.

Adger, N. *et.al.*, 2005. New indicators of vulnerability and adaptive capacity. Technical Report 7, Tyndell Centre for Climate Change Research.

Adger, N., Arnell, N, Tompkins E L, 2005. Successful adaptation to climate change across scales. *Global Environmental Change* 15 77-86.

Adger. N, 2006. Vulnerability. *Global Environmental Change*, 16 268-281.

Agenda 21 1994. The Earth summit strategy to save our planet. Edition by Domian Citarz, Earth press.

Alwang, J; Siegel, P.P.; Jorgensen, C. L., 2001. Vulnerability form different disciplines. Social discussion papers series 115. World Bank.

Akter, S, Bennett, J, Michael B. W, 2012. Climate change scepticism and public support for mitigation: Evidence from an Australian choice experiment. *Global Environmental Change* 22.

Atkinson G, Dietz S, Neumayer E, 2007. Handbook of Sustainable Development.

Ávila, S; Muñoz, C; Jaramillo, L y Martínez, A, 2005. Un análisis al subsidio a la tarifa 09 Gaceta Ecológica del INE No. 75. 2005. INE-AGUA-DT-01-2005.

Banco Mundial, 2008. Climate Resilient Cities: A Primer on Reducing Vulnerabilities to Climate Change Impacts and Strengthening Disaster Risk Management in East Asian Cities and International Strategy for Disaster Reduction.

Barde, J P, 2002. *Historia y evolución de los instrumentos fiscales relacionados con el medio ambiente en países de la OCDE*. En Impuestos ambientales. Lecciones en países de la OCDE y experiencias en México. Graciela Moreno Arellano Paola Mendoza y Sara Ávila Forcada Compiladoras. Instituto Nacional de Ecología, México.

Bardsley, D y Wiseman, N, 2012. Climate change vulnerability and social development for remote indigenous communities of South Australia. *Global Environmental Change* 22.

Bassols Batalla A, 1970. Geografía Económica de México, primera edición, Editorial Trillas.

Berrang-Ford, L, Ford, J, Paterson, J, 2011. Are we adapting to climate change?. Global Environmental Change 21.

Belliveau S, Smit B, Bradshaw B, 2006. Multiple exposures and dynamic vulnerability: Evidence from the grape industry in the Okanagan Valley, Canada, Global Environmental Change, Global Environmental Change 16 364-378.

Birkmann J, 2006. Measuring vulnerability to natural hazards. United Nations University Press.

Botello A, 2008. Evaluación Regional de la Vulnerabilidad actual y futura de la zona costera mexicana y los deltas más impactados ante el incremento del nivel del mar debido al cambio climático y fenómenos hidrometeorológicos extremos. SEMARNAT-INE.

Boltvinik, J. *et.al.*, 2010. Medición Multidimensional de la pobreza. El Colegio de México y Consejo Nacional de Evaluación de la Política Social.

Borrayo, R, Castañeda, J M, 2008. Enfoque estructural de problemas económico-ambientales a nivel regional: un caso de estudio para la región centro de México. En: Quintero, Ma. Luisa, y Fonseca Carlos, coordinadores. Desarrollo Sustentable. Porrúa, México.

Blaikie, P. *et.al.*, 1996. Vulnerabilidad, el entorno social, político y económico de los desastres. La red. Tercer Mundo Editores. Colombia.

Busso G, 2001: Vulnerabilidad social: Nociones e implicancias de políticas para Latinoamérica a inicios del siglo XXI. CEPAL.

Caballeros, R y Martí R, 2000. Un tema del desarrollo: la reducción de la vulnerabilidad frente a los desastres. CEPAL. México.

Canales A, 2008. Vivir del norte. Remesas, desarrollo y pobreza en México. CONAPO.

Carabias, J, 2002. *Conservación de los ecosistemas y el desarrollo rural sustentable en América Latina: condiciones, limitantes y retos*. En: La Transición hacia el desarrollo sustentable. Perspectivas de América Latina y el Caribe. Enrique Leff, Exequiel

Ezcurra, Irene Pisanty y Patricia Romero Lankao, Compiladores. Instituto Nacional de Ecología. México.

Castells, M, 1998. La Era de la Información Editorial ERA 3 Tomos. México.

Chhotray, V y Few, R, 2012. Post-disaster recovery and ongoing vulnerability: Ten years after the super-cyclone of 1999 in Orissa, India. *Global Environmental Change* 22.

CENAPRED, 1994. Atlas Nacional de Riesgos, Secretaria de Gobernación, México.

-----, 2001. Programa Especial de Prevención y Mitigación de Riesgo de Desastres 2001- 2006. SEGOB.

-----, 2009. Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos (Conceptos Básicos sobre Peligros, Riesgos y su Representación Geográfica). México.

CEPAL, 2005. Objetivos de Desarrollo del Milenio. Una mirada desde América Latina y el Caribe.

-----, 2006. Manual para la evaluación del impacto socioeconómico y ambiental de los desastres.

-----, 2010a. Guía Metodológica para el Diseño de Indicadores Compuestos de Desarrollo Sostenible. Colección de documentos de proyectos

-----, 2010b. La hora de la equidad.

-----, 2010c. Cambio Climático. Perspectiva Regional.

-----, 2011. An assessment of the economic impact of climate change on the tourism sector in Curaçao.

-----, 2012. Riesgos. Efectos del cambio climático en la costa de América Latina y el Caribe.

-----, 2012. La Economía del Cambio Climático en Chile.

-----, 2012. Agricultura y cambio climático: Del diagnóstico a la práctica.

CESPEDES, 2001. Índice de sustentabilidad ambiental: sustentabilidad ambiental comparada en las entidades federativas de México. CESPEDES- Consejo Coordinador Empresarial. México.

- Chambers,R, 2009. Climate Vulnerability and Capacity Analysis. Handbook.
- CONAPO, 2005. Índice de marginación urbana, México.
- Comisión Nacional del Agua, 2012. Bancos del Agua en México.
- CONABIO, 2008. Capital Natural de México, vol 1. México.
- CONANP, 2007. Programa Nacional de Áreas Naturales Protegidas 2007 - 2012.
- Conde C., Sánchez O, Magaña V, Gay C, 1995. Escenarios climáticos básicos y regionales. Memorias del Segundo Taller de "Estudio de País: México". México ante el Cambio Climático, celebrado en Cuernavaca, Morelos, del 8 al 11 de mayo de 1995, pp. 101 - 117.
- Conde C., Gay C, Vinocur M, 2003. Evaluación integrada de la vulnerabilidad social y la adaptación a la variabilidad y el cambio climáticos de los agricultores de México y Argentina. 22 de abril, 2003. Mesa: Vulnerabilidad y riesgos naturales. Resumen extenso. Memorias del Noveno Encuentro de Geógrafos de América Latina (9EGAL), 22 - 24 abril.
- Conde, C., 1999. Impacts of Climate Change and Climate Variability in Mexico. U.S. National Assessment, U.S. Global Change Research Program, Washington, DC, USA. Available online at <http://www.nacc.usgcrp.gov/newsletter/1999.1O/Mexico.html>.
- Conde, C., Liverman D, Flores M, Ferrer R , Araujo R, Betancourt E, Villareal G, Gay C, 1997a. Vulnerability of rainfed maize crops in Mexico to climate change. *Climate Research*, 9, 17.
- Conde, C., Liverman D, and Magaña V, 1997b. Climate Variability and Transboundary Freshwater Resources in North America: U.S.-Mexico Border Case Study. Draft Final Report Prepared for the Commission on Environmental Cooperation, Montreal, QB, Canada, 44 pp.
- Conde C., Vinocur M, Seiler R, 2003. Vulnerabilidad de los Productores Agrícolas en México y en Argentina a las Variaciones Climáticas y Económicas: Dos Estudios de Caso. GEOS. Boletín Informativo. Reunión Anual 2003. Resúmenes. Vol. 23: 2: pág. 75.
- Conde C., Ferrer R. M., 2003. Perceptions of Climate change among different sectors in the Mexican population. Trabajo aceptado en la reunion Open Meeting of

the Human Dimensions of Global Environmental Change Research Community. Montreal, Canadá. 16 – 18 October, 2003.

CONEVAL, 2008. Mapas de la pobreza en México, México.

-----, 2010. Informe de Pobreza Multidimensional en México, 2008. México.

-----, 2010. Medición de la pobreza por municipios, México.

-----, 2013. Informe de Pobreza Multidimensional en México, 2010. México.

Cortinas de Nava, C, 2006. Bases para legislar la prevención y gestión integral de residuos. SEMARNAT.

Cutter S L, 2003. The Vulnerability of Science and the Science of Vulnerability. Department of Geography and Hazards Research Lab, University of South Carolina.

Cutter S L, 1996. Vulnerability to environmental hazard, *Progress in human Geography*, 20, pp. 529-539.

Chambers R, 1989. Vulnerability coping and policy, *Institute of Developmental Studies Bulletin* 20.

Chazal J, Quétier F, Lavorel S, Van Doorn A, 2008. Including multiple differing stakeholder values into vulnerability assessments of socio-ecological systems, *Global Environmental Change* 18 508– 520.

Charlesworth M y Chukwmerije O, 2010. Policy responses to rapid climate change: An epistemological critique of dominant approach. *Global Environmental Change* 20.

Daly, H, y Farley, J, 2004. *Ecological Economics. Principles and Applications*. Second Edition, Islanders Press.

Daly, H, 1989. *Economía, ecología y ética: ensayos hacia una economía en estado estacionario*. Fondo de Cultura Económica. México.

Delgadillo J. (coord.), 2001. *Los terrenos de la política ambiental en México*. Universidad Nacional Autónoma de México-Instituto de Investigaciones Económicas-DGAPA. México.

Delgadillo, J, y Torres, F. 2011. *Nueva Geografía Económica de México*. Editorial Trillas. México.

Dessaia S, Lua, X. Risbey J S, 2005. On the role of climate scenarios for adaptation planning. *Global Environmental Change* 15 87 -97.

Downing, T E, Butterfield, R., Cohen, S., Huq, S., 2001. *Climate Change Vulnerability: Linking Impacts and Adaptation*, University Oxford.

Downing, T E, 1991. Vulnerability to hunger and coping with climate change in Africa. *GECH* 1.

ISDR, 2004. *Living with risk. A global review of disasters initiatives*. UNISDR.

Eakin H, Bojorquez-Tapia L A, 2008. Insights into the composition of household vulnerability from multicriteria decision analysis, *Global Environmental Change*.

The World Bank, 2010. *Economics of Adaptation to Climate Change Report*.

Edward, A R, 2005. *Sustainability revolution. Portrait of a paradigm shift*. New Society Publishers, Canada.

Engle, N, 2011. Adaptive capacity and its assess. *Global Environmental Change* 21.

Environmental Protection Agency, 1987. *Unfinished Business; A Comparative Assesment of Environmental Problems*.

Fernández - Bremauntz, A, 1993. *Commuters exposure to Co in the metropolitan area of Mexico city*. Tesis Doctoral, Imperial College of London.

Few R, Gia T P, 2010. Climatic hazards, health risk and response in Vietnam: Case studies on social dimensions of vulnerability, *Global Environmental Change* 20 529-538.

Filgueira, C, 2001. Estructura de oportunidades y vulnerabilidad social. *Aproximaciones conceptuales recientes*, CEPAL.

Folke C, 2006. Resilience: The emergence of a perspective for social-ecological systems analyses. *Global Environmental Change* 16 253-267.

Frank, E, Eakin, H, López-Carr, D, 2011. Social identity, perception and motivation in adaptation to climate risk in the coffee sector of Chiapas, Mexico. *Global Environmental Change* 21.

Freudenburg, W. R. Musell, V, 2010. Global warming estimates, media expectations, and the asymmetry of scientific challenge. *Global Environmental Change* 20 483 491.

Füssel Hans-M, 2010. How inequitable is the global distribution of responsibility, capability, and vulnerability to climate change: A comprehensive indicator-based assessment. *Global Environmental Change* 20 597 - 611.

Füssel Hans-Martin, 2007. Vulnerability: A generally applicable conceptual framework for climate change research, *Global Environmental Change*, 17 155–167.

Füssel Hans- M, 2009. Review and quantitative analysis of indices of climate change exposure, adaptive capacity, sensitivity, and impacts. Potsdam Institute for Climate Impact Research (PIK), Germany.

Gabaldón, A; Rodríguez Becerra, M. 2007. Evolución de las políticas institucionales ambientales en: Enrique Leff, Exequiel Ezcurra, Irene Pisanty y Patricia Romero Lankao, Compiladores: La transición hacia el desarrollo sustentable, Perspectivas de América Latina y el Caribe. INE, Universidad Autónoma Metropolitana, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. México, primera reimpresión.

Galindo, L M, 2010. La Economía del Cambio Climático en México. Estudio preparado para la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México.

Gallopin G, 2006. Linkages between vulnerability, resilience, and adaptive capacity. *Global Environmental Change* 16 293–303.

Gay C., Conde C, Pérez J. L., 2001. Escenarios Climáticos Regionales para Estudios de Cambio y Variabilidad Climáticas en México. En: El Tiempo del Clima. A.J. Pérez Cueva, E. López Baeza, J. Tamayo Carmona (editores) 95-102, México.

Gay C. (comp.), 1999. México: *una visión hacia el siglo XXI: El cambio climático en México*. UNAM, Programa Universitario de Medio Ambiente. México.

Gay C., *et.al.*, 1994. Primer taller de estudio de país: México, México ante el cambio climático, memorias: Cuernavaca, Morelos, 18 al 22 de Abril de 1994. Instituto Nacional de Ecología. México.

Gay C., Conde, C., Martínez, J., Betancourt, E., Araujo, R, 1996. Estudio de País México. Vulnerability of México to Climate Change.

Gay, C, 2001, Propuesta universitaria sobre cambio climático. UNAM. México.

Gay, C. *et.al.*, 1995b. Segundo taller de Estudio País: México. México ante el cambio climático en México, *memorias, Cuernavaca del 8 al 11 de Mayo*. INE-SEMARNAP. México.

Global Adaptation Institute, 2011, Índice de Adaptación Global.

Global Environmental Change, 2010. Governance, complexity, and resilience. *Global Environmental Change* 20 () 363–368.

Global Environmental Change, 2010. Institutions and change: The challenge of building adaptive capacity in Latin América. *Global Environmental Change* 20 1–3.

Global Environmental Change, 2011. Vulnerability before adaptation: toward transformative climate action. *GECH* 21.

Gómez J, 2001. Vulnerabilidad y medio ambiente. CEPAL.

Global Environmental Change, 2010. Governance, complexity, and resilience.

Global Environmental Change, 2011. The elephant in the room: capitalism and global environmental change.

González E y Gutiérrez E, 2008. Teoría del Desarrollo Sustentable. Siglo XXI editores, México.

Gore, A. 2006. *An Inconvenient Truth*. Paramount Home Entertainment.

Gómez-Pompa, A.; Dirzo R, 1995. Reservas de la Biosfera y otras áreas protegidas de México. Publicación de SEMARNAP y CONABIO. México. 159 pp.

Graizbord, B; Mercado, A; Few, R, 2011. (Coordinadores) Cambio climático, amenazas naturales y salud en México. El Colegio de México, primera edición.

Guajarati, D; Porter, D, 2009. *Econometría*. Mc. Graw Hill, quinta edición.

Guimaraes, R; Bárcena, A, 2007. Desarrollo Sustentable e Imperativos de Institucionalidad en Enrique Leff, Exequiel Ezcurra, Irene Pisanty y Patricia Romero Lankao, Compiladores: La transición hacia el desarrollo sustentable. Perspectivas de América Latina y el Caribe. INE, Universidad Autónoma Metropolitana, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. México, primera reimpresión.

Haddad, B. M, 2005. Ranking the adaptive capacity of nations to climate change when socio-political goals are explicit. *Global Environmental Change* 15, 165 – 176.

Hahn M B., Riederer A M., Foster S O, 2009. The Livelihood Vulnerability Index: A pragmatic approach to assessing risks from climate variability and change – A case study in Mozambique, *Global Environmental Change* 19 74–88.

Harris, T y Penning-Roswell, E, 2011. Victim pressure, institutional inertia and climate change adaptation: The case of flood risk. *Global Environmental Change* 21 188–197.

Hediger, W, 1998. *Ecological Economics for Sustainable Development*. John Wiley & Sons, Ltd. and ERP Environment.

Hernández S, Fernández C, Baptista L, 2007. *Fundamentos de Metodología de la Investigación*. Mc. Graw Hill.

Heltberg R, Bennett S Paul L, Jorgensen S, 2009. Addressing human vulnerability to climate change: Toward a ‘no-regrets’ approach, *Global Environmental Change* 19.

Hinkel, J, 2011. Indicators of vulnerability and adaptive capacity’: Towards a clarification of the science–policy interface. *Global Environmental Change* 21, 198 – 208.

Hobson, K, Nie, S, 2011. Public responses to climate change: The role of deliberation in building capacity for adaptive action. *Global Environmental Change* 21.

Hofmann, M, Hinkel, J, Wrobel, M, 2011. Classifying knowledge on climate change impacts, adaptation, and vulnerability in Europe for informing adaptation research and decision-making: A conceptual meta-analysis. *Global Environmental Change* 21.

Instituto Meteorológico Nacional Ministerio de Ambiente y Energía, 2005. *Vulnerabilidad Actual de la zona noroccidental del Valle Central de Costa Rica*. San José, Costa Rica.

IMTA, INE, 2008. *Evaluación de la afectación de la calidad del agua en cuerpos de agua superficiales y subterráneos por efecto de la variabilidad y el cambio climático y su impacto en la biodiversidad, agricultura, salud, turismo e industria, México*.

IMTA, 2010. *Atlas de Vulnerabilidad al Cambio Climático*.

IMTA, 2010. *Atlas de Vulnerabilidad Hídrica*.

Instituto Meteorológico Nacional, Ministerio de Ambiente y Energía, 2005. La Vulnerabilidad Actual: Costa Rica. Adaptación del Sistema Hídrico al Cambio Climático. San José, Costa Rica.

INE a): Comunicación Nacional a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático: Primera (1997), Segunda (2001), Tercera (2002), Cuarta (2010) y Quinta (2012). México.

-----, 1997. Avances en el desarrollo de indicadores para la evaluación del desempeño ambiental en México.

-----, 2000. Indicadores para la evaluación del desempeño ambiental. Reporte 2000.

-----, 2006a. Análisis de posibles impactos del cambio climático. Estudio de caso preliminar: Cancún, Quintana Roo. México

-----, 2006b. Estudio diagnóstico sobre los efectos del cambio climático en la salud humana de la población en México

-----, 2006c. Análisis de la Vulnerabilidad y Capacidad de Adaptación al Cambio Climático en los Sectores más Relevantes del Estado de Morelos. México.

-----, 2007. Evaluación de la afectación de la calidad del agua en cuerpos de agua superficiales y subterráneos por efecto de la variabilidad y el cambio climático y su impacto en la biodiversidad, agricultura, salud, turismo e industria.

-----, 2008a. Evaluación Regional de la Vulnerabilidad Actual y Futura de la Zona Costera Mexicana y los Deltas más Impactados ante el Incremento del Nivel del Mar Debido al Cambio Climático y Fenómenos Hidrometeorológicos Extremos.

-----, 2008b. Evaluación de la vulnerabilidad de los estados del sureste de México ante lluvias extremas debidas a la variabilidad y el cambio climático: Tabasco, estudio de caso.

-----, 2008c. Evaluación de la afectación de la calidad del agua en cuerpos de agua superficiales y subterráneos por efecto de la variabilidad y el cambio climático y su impacto en la biodiversidad, agricultura, salud, turismo e industria, México

-----, 2008d. Estrategias de protección civil y gestión de riesgo hidrometeorológico ante el cambio climático, México.

- , 2009a. Inventario Nacional de Gases Efecto Invernadero. México.
- , 2009b. Sinergias entre el cambio climático y las especies exóticas invasoras. México.
- , 2009c. Vulnerabilidad e impactos potenciales en salud ante escenarios regionales de cambio climático en México.
- , 2012e. Visión, elementos y criterios para el proceso de construcción de la estrategia nacional de adaptación de México al mediano plazo, México.
- INEGI, 2010. Censo Nacional de Población y Vivienda 2010. México.
- , 2011. Sistema de cuentas nacionales de México. Producto interno bruto por entidad federativa 2006-2010 (primera versión).
- , 2013. Sistema de Cuentas Económicas y Ecológicas de México 2007 – 2011. Año base 2003.
- , 2009. ENIGH 2008, Nueva construcción. Ingresos y gastos de los hogares. Instituto Mexicano para la Competitividad Índice de Competitividad Estatal, 2010. La caja negra del gasto público. Anexo estadístico, 2010.
- IPCC, 1997. Informe especial del IPCC. Impactos regionales del cambio climático: evaluación de la vulnerabilidad. *Resumen para responsables de políticas*. Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático.
- , 2003. Tercer Reporte del Grupo de Trabajo II. Cambridge University Press.
- , 2007. *Climate Change 2007: impacts, adaptation and vulnerability*. Cambridge University Press.
- , 2008. *Assessing impacts, adaptation and vulnerability: Reflections on the Working Group II Report* .
- , 2007. *Climate Change 2007: Synthesis Report Summary for Policymakers*.
- , 2014. Reporte del Grupo II Impactos, Adaptación, Vulnerabilidad (Dado a conocer en marzo. En fase de publicación).
- Izazola, H. (coord.), 1993. Población, medio ambiente "Nuevas interrogantes a viejos problemas". Sociedad Mexicana de Demografía-El Colegio de México. México.

Janssen M, Schoon M L, Kee W, Borne K, 2006. Scholarly networks on resilience, vulnerability and adaptation within the human dimensions of global environmental change, *Global Environmental Change*, 16 240–252.

Jara, S, 2008. La eterna búsqueda por la identidad. Temas actuales de la Filosofía y de la cultura y estudios culturales. Facultad de Filosofía, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

Jáuregui, E, 1997. Climate changes in Mexico during the historical and instrumented periods *Quaternary International*, 43/44, 7-17.

Jones, L y Boyd, E, 2011. Exploring social barriers to adaptation: Insights from Western Nepal. *Global Environmental Change* 21.

Kabeer, N. Social Exclusion, Poverty and Discrimination Towards an Analytical Framework, *Bulletin* Vol 31, No 4.

Kaly, V, 2006. Framework for managing environmental vulnerability in small island developing countries. *Development Bulletin*, 58.

Kaly, V; Pratt, C R, Mitchell, I, 2004. The environmental vulnerability index. SOPAC technical Report 384. South Pacific Applied Geoscience Commission.

Katzman, R, 1999. Notas sobre la medición de la vulnerabilidad social. CEPAL.

Krishnamurthy, K, Fisher, J, Johns, C, 2011. Mainstreaming local perceptions of hurricane risk into policymaking: A case study of community GIS in Mexico. *Global Environmental Change* 21.

Labandeira, X, León, C. y Vázquez, M J, 2009. *Economía Ambiental*, Pearson, Madrid.

Landa, R, 2011. *Cambio Climático y Desarrollo Sustentable*, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

Leff, E, 1986. Los problemas del conocimiento y la perspectiva ambiental del desarrollo, 2da edición revisada México 2000.

Leff, E, 2009. *Racionalidad Ambiental*, Editorial Siglo XXI, Segunda reimpresión.

Limoeiro Cardoso, M, 1987. *La construcción de conocimientos: Dos cuestiones de teoría y método*, México, ERA.

Luers L. Amy, 2005. The surface of vulnerability: An analytical framework for examining environmental change. *Global Environmental Change* 15 214–223.

Liverman, D. and O'Brien K., 1991. Global warming and climate change in Mexico. *Global Environmental Change*, 1, 351-364.

Lomelí, L, 2009. Consecuencias sociales del cambio climático en México. Análisis y Propuestas. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México.

Luers A L, Lobella D B, Sklard L S., C. Addams L , Matsona P, 2003. A method for quantifying vulnerability, applied to the agricultural system of the Yaqui Valley, Mexico *Global Environmental Change* 13 255–267.

Magaña V. M, 1995. Escenarios Físicos de cambio climático. En Memorias del Segundo Taller de "Estudio de País: México". México ante el Cambio Climático, celebrado en Cuernavaca, Morelos, del 8 al 11 de mayo de 1995, pp: 98-100, México.

Magaña, V y Gay, C, 2002. Vulnerabilidad y adaptación regional ante el cambio climático y sus impactos ambientales, sociales y económicos. *Gaceta Ecológica*. Núm. 65. INE-SEMARNAT. México.

Magaña, V, 2005. Elaboración de la Estrategia de Implementación del Programa de Modelación del Clima. Estudio preparado para el instituto Nacional de Ecología, México.

Magaña, V, 2010. Guía para generar y aplicar escenarios probabilísticos regionales de cambio climático en la toma de decisiones. Estudio preparado para el Instituto Nacional de Ecología.

Magaña,V, 2012. Estudio para Sistematizar una Propuesta Metodológica del Análisis de la Vulnerabilidad actual y bajo Cambio Climático. Estudio preparado para el Instituto Nacional de Ecología.

Magaña, V., Pérez J.L, and Conde C, 1998. El Niño and its Impacts on Mexico. School of Sciences, UNAM, México.

Magaña, V. y Quintanar, A, 2003. On The Use of a General Circulation Model to Study Regional Climate. Centro de Ciencias de la Atmósfera, Universidad Nacional Autónoma de México.

Magaña V. Caetano E, 2007. Pronóstico climático estacional regionalizado para la República Mexicana como elemento para la reducción de riesgo, para la identificación de opciones de adaptación al cambio climático y para la alimentación del sistema: cambio climático por estado y por sector. Estudio preparada para el INE. México.

Mayer, A, 2008. Strengths and weaknesses of common sustainability indices for multidimensional systems. *Environment International*, 34.

McLaughlin Pl, Dietz T, 2008. Structure, agency and environment: Toward an integrated perspective on vulnerability, *Global Environmental Change*, 2008 18 99-111.

Masera, O.R., Astier M.y López S., 1999. Sustentabilidad y manejo de recursos naturales: El Marco de evaluación MESMIS, Mundiprensa-GIRA-UNAM, México D.F. ISBN:968-7462-11-6.

Martínez Allier J, Roca Jusmet J, 2000. *Economía Ecológica y Política Ambiental*. PNUMA. Fondo de Cultura Económica.

Martínez, J. Fernández A. 2004 *Cambio Climático: Una visión desde México*. Instituto Nacional de Ecología, México.

Martínez Austria P, Patiño Gómez C, 2010. Efectos del cambio climático en los recursos hídricos de México. Volumen III. *Atlas de Vulnerabilidad Hídrica en México ante el Cambio Climático*. IMTA, México.

Mitchell, J, Devine, N, 1989. A contextual model of natural hazards. *Geographical Review* 79.

Moreno -Grid, J C y Ros Bosch, J, 2010. *Desarrollo y crecimiento en la economía mexicana*. Fondo de Cultura Económica, primera edición, México.

Moreno, A; Urbina, J, 2008. *Impactos sociales del cambio climático en México*. INE - PNUD. Primera edición, México.

Moss R. H., Brenkert A. L, Malone E. L., 2001. *Vulnerability to Climate Change a Quantitative Approach*. Prepared for the U.S. Department of Energy.

Mundo, M.D. and P. Martínez Austria, 1994. El cambio climático y sus efectos potenciales en los recursos hídricos y la agricultura del Valle del Yaui, Sonora (estudio preliminar indicativo). *Ingeniería Hidráulica en México*, IX (1), 13-33. México.

Mundo, M D, Martínez Austria, P., 1993. Cambio climático: posibles consecuencias y algunas sugerencias para disminuir su efecto en México. *Ingeniería Hidráulica en México*, 18(1), 14-28. México.

Muñoz-Piña, C., 2004. Subsidios agrícolas en México que tienen efectos ambientales negativos. Instituto Nacional de Ecología, México.

Navarrete D; Gómez,M; Gallopín G., 2007. Syndromes of sustainability of development for assessing the vulnerability of coupled human-environmental systems. The case of hydrometeorological disasters in Central America and the Caribbean *Global Environmental Change* 17 207-217.

Nielsen J Østergaard N, Reenberg A., 2010. Cultural barriers to climate change adaptation: A case study from Northern Burkina Faso. *Global Environmental Change*

O'Brien K, Leichenko R., 2000. Double exposure: assessing the impacts of climate change within the context of economic globalization, *Global Environmental Change*, *Global Environmental Change* 10 221-232.

O'Brien K, Leichenko R, Kelkar U., 2004. Mapping vulnerability to multiple stressors: climate change and globalization in India, *Global Environmental Change* 14 303-313.

OCDE 1994a OECD Core Set for Environmental Indicators.

-----, 2004. The Benefits of Climate Change Policies.

-----, 2008. Handbook on Constructing Composite Indicators. Methodology and user guide.

ONU, 2000. Objetivos del Milenio

ONU, 2004. Estrategia Internacional de las Naciones Unidas contra los Desastres.

Ortiz M., 1999. Escenarios de vulnerabilidad por ascenso del nivel del mar en la costa mexicana del Golfo de México y el Mar Caribe, *Investigaciones geográficas N39*: 68-81.

Ortiz Wadgymar, A. 2010. México en ruinas. El impacto del libre comercio. Instituto de Investigaciones Económicas. UNAM. México.

Ostrom E., 1990. *Governing the Commons: The Evolution of Institutions for Collective Action*. Cambridge University Press.

Parry M, Arnell N, McMichael T, Nicholls Rt, Martens P, Kovats Sa, Livermore M, Rosenzweig C, Iglesias A, Fischer Gr., 2001. Millions at risk: defining critical climate change threats and targets. *Global Environmental Change* 11 181–183.

Pelling M High Ch., 2005. Understanding adaptation: What can social capital offer assessments of adaptive capacity? *Global Environmental Change* 15 308 – 319.

Pérez Espejo R, Ávila Foucat, S, Aguilar Ibarra A., 2010. *Introducción a las Economías de la Naturaleza*. UNAM. Instituto de Investigaciones Económicas. México.

Pizarro, R., 2001. *La vulnerabilidad social y sus desafíos: Una Mirada desde América Latina*. CEPAL.

PNUD, 2000. *Índice de desarrollo humano*.

Polsky C, Neff R, Yarnal B, 2007. Building comparable global change vulnerability assessments: The vulnerability scoping diagram. *Global Environmental Change*.

Posey, J., 2009. The determinants of vulnerability and adaptive capacity at the municipal level: Evidence from floodplain management programs in the United States. *Global Environmental Change* 19.

Prieto R, Pérez J L, Sesma J., 2006. *Análisis de posibles impactos del cambio climático. Estudio de caso preliminar: Cancún, Quintana Roo*. IMTA. México.

Prescott - Allen, R., 2001. *The Wellbeing of Nations. A country -by- country index of quality of life and environment*. Island Press.

Pritchett, L., Suryahaidi, A., 2002. *Quantifying vulnerability to poverty: a proposed measure with application to Indonesia*. Social Monitoring and Early Response Unit Research Institute (SMERU) Working Paper.

Quadri, G., 1988. *Ordenamiento ecológico del territorio: llave para una gestión integral del medio ambiente*. México, Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología.

Quadri, G 2009. *El Cambio Climático en México y el Potencial de Reducción de Emisiones por Sectores*. Estudio preparado para la Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México.

Ramanathan, R., 1993. *Statistical Methods in Econometrics*. Academy Press.

Rivero Cob E y García Romero H., 2011. La economía política de los mecanismos de asignación de agua subterránea en México. Gaceta de Economía Año 16 , Número Especial, Tomo II

Rodríguez-Oreggia E., 2013. Hurricanes and labor market outcomes: Evidence for Mexico. *Global Environmental Change* 23 351–359.

Rojas, M., 2003: Técnicas Estadísticas Paramétricas y No Paramétricas Equivalentes: Resultados Comparativos Por Simulación. Tesis Doctoral, Escuela Superior del Litoral, Ecuador.

Romero, P., 2000. ¿Quién está haciendo qué en torno a las dimensiones humanas del cambio ambiental? UAM-Xochimilco. México.

Romero Hernández, O. y S. Romero Hernández, 2005. Inventario de la investigación científica y tecnológica en materia de cambio climático en México.

México, Instituto Nacional de Ecología.

Ruiz, A 2009. Distribución de los costos del cambio climático entre los sectores de la economía mexicana. Un enfoque de insumo-producto. Estudio preparado para la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México.

Saaty, T. 1980. *Analytic Hierarchy Process*, Oxford University Press.

Salas-Porras A, Uscanga C. (Coordinadores) 2008. Desarrollo Regional. Estrategia y Oportunidades. UNAM, Gernika, Facultad de Ciencias Políticas y Sociales. México.

Saldívar, A. (Coord.) 1998. De la economía ambiental al desarrollo sustentable, alternativas frente a la crisis de gestión ambiental. UNAM. México.

Saldívar, A. 2008. Algunas Reflexiones sobre el Desarrollo Sustentable y su Medición. En Quintero, Ma. Luisa, y Fonseca Carlos, (coordinadores): Desarrollo Sustentable. Aplicaciones e Indicadores. Editorial Miguel Ángel Porrúa, México.

Sánchez Vargas, A. 2012. El cambio climático y la pobreza en el Distrito Federal. UNAM, Instituto de Ciencia y Tecnología del Distrito Federal. México.

SCT, 2009. Anuario estadístico (<http://www.sct.gob.mx/uploads/media/ANUARIO2009-final.pdf>).

SCT, 2011. Atlas de la Red Carretera.

Shwom R, Bidwell D, Dan A, Dietz T. 2010. Understanding U.S. public support for domestic climate change policies. *Global Environmental Change* 20, 472 – 482.

SEMARNAT, 2003. Evaluación de la degradación del suelo causada por el hombre en la República Mexicana, escala 1: 250 000. Memoria Nacional 2001-2002. México.

-----, 2009. Estimaciones del impacto del cambio climático, desde el Sistema de Cuentas Económicas y Ecológicas de México 2010-2100. México.

-----, 2009. Distribución de los costos del cambio climático entre los sectores de la economía mexicana. Un enfoque del insumo-producto. México.

-----, 2009. Impacto del cambio climático en las tierras y sus características. México.

-----, 2010. Indicadores básicos del desempeño ambiental de México.

-----, 2010. Vulnerabilidad del suelo a los impactos del cambio climático.

-----, INE 2011. Estrategia Nacional de Manejo Sustentable de Tierras. México.

-----, CONAGUA, 2011. Estadísticas del Agua en México, edición 2011. México.

-----, 2013. Estrategia Nacional de Cambio Climático, México.

Sidle R. *et al*: 2004. Interactions of natural hazards and society in Austral-Asia: evidence in past and recent records, *Elsevier Quaternary International* 118–119.

Smit B, Wandel J. 2006. Adaptation, adaptive capacity and vulnerability. *Global Environmental Change*. 16 282–292.

Smith, J. Lazo, K. Hurd, B. 2011. The difficulties of estimating global non-market damages from climate change.

Sojo, R. 2004. Vulnerabilidad social y políticas públicas. CEPAL.

Stern, N., 2007. *The Economics of Climate Change*. Cambridge University Press.

Swift J., 2006. Why Are Rural People Vulnerable to Famine?, *Institute of Development Studies, 2006IDS Bulletin Volume 37 Number 4, September*. Anthology.

Tamayo, J., 1982. *Las regiones de México*. Editorial Trillas.

Tietenberg, T., 2008. *Environmental & Natural Resource Economics*.

Tol R S.J., Yohe G W., 2007. The weakest link hypothesis for adaptive capacity: An empirical test, *Global Environmental Change*, *Global Environmental Change* 17 218–227.

Tompkins, E y Eakin, H., 2012. Managing private and public adaptation to climate change. *Global Environmental Change* 22.

Torres, F., 1996. Desastres naturales: aspectos sociales para su prevención y tratamiento en México. Universidad Nacional Autónoma de México- Coordinación de Humanidades. Instituto de Investigaciones Económicas. México.

Torres, F., 2006. Seguridad Alimentaria: Seguridad Nacional. UNAM Instituto de Investigaciones Económicas, Primera reimpresión, México.

Torres, G. 2001. Introducción a la Economía Política Ecológica. Universidad Autónoma de Chapingo, Plaza y Valdés editores. México.

Trærup, S., 2012. Informal networks and resilience to climate change impacts: A collective approach to index insurance. *Global Environmental Change* 22.

Transparencia Mexicana, 2013. ¿Cuánto cuesta a México atender al cambio climático y cumplir con sus compromisos <http://www.tm.org.mx/cuanto-cuesta-a-mexico-atender-al-cambio-climatico-y-cumplir-con-sus-compromisos/>.

Transparencia Mexicana, 2010. Índice Nacional de Corrupción y buen Gobierno. <http://www.tm.org.mx/indice-nacional-de-corrupcion-y-buen-gobierno-incbg/>.

Turner B. L., Kasperson R E., Matson PA., 2003. A framework for vulnerability analysis in sustainability science, www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1231335100.

Turner IIa,b, B.L., 2010. Vulnerability and resilience: Coalescing or paralleling approaches for sustainability science? *Global Environmental Change* 20 570–576

Universidad Complutense, 2014, Métodos paramétricos y no paramétricos. Serie monografías. Madrid.

Urbina J., Martínez J., 2006. Condiciones psicosociales del cambio climático. Instituto Nacional de Ecología, México.

Urwin K, Jordan A., 2008. Does public policy support or undermine climate change adaptation? Exploring policy interplay across different scales of governance, *Global Environmental Change*, 18 (2008) 180–191.

USAID, 2012. Índice de presupuestos verdes: Análisis de presupuesto de egresos que incentive acciones ambientales en sectores estratégicos de competencia estatal. USAID, México.

Vargas J., 2002. Políticas públicas para la reducción de la vulnerabilidad frente a los desastres naturales y socio-naturales. CEPAL, División de Medio Ambiente y Asentamientos Humanos. Santiago.

Vega-López, E., 2011. Cambio Climático y Cohesión Social Local. Colección de Estudios sobre Políticas Públicas Locales y Regionales de Cohesión Social 01. Barcelona.

Villagrán de León, J.C., 2006. Vulnerability: a conceptual framework and methodological review. Studies of the university: research, counsel, education. Publication series of UNU-EHS 4.

Vogel C, Moser S C., Kaspersen, R.E., Dabelko, G D., 2007. Linking vulnerability, adaptation, and resilience science to practice: Pathways, players, and *partnerships* *Global Environmental Change* 17 349–364.

Vogt K.A., J.M. Honea, D.J. Vogt, R.L. Edmonds, T. Patel-Weynand, R.Sigurdardottir, M.G. Andreu, 2006. Forests and Society. Sustainability and Life Cycles of Forests in Human Landscapes. CABI International, United Kingdom, November 2006.

Watson R. T. y Ackerman R. O., 2000. Poverty and Climate Change. *Environment matters*, Annual Review. Washington D.C.

Whitmarsh, L 2011. Scepticism and uncertainty about climate change: Dimensions, determinants and change over time. *Global Environmental Change* 21.

Yohe G, Tol R S.J., 2002. Indicators for social and economic coping capacity moving toward a working definition of adaptive capacity, *Global Environmental Change*, *Global Environmental Change* 12 25–40.

Yohe G W., Tol R S.J., 2007. The weakest link hypothesis for adaptive capacity: An empirical test. *Global Environmental Change*.

Young O R., 2010. Institutional dynamics: Resilience, vulnerability and adaptation in environmental and resource regimes, *Global Environmental Change*, 20 378–385.

Zhou, Ang, Poh, 2006. Comparing aggregating methods for constructing the composite environmental index: an objective measure. *Ecological Economics* 59.