



Environment
Canada

Environnement
Canada

SEMARNAT
SECRETARÍA DE
MEDIO AMBIENTE
Y RECURSOS NATURALES



INECC
INSTITUTO NACIONAL
DE ECOLOGÍA
Y CAMBIO CLIMÁTICO



Al servicio
de las personas
y las naciones

Identificación de variables y diseño e integración de indicadores biofísicos para la determinación de la vulnerabilidad actual y futura para el Atlas Nacional de Vulnerabilidad al Cambio Climático

INFORME FINAL



2017

Documento generado a partir de los resultados de la consultoría realizada por:

Ana Gabriela Moguel Flores

Serie

2

Evaluación y mapeo de la vulnerabilidad y los riesgos climáticos

Derechos Reservados © 2018

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD)

Montes Urales 440, Colonia Lomas de Chapultepec, Delegación Miguel Hidalgo, CP.11000, Ciudad de México.

Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC)

Boulevard Adolfo Ruiz Cortines No. 4209, Colonia Jardines en la Montaña, Delegación Tlalpan, CP. 14210, Ciudad de México.

Todos los derechos están reservados. Ni esta publicación ni partes de ella pueden ser reproducidas, almacenadas mediante cualquier sistema o transmitidas, en cualquier forma o por cualquier medio, sea éste electrónico, mecánico, de fotocopiado, de grabado o de otro tipo, sin el permiso previo del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo y el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático.

El análisis y las conclusiones aquí expresadas no reflejan necesariamente las opiniones del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, de su Junta Ejecutiva, de sus Estados Miembros, o del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático.

Documento generado a partir de los resultados de la consultoría realizada por: Ana Gabriela Moguel Flores.

Citar como:

PNUD México-INECC. 2017. *Identificación de variables y diseño e integración de indicadores biofísicos para la determinación de la vulnerabilidad actual y futura para el Atlas Nacional de Vulnerabilidad al Cambio Climático*. Proyecto 86487 “Plataforma de Colaboración sobre Cambio Climático y Crecimiento Verde entre Canadá y México”. 131 pp. Ana Gabriela Moguel Flores. México.

Esta publicación fue desarrollada en el marco del proyecto 86487 “Plataforma de Colaboración sobre Cambio Climático y Crecimiento Verde entre Canadá y México” del Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD).

Agradecimiento:

Al gobierno de Canadá a través de Environment Canada por el apoyo financiero recibido para el desarrollo del proyecto 86487 “Plataforma de Colaboración sobre Cambio Climático y Crecimiento Verde entre Canadá y México”, durante 2014-2018. Al Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático por el apoyo prestado para el buen desarrollo de la Plataforma.

Contenido

1. Introducción.....	9
1.1 Objetivos	10
1.2 Marco conceptual.....	12
1.2.1 Vulnerabilidad ante cambio climático	12
1.2.2 Indicadores de vulnerabilidad	13
1.3 Selección de variables para sensibilidad y capacidad adaptativa.....	14
1.3.1 Marco metodológico.....	14
2. Bases conceptuales y la descripción detallada de la metodología para el diseño de los indicadores, su descripción detallada y la estructura de integración.....	16
2.1 Fichas de trabajo de las problemáticas identificadas	16
2.2 Metodología	20
2.2.1 Método de ordenación simple.....	20
2.3 Integración de variables de sensibilidad.....	29
2.3.1 Inundaciones en asentamientos humanos.....	29
2.3.2 Deslaves en asentamientos humanos.....	33
2.3.3 Ganadería extensiva susceptible a inundaciones.....	35
2.3.3 Producción forrajera susceptible a inundaciones.....	38
2.4 Indicadores de Capacidad adaptativa	40
3. Informe final	47
3.1 Modificaciones a las fichas de trabajo	48
3.1.1 Atlas Nacional de Vulnerabilidad al Cambio Climático: Ficha técnica por problemática para la evaluación de la vulnerabilidad al cambio climático.....	48
3.1.2 Atlas Nacional de Vulnerabilidad al Cambio Climático: Ficha técnica por problemática para la evaluación de la vulnerabilidad al cambio climático.....	63
3.1.3 Atlas Nacional de Vulnerabilidad al Cambio Climático: Ficha técnica por problemática para la evaluación de la vulnerabilidad al cambio climático.....	76
3.1.4 Atlas Nacional de Vulnerabilidad al Cambio Climático: Ficha técnica por problemática para la evaluación de la vulnerabilidad al cambio climático.....	83
3.2 Ponderación de las variables.....	98

3.2.1	Método de ordenación simple.....	98
3.3	Integración de variables de sensibilidad.....	107
3.3.1	Inundaciones en asentamientos humanos.....	107
3.3.2	Deslaves en asentamientos humanos.....	111
3.3.3	Ganadería extensiva susceptible a inundaciones.....	113
3.3.4	Producción forrajera susceptible a inundaciones.....	116
3.4	Indicadores de Capacidad adaptativa.....	118
4.	Conclusiones.....	124
5.	Bibliografía.....	125

LISTA DE TABLAS

Tabla 2-1.	Componente de sensibilidad para la problemática “Inundaciones en asentamientos humanos”.....	16
Tabla 2-2.	Componente de sensibilidad para la problemática “Deslaves en asentamientos humanos”.....	17
Tabla 2-3.	Componente de sensibilidad para la problemática “Ganadería extensiva susceptible a inundaciones”.....	17
Tabla 2-4.	Componente de sensibilidad para la problemática “Producción forrajera susceptible a inundaciones”.....	18
Tabla 2-5.	Componente de capacidad adaptativa para la problemática “Inundaciones en asentamientos humanos”.....	18
Tabla 2-6.	Componente de capacidad adaptativa para la problemática “Deslaves en asentamientos humanos”.....	19
Tabla 2-7.	Componente de capacidad adaptativa para las problemáticas “Ganadería extensiva susceptible a inundaciones” y “Producción forrajera susceptible a inundaciones”.....	19
Tabla 2-8.	Ejemplo de método de ordenación simple.....	20
Tabla 2-9.	Clasificación del índice de compacidad de Gravelius.....	21
Tabla 2-10.	Ordenación simple para el índice de Gravelius.....	21
Tabla 2-11.	Cuencas con mayor porcentaje de vegetación natural.....	22
Tabla 2-12.	Categorización del porcentaje de vegetación natural en la cuenca y orden de ranqueo.....	23
Tabla 2-13.	Formato para la estimación de la susceptibilidad por inestabilidad de laderas. Factores topográficos e históricos.....	24

Tabla 2-14. Formato para la estimación de la susceptibilidad por inestabilidad de laderas. Factores geotécnicos	25
Tabla 2-15. Formato para la estimación de la susceptibilidad por inestabilidad de laderas. Factores geomorfológicos y ambientales.....	26
Tabla 2-16. Estimación del grado de la amenaza de deslizamiento	27
Tabla 2-17. Cálculo del área de cada una de las categorías de susceptibilidad por inestabilidad de laderas a nivel nacional.....	28
Tabla 2-18. Ordenamiento simple para la susceptibilidad de laderas.....	28
Tabla 2-19. Ejemplo de ordenamiento simple.....	29
Tabla 2-20. Porcentaje de la población del municipio 1 en zonas inundables para cada cuenca	30
Tabla 2-21. Porcentaje de la vegetación natural respecto a la superficie de la cuenca	30
Tabla 2-22. Integración del criterio Respuesta Hidrológica de la Cuenca	31
Tabla 2-23. Criterios de evaluación de la capacidad adaptativa para la problemática “Inundaciones en asentamientos humanos”	41
Tabla 2-24 Criterios de evaluación e integración de la capacidad adaptativa para la problemática “Inundaciones en asentamientos humanos”.....	44
Tabla 2-25. Criterios de evaluación e integración de la capacidad adaptativa para la problemática “Deslaves en asentamientos humanos”	45
Tabla 2-26. Criterios de evaluación e integración de la capacidad adaptativa para la problemática “Ganadería extensiva susceptible a inundaciones” y “Producción forrajera susceptible a inundaciones”	46
Tabla 3-1. Ficha técnica del componente de sensibilidad de la problemática “Vulnerabilidad de los asentamientos humanos a inundaciones”	51
Tabla 3-2. Ficha técnica para el componente de capacidad adaptativa de la problemática “vulnerabilidad de los asentamientos humanos a inundaciones”	56
Tabla 3-3Ficha técnica del componente de sensibilidad de la problemática “Deslaves en asentamientos humanos”	66
Tabla 3-4. Ficha técnica para el componente de capacidad adaptativa de la problemática “Deslaves en asentamientos humanos”	70
Tabla 3-5. Ficha técnica del componente de sensibilidad de la problemática “Ganadería extensiva susceptible a inundaciones”	78
Tabla 3-6. Ficha técnica del componente de sensibilidad de la problemática “Producción forrajera susceptible a inundaciones”	85
Tabla 3-7. Ficha técnica del componente de sensibilidad de la problemática “Producción forrajera susceptible a inundaciones”	91
Tabla 3-8. Ejemplo de método de ordenación simple	98

Tabla 3-9. Clasificación del índice de compacidad de Gravelius	99
Tabla 3-10. Ordenación simple para el índice de Gravelius.....	99
Tabla 3-11. Cuencas con mayor porcentaje de vegetación natural.....	100
Tabla 3-12. Categorización del porcentaje de vegetación natural en la cuenca y ordenamiento simple	101
Tabla 3-13. Formato para la estimación de la susceptibilidad por inestabilidad de laderas. Factores topográficos e históricos.....	102
Tabla 3-14. Formato para la estimación de la susceptibilidad por inestabilidad de laderas. Factores geotécnicos. Fuente: CENAPRED, 2006	103
Tabla 3-15. Formato para la estimación de la susceptibilidad por inestabilidad de laderas. Factores geomorfológicos y ambientales.....	104
Tabla 3-16. Estimación del grado de la amenaza de deslizamiento	104
Tabla 3-17. Cálculo del área de cada una de las categorías de susceptibilidad por inestabilidad de laderas a nivel nacional.....	106
Tabla 3-18. Ordenamiento simple para la susceptibilidad de laderas.....	107
Tabla 3-19. Ejemplo de ordenamiento simple.....	108
Tabla 3-20. Porcentaje de la población del municipio 1 en zonas inundables para cada cuenca	108
Tabla 3-21. Porcentaje de la vegetación natural respecto a la superficie de la cuenca.....	109
Tabla 3-22. Integración del criterio Respuesta Hidrológica de la Cuenca	109
Tabla 3-23 Criterios de evaluación de la capacidad adaptativa para la problemática “Inundaciones en asentamientos humanos”	118
Tabla 3-24. Criterios de evaluación e integración de la capacidad adaptativa para la problemática “Inundaciones en asentamientos humanos”.....	121
Tabla 3-25. Criterios de evaluación e integración de la capacidad adaptativa para la problemática “Deslaves en asentamientos humanos”.....	122
Tabla 3-26. Criterios de evaluación e integración de la capacidad adaptativa para la problemática “Ganadería extensiva susceptible a inundaciones” y “Producción forrajera susceptible a inundaciones”.....	123

LISTA DE FIGURAS

Figura 2-1. Mapa de susceptibilidad nacional por inestabilidad de laderas elaborado con la metodología del estado de Guerrero. Fuente: CENAPRED 2015	28
Figura 2-2. Mapa de susceptibilidad nacional por inestabilidad de laderas elaborado con la metodología aplicada al estado de Guerrero. Fuente: CENAPRED 2015.....	28
Figura 2-3. Esquema general de la metodología de integración de las variables de la problemática “inundaciones en asentamientos humanos”	32
Figura 2-4. Esquema de la metodología de integración de las variables de la problemática “deslaves en asentamientos humanos”	34
Figura 2-5. Esquema de la metodología de integración de las variables de la problemática “ganadería extensiva susceptible a inundaciones”	37
Figura 2-6. Esquema de la metodología de integración de las variables de la problemática “producción forrajera susceptible a inundaciones”	39
Figura 3-1 Esquema general de vulnerabilidad de los asentamientos humanos a inundaciones	50
Figura 3-2 Esquema del componente de sensibilidad de la problemática “Vulnerabilidad de los asentamientos humanos a inundaciones”	50
Figura 3-3. Esquema del componente capacidad adaptativa de la problemática “vulnerabilidad de los asentamientos humanos a inundaciones”	55
Figura 3-4 . Esquema general de vulnerabilidad de los asentamientos humanos a deslaves... 64	
Figura 3-5. Esquema del componente de sensibilidad de la problemática “Deslaves en asentamientos humanos”	65
Figura 3-6. Esquema del componente capacidad adaptativa de la problemática “Deslaves en asentamientos humanos”	69
Figura 3-7 Esquema general de “Ganadería extensiva susceptible a inundaciones”	77
Figura 3-8. Esquema del componente de sensibilidad de la problemática “Ganadería extensiva susceptible a inundaciones”	77
Figura 3-9. Esquema general de vulnerabilidad de la producción forrajera susceptible a inundaciones.....	84
Figura 3-10. Esquema del componente de sensibilidad de la problemática “Producción forrajera susceptible a inundaciones”	84
Figura 3-11. Esquema del componente capacidad adaptativa de la problemática “Producción forrajera susceptible a inundaciones” y “Ganadería extensiva susceptible a inundaciones” ..	90
Figura 3-12. Mapa de susceptibilidad nacional por inestabilidad de laderas elaborado con la metodología del estado de Guerrero. Fuente: CENAPRED 2015	106

Figura 3-13. Mapa de susceptibilidad nacional por inestabilidad de laderas elaborado con la metodología aplicada al estado de Guerrero. Fuente: CENAPRED 2015.....	106
Figura 3-14. Esquema general de la metodología de integración de las variables de la problemática “inundaciones en asentamientos humanos”.....	110
Figura 3-15. Esquema de la metodología de integración de las variables de la problemática “deslaves en asentamientos humanos”.....	112
Figura 3-16. Esquema de la metodología de integración de las variables de la problemática “Ganadería extensiva susceptible a inundaciones”.....	115
Figura 3-17. Esquema de la metodología de integración de las variables de la problemática “producción forrajera susceptible a inundaciones”.....	117

1. Introducción

Las características geográficas y de localización de México lo colocan como un país vulnerable a los efectos del cambio climático. Los impactos climáticos históricos junto con la urbanización y el uso indiscriminado de los recursos naturales agudizan la problemática.

Para hacer frente a esta problemática El Programa Especial de Cambio Climático (PECC 2014-2018) plantea en su objetivo 1 “Reducir la vulnerabilidad de la población y sectores productivos e incrementar su resiliencia y la resistencia de la infraestructura estratégica”, a través de la estrategia 1.1 “Desarrollar, consolidar y modernizar los instrumentos necesarios para la reducción de la vulnerabilidad ante el cambio climático” la línea de acción 1.1.1 “Consolidar el Atlas Nacional de Vulnerabilidad” donde el Instituto Nacional de Ecología y de Cambio Climático (INECC) tiene como responsabilidad la coordinación de la elaboración del Atlas Nacional de Vulnerabilidad al Cambio Climático (ANVCC).

Como antecedente de esta responsabilidad en abril de 2017 el INECC en el marco de la Sexta Comunicación Nacional de Cambio Climático llevó a cabo el taller para fortalecer la colaboración interinstitucional para la consolidación del ANVCC, en el que participaron 40 instituciones gubernamentales. En este primer taller se presentó el marco teórico del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés) y el enfoque que tendrá el ANVCC, así como los grupos de trabajo de acuerdo a los temas y atribuciones de cada institución (Tabla 1). En el segundo taller, realizado en el marco de la Plataforma de colaboración sobre Cambio climático y Crecimiento Verde entre Canadá y México, llevado a cabo a inicios de agosto de este mismo año, se priorizaron por grupo de trabajo, las problemáticas asociadas al clima, las distintas variables a considerar en cada problemática y los recursos institucionales con los que se cuenta para hacerle frente.

Cuadro 1. Grupos de trabajo de instituciones nacionales.

Fuente: Elaboración propia.

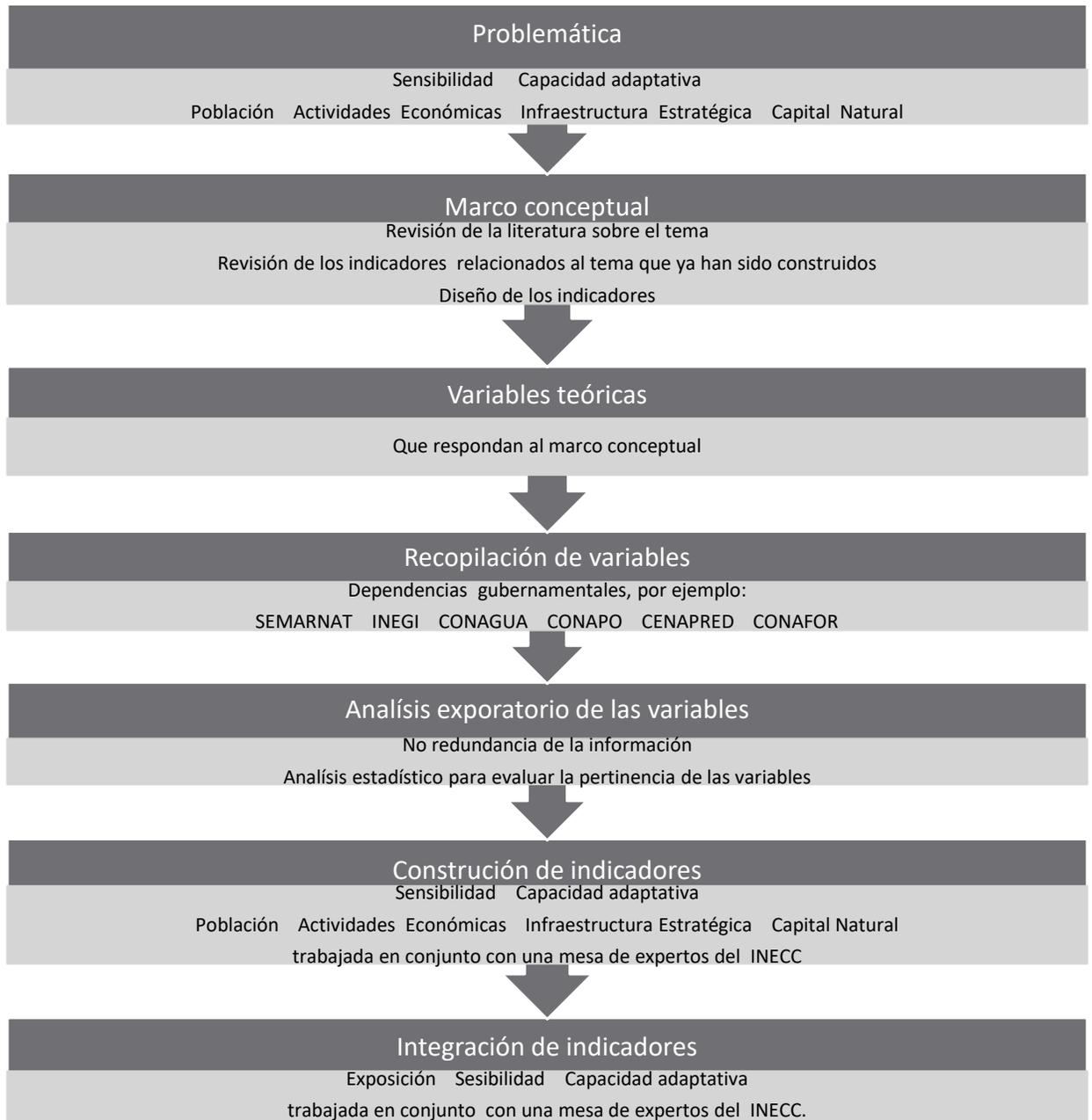
Población	Actividades Económicas	Infraestructura Estratégica	Capital Natural
CENAPRED	AGROASEMEX	CFE	SEMARNAT
COFEPRIS	CENAPRED	DICONSA	AGROASEMEX
SECUR/FONATUR	SAGARPA	IMTA	CENAPRED
SEGOB	SCT	PEMEX	SAGARPA
SEP	SECTUR/FONATUR	SALUD	SCT
IMT	CONAGUA	SCT	SECTUR/FONATUR
INMUJERES	CONAFOR	SENER	SENER
PROSPERA	CONAPESCA	AEM	CONAFOR
CONAPO	INIFAP	SECTUR/FONATUR	CONAPESCA
INEGI	SEDESOL	CONAPO	CONAPO
CONAGUA	SEMARNAT	INEGI	INEGI
	SENASICA	CONAGUA	CONAGUA
	CONAPO		
	INEGI		

1.1 Objetivos

- Identificar las variables biofísicas que permitan determinar la sensibilidad actual y futura, para las problemáticas asociadas al clima en los grupos de trabajo de población, infraestructura Estratégica, Actividades Económicas y Capital Natural, para el Atlas Nacional de Vulnerabilidad al Cambio Climático (ANVCC).
- Identificar las variables biofísicas que permitan determinar la capacidad adaptativa, para las problemáticas asociadas al clima de los cuatro grupos de trabajo mencionados en el primer punto.
- Diseñar indicadores que integren las variables de sensibilidad actual y futura, y de capacidad adaptativa para cada una de las problemáticas de los cuatro grupos de trabajo mencionados en el primer punto.
- Diseñar, en conjunto con la mesa de expertos del INECC, la integración de los indicadores de exposición actual y futura, sensibilidad actual y futura y capacidad adaptativa de los cuatro grupos de trabajo.

Partiendo de esquema metodológico (fig. 1), las problemáticas fueron definidas y enlistas en el anexo 1 del primer entregable, en este apartado se desarrollará los puntos del marco conceptual y la selección de variables teóricas.

Ilustración 1. Esquema metodológico de la consultoría



1.2 Marco conceptual

1.2.1 Vulnerabilidad ante cambio climático

Dado que la vulnerabilidad es un término que se utiliza de diferentes maneras en varias disciplinas, para precisar se describirá el enfoque conceptual y la terminología a utilizar en esta consultoría.

El Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, 2007) define la vulnerabilidad como el grado de susceptibilidad o de incapacidad de un sistema para afrontar los efectos adversos del cambio climático y, en particular, de la variabilidad climática y los fenómenos extremos. La vulnerabilidad está en función de tres elementos:

$$\text{Vulnerabilidad} = f(\text{exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa})$$

Partiendo de esta función y con base en IPCC (2007) se definen:

Exposición

Es el único elemento que está vinculado directamente a los parámetros del clima, esto es al carácter, magnitud y velocidad de cambio y variación del clima, que afecta un sistema. (Aumento o disminución de la precipitación y cambios en el patrón de distribución temporal y espacial de la misma, eventos extremos, incremento de la temperatura y sequías).

Sensibilidad

Es el grado en que un sistema resulta afectado por la variabilidad o el cambio climático debido a las características que lo definen. La sensibilidad está integrada por características físicas del sistema (cobertura vegetal, uso de suelo, pendiente, etc.) y actividades humanas que afectan al sistema (agotamiento de los recursos, presión por el crecimiento poblacional, etc.).

Capacidad adaptativa

Se refiere a los recursos, instrumentos, capital humano e institucional que permiten detonar procesos de adaptación.

La vulnerabilidad expresa la compleja interacción de sus tres elementos.

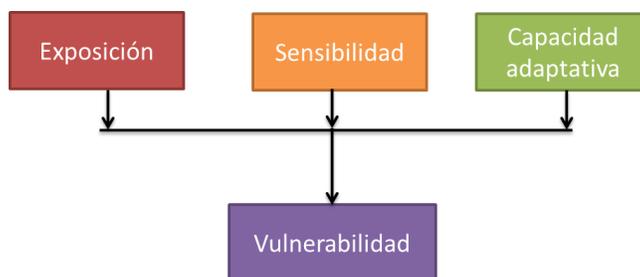


Ilustración 2. Diagrama de la vulnerabilidad utilizado en esta consultoría

1.2.2 Indicadores de vulnerabilidad

Los indicadores son una herramienta que resume de forma precisa la información que permite la objetivación de un determinado proceso llevados a cabo en un sistema. Esta herramienta nos provee de información cuantitativa y contextualizada, permitiendo la toma de decisiones y el seguimiento y evaluación del progreso con respecto a los niveles observados en un año base. Se deben basar en una definición conceptual y operacional, cuando se elabora un indicador se debe tomar en cuenta los siguientes puntos: que sean claramente identificables, fáciles de medir, deben ser representativos y repetibles a distintas escalas (Schuschny y Soto, 2009).

Para el diseño y construcción de indicadores se debe elegir el enfoque desde el cual se va a abordar, basado en la comprensión teórica y la relación estadística de las variables a utilizar. En el siguiente apartado se define el enfoque de cual partiremos para seleccionar las posibles variables de los componentes de sensibilidad y capacidad adaptativa para los cuatro grupos de trabajo.

1.3 Selección de variables para sensibilidad y capacidad adaptativa

1.3.1 Marco metodológico

Las evaluaciones de la vulnerabilidad se han utilizado cada vez más para identificar puntos críticos de impacto del cambio climático, para crear medidas de adaptación a nivel local, nacional y regional, para dar seguimientos a los cambios en la vulnerabilidad o en alguno de sus componentes y para el monitoreo y evaluación de la adaptación, entre otros puntos. Existen diversas metodologías de evaluación de vulnerabilidad ya que no hay una regla fija que mencione las variables o factores a considerar, dado que la vulnerabilidad no es una característica medible de un sistema, sino un concepto en el que se manifiesta una compleja interacción de los factores que le dan origen (exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa). De acuerdo con los objetivos de esta consultoría la evaluación de los componentes de sensibilidad y capacidad adaptativa se realizará mediante indicadores.

Para los objetivos de este segundo entregable, selección de variables para la construcción de indicadores de sensibilidad y capacidad adaptativa para los grupos de trabajo de población, actividades económicas, infraestructuras estratégica y capital natural; se propone partir de la metodología utilizada por GIZ (2014), con modificaciones para los objetivos de esta consultoría, basada en el análisis de las relaciones causa/efecto de los impactos del cambio climático para la identificación de variables y la construcción de indicadores.



El análisis se compone de los siguientes puntos:

- Determinar problemáticas asociadas al cambio climático
- Determinar exposición
- Determinar sensibilidad
- Determinar capacidad adaptativa

Determinar problemáticas asociadas al cambio climático

Las problemáticas que se trabajarán en esta consultoría están definidas por el INECC y enlistadas en el anexo 1.

Determinar exposición

Por parte de esta consultoría no se trabajará la parte de exposición, esta será trabajada por el grupo de expertos del INECC y será anexada en el tercer entregable.

Determinación de la sensibilidad

Para este punto se partirá de la pregunta clave ¿Cuáles son las características del sistema que lo hacen susceptibles, para determinada problemática, a los efectos adversos del cambio climático? centrándonos en las características físicas o biofísicas del sistema que nos interesa.

Mediante la revisión bibliográfica y el análisis de los indicadores construidos por organismos internacionales (OCDE, CEPAL, entre otros) y nacionales (SEMARNAT, INEGI, CONAGUA, etc.) se propondrán las posibles variables.

Determinar capacidad adaptativa

Pregunta clave ¿Cuáles son los recursos, instrumentos, capacidades institucionales y humanas con que se cuentan dentro del sistema que nos permitan hacer frente a los impactos del cambio climático?

Una vez se tienen definidas las variables para la sensibilidad, y después para capacidad adaptativa, para cada una problemática en particular se llenará la ficha técnica del ANVCC.

2. Bases conceptuales y la descripción detallada de la metodología para el diseño de los indicadores, su descripción detallada y la estructura de integración.

Tras la revisión en diversas reuniones internas del grupo INECC y distintas dependencias (CENAPRED, SAGARPA, CONAGUA, etc.) relacionadas directamente con el sujeto vulnerable se definieron las siguientes cuatro problemáticas para desarrollar, así como las posibles variables de sensibilidad y capacidad adaptativa.

- Inundaciones en asentamientos humanos
- Deslaves en asentamientos humanos
- Ganadería extensiva susceptible a inundaciones
- Producción forrajera susceptible a inundaciones

2.1 Fichas de trabajo de las problemáticas identificadas

Para mayor practicidad las fichas de trabajo de las cuatro problemáticas anteriormente mencionadas fueron resumidas en las tablas 1 a la 7 donde se enlistan los criterios, subcriterios, variables e insumos que fueron definidos por el grupo de trabajo del INECC y que componen a la sensibilidad y capacidad adaptativa de cada problemática

Tabla 2-1. Componente de sensibilidad para la problemática "Inundaciones en asentamientos humanos".

	Criterio	Variable	Insumo
Sensibilidad	Respuesta hidrológica de la cuenca	Población en cada categoría de inestabilidad de laderas	Índice de compacidad de la cuenca (Dividido en cuatro categorías de compacidad, ponderación por ordenación simple)
			Vegetación natural de la cuenca INEGI serie V (Porcentaje de vegetación natural en la cuenca , dividido en cuatro categorías ponderación por ordenación simple)
	Población susceptible a inundaciones	Población del municipio en zonas susceptibles a inundación	Población (total y porcentaje localizada en zonas inundables)
			Zonas inundables

Tabla 2-2. Componente de sensibilidad para la problemática “Deslaves en asentamientos humanos”.

	Criterio	Variable	Insumo
Sensibilidad	Población susceptible a deslizamientos	Población en cada categoría de inestabilidad de laderas	Mapa Nacional de Susceptibilidad a Inestabilidad de Laderas (dividida en cuatro categorías ponderación por ordenación simple)
			Población (Población total y relativa en zonas con susceptibilidad a inestabilidad de laderas)
	Condición de la vegetación en zonas de inestabilidad de ladera en el municipio	Superficie de vegetación natural en cada categoría de inestabilidad de laderas en el municipio	Vegetación natural de la cuenca INEGI serie V (Porcentaje de vegetación natural en la cuenca , dividido en cuatro categorías ponderación por ordenación simple)
			Mapa Nacional de Susceptibilidad a Inestabilidad de Laderas (dividida en cuatro categorías de susceptibilidad a inestabilidad)

Tabla 2-3. Componente de sensibilidad para la problemática “Ganadería extensiva susceptible a inundaciones”.

	Criterio	Variable	Insumo
Sensibilidad	Respuesta hidrológica de la cuenca	Índice de compacidad de la o las cuencas en los municipios	Índice de compacidad de la cuenca (Dividido en cuatro categorías de compacidad, ponderación por ordenación simple)
		Porcentaje de vegetación natural de la o las cuencas en los municipios	Vegetación natural de la cuenca INEGI serie V (Porcentaje de vegetación natural en la cuenca , dividido en cuatro categorías ponderación por ordenación simple)
	Zonas ganaderas susceptible a inundaciones	Área con uso de suelo pecuario en zonas susceptibles a inundación	Uso de suelo y vegetación INEGI serie V
			Zonas inundables

Tabla 2-4. Componente de sensibilidad para la problemática “Producción forrajera susceptible a inundaciones”.

	Criterio	Variable	Insumo
Sensibilidad	Respuesta hidrológica de la cuenca	Índice de compacidad de la o las cuencas en los municipios	Índice de compacidad de la cuenca (Dividido en cuatro categorías de compacidad, ponderación por ordenación simple)
		Porcentaje de vegetación natural de la o las cuencas en los municipios	Vegetación natural de la cuenca INEGI serie V (Porcentaje de vegetación natural en la cuenca , dividido en cuatro categorías ponderación por ordenación simple)
	Producción forrajera susceptible a inundaciones	Área del municipio utilizada para la producción forrajera en zonas susceptibles a inundación	Uso de suelo y vegetación INEGI serie V
			Zonas inundables

Tabla 2-5. Componente de capacidad adaptativa para la problemática “Inundaciones en asentamientos humanos”.

	Criterio	Subcriterio	Variable	Insumo
Capacidad adaptativa	Prevención	Gestión del riesgo	Instrumentos para la gestión del riesgo	Existencia de mapa de riesgos por inundaciones (CENAPRED)
			Sistemas de alerta temprana	Presencia de presas reguladoras de avenidas (CENAPRED)
		Conservación ecológica	Instrumentos de conservación	Existencia de Sistemas de Pronóstico de Ríos
				Área del municipio con pagos por servicios ambientales (CONABIO)
	Respuesta	Recursos humanos e institucionales	Protección civil y capacitación técnica	Área del municipio con vegetación natural en áreas naturales protegidas (CONABIO)
				Existencia de unidades de protección civil en el municipio (Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Delegacionales 2015)
			Existencia de puntos de reunión/albergues (Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Delegacionales 2015)	

		Participación ciudadana	Mecanismos e instancias de participación ciudadana	Existencia de voluntariados, asociaciones, organizaciones civiles, comunitarios (Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Delegacionales 2015)
--	--	-------------------------	--	---

Tabla 2-6. Componente de capacidad adaptativa para la problemática “Deslaves en asentamientos humanos”.

	Critero	Subcriterio	Variable	Insumo
Capacidad adaptativa	Prevención	Gestión del riesgo	Instrumentos para la gestión del riesgo	Existencia de mapa de riesgos por inestabilidad de laderas (CENAPRED)
		Conservación ecológica	Instrumentos de conservación	Área del municipio con vegetación natural en áreas con susceptibilidad a inestabilidad de laderas (INEGI y CENAPRED)
				Área del municipio con vegetación natural en áreas naturales protegidas (CONABIO)
	Respuesta	Recursos humanos e institucionales	Protección civil y capacitación técnica	Existencia de unidades de protección civil en el municipio (Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Delegacionales 2015)
				Existencia de puntos de reunión/albergues (Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Delegacionales 2015)
		Participación ciudadana	Mecanismos e instancias de participación ciudadana	Existencia de voluntariados, asociaciones, organizaciones civiles, comunitarios (Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Delegacionales 2015)

Tabla 2-7. Componente de capacidad adaptativa para las problemáticas “Ganadería extensiva susceptible a inundaciones” y “Producción forrajera susceptible a inundaciones”

	Critero	Subcriterio	Variable	Insumo
Capacidad adaptativa	Instrumentos de planeación	Gestión del riesgo	Instrumentos para la gestión del riesgo	Existencia de mapa de riesgos por inundaciones (CENAPRED)
		Conservación ecológica	Programas de conservación	Área del municipio dentro de áreas naturales protegidas (CONABIO)
	Capacidad administrativa	Recursos humanos e institucionales	Protección civil y capacitación técnica	Existencia en el municipio de programas para formación y/o capacitación en materia de protección civil (Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Delegacionales 2015)
				Existencia de unidades de protección civil en el municipio (Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Delegacionales 2015)
				Número de beneficiarios del Programa Fomento Ganadero

		Recursos materiales y económicos	Programa de fomento ganadero	Importe del apoyo en el padrón de beneficiarios por municipio (Fidecomisos Instituidos en Relación con la Agricultura, FIRA)
	Participación ciudadana	Mecanismos e instancias de participación ciudadana	Asociaciones o comités representantes	Municipio con asociaciones ganaderas locales, generales o especializadas (Fidecomisos Instituidos en Relación con la Agricultura, FIRA)

2.2 Metodología

Debido a que más de una problemática tiene que ver con un fenómeno meteorológico, inundaciones, se presenta a continuación la justificación de la ponderación mediante el método de ordenamiento simple de las variables utilizadas, para los criterios respuesta hidrológica de la cuenca y vegetación natural en la cuenca.

2.2.1 Método de ordenación simple

Es el método más sencillo de ponderación de criterios, se ordenan los criterios de mayor a menor importancia, después de esto se le da el mayor valor al primero y el menor valor al último (Tabla 8). De acuerdo con Aznar-Bellver (2012) en el caso de que dos criterios tengan la misma importancia, se les asignará el promedio de ambas valoraciones.

Tabla 2-8. Ejemplo de método de ordenación simple

critérios	Categoría	Peso	Ranqueo
A	2	2	0.33
B	1	3	0.50
C	3	1	0.166
		6	1

Fuente: Aznar-Bellver, 2012

Coeficiente de compacidad de Gravelius (Kc)

Tiene por definición un valor de 1 para cuencas imaginarias de forma circular, los valores de Kc nunca serán inferiores a 1. El grado de aproximación de este índice a la unidad indicará la tendencia a concentrar fuertes volúmenes de aguas de escurrimiento, lo cual quiere decir que entre más bajo sea Kc, mayor será la concentración de agua. Para el cálculo de este índice (Ec. 1) se necesita calcular el área de cuenca y el perímetro (IDEAM, 2012). Los rangos en los que se clasifica están descritos en la tabla 9 (Ortiz- Vera, 2015).

$$Kc = (0.28 * P) / (A)^{1/2}$$

Ec. 1

Dónde:

Kc: coeficiente de compacidad de Gravelius

P: Perímetro de la cuenca en km

A: Área de la cuenca en km²

Tabla 2-9. Clasificación del índice de compacidad de Gravelius

Clase de geometría	Rango de clase	Forma de la cuenca	Propiedades de la clase
Kc1	1.00-1.25	Redonda a oval redonda	Está caracterizado por tener tiempos de concentración relativamente cortos, generando hidrogramas de salida del tipo leptikúrtico, donde las crecidas efluentes son muy súbitas y violentas, con altos riesgos de inundaciones.
Kc2	1.25-1.5	Oval redonda a oval oblongada	Tiene características hidrológicas muy parecidas a las del grupo oval redonda, pero con respuestas ligeramente menos intensas.
Kc3	1.5-1.75	Oval oblongada a rectangular oblongada	Se caracteriza porque los tiempos de concentración son relativamente mayores que en las dos formas anteriores, generando hidrogramas de crecidas efluentes del tipo platikúrtico, con caudales más sostenidos y recesiones más duraderas.
Kc4	>1.75	Rectangular oblongada	Su tiempo de concentración es mayor a todas las anteriores clases, con hidrogramas del tipo platikúrtico y de menor riesgo a inundaciones.

Fuente: Ortíz- Vera, 2015

Para esta evaluación se categorizó en cuatro clases los valores del índice de compacidad, siendo el valor más alto (4) para la clase Kc1 y 1 para kc4 (tabla 10); para la cobertura vegetal la clase 4 se le dio a la menor cobertura vegetal.

Tabla 2-10. Ordenación simple para el índice de Gravelius

critérios	Categoría	Peso	Ranqueo
kc1	4	4	0.40
kc2	3	3	0.30
kc3	2	2	0.20
kc4	1	1	0.10

Fuente: Elaboración propia

Vegetación natural

La vegetación natural juega un papel fundamental en las cuencas, mantiene la calidad del agua, regulan la cantidad de agua en los cauces, protege el suelo de la erosión, controla las inundaciones, entre otras funciones. Factores como la deforestación y el grado de transformación al interior de la cuenca modifican la funcionalidad de la vegetación (Cuevas *et al.*, 2010a)

De acuerdo con el Informe de la Situación del Medio Ambiente en México (SEMARNAT, 2015) en el 2011 el 71.7% del país estaba cubierto por comunidades vegetales naturales, las entidades federativas con la mayor proporción de su superficie con vegetación natural (primaria y secundaria) fueron Baja California Sur (93%), Quintana Roo (92%), Coahuila (92%), Baja California (90%), Chihuahua (88%) y Durango (86%). A nivel de cuenca, Cuevas *et al.*, (2010b) encontró que las cuencas enlistadas en la tabla 11 son las que cuentan con la mayor superficie de vegetación natural.

Tabla 2-11. Cuencas con mayor porcentaje de vegetación natural.

Cuenca	Área de la cuenca (km ²)	Vegetación natural (ha)	Vegetación natural (km ²)	% vegetación natural
Río Bravo	222,489	1,7843,571	178,435.71	80.20
Río Yaqui	74,668	6,512,580	65,125.8	87.22
Río Nazas	90,863	7,446,645	74,466.45	81.95
Río Panuco	88,805	4,631,715	46,317.15	52.16
Río Santiago	76,266	4,976,073	49,760.73	65.25
Río Balsas	112,036	6,719,976	67,199.76	59.98
Río Fuerte	36,126	2,907,351	29,073.51	80.48
Río Grijalva Usumancita	87,735	4,460,652	44,606.52	50.84
Río Sonora	27,978	2,346,201	23,462.01	83.86
Río Asunción	25,807	2,234,592	22,345.92	86.59

Fuente: Modificado de Cuevas *et al.*, 2010b.

La distribución espacial de la vegetación natural es un indicador para conocer el estado ambiental de una cuenca y su capacidad para mantener funciones y servicios fundamentales para el ambiente y el ser humano (Cuevas *et al.*, 2010b).

Diversos autores han analizado la relación entre la pérdida de vegetación y las inundaciones. Myeong (2014) examinó la relación entre el daño causado por las inundaciones y la cubierta forestal para Corea del Norte, mediante un análisis de regresión de la vulnerabilidad a inundaciones (estimada en función de la topografía, meteorología, hidrología y periodo de retorno) y área deforestada, el análisis de este estudio mostró una relación lineal entre la vulnerabilidad a las inundaciones y la deforestación.

Bradshaw *et al.*, (2009) realizaron un estudio sobre la relación de las inundaciones y la cobertura vegetal para 56 países para el periodo de 1990 al 2000, utilizando la cobertura media de bosque natural de 1990-2000, la pérdida anual de cobertura de bosque de 1990 al 2000, el número de personas muertas en las inundaciones, el número de personas desplazadas por las inundaciones y el daño económico total por inundaciones. Utilizando modelos mixtos y lineales en contraste con información teórica se encontró que las inundaciones se correlacionan negativamente con la cantidad de bosque natural y positivamente con la pérdida de área de bosque natural.

A nivel nacional el estado de Veracruz es un claro ejemplo de los efectos de estas problemáticas, la combinación de altas tasas de precipitación (12% del total nacional), escurrimiento pluvial (28%) y deforestación (pérdida de 36% de 1984 al 2000) parecen ligadas a un aumento de ciclos de inundaciones y sequías que han ocasionado pérdidas de miles de millones de pesos y afectaciones a miles de personas. Al realizar la evaluación del impacto potencial del riesgo de inundaciones por la deforestación en las cuencas de Veracruz, usando un modelo de balance hidrológico durante la época de lluvia, se encontró un aumento promedio de 7.2% (102 millones de m³) de escurrimiento pluvial en las cuencas de la Región Hidrológica X (Manson y Jardel, 2011).

Partiendo de los ejemplos mencionados, para el análisis de la vulnerabilidad, basados en un enfoque de cuenca, es importante describir la distribución actual de la vegetación natural y su estado. Con el fin de conocer el grado de sensibilidad de la cuenca se categorizó, en orden jerárquico (Tabla 12), en cuatro clases la cobertura vegetal natural; para el ordenamiento simple se partió de los resultados de los estudios mencionados en párrafos anteriores, se tomó la premisa que se tiene una relación lineal entre la vulnerabilidad a las inundaciones y la deforestación, por lo que una mayor cobertura (75 a 100%) de vegetación natural al interior de la cuenca ayuda a regular la cantidad y periodicidad de los cauces y controla las inundaciones, mientras que las áreas con porcentaje menor a 25% tiene una respuesta mucho menor ante las inundaciones (categoría 4).

Tabla 2-12. Categorización del porcentaje de vegetación natural en la cuenca y orden de ranqueo.

Fuente: Elaboración propia

% de vegetación natural en la cuenca	Categoría	Ranqueo
0-25	4	0.40

25-50	3	0.30
50-75	2	0.20
75-100	1	0.10

Mapa Nacional de Susceptibilidad por Inestabilidad de Laderas

Este mapa fue realizado por CENAPRED siguiendo el criterio establecido por la Asociación Internacional Geológica. Los principales factores que consideraron para calcular la susceptibilidad son: la pendiente, la litología y el uso de suelo, para elaborar este mapa se consideró el caso de estudio del estado de Guerrero como esquema piloto para la elaboración del mapa a nivel nacional.

CENAPRED (2015a) define la susceptibilidad como “la propiedad del terreno que indica qué tan favorable son las condiciones de este, para que pueda ocurrir una inestabilidad de laderas”. En el análisis de susceptibilidad se realiza una ponderación y cuantificación relativa de la importancia que tiene cada uno de los factores intrínsecos (pendiente de la ladera, características geológicas, la cobertura vegetal y uso de suelo) en la posibilidad que se produzca fenómenos de inestabilidad de laderas. Los factores que fueron tomados en cuenta para la elaboración de este mapa por parte de CENAPRED son los mencionados en las tabla 13, 14 y 15 respectivamente.

Tabla 2-13. Formato para la estimación de la susceptibilidad por inestabilidad de laderas. Factores topográficos e históricos.

FACTORES TOPOGRÁFICOS E HISTÓRICOS				
Factor	Intervalos o categorías	Atributo relativo	Observaciones	Calificación
Inclinación de los taludes	Más de 45°	2.0	Estimar el valor medio. Úsese el clinómetro.	
	35°-45°	1.8		
	25°-35°	1.4		
	15°-25°	1.0		
	Menos de 15°	0.5	Desnivel entre la corona y el valle o fondo de la cañada. Úsense nivelaciones, planos o cartas topográficas. Niveles dudosos con GPS.	
Altura	Menos de 50 m	0.6		
	50 a 100 m	1.2		
	100 a 200 m	1.6		
	más de 200 m	2.0		

Antecedentes de deslizamientos en el sitio, área o región.	No se sabe	0.3	Reseñas verosímiles de los lugareños
	Algunos someros	0.4	
	Sí, incluso con fechas	0.6	

Fuente: CENAPRED, 2006

Tabla 2-14. Formato para la estimación de la susceptibilidad por inestabilidad de laderas. Factores geotécnicos

FACTORES GEOTÉCNICOS				
Factor	Intervalos o categorías	Atributo relativo	Observaciones	Calificación
Tipo de suelo o rocas	Suelos granulares medianamente compactos a sueltos. Suelos que se reblandecen con la absorción de agua. Formaciones poco consolidadas.	1.5 a 2.5	Vulnerable a erosión o suelos de consistencia blanda	
	Rocas metamórficas (lutita, pizarras y esquistos) de poco a muy intemperizadas	1.2 a 2.0		
	Suelos arcillosos consistentes o arenas limosas compactos	0.5 a 1.0	Multiplicar por 1.3 si está agrietado	
	Rocas sedimentarias (areniscas, conglomerados, etc.) y tobas competentes	0.3 a 0.6	Multiplicar por 1.2 a 1.5 según el grado de meteorización	
	Rocas ígneas sanas (granito, basalto, riolita, etc.)	0.2 a 0.4	Multiplicar por 2 a 4 según el grado de meteorización	
	Aspectos estructurales en formaciones rocosas	Espesor de la capa de suelo	0.5	Revisen cortes y cañadas o bien recúrrase a exploración manual
1				
1.4				
1.8				
Echado de la discontinuidad		0.3	Considérense planos de contacto entre	
		0.6		

		0.9	formaciones, grietas, juntas y planos de debilidad.	
Angulo entre el echado de las discontinuidades y la inclinación del talud		0.3	Angulo diferencias positivo si el echado es mayor que la inclinación del talud,	
		0.5		
		0.7		
		0.8		
		1		
Angulo entre el rumbo de las discontinuidades y el rumbo de la dirección del talud.		0.2	Considerar la dirección de las discontinuidades más representativas	
		0.3		
		0.5		

Fuente: CENAPRED, 2006

Tabla 2-15. Formato para la estimación de la susceptibilidad por inestabilidad de laderas. Factores geomorfológicos y ambientales.

FACTORES GEOMORFOLÓGICOS Y AMBIENTALES				
Factor	Intervalos o categorías	Atributo relativo	Observaciones	Calificación
Evidencias geomorfológicas de "huecos" en laderas contiguas	Inexistente	0.0	Formas de conchas o de embudos (flujos)	
	Volúmenes moderados	0.5		
	Grandes volúmenes faltantes	1.0		
Vegetación y uso de la tierra	Zona urbana	2.0	Considérese no solo la ladera, sino también la plataforma en la cima	
	Cultivos anuales	1.5		
	Vegetación intensa	0.0		
	Vegetación moderada	0.8		
	Área deforestada	2.0		
Régimen del agua en la ladera	Nivel freático superficial	1.0	Detectar posibles emanaciones de agua en el talud	
	Nivel freático inexistente	0.0		
	Zanja o depresiones donde se acumule agua en la ladera o la plataforma	1.0		
			SUMATORIA	

Fuente: CENAPRED, 2006

Tabla 2-16. Estimación del grado de la amenaza de deslizamiento

Grado	Descripción	Suma de calificaciones
5	Amenaza muy alta	Más de 10
4	Amenaza alta	8.5 a 10
3	Amenaza moderada	7 a 8.5
2	Amenaza baja	5 a 7
1	Amenaza muy baja	Menos de 5

Fuente: CENAPRED, 2006

Como se mencionó en los primeros párrafos de esta sección, CENAPRED elaboró el mapa a nivel nacional utilizando el caso de estudio del estado de Guerrero como piloto; para la elaboración del mapa de susceptibilidad se tomaron en cuenta cuatro factores condicionantes:

- Pendiente de la ladera
- Características geológicas
- Vegetación y uso de suelo
- Inventario de inestabilidad de laderas.

Estos factores fueron clasificados en diversas categorías con su respectiva ponderación, atendiendo a la influencia que tendrían sobre el grado de susceptibilidad a la inestabilidad de laderas. Después de realizar el mapa de inestabilidad de laderas para Guerrero CENAPRED aplicó la metodología a todo la república mexicana, los resultados que obtuvieron de este primer ejercicio no eran correctos dado que se tenían niveles de susceptibilidad alta en zonas planas del país (figura 3) por lo realizaron cambios en los insumos y las categorizaciones, uno de los cambios realizados fue la utilización de los intervalos de pendiente de las Bases para la Estandarización de Atlas para la Prevención de Riesgos en Asentamientos Humanos, elaborada por la Secretaria de Desarrollo Agrario Territorial y Urbano (SEDATU) y ampliaron a cinco los intervalos de susceptibilidad: muy alta, alta, media, baja y muy baja. Utilizaron también el “Continuo de Elevaciones Mexicano” 3.0 del INEGI, correspondiente al 2013, con 15m x 15m de resolución. Consideraron zona libre de inestabilidad a regiones planas (0° a 6°), como resultado 20% del territorio nacional se encuentra con susceptibilidad alta a muy alta (Figura 2 y tabla 17).

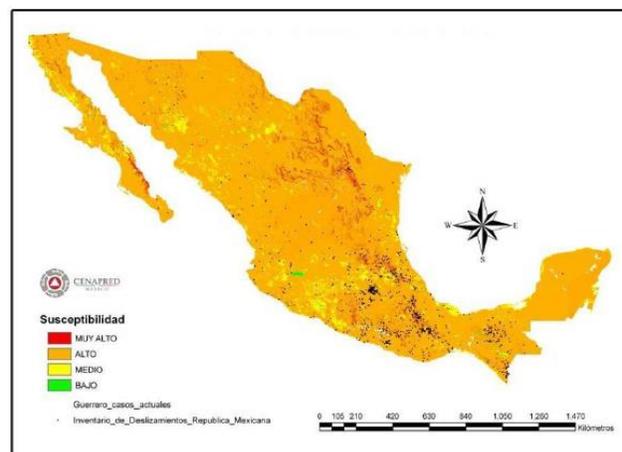


Figura 2-1. Mapa de susceptibilidad nacional por inestabilidad de laderas elaborado con la metodología del estado de Guerrero. Fuente: CENAPRED 2015



Figura 2-2. Mapa de susceptibilidad nacional por inestabilidad de laderas elaborado con la metodología aplicada al estado de Guerrero. Fuente: CENAPRED 2015

Tabla 2-17. Cálculo del área de cada una de las categorías de susceptibilidad por inestabilidad de laderas a nivel nacional.

Susceptibilidad	Descripción	Suma de calificaciones
Muy alta	6269.59	0.32
Alta	375783.76	19.18
Media	232562.73	11.87
Baja	64851.1	3.31
Muy baja	1279780.79	65.32
	1959247.97	100

Fuente: CENAPRED 2015

Para esta consultoría se decidió utilizar solo las categorías de baja, media, alta y muy alta, partimos de la premisa que en las pendientes suaves se tiene una baja frecuencia de deslizamientos ($P > 14^\circ$) (Moral, 2014) además de lo descrito en párrafos anteriores donde se excluyen las zonas con pendiente menores a 6° , consideradas zonas planas libres de inestabilidad (tabla 18).

Tabla 2-18. Ordenamiento simple para la susceptibilidad de laderas.

Nivel de sensibilidad	Categoría	Orden de ranqueo
Bajo	1	0.10

Medio	2	0.20
Alto	3	0.30
Muy alto	4	0.40

Fuente: Elaboración propia

2.3 Integración de variables de sensibilidad

Se partió del esquema conceptual para la integración de las variables de sensibilidad para cada una de las problemáticas, la justificación de los criterios, variables e insumo se encuentran descritos en las fichas técnicas (tablas 1, 3, 5 y 7)

2.3.1 Inundaciones en asentamientos humanos

Como se observa en el esquema conceptual (figura 2), esta problemática consta de dos criterios, descritos y justificados en la tabla 1. En la figura 14 se muestra la metodología resumida de esta problemática.

1. Respuesta hidrológica de la cuenca
2. Población susceptible a inundaciones

El criterio *1. Respuesta hidrológica de la cuenca*, tiene dos variables

- 1.1 Índice de compacidad de las cuencas en los municipios
- 1.2 Porcentaje de vegetación natural de las cuencas en el municipio

Para integrar la variable *1.1 Índice de compacidad de las cuencas en los municipios* se utilizó los siguientes insumos

- Límite de las cuencas hidrológicas de CONAGUA
- Límite municipal
- Zonas inundables
- Localidades

Primero se calculó el índice de compacidad (Kc) de las cuencas hidrológicas siguiendo el método de Gravelius, descrito en el apartado de Índice de Gravelius. Después se categorizó los valores de Kc y se asignó la ponderación (ranqueo simple) de acuerdo a su categoría (tabla 19).

Tabla 2-19. Ejemplo de ordenamiento simple

ID_cuenca	Valor K	Categoría	Raqueo simple
Cuenca 1	1.89	1	.10
Cuenca 2	1.55	2	.20
Cuenca 3	1.30	3	.30
Cuenca 4	1.05	4	.40
Cuenca 5	1.15	4	.40

Se seleccionaron las cuencas que tiene influencia hidrográfica con la población del municipio en zonas inundables (ZI), y se estimó el porcentaje de la población del municipio en ZI contenida en cada cuenca. Se multiplicó el valor del ranqueo simple por el porcentaje de la población del municipio en zonas inundables (tabla 20).

Tabla 2-20. Porcentaje de la población del municipio 1 en zonas inundables para cada cuenca

ID_cuenca	Valor K	Categoría	Rank	CVE_MPO	% Pob ZI	Var_IC
Cuenca 1	1.89	1	.10	Mun 1	25	2.5
Cuenca 2	1.55	2	.20	Mun 1	0	0
Cuenca 3	1.30	3	.30	Mun 1	5	1.5
Cuenca 4	1.05	4	.40	Mun 1	30	12
Cuenca 5	1.15	4	.40	Mun 1	45	18

Para asignar el valor de índice de compacidad a los municipios, se realiza la sumatoria del producto del ranqueo simple multiplicado por el porcentaje de la población del municipio en ZI de la o las cuencas contenidas en el municipio (Var_IC).

Una vez terminada esta parte se realizó la integración de la variable *1.2 Porcentaje de vegetación natural de las cuencas en el municipio*. De las cuencas identificadas con influencia hidrográfica sobre la población del municipio en ZI, se calcula el porcentaje de vegetación natural con respecto a la superficie de la cuenca. Se categorizar las cuencas y se asigna un orden de ranqueo con respecto a su porcentaje de vegetación natural de acuerdo a la tabla 21.

Tabla 2-21. Porcentaje de la vegetación natural respecto a la superficie de la cuenca

ID_cuenca	%VegNat	Categoría	Rank_VegNat	CVE_MPO	% Pob ZI	Var_VegNat
Cuenca 1	45	3	.30	Mun 1	25	7.5
Cuenca 2	60	2	.20	Mun 1	0	0
Cuenca 3	35	3	.30	Mun 1	5	1.5
Cuenca 4	78	1	.10	Mun 1	30	3
Cuenca 5	55	2	.20	Mun 1	45	9

Para la asignación del valor de vegetación natural a los municipios, se realizó la sumatoria del producto de del orden de ranqueo multiplicado por el porcentaje de la población del municipio en ZI de la o las cuencas contenidas en el municipio (Var_VegNat)

Integración del criterio: Respuesta hidrológica de la o las cuencas (RHC)

Una vez asignadas las variables de índice de compacidad y % de vegetación natural a nivel municipal, se realiza una estandarización máxima y después una suma lineal sin ponderación de los valores estandarizados para el índice de compacidad y % de la vegetación natural (tabla 22).

$$\text{RHC del Municipio } n = [(\text{STD_IC}) \cdot .5] + [(\text{STD_VN}) \cdot .5]$$

Tabla 2-22. Integración del criterio Respuesta Hidrológica de la Cuenca

Municipios	Valor IC	Valor VN	STD_IC	STD_VN
Municipio 1	34	24	.48	0
Municipio 2	26	32	.28	.23
Municipio 3	54	35	1	.32
Municipio 4	15	58	0	1
Municipio 5	48	46	.84	64

Para el criterio población susceptible a inundaciones se tiene solo una variable

- 2.1 Población del municipio en zonas susceptibles a inundación

Para la integración de esta variable se utilizaron tres insumos

- Límite municipal (INEGI 2010)
- Localidades ITER 2010 (INEGI 2010)
- Zonas inundables diagnóstico de cuenca (INE 2010)

Se identifica la población de los municipios habitando en zonas inundables en valores totales y relativos (% con respecto a la población total del municipio) y se realizó una estandarización máxima con los valores totales y relativos de la población en zonas inundables.

CVE_MPO	POB_TOT	P_TOT_ZI	P_REL_ZI	STD_TOT_ZI	STD_REL_ZI
Municipio 1	A	B	$C=(B \cdot 100)/A$	$=(B-V_{\min})/(V_{\max}-V_{\min})$	$=(C-V_{\min})/(V_{\max}-V_{\min})$

Debido a que este criterio lo integra una sola variable, pero con valores totales y relativos con la finalidad de “normalizar” la heterogeneidad en los tamaños de población de los municipios del país, se hace una suma lineal sin ponderación de los valores estandarizados para la población total y relativa en zonas inundables del municipio

$$\text{PSI del Municipio } n = ([\text{STD_TOT_ZI}] \cdot .5) + ([\text{STD_REL_ZI}] \cdot .5)$$

Figura 2-3. Esquema general de la metodología de integración de las variables de la problemática “inundaciones en asentamientos humanos”.

1. Índice de compacidad de la o las cuencas en el municipio	Cálculo del índice de compacidad de las cuencas hidrológicas
	Categorización del índice de compacidad de la o las cuencas y ponderación
	Selección de cuencas que tiene influencia hidrografica con la población en zonas inundables
	Cálculo del porcentaje de población en zonas inundables en cada cuenca
	Multiplicación del valor de la ponderación por el porcentaje de la población en el municipio en zonas inundables
2. Porcentaje de vegetación natura	Obtención de la variable a nivel municipal, mediante la sumatoria del producto del orden de ranqueo multiplicado por el porcentaje de la población del municipio en zonas inundables de las cuencas contenidas en el municipio.
	Cálculo del porcentaje de vegetación natural con respecto a la superficie de la cuenca
	Categorización del porcentaje de vegetación en la cuenca y ponderación de cada categoría
3. Integración del criterio Respuesta hidrologica de la cuenca	Obtencion de la variable a nivel municipal, mediante la sumatoria del producto del orden de ranqueo multiplicado po el porcentaje de la población del municipio en zonas inundables de las cuencas contenidas en el municipio.
	Estandarización máxima de la variable índice de compacidad de la o las cuencas y porcentaje de vegetación natural
4. Integración del criterio población del municipio en zonas inundables	Suma lineal sin ponderación de los valores estandarizados de las variables índice de compacidad de la o las cuencas y porcentaje de vegetación natural
	Obtención de la población total y relativa en zonas inundables
	Estandarización máxima de la población total y relativa en zonas inundables
	Suma lineal sin ponderación de los valores estandarizados de la población total y relativa en zonas inundables.

2.3.2 Deslaves en asentamientos humanos

Esta problemática está compuesta por

Como se describe en la ficha técnica, esta problemática consta de dos criterios

1. Población susceptible a deslizamientos
2. Condición de la vegetación en zonas de inestabilidad de laderas en el municipio

El criterio 1. Población susceptible a deslizamiento está compuesto por una sola variable

1.1 Población en cada categoría de inestabilidad de laderas

Para la Integración de la variable *1.1 Población en cada categoría de inestabilidad de laderas* se utilizó los siguientes insumos

1.1.1 Mapa Nacional de susceptibilidad a Inestabilidad de Laderas

1.1.2 Población

Del Mapa Nacional de Inestabilidad de Laderas se tomaron cuatro categorías de susceptibilidad a inestabilidad (baja, media, alta y muy alta), después se contabilizó la población (total y relativa) en cada categoría de inestabilidad. Partiendo de la tabla 18 donde se muestra la ponderación para cada categoría de inestabilidad, se realiza una sumatoria lineal de los productos de la multiplicación del valor de la ponderación para cada una de las categorías de inestabilidad de laderas por la población en cada categoría.

El criterio 2. Condición de la vegetación en zonas de inestabilidad de laderas en el municipio, también está compuesta por una sola variable *2.1 Superficie de vegetación natural en cada categoría de inestabilidad de laderas en el municipio*. Para la integración de esta variable se utilizaron dos insumos

2.1.1 Vegetación y uso de suelo

2.1.2 Mapa Nacional de susceptibilidad a Inestabilidad de Laderas

Se contabilizó el área del municipio (total y porcentaje) con vegetación natural en cada categoría de susceptibilidad a inestabilidad de laderas. Después se realizó la ponderación de acuerdo con la tabla 12, en la cual se describe el porcentaje de cobertura vegetal y el peso a cada porcentaje.

Finalmente se procedió a hacer una suma lineal de los porcentajes de vegetación en cada categoría de inestabilidad de laderas.

Figura 2-4. Esquema de la metodología de integración de las variables de la problemática “deslaves en asentamientos humanos”

1. Población susceptible a deslizamientos	Categorización del nivel de inestabilidad de laderas para cada municipio utilizando como insumo el mapa de susceptibilidad a inestabilidad de laderas del CENAPRED.
	Obtención de la población total y relativa del municipio en cada categoría de inestabilidad de laderas
	Sumatoria lineal de los productos de la multiplicación del valor de la ponderación para cada una de las categoría de inestabilidad de laderas por la población en cada categoría.
2. Condición de la vegetación en cada categoría de inestabilidad de laderas	Obtención de la variable (total y porcentaje) mediante la sumatoria del producto del ordenamiento simple multiplicado por el área del municipio en cada categoría de inestabilidad de laderas
	Cálculo del porcentaje de vegetación natural con respecto a la superficie de cada municipio
	Categorización del porcentaje de vegetación en cada municipio y ponderación de cada categoría

2.3.3 Ganadería extensiva susceptible a inundaciones

Esta problemática está integrada por dos criterios

1. Respuesta hidrológica de la cuenca
2. Zonas ganaderas susceptibles a inundación

El primer criterio, *Respuesta hidrológica de la cuenca*, está conformado por dos variables:

- 1.1 Índice de compacidad de la o las cuencas en el municipio
- 1.2 Porcentaje de vegetación natural de las cuencas en los municipios.

Para la primera variable *Índice de compacidad de la cuenca* se utilizó tres insumos

- Límite de las cuencas hidrológicas de CONAGUA
- Límite municipal
- Zonas inundables

Utilizando el límite de las cuencas hidrológicas de la CONAGUA se calculó el índice de compacidad de la cuenca (K_c), después se categorizó los valores de K_c y se asignó la ponderación de acuerdo con su categoría (tabla 10). Se seleccionaron las cuencas con influencia hidrológica con las áreas asociadas a ganadería extensiva, se estimó el porcentaje de área pecuaria en zonas inundables en cada cuenca y se multiplicó el valor del ordenamiento simple por este porcentaje. Para asignarle el valor de índice de compacidad a los municipios se realiza la sumatoria del producto del ordenamiento simple multiplicado por el porcentaje del área pecuario del municipio en zona inundable de la o las cuencas contenidas en el municipio.

Para la variable *1.2 Porcentaje de vegetación natural de las cuencas en el municipio*, una vez que se identificaron las cuencas con influencia hidrológica sobre las áreas pecuarias en zonas inundables se calcula el porcentaje de vegetación natural con respecto a la superficie de la cuenca y se le asigna una ponderación de acuerdo al ordenamiento simple (tabla 12). Para la asignación del valor de vegetación natural a los municipios, se realizó la sumatoria del producto de la ponderación por ordenamiento simple multiplicado por el área pecuaria del municipio en zonas inundables de la o las cuencas contenidas en el municipio

Integración del criterio Respuesta hidrológica de la o las cuencas (RHC)

Una vez asignadas las variables de índice de compacidad y porcentaje de vegetación natural a nivel municipal, se realiza una estandarización máxima y después una suma lineal sin ponderación de los valores estandarizados para el índice de compacidad y porcentaje de la vegetación natural.

Para el criterio *Zonas ganaderas susceptibles a inundación* se tiene solo una variable

2.1 Área con uso de suelo pecuario (total y porcentaje) en zonas susceptibles a inundación

Para la integración de esta variable se utilizaron tres insumos:

- Límite municipal (INEGI 2010)
- Uso de suelo y vegetación INEGI serie V
- Zonas inundables diagnóstico de cuenca (INE 2010)

Se identifica el área del municipio con uso de suelo pecuario en zonas inundables en valores totales y relativos (porcentaje con respecto al área total del municipio) y se realizó una estandarización máxima con los valores totales y relativos de la población en zonas inundables.

Debido a que este criterio lo integra una sola variable, con valores totales y relativos, se hace una suma lineal sin ponderación de los valores estandarizados para la el uso de suelo pecuario total y relativa en zonas inundables del municipio.

Figura 2-5. Esquema de la metodología de integración de las variables de la problemática “ganadería extensiva susceptible a inundaciones”

1. Índice de compacidad de la o las cuencas en el municipio	<p>Cálculo del índice de compacidad de las cuencas hidrológicas</p> <hr/> <p>Categorización del índice de compacidad de la o las cuencas y ponderación</p> <hr/> <p>Selección de cuencas que tiene influencia hidrografica con las áreas de uso de suelo pecuario en zonas inundables</p> <hr/> <p>Cálculo del área de la cuenca con uso de suelo pecuario en zonas inundables.</p> <hr/> <p>Multiplicación del valor de la ponderación por el área con uso de suelo pecuario en zonas inundables</p> <hr/> <p>Obtención de la variable a nivel municipal, mediante la sumatoria del producto del orden de ranqueo multiplicado por el porcentaje de la población del municipio en zonas inundables de las cuencas contenidas en el municipio.</p>
2. Porcentaje de vegetación natura	<p>Cálculo del porcentaje de vegetación natural con respecto a la superficie de la cuenca</p> <hr/> <p>Categorización del porcentaje de vegetación en la cuenca y ponderación de cada categoría</p> <hr/> <p>Obtencion de la variable a nivel municipal, mediante la sumatoria del producto del orden de ranqueo multiplicado po el porcentaje de la población del municipio en zonas inundables de las cuencas contenidas en el municipio.</p>
3. Integración del criterio Respuesta hidrologica de la cuenca	<p>Estandarización máxima de la variable índice de compacidad de la o las cuencas y porcentaje de vegetación natural</p> <hr/> <p>Suma lineal sin ponderación de los valores estandarizados de las variables índice de compacidad de la o las cuencas y porcentaje de vegetación natural</p>
4. Integración del criterio población del municipio en zonas inundables	<p>Obtención del área con uso de suelo pecuario (total y relativa) en zonas inundables</p> <hr/> <p>Estandarización máxima del área con uso de suelo pecuario total y relativa en zonas inundables</p> <hr/> <p>Suma lineal sin ponderación de los valores estandarizados del área con uso de suelo pecuario total y relativa en zonas inundables.</p>

2.3.3 Producción forrajera susceptible a inundaciones

Esta problemática está integrada por dos criterios

1. Respuesta hidrológica de la cuenca
2. Producción forrajera susceptible a inundaciones

El primer criterio, *Respuesta hidrológica de la cuenca*, está conformado por dos variables:

- 1.1 Índice de compacidad de la o las cuencas en el municipio
- 1.2 Porcentaje de vegetación natural de las cuencas en los municipios.

Para la primera variable *Índice de compacidad de la cuenca en los municipios* se utilizó tres insumos

- Límite de las cuencas hidrológicas de CONAGUA
- Límite municipal
- Zonas inundables

Partiendo del insumo *límite de las cuencas hidrológicas* de la CONAGUA se calculó el índice de compacidad de las cuencas (Kc) con influencia en cada municipio, después se categorizó los valores de Kc y se asignó la ponderación de acuerdo con su categoría (tabla 10). Se seleccionaron las cuencas con influencia hidrológica con las áreas asociadas a uso de suelo agrícola, se estimó el porcentaje de área agrícola en zonas inundables en cada cuenca y se multiplicó el valor del ordenamiento simple por este porcentaje. Para asignarle el valor de índice de compacidad a los municipios se realiza la sumatoria del producto del ordenamiento simple multiplicado por el porcentaje del área con uso de suelo agrícola del municipio en zona inundable de la o las cuencas contenidas en el municipio.

Para la variable *1.2 Porcentaje de vegetación natural de las cuencas en el municipio*, una vez que se identificaron las cuencas con influencia hidrológica sobre las áreas agrícolas en zonas inundables se calcula el porcentaje de vegetación natural con respecto a la superficie de la cuenca y se le asigna una ponderación de acuerdo al ordenamiento simple (tabla 12). Para la asignación del valor de vegetación natural a los municipios, se realizó la sumatoria del producto de la ponderación por ordenamiento simple multiplicado por el área agrícola del municipio en zonas inundables de la o las cuencas contenidas en el municipio

Integración del criterio Respuesta hidrológica de la o las cuencas (RHC)

Una vez asignadas las variables de índice de compacidad y porcentaje de vegetación natural a nivel municipal, se realiza una estandarización máxima y después una suma lineal sin ponderación de los valores estandarizados para el índice de compacidad y porcentaje de la vegetación natural.

El segundo criterio *Producción forrajera susceptible a inundaciones* está compuesta por una variable 2.1 Área del municipio utilizada para producción forrajera (total y porcentaje) en zonas susceptibles a inundación. Se identificó las zonas con uso de suelo agrícola en los municipios localizados en zonas inundables y se realizó una estandarización máxima con las áreas totales y relativas. Después se realizó una suma lineal sin ponderación de los valores estandarizados para el área con uso de agrícola total y relativo en zonas inundables del municipio.

Figura 2-6. Esquema de la metodología de integración de las variables de la problemática “producción forrajera susceptible a inundaciones”

1. Índice de compacidad de la o las cuencas en el municipio	Cálculo del índice de compacidad de las cuencas hidrológicas
	Categorización del índice de compacidad de la o las cuencas y ponderación
	Selección de cuencas que tiene influencia hidrografica con la población en zonas inundables
	Cálculo del porcentaje de población en zonas inundables en cada cuenca
	Multiplicación del valor de la ponderación por el porcentaje de la población en el municipio en zonas inundables
2. Porcentaje de vegetación natural	Obtención de la variable a nivel municipal, mediante la sumatoria del producto del orden de ranqueo multiplicado por el porcentaje de la población del municipio en zonas inundables de las cuencas contenidas en el municipio.
	Cálculo del porcentaje de vegetación natural con respecto a la superficie de la cuenca
	Categorización del porcentaje de vegetación en la cuenca y ponderación de cada categoría
3. Integración del criterio Respuesta hidrologica de la cuenca	Obtencion de la variable a nivel municipal, mediante la sumatoria del producto del orden de ranqueo multiplicado po el porcentaje de la población del municipio en zonas inundables de las cuencas contenidas en el municipio.
	Estandarización máxima de la variable índice de compacidad de la o las cuencas y porcentaje de vegetación natural
4. Integración del criterio población del municipio en	Suma lineal sin ponderación de los valores estandarizados de las variables índice de compacidad de la o las cuencas y porcentaje de vegetación natural
	Obtención de la población total y relativa en zonas inundables
	Estandarización máxima de la población total y relativa en zonas inundables

2.4 Indicadores de Capacidad adaptativa

De acuerdo a la literatura consultada la capacidad adaptativa puede ser abordada de distintas formas, una de ellas es a partir de instrumentos y acciones de políticas públicas y de planeación territorial, midiendo la presencia o ausencia de estos instrumentos. Otra forma es a través de mecanismos de conservación y restauración del territorio, mediante áreas bajo el esquema de pagos por servicios ambientales, áreas elegibles para pagos por servicios ambientales, área del municipio con vegetación natural en áreas naturales protegidas, y por último la capacidad adaptativa puede ser estimada mediante la existencia de capacitación y actualización de los actores relacionados a la atención temprana de un desastre.

Partiendo del esquema conceptual (tabla 1), la capacidad adaptativa está compuesta por dos criterios: prevención, expresado mediante las acciones y programas realizados con anticipación para evitar o disminuir los impactos de un desastre; y respuesta, entendido como la existencia de instituciones o asociaciones enfocadas en suministrar servicios de emergencia y/o asistencia durante o después de la ocurrencia de un desastre.

Tabla 2-23. Criterios de evaluación de la capacidad adaptativa para la problemática “Inundaciones en asentamientos humanos”.

	Criterio	Subcriterio	Variable	Insumo	Valor
Capacidad adaptativa	Prevención	Gestión del riesgo	Instrumentos para la gestión del riesgo	Existencia de mapa de riesgos por inundaciones	1- existencia 0 - no existencia
			Sistemas de alerta temprana	Presencia de presas reguladoras de avenidas	1- existencia 0 - no existencia
				Existencia de Sistemas de Pronóstico de Ríos	1- existencia 0 - no existencia
		Conservación ecológica	Instrumentos de conservación	Área del municipio con pagos por servicios ambientales	
				Área del municipio con vegetación natural en áreas naturales protegidas	
		Respuesta	Recursos humanos e institucionales	Protección civil y capacitación técnica	Existencia de unidades de protección civil en el municipio
	Existencia de puntos de reunión/albergues				1- existencia 0 - no existencia
	Participación ciudadana		Mecanismos e instancias de participación ciudadana	Existencia de voluntariados, asociaciones, organizaciones civiles, comunitarios	1- existencia 0 - no existencia

Para la integración del primer criterio *Prevención* partiremos de la variable *Instrumentos para la gestión del riesgo*, la cual solo mide la presencia o ausencia de un insumo, el mapa de riesgo por inundaciones. El valor obtenido por este insumo se le asignará a la variable antes mencionada.

Para la variable *Sistema de alerta temprana* la integración queda

$$\text{SAT} = (\text{PPRA} + \text{EXPR}) / 2$$

Donde:

SAT= Sistemas de alerta temprana

PPRA = Presencia de presas reguladoras de avenidas

EXPR = Existencia de Sistemas de Pronóstico de Ríos

Estas dos variables integran el subcriterio de gestión del riesgo, el cual es integrado de la siguiente forma:

$$\text{GDR} = (\text{IGR} + \text{SAT}) / 2$$

Donde:

GDR= Gestión del riesgo

IGR= Instrumentos para la gestión del riesgo

SAT= Sistemas de alerta temprana

Para el subcriterio de *Conservación ecológica*, la variable que lo integra, *Instrumentos de conservación*, no miden la presencia o ausencia sino la cobertura de los insumos en el municipio, por lo que estos insumos son normalizados mediante una estandarización máxima para obtener valores entre cero y uno.

$$\text{IDC} = (\text{APSA} + \text{AVNAP}) / 2$$

Donde:

IDC=Instrumentos de conservación

APSA= Área del municipio con pagos por servicios ambientales

AVNAP= Área del municipio con vegetación natural en áreas naturales protegidas

El valor obtenido para la variable *Instrumentos de conservación* se le asignará al subcriterio de *Conservación ecológica* (CE) dado que es la única variable que lo integra.

Al integrar el primer criterio quedaría de la siguiente manera:

$$PVC = (GDR + CE) / 2$$

Donde:

PVC=Prevención

GDR= Gestión del riesgo

CE= Conservación ecológica

Para el segundo criterio *Respuesta* partiremos de la variable *protección civil y capacitación técnica*, el cual está compuesto por dos insumos dicotómicos, *existencia de unidades de protección civil y existencia de puntos de reunión/ albergues*.

$$PCCT = (EPPC + EPRA) / 2$$

Donde:

PCCT= Protección civil y capacitación técnica

EUPC= Existencia de unidades de protección civil

EPRA= Existencia de puntos de reunión/albergues

El valor obtenido para esta variable es asignado al subcriterio *Recursos humanos e instituciones* (RHI) dado que es la única variable que lo compone.

El subcriterio de *Participación ciudadana* (PC) está compuesto por una variable *Mecanismos e instancias de participación ciudadana* (MIPC) la cual está integrada por un insumo de presencia o ausencia (*existencia de voluntariados, asociaciones, organizaciones civiles, EVAO*). Dado que está compuesto por una sola variable y un solo insumo, el valor obtenido para este insumo es el que se le asignará al subcriterio.

Al integrar el segundo criterio *Respuesta* se tiene

$$RPT = (RHI + PC) / 2$$

Donde:

RPT= Respuesta

RHI= Recursos humanos e institucionales

PC= Participación ciudadana

De manera resumida en las tablas 24, 25 y 26 se muestra la integración de las variables y subcriterios para las cuatro problemáticas.

Tabla 2-24 Criterios de evaluación e integración de la capacidad adaptativa para la problemática “Inundaciones en asentamientos humanos”.

Criterio	Subcriterio	Variable	Insumo
Capacidad adaptativa	Prevención	Instrumentos para la gestión del riesgo IGR=EMPI	Existencia de mapa de riesgos por inundaciones EMPI
		Sistemas de alerta temprana SAT=(PPRA+EXPR)/2	Presencia de presas reguladoras de avenidas PPRA
			Existencia de Sistemas de Pronóstico de Ríos EXPR
		Conservación ecológica CE=IDC	Instrumentos de conservación IDC=(APSA +AVNAP)/2
	Área del municipio con vegetación natural en áreas naturales protegidas AVNAP		
	Respuesta	Recursos humanos e institucionales RHI=PCCT	Protección civil y capacitación técnica PCCT=(EUPC+EPRA)/2
Existencia de puntos de reunión/albergues EPRA			
Participación ciudadana PC=MIPC		Mecanismos e instancias de participación ciudadana MIPC=EVAO	Existencia de voluntariados, asociaciones, organizaciones civiles, comunitarios EVAO

Tabla 2-25. Criterios de evaluación e integración de la capacidad adaptativa para la problemática “Deslaves en asentamientos humanos”.

Criterio	Subcriterio	Variable	Insumo	
Capacidad adaptativa	Prevención PVC=(GDR+CE)/2	Gestión del riesgo GDR= IGR	Instrumentos para la gestión del riesgo IGR=EMPL	Existencia de mapa de riesgos por inestabilidad de laderas EMPL
		Conservación ecológica CE=IDC	Instrumentos de conservación IDC= (AVNIL+AVNAP)/2	Área del municipio con vegetación natural en áreas con susceptibilidad a inestabilidad de laderas AVNIL
				Área del municipio con vegetación natural en áreas naturales protegidas AVNAP
	Respuesta RPT=(RHI+PC)/2	Recursos humanos e institucionales RHI=PCCT	Protección civil y capacitación técnica PCCT=(EUPC+EPPC)/2	Existencia de unidades de protección civil en el municipio EUPC
				Existencia de puntos de reunión/albergues EPRA
		Participación ciudadana PC=MIPC	Mecanismos e instancias de participación ciudadana MIPC=EPRA	Existencia de voluntariados, asociaciones, organizaciones civiles, comunitarios EVAO

Tabla 2-26. Criterios de evaluación e integración de la capacidad adaptativa para la problemática “Ganadería extensiva susceptible a inundaciones” y “Producción forrajera susceptible a inundaciones”.

Criterio	Subcriterio	Variable	Insumo	
Capacidad adaptativa	Instrumentos de planeación IDP=(GDR+CE)/2	Gestión del riesgo GDR=IGR	Instrumentos para la gestión del riesgo IGR= EMPI	Existencia de mapa de riesgos por inundaciones EMPI
		Conservación ecológica CE=PDC	Programas de conservación PDC=(AMANP+AMPRC)/2	Área del municipio dentro de áreas naturales protegidas AMANP
	Capacidad administrativa CA=(RHI+RME)/2	Recursos humanos e institucionales RHI=PCCT	Protección civil y capacitación técnica PCCT=(EPFPC+EUPC)/2	Existencia en el municipio de programas para formación y/o capacitación en materia de protección civil (Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Delegacionales 2015) EPFPC
				Existencia de unidades de protección civil en el municipio (Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Delegacionales 2015) EUPC
		Recursos materiales y económicos RME=PFG	Programa de fomento ganadero PFG=(NBFG+IAPB)/2	Número de beneficiarios del programa fomento ganadero NBFG
				Importe del apoyo en el padrón de beneficiarios por municipio IAPB
Participación ciudadana PC=MIPC	Mecanismos e instancias de participación ciudadana MIPC=ACR	Asociaciones o comités representantes ACR=MAGL	Municipio con asociaciones ganaderas locales, generales o especializadas MAGL	

3. Informe final

El presente documento contiene las fichas técnicas de cuatro problemáticas dadas por el equipo de trabajo del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), las cuales fueron desarrolladas tras diversas reuniones con instituciones públicas enfocadas a las problemáticas y al objeto vulnerable, con sus respectivas variables e insumos para la construcción de los indicadores. También contiene la metodología para el diseño e integración, propuesta por el equipo de trabajo del INECC, de los indicadores para sensibilidad y capacidad adaptativa, en el marco de consolidación del Atlas Nacional de Vulnerabilidad al Cambio Climático (ANVCC).

Tras la revisión en diversas reuniones internas del grupo INECC con distintas dependencias como el Centro Nacional de Prevención de Desastre (CENAPRED), la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), etc. relacionadas directamente con el sujeto vulnerable, se definieron las siguientes cuatro problemáticas para desarrollar así como las posibles variables de sensibilidad y capacidad adaptativa.

- Inundaciones en asentamientos humanos
- Deslaves en asentamientos humanos
- Ganadería extensiva susceptible a inundaciones
- Producción forrajera susceptible a inundaciones

El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, 2007) define la vulnerabilidad como el grado de susceptibilidad o de incapacidad de un sistema para afrontar los efectos adversos del cambio climático y, en particular, de la variabilidad climática y los fenómenos extremos. La vulnerabilidad está en función de tres elementos:

$$\text{Vulnerabilidad} = f(\text{exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa})$$

Partiendo de esta función, se definen (IPCC, 2007; modificado por INECC)

Exposición

Es el único elemento que está vinculado directamente a los parámetros del clima, esto es al carácter, magnitud y velocidad de cambio y variación del clima, que afecta un sistema (aumento o disminución de la precipitación y cambios en el patrón de distribución temporal y espacial de la misma, eventos extremos, incremento de la temperatura y sequías).

Sensibilidad

Es el grado en que un sistema resulta afectado por la variabilidad o el cambio climático debido a las características que lo definen. La sensibilidad está integrada por características físicas del sistema (cobertura vegetal, uso de suelo, pendiente, etc.) y actividades humanas que afectan al sistema (agotamiento de los recursos, presión por el crecimiento poblacional, etc.).

Capacidad adaptativa

Se refiere a los recursos, instrumentos, capital humano e institucional que permiten detonar procesos de adaptación.

3.1 Modificaciones a las fichas de trabajo

Atendiendo a las sugerencias realizadas por el equipo INECC, se realizaron cambios en las fichas de trabajo desarrolladas por ellos, para una mejor integración de la información de los criterios y variables de cada problemática. A continuación se presentan las fichas de trabajo.

3.1.1 Atlas Nacional de Vulnerabilidad al Cambio Climático: Ficha técnica por problemática para la evaluación de la vulnerabilidad al cambio climático.

Grupo de trabajo:	Población
Objeto vulnerable:	Asentamientos humanos
Problemática	Vulnerabilidad de los asentamientos humanos por inundaciones
Unidad de agregación:	Municipal

Justificación

Por su ubicación geográfica México es afectado por diversos fenómenos meteorológicos que producen intensas precipitaciones año con año, ocasionando serios problemas en el territorio nacional. De acuerdo con la Estrategia Nacional de Cambio Climático (ENCC, 2013) 824 municipios y 61 millones de habitantes en México se encuentra en peligro ante las inundaciones. En 2015, estimación más reciente realizada por el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), de los 17,110.4 millones de pesos estimados en daños y pérdidas para este tipo de fenómenos, 62 % (10,678 millones de pesos) fueron propiciados por lluvias e inundaciones. Se registraron 625,175 personas afectadas por este fenómeno, así como 7,257 viviendas, 353 planteles educativos y 35 unidades de salud. El estado de Veracruz sufrió el mayor impacto de los fenómenos de tipo hidrometeorológico, principalmente, por lluvias e inundaciones, ya que concentró 29.6 % del total de daños y pérdidas en este rubro (CENAPRED, 2017).

Uno de los desastres más importantes relacionado con fenómenos hidrometeorológicos sucedió a finales de octubre de 2007, la combinación de frente frío N°4 y una zona de inestabilidad produjo intensas precipitaciones durante varios días, cuyo registro en algunas estaciones meteorológicas representaron el máximo histórico. Tan solo el 28 de octubre la estación Ocoatepec, en el estado de Chiapas registró 403 mm de precipitación, para esa misma estación el día 29 se registraron 309 mm y el día 30 250 mm, teniendo un acumulado de 962 mm en esos tres días. Los impactos de estas inundaciones en el estado fueron: 62% de la superficie estatal bajo el agua, afectando 1,500 localidades y 1.5 millones de personas (75% de la

población del estado). Los daños y pérdidas causados por el desastre ascendieron a 31.8 miles de millones de pesos, este es el segundo desastre más importante de la época moderna, solo por debajo del sismo de 1985 en la ciudad de México (CENAPRED, 2014). Otro desastre ocurrido en el país fueron las inundaciones que afectaron diversas entidades del país durante el año 2010, de acuerdo con CENAPRED y la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) el 2010 fue el segundo año más lluvioso después del año 1958. Las lluvias e inundaciones en ese año causaron daños en 98,193 viviendas, 185,010 hectáreas (ha) de cultivo, 145 unidades de salud y pérdidas por 29,051.5 millones de pesos (CENAPRED, 2012). Los factores que condicionan las inundaciones son: distribución espacial de la precipitación, pendiente del terreno, características de la cuenca, uso de suelo y porcentaje de vegetación. Las modificaciones en la cuenca hidrológica, como el cambio de uso de suelo, provocan una menor retención de agua en la parte alta de la cuenca, escurriendo la mayor parte hacia la llanura y aumentando la sensibilidad de la población que vive en zonas susceptibles ante las inundaciones (Ellis, 2012) y (CENAPRED, 2004).

Los impactos del cambio climático en los asentamientos humanos son diversos, para esta problemática en específico, el cambio en los patrones de precipitación aumentarían la vulnerabilidad a las poblaciones ubicadas en sitios susceptibles a inundaciones.

Configuración de índices

El índice de vulnerabilidad expresa la relación entre la exposición, expresado mediante el umbral de saturación del suelo por precipitación, la sensibilidad, que está compuesta por dos criterios, la repuesta hidrológica de la cuenca y la población susceptible a inundaciones, y la capacidad adaptativa dividida en los criterios de prevención y respuesta (Figura 1). En la figura 2 se muestra el esquema conceptual para la integración de los indicadores para el componente de sensibilidad y en la tabla 1 se describen los criterios y subcriterios, su justificación y como aportan a la problemática. De la misma manera en la figura 3 el esquema conceptual para el componente de capacidad adaptativa y en la tabla 2 la justificación de los subcriterios y variables.

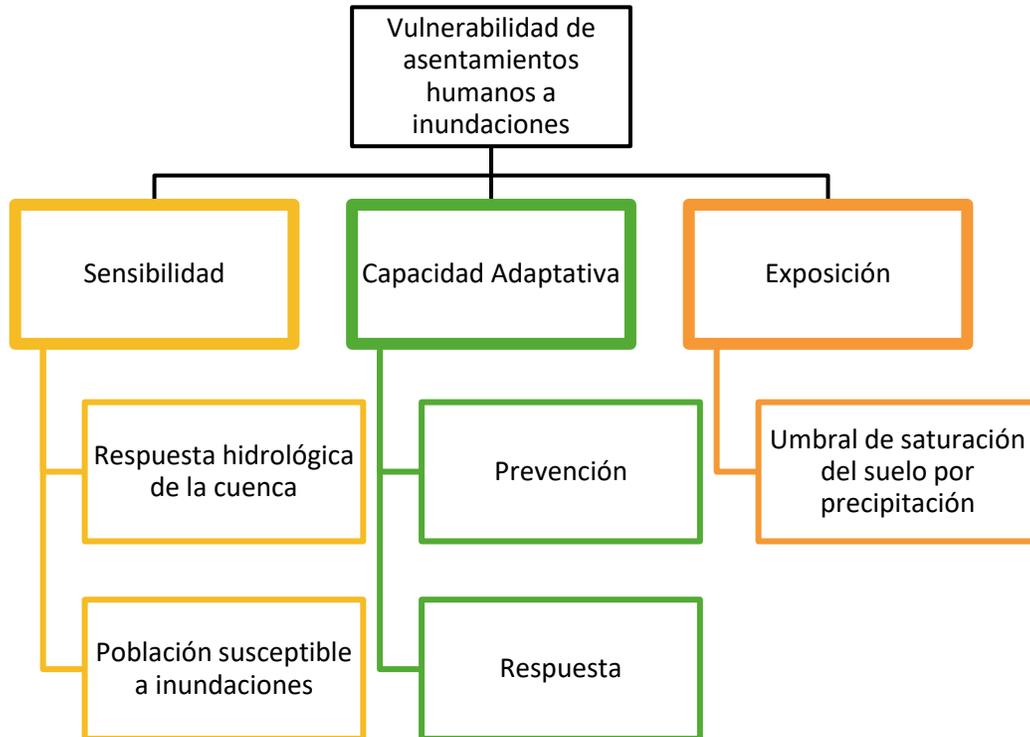


Figura 3-1 Esquema general de vulnerabilidad de los asentamientos humanos a inundaciones

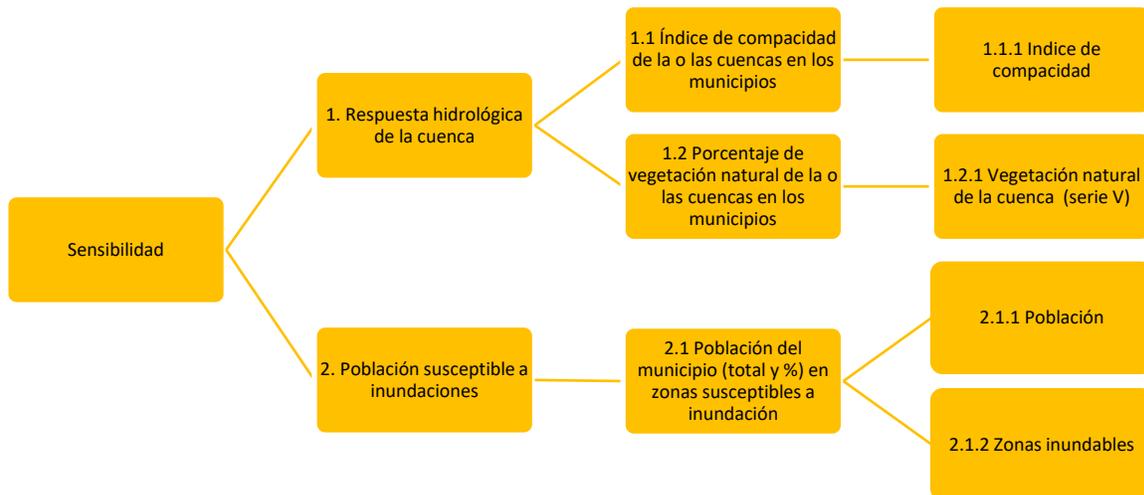
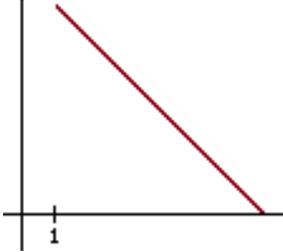
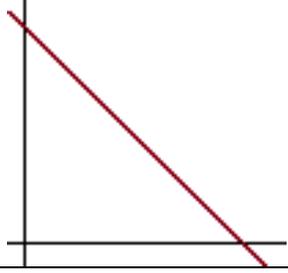


Figura 3-2 Esquema del componente de sensibilidad de la problemática "Vulnerabilidad de los asentamientos humanos a inundaciones".

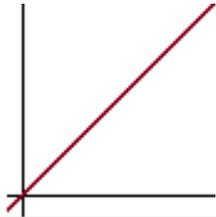
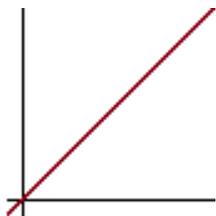
Tabla 3-1. Ficha técnica del componente de sensibilidad de la problemática “Vulnerabilidad de los asentamientos humanos a inundaciones”.

SENSIBILIDAD			
2CRITERIO 1	RESPUESTA HIDROLÓGICA DE LA CUENCA		
	Justificación	La función hidrológica de una cuenca es la de un colector, que capta la lluvia y la convierte en escurrimiento (Cruz et al., 2015). Las características físicas de una cuenca que afectan esta función hidrológica, y hacen más susceptibles a las cuencas a la ocurrencia de inundaciones, son: características geomorfológicas, cobertura del suelo y características geológicas. Este criterio lo integran dos variables: el índice de compacidad de Gravelius (como parámetro de forma) y la cobertura de vegetación natural en la cuenca.	
	VARIABLE 1.1		
	ÍNDICE DE COMPACIDAD DE LA O LAS CUENCAS EN LOS MUNICIPIOS		
	Justificación	Las cuencas con forma redonda a oval redonda concentran más rápidamente los flujos superficiales, generando picos súbitos violentos y recesiones rápidas, características que favorecen la escorrentía directa y eleva el riesgo de inundaciones (Ortiz-Vera, 2015).	
	INSUMOS		
	INSUMO 1.1.1		
	ÍNDICE DE COMPACIDAD (Kc)		
	Fuente	Elaboración propia con base en la delimitación de las cuencas CONAGUA.	
	Escala temporal o año	N/A	
	Unidad geográfica	Unidad de medida	Formato
	Cuenca	Índice compuesto	Shapefile
Observaciones	Los valores más cercanos a 1 del índice de compacidad indican una respuesta hidrológica de mayor concentración de los escurrimientos superficiales y mayor riesgo de inundación (López- Pérez et al., 2014). La justificación de la ponderación		

	para cada categoría del índice de compacidad está descrita en el apartado 3.1.1 <i>Coefficiente de compacidad de Gravelius (Kc)</i> .	
Función de valor	Mientras más cercano a uno sea el índice de compacidad de la cuenca mayor susceptibilidad a inundaciones se tendrá.	
VARIABLE 1.2		
PORCENTAJE DE VEGETACIÓN NATURAL DE LA O LAS CUENCAS EN LOS MUNICIPIOS		
Justificación	La vegetación natural juega un papel fundamental en las cuencas, mantiene la calidad del agua, regulan la cantidad de esta en los cauces, protege el suelo de la erosión, controla las inundaciones, entre otras funciones. Factores como la deforestación y el grado de transformación al interior de la cuenca modifican la funcionalidad de la vegetación. La distribución espacial de la vegetación natural es un indicador para conocer el estado ambiental de una cuenca y su capacidad para mantener funciones y servicios fundamentales para el ambiente y el ser humano (Cuevas et al., 2010b).	
INSUMOS		
INSUMO 1.1.2		
VEGETACIÓN NATURAL		
Fuente	Serie V INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía)	
Escala temporal o año	2013-2015	
Unidad geográfica	Unidad de medida	Formato
Cuenca	Km ² y/o ha	Shapefile
Observaciones	La justificación de la asignación de los pesos para cada categoría está descritos en el apartado 3.1.2 <i>Vegetación natural</i> .	
Función de valor	Una mayor cobertura de vegetación natural ayuda a regular la cantidad y periodicidad de los cauces y	

	controla las inundaciones, disminuyendo la susceptibilidad de la población que se encuentra asentada en la cuenca.	
--	--	---

CRITERIO 2	POBLACIÓN SUSCEPTIBLE A INUNDACIONES	
	Justificación	El grado de afectación de la población ante las inundaciones está fuertemente ligado a la particularidad de cada municipio tales como las características socioeconómicas, demográficas y físicas. En este criterio se evalúa la característica física del municipio mediante la cercanía de la población a las zonas que han sido delimitadas como inundables (Saavedra, 2010).
	VARIABLE 2.1	
	POBLACIÓN DEL MUNICIPIO (TOTAL Y %) EN ZONAS SUSCEPTIBLES A INUNDACIÓN	
	Justificación	Es importante evaluar donde se encuentra la población que puede ser susceptible a las inundaciones. La proporción entre el porcentaje de población y población total en los municipios permite no sobre estimar o subestimar.
	INSUMOS	
	INSUMO 2.1.1	
	ZONAS INUNDABLES	
	Fuente	INE (Ahora INECC)
	Escala temporal o año	2010
Unidad geográfica	Unidad de medida	Formato
Cuenca	-	Shapefile
Observaciones	Para la evaluación de la susceptibilidad de la población ante inundaciones se debe ubicar los asentamientos humanos y su distribución en el municipio respecto a las zonas inundables. Para ello se utilizaron los insumos de limite municipal (INEGI, 2010) y localidades ITER (INEGI, 2010), para integrar la variable <i>población en zonas susceptibles a inundación</i> .	

	Función de valor	A mayor área del municipio en zonas inundables mayor susceptibilidad a sufrir daños por este fenómeno.	
INSUMO 2.1.2			
POBLACIÓN			
	Fuente	INEGI	
	Escala temporal o año	2010	
	Unidad geográfica	Unidad de medida	Formato
	Localidad	Población total y población relativa	Shapefile
	Observaciones		
	Función de valor	A mayor población asentada en zonas inundables mayor susceptibilidad a sufrir daños por este fenómeno.	

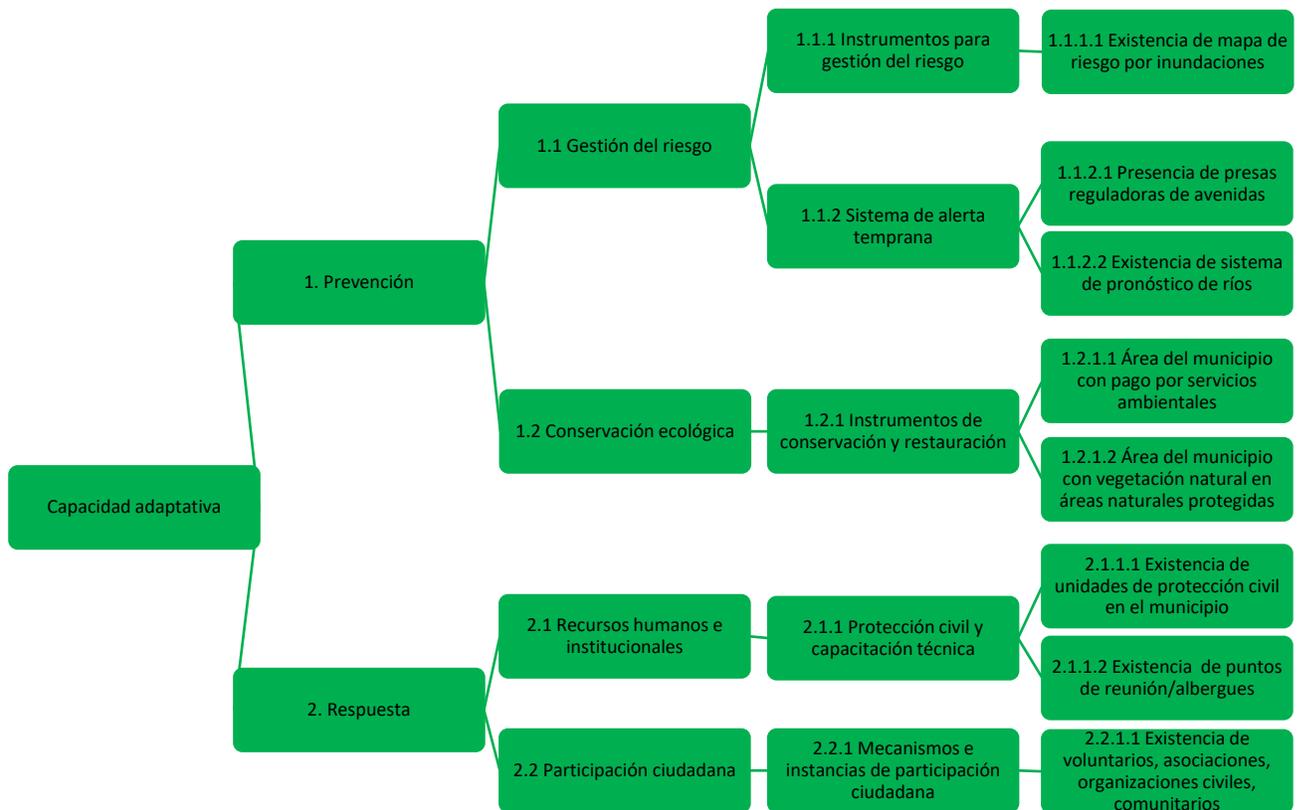
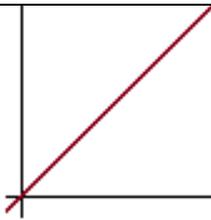
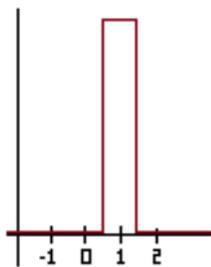
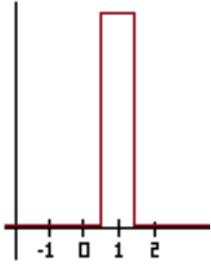
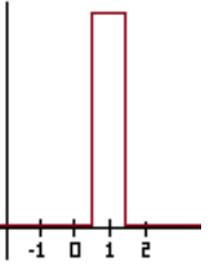
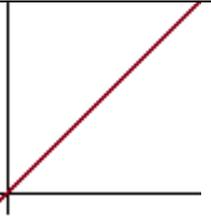


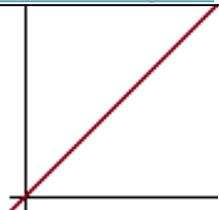
Figura 3-3. Esquema del componente capacidad adaptativa de la problemática “vulnerabilidad de los asentamientos humanos a inundaciones”.

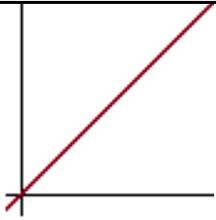
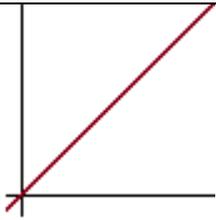
Tabla 3-2. Ficha técnica para el componente de capacidad adaptativa de la problemática “vulnerabilidad de los asentamientos humanos a inundaciones”.

CAPACIDAD ADAPTATIVA		
CRITERIO 1	PREVENCIÓN	
	Justificación	La prevención son todas las acciones y herramientas con las que se cuenta para asegurar que no ocurra un desastre o si este llegara a ocurrir minimizar sus impacto sobre la población (UNISDR, 2009). Uno de los elementos que componen la prevención es el conocimiento de la amenaza a la se es susceptible.
	SUBCRITERIO 1.1	
	GESTIÓN DE RIESGO	
	Justificación	La gestión del riesgo involucra conocer los peligros a los que se está expuesto ante la variabilidad climática y el cambio climático, además nos permite integrar los mecanismos para afrontar los desafíos que conllevan los desastres asociados. La existencia de instrumentos de gestión del riesgo a nivel municipal es un elemento muy importante para aumentar la capacidad adaptativa (Ulloa, 2011).
	Función de valor	Valores altos de este subcriterio indican una mejor capacidad adaptativa.
		
	Unidad de agregación y análisis	Municipal
	VARIABLE 1.1.1	
	INSTRUMENTOS PARA LA GESTIÓN DEL RIESGO	
Justificación	La existencia de herramientas que apoyen la gestión del riesgo (por ejemplo los atlas de riesgo municipales) son importantes, ya que nos muestran las zonas susceptibles a inundaciones en el municipio, así como su análisis territorial, pudiendo desarrollar medidas de prevención para la seguridad de la población y su infraestructura (Rivera et al., 2015).	
INSUMOS		
INSUMO 1.1.1.1		
MAPA DE RIESGO POR INUNDACIONES		
Fuente	CENAPRED	

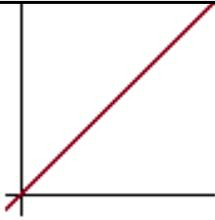
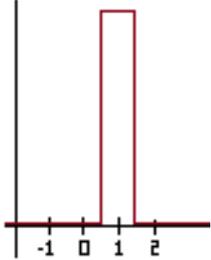
Escala temporal o año	2010 – 2016	
Unidad geográfica	Unidad de medida	Formato
Municipal	Binaria	Shapefile
Observaciones	<p>Los fenómenos meteorológicos que se integran en el atlas de riesgo municipal son:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sequía • Heladas • Tormentas eléctricas • Tormentas de granizo • Tormentas de nieve • Inundaciones • Ondas gélidas y cálidas • Ciclones tropicales • Tornados • Viento • Erosión y acreción costera 	
Función de valor	<p>1- indica que se cuenta con un mapa de riesgo por inundaciones dentro del atlas de riesgo municipal.</p> <p>0 - indica que no se cuenta con un mapa de riesgo por inundaciones dentro del atlas de riesgo municipal.</p>	
VARIABLE 1.1.2		
SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA		
Justificación	La importancia del sistema de alerta temprana radica en el conocimiento del fenómeno hidrometeorológico, y su seguimiento por parte de la población y las instituciones responsables, para tener tiempo anticipado para reaccionar de manera adecuada ante la ocurrencia de un desastre (OCDE, 2013)	
INSUMOS		
INSUMO 1.1.2.1		
PRESENCIA DE PRESAS REGULADORAS DE AVENIDAS		
Fuente	CENAPRED	
Escala temporal o año	2015	
Unidad geográfica	Unidad de medida	Formato
Cuenca	Binaria	Shapefile
Observaciones	Ante la presencia de una avenida extraordinaria es difícil atenuar los gastos máximos, la regulación de estos gastos se puede realizar mediante la construcción de presas reguladoras, aumentando la protección ante las	

	inundaciones de asentamientos humanos (CENAPRED, 2004). El tipo de presa está descrita en la tabla de atributos.	
Función de valor	1- indica la presencia de presas reguladores de avenidas 0 - indica que no se tiene la presencia de presas reguladores de avenidas	
INSUMO 1.1.2.2		
EXISTENCIA DE SISTEMA DE PRONÓSTICO DE RÍOS		
Fuente	CONAGUA	
Escala temporal o año	2011	
Unidad geográfica	Unidad de medida	Formato
Cuenca	Binaria	
Observaciones	El Sistema de Pronóstico de Ríos (SPR) es un sistema en el que las condiciones hidrometeorológicas son registradas y transmitidas permanentemente en tiempo real y vía satélite a un centro de pronóstico. http://app.conagua.gob.mx/spr/	
Función de valor	1- Indica la existencia de un sistema de pronóstico de ríos 0 - Indica la no existencia de un sistema de pronóstico de ríos	
SUBCRITERIO 1.2		
CONSERVACIÓN ECOLÓGICA		
Justificación	Los asentamientos urbanos modifican el paisaje estableciendo un sistema artificial y dinámico, a medida que se afecta los servicios de los ecosistemas el número de desastres aumenta, las áreas protegidas pueden ayudar a mitigar estos eventos, con medidas puntuales como la protección de llanuras aluviales y humedales y mitigación en pequeñas cuencas, las cuales evitan y/o disminuyen los eventos de inundación (Pabon-Zamora et al., 2008).	
Función de valor	Mayor área del municipio con un programa de conservación favorece la capacidad adaptativa.	

Unidad e agregación y análisis	Municipal	
VARIABLE 1.2.1		
INSTRUMENTOS DE CONSERVACIÓN Y RESTAURACIÓN		
Justificación	Los programas de conservación son importantes para el cuidado y protección de las áreas cuyas características no han sido modificadas esencialmente, y que contribuye al equilibrio y continuidad de los procesos ecológicos. El beneficio directo, relacionado con la problemática abordada, de los servicios proveídos por las áreas conservadas es el control de inundaciones, el cual disminuye el grado de sensibilidad de las poblaciones asentadas en las partes bajas de la cuenca (OEA, 2008).	
INSUMOS		
INSUMO 1.2.1.1		
ÁREA DEL MUNICIPIO ELEGIBLES PARA PAGOS POR SERVICIOS AMBIENTALES		
Fuente	CONABIO y CONAFOR	
Escala temporal o año	2015	
Unidad geográfica	Unidad de medida	Formato
	Km ² y %	
Observaciones	A través de estudios e investigaciones realizados por la CONAFOR, se definen las áreas elegibles en ecosistemas forestales de México. http://www.cnf.gob.mx:8090/snif/portal/las-demas/areas-elegibles	
Función de valor	A mayor superficie elegible para el esquema de pagos por servicios ambientales mayor capacidad adaptativa.	
INSUMO 1.2.1.2		
ÁREA DEL MUNICIPIO CON VEGETACIÓN NATURAL EN ÁREA NATURAL PROTEGIDA		
Fuente	CONABIO	
Escala temporal o año		
Unidad geográfica	Unidad de medida	Formato
Municipal	Km ² y %	Shapefile
Observaciones	Se distingue en Áreas Naturales Protegida nacionales, estatales y municipales	

	Función de valor	A mayor superficie del municipio con vegetación natural en área natural protegida mayor capacidad adaptativa.	
CRITERIO 2	RESPUESTA		
	Justificación	La respuesta está relacionada con los servicios y herramientas para hacer frente durante o después de la ocurrencia de un desastre para reducir el impacto a la población (UNISDR, 2009). Los elementos con los que se cuenta para la respuesta ante la ocurrencia del desastre deben ser llevados a cabo por personal capacitado y se debe tener el suficiente recurso humano.	
	SUBCRITERIO 2.1		
	RECURSOS HUMANOS E INSTITUCIONALES		
	Justificación	Los elementos humanos y recursos institucionales, sus habilidades técnicas y de capacitación, son necesarios para llevar a cabo las acciones de adaptación, una preparación especializada en gestión de riesgo permite afrontar la susceptibilidad a inundaciones (Aragón, 2008).	
	Función de valor	Los valores altos de este subcriterio indican una mayor presencia de elementos que favorezcan la capacidad de adaptación.	
	Unidad de agregación y análisis	Municipal	
	+''0p+		
	VARIABLE 2.1.1		
	PROTECCIÓN CIVIL Y CAPACITACIÓN TÉCNICA		
	Justificación	La existencia de unidades de protección civil así como la capacitación en este rubro, permite hacer frente a los efectos adversos de los desastres por fenómenos naturales y especialmente por inundaciones, al tener un personal mejor capacitado se podrá dar una mejor respuesta ante emergencias (OCDE, 2013).	
	INSUMOS		
	INSUMO 2.1.1.1		
EXISTENCIA UNIDADES DE PROTECCIÓN CIVIL EN EL MUNICIPIO			
Fuente	Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Delegacionales (CNGMD, 2015)		

Escala temporal o año	2015	
Unidad geográfica	Unidad de medida	Formato
Municipal	Binaria	XLS
Observaciones	http://www.beta.inegi.org.mx/proyectos/censosgobierno/municipal/cngmd/2015/	
Función de valor	<p>1- Indica la existencia de unidades de protección civil en el municipio.</p> <p>0 - Indica la no existencia de unidades de protección civil en el municipio.</p>	
INSUMO 2.1.1.2		
EXISTENCIA DE PUNTOS DE REUNIÓN/ALBERGUES		
Fuente	Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Delegacionales (CNGMD, 2015)	
Escala temporal o año	2015	
Unidad geográfica	Unidad de medida	Formato
Municipal	Binaria	XLS
Observaciones	http://www.beta.inegi.org.mx/proyectos/censosgobierno/municipal/cngmd/2015/	
Función de valor	<p>1- Indica la existencia de puntos de reunión/albergues.</p> <p>0 - Indica la no existencia de puntos de reunión/albergues.</p>	
SUBCRITERIO 2.2		
PARTICIPACIÓN CIUDADANA		
Justificación	<p>La participación ciudadana es la relación que se establece entre los individuos en su calidad de ciudadanos y el gobierno municipal con el fin de hacer valer sus derechos e influir en las políticas y su funcionamiento. Las acciones de respuesta ante una fenómeno perturbador deben involucrar a los ciudadanos para hacerle frente de manera exitosa (Álvarez, 2007).</p>	

Función de valor	Los valores altos de este subcriterio indican una mayor presencia de elementos que favorezcan la capacidad de adaptación.		
Unidad de agregación y análisis	Municipal		
VARIABLE 2.2.1			
MECANISMOS E INSTANCIAS DE PARTICIPACIÓN CIUDADANA			
Justificación	El interés de la ciudadanía en los asuntos de la comunidad y su colaboración activa en la solución de problemáticas políticas y sociales, se debe trabajar a través mecanismos e instancias focalizados que logran vincular a la autoridad con los ciudadanos para tener una mayor capacidad de incidencia en las decisiones gubernamentales (Ramos y Reyes, 2005).		
INSUMO			
INSUMO 2.2.1.1			
EXISTENCIA DE VOLUNTARIOS, ASOCIOACIONES, ORGANIZACIONES CIVILES			
Fuente	Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Delegacionales (CNGMD, 2015)		
Escala temporal o año	2015		
Unidad geográfica	Unidad de medida	Formato	
Municipal	Binaria	XLS	
Observaciones	http://www.beta.inegi.org.mx/proyectos/censosgobierno/municipal/cngmd/2015/		
Función de valor	<p>1- Indica la existencia de voluntarios, asociaciones, organizaciones civiles.</p> <p>0 - Indica la no existencia de voluntarios, asociaciones, organizaciones civiles.</p>		

3.1.2 Atlas Nacional de Vulnerabilidad al Cambio Climático: Ficha técnica por problemática para la evaluación de la vulnerabilidad al cambio climático.

Grupo de trabajo:	Población
Objeto vulnerable:	Asentamiento humanos
Problemática	Deslaves en asentamientos humanos
Unidad de agregación:	Municipal

Justificación

La inestabilidad de laderas, es el resultado de la combinación de varios factores humanos tales como cambio de uso de suelo y deforestación, que modifican las condiciones de equilibrio de la ladera, y factores naturales tales como el relieve, el tipo de suelo, la presencia de sismos y especialmente las precipitaciones intensas. El deslave, es un caso especial de un deslizamiento, cuyo factor causante son las precipitaciones intensas que desestabilizan las laderas (OCDE, 2013).

Cada año en México ocurren numerosos casos de inestabilidad de laderas que generan impactos negativos en el ámbito social (asentamientos humanos y sus vías de comunicación) y ambiental (daños a la cubierta vegetal y al ecosistema localizado en esa zona); los estados que han mostrado mayores daños ante esta amenaza han sido Puebla, Veracruz, Oaxaca, Guerrero y Chiapas.

Entre los desastres asociados a eventos de deslaves se encuentran:

- Los ocurridos los días 5 y 6 de octubre, en la región de Teziutlán, Puebla, debido a la interacción del frente frío #5 y la depresión tropical #11 los cuales provocaron lluvias torrenciales con un total de 665 mm en 48 horas en la región Centro-Norte del estado Veracruz y noreste del estado de Puebla, en esta región es en donde fallecieron más de 200 personas. Tan solo en la colonia La Aurora, en la ciudad de Teziutlán un deslizamiento ocasionó la pérdida de 120 vidas (CENAPRED 2014).
- En septiembre del 2013, las precipitaciones generadas por el huracán Ingrid (en las costas de Veracruz y Tamaulipas) y la tormenta tropical Manuel (en la costa sur y occidente de México), afectó en diversas medidas a 19 estados de la República, Guerrero fue el estado más afectado, con 106 fallecidos y con afectaciones económicas del 10.8% de su Producto Interno Bruto (PIB) (CENAPRED, 2014).

Los eventos antes mencionados nos muestran la importancia del análisis de la vulnerabilidad de la población ante esta amenaza, como se observa en los resultados del Mapa de Inestabilidad de Laderas elaborado por el CENAPRED, en el cual cerca del 30% del país presenta susceptibilidad que va del rango medio a muy alto, aunado a la condiciones socioeconómicas y ambientales de cada municipio el análisis de la susceptibilidad de la población es importante.

Configuración de índices

El índice de vulnerabilidad expresa la interacción de los elementos que conforman la sensibilidad de la cuenca ante los deslaves por las precipitaciones intensas y la ubicación del asentamiento humano en las cuencas hidrográficas, en conjunto con la capacidad adaptativa definida a través de instrumentos de prevención y respuesta (figura 4). En la figura 5 se muestra el esquema conceptual para la integración de los indicadores para el componente de sensibilidad y en la tabla 3 se describen los criterios y subcriterios, su justificación y como aportan a la problemática. De la misma manera en la figura 6 el esquema conceptual para el componente de capacidad adaptativa y en la tabla 4 la justificación de los subcriterios y variables.

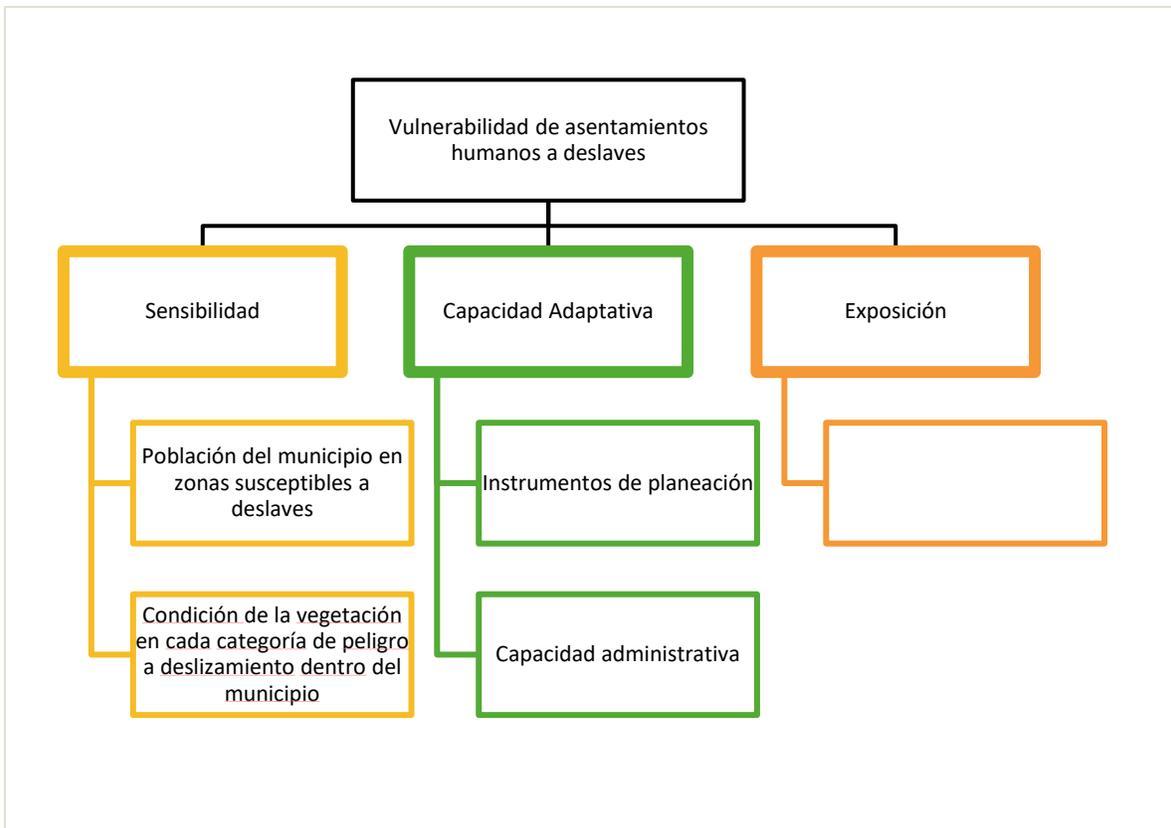


Figura 3-4 . Esquema general de vulnerabilidad de los asentamientos humanos a deslaves

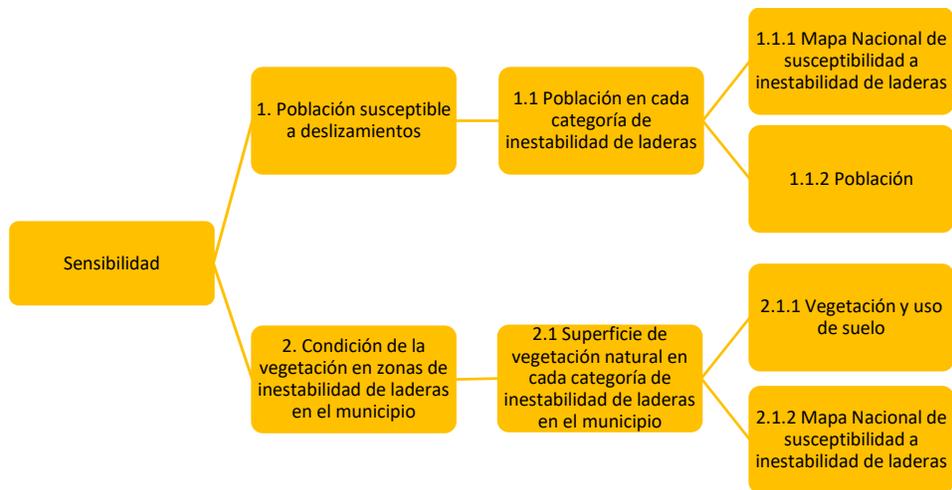
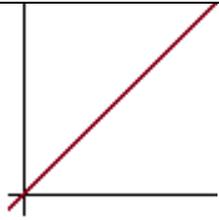


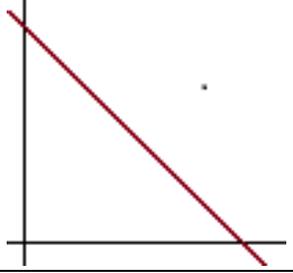
Figura 3-5. Esquema del componente de sensibilidad de la problemática “Deslaves en asentamientos humanos”.

Tabla 3-3 Ficha técnica del componente de sensibilidad de la problemática “Deslaves en asentamientos humanos”.

SENSIBILIDAD			
CRITERIO 1	POBLACIÓN SUCEPTIBLE A DESLIZAMIENTOS		
	Justificación	Las características del relieve mexicano favorece la ocurrencia de inestabilidad de laderas (Borja y Alcántara, 2004), las pérdidas humanas y materiales debido a desastres asociados a este fenómeno, por ejemplo los descritos en la justificación de la problemática, nos muestra la importancia de identificar y analizar espacialmente la población susceptible.	
	VARIABLE 1.1		
	POBLACIÓN EN CADA CATEGORÍA DE INESTABILIDAD DE LADERAS		
	Justificación	Para evaluar la sensibilidad de la población ante deslaves se debe ubicar los asentamientos humanos y su distribución en el municipio respecto a las zonas con mayor pendiente.	
	INSUMOS		
	INSUMO 1.1.1		
	MAPA NACIONAL DE SUSCEPTIBILIDAD A INESTABILIDAD DE LADERAS		
	Fuente	CENAPRED	
	Escala temporal o año	2015	
	Unidad geográfica	Unidad de medida	Formato
	Municipio	-	Shapefile
	Observaciones	Para la evaluación de la sensibilidad de la población ante los procesos de inestabilidad de laderas se debe ubicar los asentamientos humanos y su distribución en el municipio respecto las zonas susceptibles a inestabilidad. Este insumo está elaborado por el CENAPRED para el proyecto <i>Generación de insumos para el Atlas Nacional de Riesgos</i> . Para la elaboración de este mapa CENAPRED utilizó tres variables: Pendiente, geología y cobertura vegetal y uso de suelo (a partir del mapa de densidad forestal de la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR).	
	INSUMO 1.1.2		
	POBLACIÓN		
Fuente	INEGI		
Escala temporal o año	2010		
Unidad geográfica	Unidad de medida	Formato	

Localidad	Población total y población relativa	Shapefile
Observaciones	A partir de esta delimitación se localizarán los asentamientos que se encuentren en estas áreas, ya que serán los que tengan una mayor susceptibilidad a los deslaves	
Función de valor	Mientras mayor sea el número de habitantes localizados en zonas susceptibles a inestabilidad de laderas, mayor susceptibilidad tendrá el municipio a sufrir daños y pérdidas humanas.	

CRITERIO 2	CONDICIÓN DE LA VEGETACIÓN EN ZONAS DE INESTABILIDAD DE LADERAS EN EL MUNICIPIO		
	Justificación	Una mayor cobertura de vegetación natural al interior de la cuenca proporciona un mayor sostén natural de la tierra y controla los procesos de inestabilidad de laderas mientras que las áreas con porcentaje menor tiene una respuesta menor ante los deslaves (Domínguez-Cuesta y Bobrowsky, 2013).	
	VARIABLE 2.1		
	SUPERFICIE DE VEGETACIÓN NATURAL EN CADA CATEGORÍA DE INESTABILIDAD DE LADERAS EN EL MUNICIPIO		
	Justificación	La vegetación es un factor importante en la estabilidad de una ladera, la ausencia de vegetación afecta la cantidad de agua que alcanza el nivel del suelo, el contenido de humedad y la escorrentía superficial (Domínguez-Cuesta y Bobrowsky, 2013) Las ramas, hojas y raíces captan el agua de las precipitaciones disminuyendo el escurrimiento superficial; además proporcionan retención del suelo, brindando estabilidad a las laderas.	
	INSUMOS		
	INSUMO 2.1.1		
	VEGETACIÓN Y USO DE SUELO		
	Fuente	Serie V INEGI	
	Escala temporal o año	2013-2015	
Unidad geográfica	Unidad de medida	Formato	
Cuenca	Km ² y/o ha	Shapefile	

Observaciones	La justificación de la asignación de los pesos para cada categoría están descritos en el apartado 3.1.2 <i>Vegetación natural</i> .		
Función de valor	A mayor cobertura de vegetación natural en la cuenca, menor sensibilidad a inestabilidad de laderas.		
INSUMO 2.1.2			
MAPA NACIONAL DE SUSCEPTIBILIDAD A INESTABILIDAD DE LADERAS			
Fuente	CENAPRED		
Escala temporal o año	2015		
Unidad geográfica	Unidad de medida	Formato	
Municipio	-	Shapefile	
Observaciones	La susceptibilidad, de acuerdo a la definición de CENAPRED, es una propiedad del terreno que nos indica qué tan favorable son las condiciones de este, para que pueda ocurrir una inestabilidad. Solo considera factores intrínsecos (materiales naturales de las laderas) sin tomar en cuenta factores desencadenantes, (precipitación o sismicidad). Este insumo lo integran tres factores: Pendiente, geología y densidad forestal y uso de suelo.		

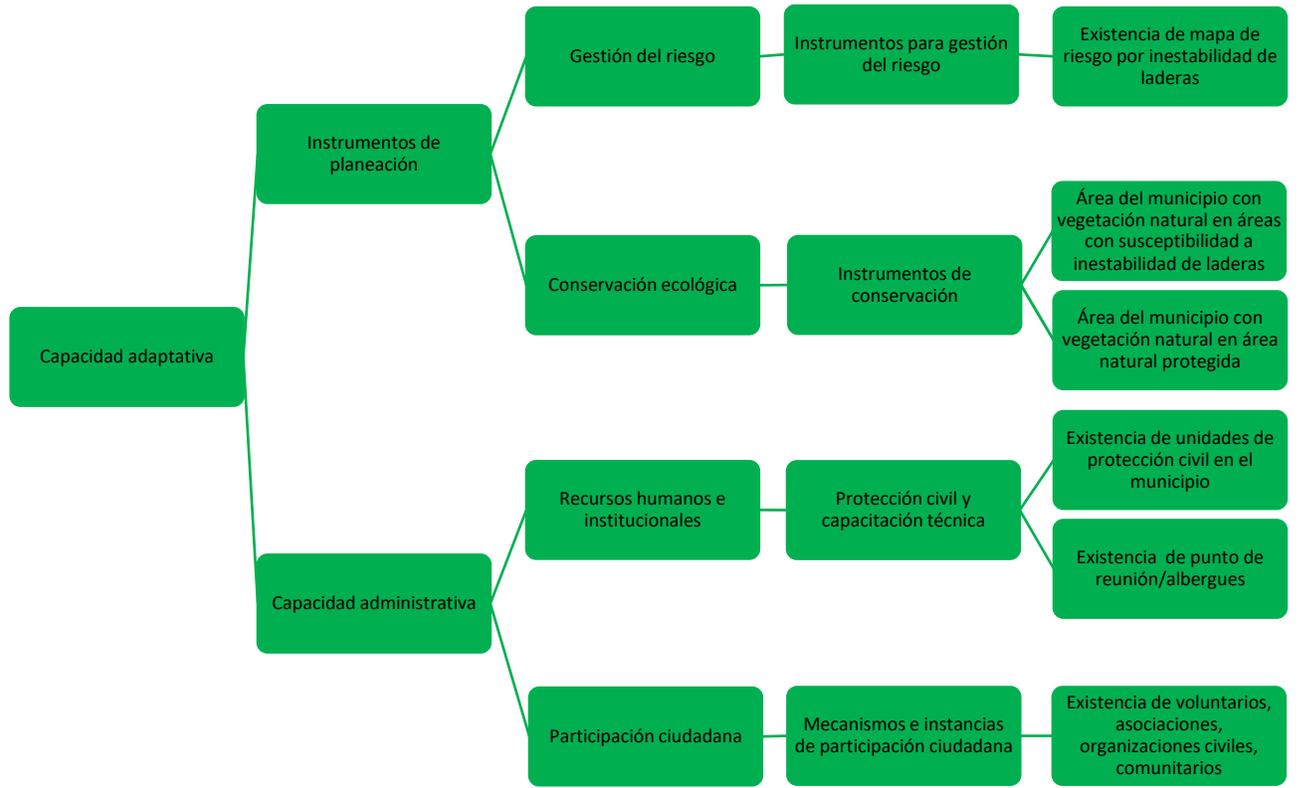
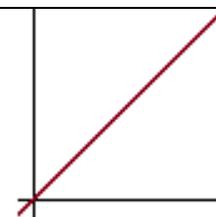


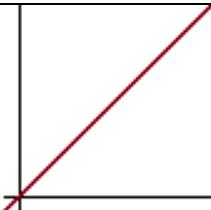
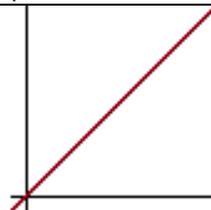
Figura 3-6. Esquema del componente capacidad adaptativa de la problemática “Deslaves en asentamientos humanos”.

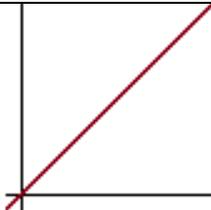
Tabla 3-4. Ficha técnica para el componente de capacidad adaptativa de la problemática “Deslaves en asentamientos humanos”

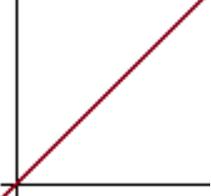
CAPACIDAD ADAPTATIVA		
CRITERIO 1	INSTRUMENTOS DE PLANEACIÓN	
	Justificación	Entre los instrumentos de planeación se encuentran los planes de ordenamiento territorial, planes de desarrollo y los relacionados a la gestión del riesgo. La importancia de estos instrumentos radica en la contribución que dan para el desarrollo, ocupación y construcción segura del territorio, desarrollando una reglamentación y regulación en la ocupación del territorio para disminuir el riesgo de desastre (UNGRD, 2015).
	SUBCRITERIO 1.1	
	GESTIÓN DE RIESGO	
	Justificación	La gestión del riesgo depende esencialmente de la identificación y análisis de la amenaza, en este caso de inestabilidad, de laderas, la aplicación de medidas de prevención y mitigación y las acciones para las fases posteriores de atención y reconstrucción (CEPAL, 2007). Para la problemática abordada los instrumentos de gestión del riesgo permiten aumentar la capacidad adaptativa al tener identificados las zonas susceptibles así como los municipios que podrían ser afectados ante la ocurrencia de este fenómeno.
	Valor de función	Valores altos de este subcriterio indican una mejor capacidad adaptativa.
	Unidad de agregación y análisis	Municipal
	VARIABLE 1.1.1	
	INSTRUMENTOS PARA LA GESTIÓN DEL RIESGO	
	Justificación	La identificación y análisis de la amenaza mediante los mapas de riesgo por inestabilidad de laderas sirve como base para la elaboración de planes y acciones encaminados a la reducción del riesgo de desastre (CEPAL, 2007).
INSUMOS		
INSUMO 1.1.1.1		
MAPA DE RIESGO POR INESTABILIDAD DE LADERAS		

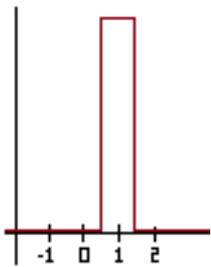


Fuente	CENAPRED		
Escala temporal o año	2010 – 2016		
Unidad geográfica	Unidad de medida	Formato	
Municipal	Binaria	Shapefile	
Observaciones	<p>Los fenómenos geológicos que se integran son:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sismos • Erupciones • Volcánicas • Tsunamis • Inestabilidad de laderas • Hundimientos 		
Función de valor	<p>1- indica que se cuenta con un mapa de susceptibilidad a procesos de remoción en masas</p> <p>0 - indica que no se cuenta con un mapa de susceptibilidad a procesos de remoción en masas</p>		
SUBCRITERIO 1.2			
CONSERVACIÓN ECOLÓGICA			
Justificación	<p>La pérdida de vegetación y el cambio de uso de suelo afecta de manera directa a la dinámica de las pendientes y su estabilidad (Domínguez-Cuesta y Bobrowsky, 2013), ante este escenario los programas de protección de los recursos naturales (flora, suelo y agua) permiten reducir la susceptibilidad ante los efectos de esta amenaza (CONANP, 2015).</p>		
Valor de la función	<p>Mayor área del municipio con un programa de conservación favorece la capacidad adaptativa.</p>		
Unidad e agregación y análisis	Municipal		
VARIABLE 1.2.1			
INSTRUMENTOS DE CONSERVACIÓN			
Justificación	<p>Las áreas naturales protegidas (ANP) son instrumentos que ayudan en la reducción de riesgo de desastres, no solo de los sistemas naturales también de la sociedad. A parte de conservar la biodiversidad, las ANP aseguran una gran cantidad de servicios ambientales para la sociedad, la</p>		

	más importante para este apartado la prevención de deslizamiento o derrumbes (Amend, 2010).	
INSUMOS		
INSUMO 1.2.1.1		
ÁREA DEL MUNICIPIO CON VEGETACIÓN NATURAL EN ÁREAS CON SUSCEPTIBILIDAD ALTA A INESTABILIDAD DE LADERAS		
Fuente	INEGI y CENAPRED	
Escala temporal o año	-	
Unidad geográfica	Unidad de medida	Formato
municipal	Km ² y %	Shapefile
Observaciones	Este insumo está compuesto por dos <i>sub-insumos</i> , el mapa de susceptibilidad a inestabilidad de laderas y el mapa de vegetación natural serie V de INEGI.	
Función de valor	A mayor superficie con vegetación natural en áreas con susceptibilidad alta a muy alta de inestabilidad de laderas mayor capacidad adaptativa.	
INSUMO 1.2.1.2		
ÁREA DEL MUNICIPIO CON VEGETACIÓN NATURAL EN ÁREA NATURAL PROTEGIDA		
Fuente	CONANP	
Escala temporal o año	2007	
Unidad geográfica	Unidad de medida	Formato
Municipal	Km ² y %	Shapefile
Observaciones	De acuerdo con la información recabada este insumo se divide en Áreas Naturales Protegida nacionales, estatales y municipales	
Función de valor	A mayor superficie del municipio con vegetación natural en área natural protegida mayor capacidad adaptativa.	
CRITERIO 2	CAPACIDAD ADMINISTRATIVA	
	Justificación	La capacidad administrativa se define como las habilidades técnicas y burocráticas del aparato municipal requeridas para alcanzar los objetivos propuestos para disminuir la susceptibilidad a determinada amenaza. Esta

	capacidad está conformada por el recurso humano en cada institución y/o áreas, su tipo de capacitación y entrenamiento (Rosas, 2011).		
SUBCRITERIO 2.1			
RECURSOS HUMANOS E INSTITUCIONALES			
Justificación	Conocer los recursos institucionales y humanos para hacer frente a una amenaza natural como los deslizamientos, así como la existencia de planes de capacitación técnica contribuye a la reducción del riesgo y permite dar una respuesta adecuada en caso de materialización del mismo (Aragón, 2008).		
Valor de función	Los valores altos de este subcriterio indican una mayor presencia de elementos que favorezcan la capacidad de adaptación.		
Unidad de agregación y análisis	Municipal		
VARIABLE 2.1.1			
PROTECCIÓN CIVIL Y CAPACITACIÓN TÉCNICA			
Justificación	Para hacer frente a la problemática de los deslizamientos en asentamientos humanos es importante contar con un sistema de protección civil y que el personal cuente con la capacitación adecuada. Las acciones a realizar que son descritas en diversos programas o instrumentos de gestión del riesgo (por ejemplo en los atlas de riesgo) no tendrán éxito si no se da una capacitación adecuada a los actores involucrados a nivel municipal (OCDE, 2013).		
INSUMOS			
INSUMO 2.1.1.1			
EXISTENCIA UNIDADES DE PROTECCIÓN CIVIL EN EL MUNICIPIO			
Fuente	Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Delegacionales (CNGMD, 2015)		
Escala temporal o año	2015		
Unidad geográfica	Unidad de medida	Formato	
Municipal	Binaria	XLS	
Observaciones	http://www.beta.inegi.org.mx/proyectos/censosgobierno/municipal/cngmd/2015/		

Función de valor	1- Indica la existencia de unidades de protección civil en el municipio. 0 - Indica la no existencia de unidades de protección civil en el municipio.	
INSUMO 2.1.1.2		
EXISTENCIA DE PUNTOS DE REUNIÓN/ALBERGUES		
Fuente	Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Delegacionales (CNGMD, 2015)	
Escala temporal o año	2015	
Unidad geográfica	Unidad de medida	Formato
Municipal	Binaria	XLS
Observaciones	http://www.beta.inegi.org.mx/proyectos/censosgobierno/municipal/cngmd/2015/	
Función de valor	1- Indica la existencia de puntos de reunión/albergues. 0 - Indica la no existencia de puntos de reunión/albergues.	
SUBCRITERIO 2.2		
PARTICIPACIÓN CIUDADANA		
Justificación	Para reducir la susceptibilidad ante amenazas naturales se requiere de la participación ciudadana. La participación de la comunidad en el diseño y ejecución de las herramientas para hacer frente al desastre garantizan que estas estén adaptadas a las necesidades de la población (EIRD, 2008).	
Valor de función	Los valores altos de este subcriterio indican una mayor presencia de elementos que favorezcan la capacidad adaptativa	
Unidad de agregación y análisis	Municipal	
VARIABLE 2.2.1		

MECANISMOS E INSTANCIAS DE PARTICIPACIÓN CIUDADANA		
Justificación	Para garantizar el derecho de la ciudadanía a participar en la vida política, administrativa y económica de su municipio existen los mecanismos de participación ciudadana, a través de estos mecanismos las personas tienen un papel activo en los procesos que implican la toma de decisiones que repercuten en el territorio que habitan, disminuyendo la susceptibilidad ante determinada amenaza, en este caso partículas a los deslaves (Lungo y Baires, 1996)	
INSUMO		
INSUMO 2.2.1.1		
EXISTENCIA DE VOLUNTARIOS, ASOCIACIONES, ORGANIZACIONES CIVILES		
Fuente	Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Delegacionales (CNGMD, 2015)	
Escala temporal o año	2015	
Unidad geográfica	Unidad de medida	Formato
Municipal	Binaria	XLS
Observaciones	http://www.beta.inegi.org.mx/proyectos/censosgobierno/municipal/cngmd/2015/	
Función de valor	<p>1- Indica la existencia de voluntarios, asociaciones, organizaciones civiles.</p> <p>0 - Indica la no existencia de voluntarios, asociaciones, organizaciones civiles.</p>	

3.1.3 Atlas Nacional de Vulnerabilidad al Cambio Climático: Ficha técnica por problemática para la evaluación de la vulnerabilidad al cambio climático.

Grupo de trabajo:	Actividades productivas
Objeto Vulnerable:	Ganadería extensiva
Problemática	Ganadería extensiva susceptible a inundaciones
Unidad de agregación:	Municipal

Justificación

El territorio nacional se encuentra expuesto a una gran variedad de fenómenos hidrometeorológicos, los cuales ocasionan precipitaciones intensas que provocan inundaciones, deslaves y otras afectaciones a la población. De acuerdo con CONAGUA (2011) la inundación se define “como la invasión de agua por el exceso de escurrimiento superficial o por acumulación en los terrenos planos provocada por insuficiencia en el drenaje natural o artificial”. La magnitud de una inundación depende de la intensidad de las lluvias, su distribución espacial, el tamaño y forma de la cuenca hidrológica, entre otros factores. Las afectaciones de las inundaciones en México son un problema importante debido a la frecuencia de su ocurrencia y su magnitud. Uno de los sectores que se ha visto afectado por las inundaciones son las actividades productivas primarias, específicamente la ganadería extensiva debido al aprovechamiento de las llanuras, para la crianza y pastoreo del ganado.

La ganadería extensiva es un sistema de producción que se realiza en grandes terrenos donde los animales son alimentados de manera libre, aprovechando los recursos naturales (INEGI, 2010). Este tipo de ganadería es la más desarrollada en México, en la parte centro y sur del territorio nacional, en los estados de Michoacán, Jalisco, Veracruz, Tabasco y Chiapas. De acuerdo al INEGI (2010), Veracruz es el primer productor de bovino con 261,581 toneladas (15.1% del total nacional), le sigue Jalisco con 180,292 (10.8%), y Chiapas con 108,032 (6.2%). La práctica de la ganadería repercute en distintos aspectos del orden social y económico, por lo que es de vital importancia el estudio y análisis de los desastres que afecten esta actividad productiva.

Los daños en el sector pecuario por inundaciones son:

- Muerte del ganado por ahogamiento
- Pérdida de peso y producción del ganado
- Afectación al ciclo reproductivo del ganado
- Enfermedades por exposición a lodo y materia fecal por anegamiento en los potreros

Configuración de índices

El índice de vulnerabilidad expresa la relación entre la exposición, expresado mediante el umbral de saturación del suelo por precipitación, la sensibilidad, que está compuesta por dos criterios, la repuesta hidrológica de la cuenca y zonas ganaderas susceptibles a inundaciones y la capacidad adaptativa dividida en los criterios de prevención y respuesta (Figura 7). En la figura 8 se muestra el esquema conceptual para la integración de los indicadores para el componente de sensibilidad y en la tabla 5 se describen los criterios y subcriterios, su justificación y como aportan a la problemática. De la misma manera en la figura 11 el esquema conceptual para el componente de capacidad adaptativa y en la tabla 7 la justificación de los subcriterios y variables.

Figura 3-7 Esquema general de “Ganadería extensiva susceptible a inundaciones”

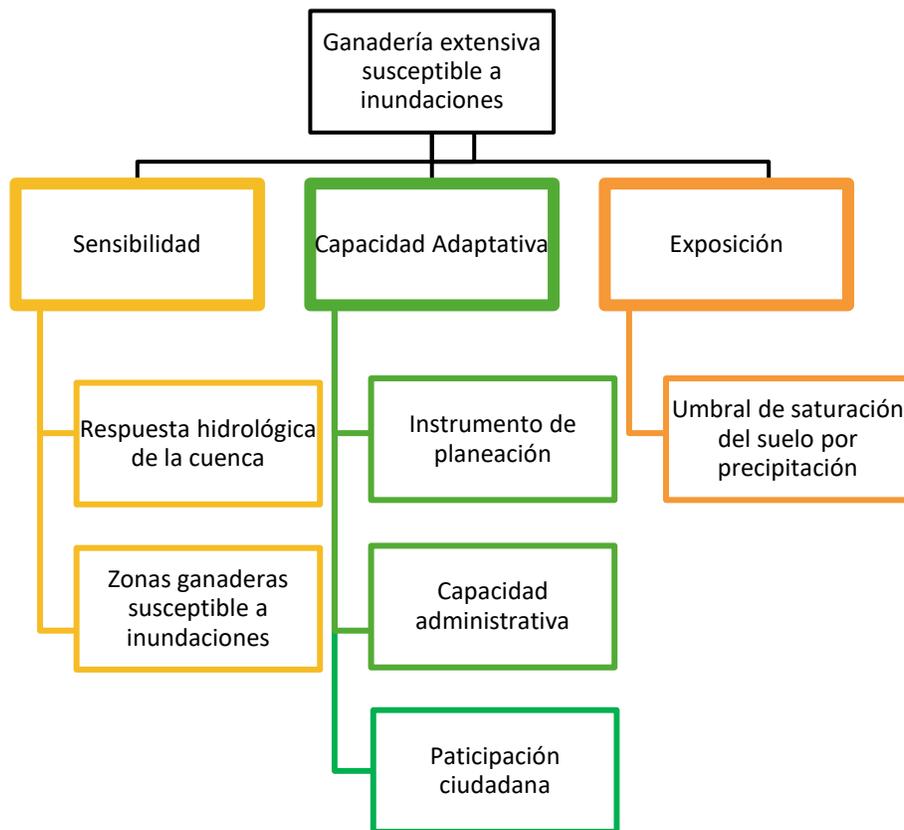


Figura 3-8. Esquema del componente de sensibilidad de la problemática “Ganadería extensiva susceptible a inundaciones”



Tabla 3-5. Ficha técnica del componente de sensibilidad de la problemática “Ganadería extensiva susceptible a inundaciones”

SENSIBILIDAD

CRITERIO 1

RESPUESTA HIDROLÓGICA DE LA CUENCA

Justificación Entre los factores que interviene intensificando o atenuando un evento de crecida están las características físicas de la cuenca, como la topografía, densidad de la red de drenaje, forma de la cuenca y densidad y tipo de cobertura vegetal (Ollero, 1997). Estas dos últimas son las variables que se utilizan para medir la sensibilidad de la cuenca ante inundaciones.

VARIABLE 1.1

ÍNDICE DE COMPACIDAD DE LA O LAS CUENCAS EN LOS MUNICIPIOS

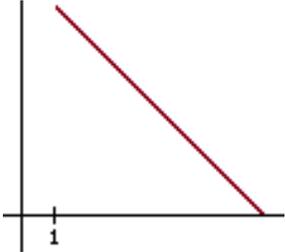
Justificación Las inundaciones tienen efectos desfavorables sobre la ganadería al propiciar epidemias, incrementar la mortalidad por enfermedades y reducir la producción (Hernández *et al.*, 2006). En este sentido es importante analizar a la cuenca hidrológica y como es su respuesta ante un evento de precipitación. Como ejemplo, basándose en el Índice de Compacidad, las cuencas con forma redonda a oval redonda favorecen las crecidas más acusadas y súbitas (Ortiz-Vera, 2015).

INSUMOS

INSUMO 1.1.1

ÍNDICE DE COMPACIDAD (Kc)

Fuente Elaboración propia con base en la delimitación de las cuencas CONAGUA.

Escala temporal o año	N/A	
Unidad geográfica	Unidad de medida	Formato
Cuenca	Adimensional	Shapefile
Observaciones	Los valores más cercanos a 1 del índice de compacidad indican una respuesta hidrológica de mayor concentración de los escurrimientos superficiales y mayor riesgo de inundación (Ortiz-Vera, 2015). La justificación de la ponderación para cada categoría del índice de compacidad está descrita en el apartado 3.1.1 <i>Coefficiente de compacidad de Gravelius (Kc)</i> .	
Función de valor	Mientras más cercano es el valor del índice de compacidad a la unidad mayor susceptibilidad a inundaciones.	

VARIABLE 1.2

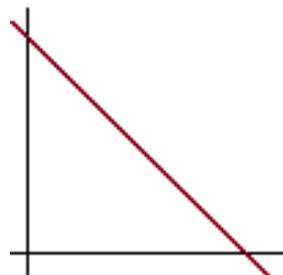
PORCENTAJE DE VEGETACIÓN NATURAL DE LA O LAS CUENCAS EN LOS MUNICIPIOS

Justificación	El desarrollo urbano y la deforestación modifican la funcionalidad de la vegetación en la cuenca, aumentando la susceptibilidad de la población, sus bienes y sus medios de vida, en este caso la ganadería extensiva ante las inundaciones. La distribución espacial de la vegetación natural es un indicador para conocer el estado ambiental de una cuenca y su capacidad para mantener funciones y servicios fundamentales para el ambiente y el ser humano (Cuevas et al., 2010a).
---------------	---

INSUMOS

INSUMO 1.1.2**VEGETACIÓN NATURAL**

Fuente	Serie V INEGI	
Escala temporal o año	2013-2015	
Unidad geográfica	Unidad de medida	Formato
Cuenca	Km ² y/o ha	Shapefile
Observaciones	La justificación de la asignación de los pesos para cada categoría está descritos en el apartado 3.1.2 <i>Vegetación natural</i> .	
Función de valor	Mientras mayor cobertura vegetal se tenga en la cuenca menor sensibilidad a inundaciones tendrá el objeto vulnerable.	

**CRITERIO 2****ZONAS GANADERAS SUSCEPTIBLE A INUNDACIONES**

Justificación	El territorio juega un papel importante ante la inundación, dado la naturaleza de esta actividad económica que utiliza grandes áreas de terreno para llevar a cabo el pastoreo de los animales, por lo que es de suma importancia conocer la distribución de las zonas pecuarias en el municipio y la interacción con la amenaza analizada en esta problemática.
---------------	--

VARIABLE 2.1

ÁREA CON USO DE SUELO PECUARIO (TOTAL Y %) EN ZONAS SUSCEPTIBLES A INUNDACIÓN

Justificación Conocer la distribución de las zonas utilizadas para el pastoreo de ganado y su cercanía a las zonas susceptibles a inundación es importante, ya que nos indicaría la sensibilidad de esta actividad productiva a nivel municipal ante las inundaciones.

INSUMOS

INSUMO 2.1.1

ZONAS INUNDABLES

Fuente INE (Ahora INECC)

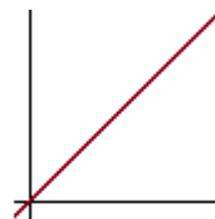
Escala temporal o año 2010

Unidad geográfica Unidad de medida Formato

Cuenca - Shapefile

Observaciones Para la evaluación de la sensibilidad de la ganadería extensiva ante las inundaciones es preciso ubicar las zonas con uso de suelo pecuario y su distribución en el municipio respecto las zonas inundables, para la construcción de la variable área con uso de suelo pecuario (total y %) en zonas susceptibles a inundación” se utilizó el subinsumo *limite municipal* de INEGI.

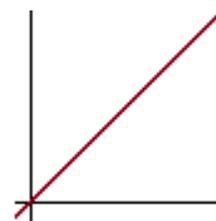
Función de valor A mayor área de uso de suelo pecuario dentro de las zonas inundables mayor sensibilidad tiene el municipio a las inundaciones.



INSUMO 2.1.2

USO DE SUELO

Fuente	INEGI serie V	
Escala temporal o año	2014	
Unidad geográfica	Unidad de medida	Formato
Localidad	Km ² y/o ha	Shapefile
Observaciones	Se utilizará solo el uso de suelo agropecuario ya que es el que se asociaría con la ganadería extensiva.	
Función de valor	A mayor área con uso de suelo agropecuario en zonas inundables, mayor es la susceptibilidad a sufrir pérdidas en el sector ganadero por inundaciones.	



La capacidad adaptativa de esta problemática se trabajó en conjunto con la de “producción forrajera susceptible a inundaciones”, después de las reuniones con las instituciones enfocadas a este objeto vulnerable, se llegó a este acuerdo; por lo que el esquema conceptual y la ficha técnica de la capacidad adaptativa se encuentra en la siguiente problemática.

3.1.4 Atlas Nacional de Vulnerabilidad al Cambio Climático: Ficha técnica por problemática para la evaluación de la vulnerabilidad al cambio climático.

Grupo de trabajo:	Actividades productivas
Objeto Vulnerable:	Producción forrajera
Problemática	Producción forrajera susceptible a inundaciones
Unidad de agregación:	Municipal

Justificación

El desarrollo y expansión de la ganadería no sería posible sin el insumo adecuado para alimentar al ganado, de acuerdo con datos de SAGARPA (2011), una de cada tres toneladas de forraje se produce en tres estados: Jalisco (13.6%), Chihuahua (8.9%) y Oaxaca (8.3%). En 2010 México destinó una de cada dos hectáreas sembradas a la producción de cultivos forrajeros, de acuerdo con el Inventario Nacional Ganadero entre 2005 y 2009 se destinaron 108 millones de toneladas de forraje para alimentar a 63.2 millones de cabezas de ganado y 489.2 millones de aves.

Los datos anteriores muestran la importancia de esta actividad productiva en el México, por lo que es relevante conocer la situación actual de este objeto con respecto a una de las amenazas hidrometeorológicas que más afecta a México: las inundaciones.

México ha sufrido año con año los embates de las inundaciones en mayor o menor medida (CENAPRED, 2017) datos concisos y exactos de las perdidas en el sector agrícola no se tienen sin embargo la literatura menciona lo siguiente (Bologna, 2012):

- La recuperación de la producción de forraje no ocurre de manera inmediata después de un evento de inundación.
- Después de la inundación, la producción de pasturas remanentes puede reducirse entre el 20 al 80% durante tres a seis meses dependiendo el tipo de suelo e inundación.
- El rebrote y la producción de hojas se vuelve lenta después de la inundación.

Configuración de índices

El índice de vulnerabilidad expresa la relación entre la exposición, expresado mediante el umbral de saturación del suelo por precipitación, la sensibilidad, que está compuesta por dos criterios, la repuesta hidrológica de la cuenca y producción forrajera susceptibles a inundaciones y la capacidad adaptativa dividida en los criterios de prevención y respuesta (Figura 9). En la figura 10 se muestra el esquema conceptual para la integración de los indicadores para el componente de sensibilidad y en la tabla 6 se describen los criterios y subcriterios, su justificación y como aportan a la problemática. De la misma manera en la figura 11 el esquema conceptual para el componente de capacidad adaptativa y en la tabla 7 la justificación de los subcriterios y variables.

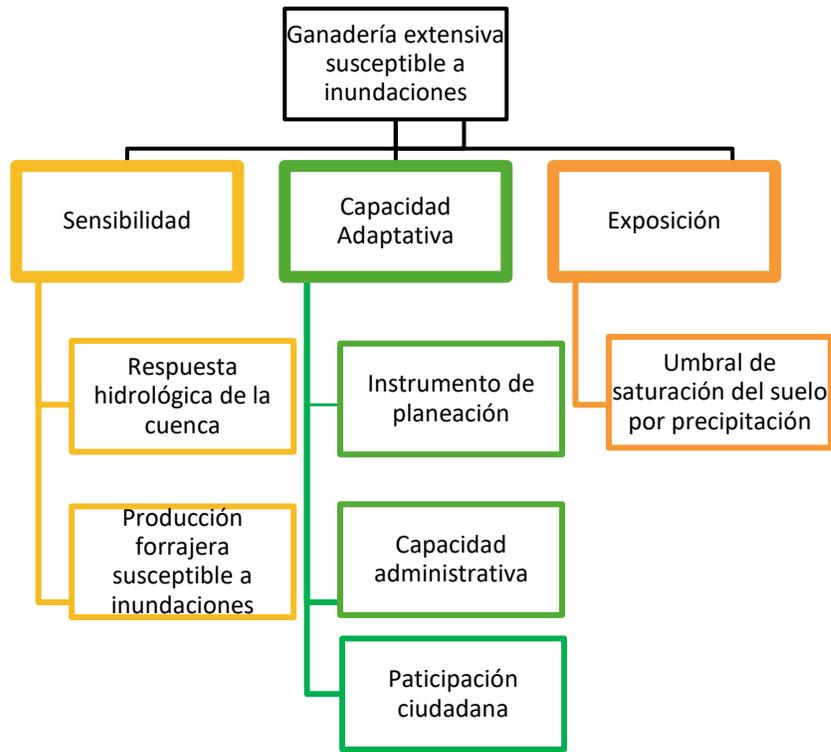


Figura 3-9. Esquema general de vulnerabilidad de la producción forrajera susceptible a inundaciones

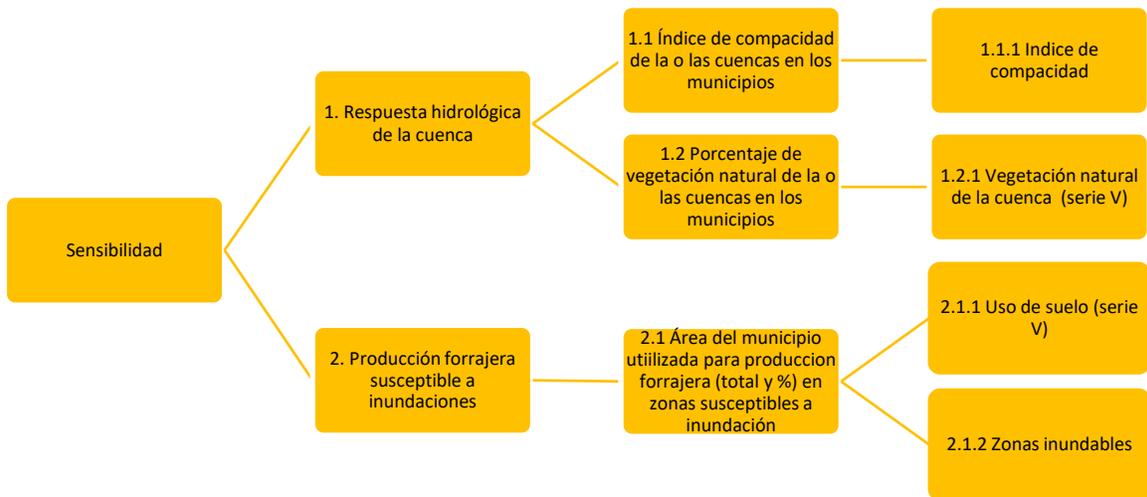


Figura 3-10. Esquema del componente de sensibilidad de la problemática “Producción forrajera susceptible a inundaciones”

Tabla 3-6. Ficha técnica del componente de sensibilidad de la problemática “Producción forrajera susceptible a inundaciones”

SENSIBILIDAD

CRITERIO 1

RESPUESTA HIDROLÓGICA DE LA CUENCA

Entre las funciones hidrológica de la cuenca están la captación de agua de las precipitaciones, el almacenamiento del agua y la descarga del escurrimiento en la salida de la cuenca, estas funciones están moderadas por la geomorfología de la cuenca, la vegetación y su uso de suelo (Cruz et al., 2015). Para este criterio se tomó en cuenta la forma de la cuenca (índice de compacidad de Gravelius) y la cobertura vegetal como variables que regulan el escurrimiento superficial y las inundaciones.

VARIABLE 1.1

ÍNDICE DE COMPACIDAD DE LA O LAS CUENCAS EN LOS MUNICIPIOS

Justificación

Las inundaciones afectan los cultivos, la reserva de alimentos, infraestructura, herramientas y en algunos casos obliga al desplazamiento de comunidades enteras (Gamarra, 2015). El conocimiento de la dinámica hidrológica es imprescindible para conocer la vulnerabilidad del sector agrícola, específicamente de la producción forrajera. Una de las formas de conocer la respuesta de la cuenca ante precipitaciones extremas es mediante el índice de Compacidad (Ortiz- Vera, 2015).

INSUMOS

INSUMO 1.1.1**ÍNDICE DE COMPACIDAD (K_c)**

Fuente Elaboración propia con base en la delimitación de las cuencas CONAGUA.

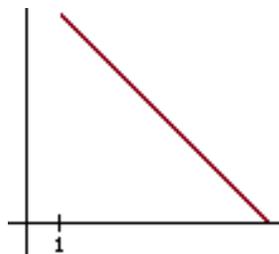
Escala temporal o año N/A

Unidad geográfica Unidad de medida Formato

Cuenca Adimensional Shapefile

Observaciones El índice de compacidad de Gravelius muestra la compacidad de una cuenca a través de la relación entre el perímetro de la cuenca y el de un círculo que tenga la misma área. Cuando más cercano es el índice a uno se considera que la cuenca es más compacta (González, 2004). La justificación de la ponderación para cada categoría del índice de compacidad está descrita en el apartado 3.1.1 *Coficiente de compacidad de Gravelius (K_c)*.

Función de valor Mientras más compacta es la cuenca (K_c igual o cercana a 1) mayor susceptibilidad tendrá a las inundaciones.

**VARIABLE 1.2****PORCENTAJE DE VEGETACIÓN NATURAL DE LA O LAS CUENCAS EN LOS MUNICIPIOS**

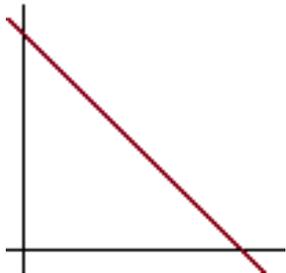
Justificación La pérdida de vegetación en una cuenca implica una pérdida de biodiversidad y un mayor riesgo a inundaciones. La vegetación natural juega un papel fundamental en las

cuencas, mantiene la calidad del agua, regulan la cantidad de esta en los cauces, protege el suelo de la erosión, controla las inundaciones, entre otras funciones. (Cuevas *et al.*, 2010a).

INSUMOS

INSUMO 1.1.2

VEGETACIÓN NATURAL

Fuente	Serie V INEGI	
Escala temporal o año	2013-2015	
Unidad geográfica	Unidad de medida	Formato
Cuenca	Km ² y/o ha	Shapefile
Observaciones	La justificación de la asignación de los pesos para cada categoría están descritos en el apartado 3.1.2 <i>Vegetación natural</i> .	
Función de valor	Una mayor cobertura de vegetación natural al interior de la cuenca ayuda a disminuir la sensibilidad ante inundaciones en la cuenca.	

CRITERIO 2

PRODUCCIÓN FORRAJERA SUSCEPTIBLE A INUNDACIONES

Justificación Los efectos de las inundaciones sobre la agricultura son: la destrucción de los cultivos al quedar cubiertos total o parcialmente por el agua, presencia de plagas y pérdidas de rendimiento agrícola de los cultivos (Ponvert-Delisle et al., 2007) por lo anteriormente enunciado es importante conocer cuan susceptible son las áreas destinadas a la producción agrícola en los municipios a las inundaciones.

VARIABLE 2.1**ÁREA DEL MUNICIPIO UTILIZADA PARA PRODUCCION FORRAJERA (TOTAL Y %) EN ZONAS SUSCEPTIBLES A INUNDACIÓN**

Justificación Las inundaciones afectan a la producción forrajera no solo durante el evento, también después de este, por ello es de vital importancia la localización del área del municipio con producción forrajera, y sí ésta se encuentra dentro de una zona inundable.

INSUMOS**INSUMO 2.1.1****USO DE SUELO**

Fuente INEGI serie V

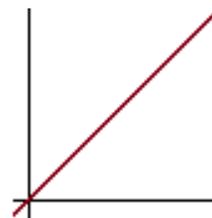
Escala temporal 2014
o año

Unidad geográfica **Unidad de medida** **Formato**

Localidad **Km² y/o ha** **Shapefile**

Observaciones

Función de valor Mientras mayor área con uso de suelo de pastizal cultivado en zonas inundables se tenga, mayor es la sensibilidad a inundaciones.

**INSUMO 2.1.2**

ZONAS INUNDABLES

Fuente INE (Ahora INECC)

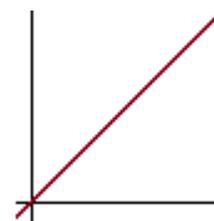
Escala temporal o año 2010

Unidad geográfica Unidad de medida **Formato**

Cuenca - **Shapefile**

Observaciones Para la evaluación de la sensibilidad de la producción forrajera ante las inundaciones es preciso ubicar las zonas con uso de suelo pastizal cultivado y su distribución en el municipio respecto las zonas inundables, para la construcción de la variable área con uso de suelo pastizal cultivado (total y %) en zonas susceptibles a inundación se utilizó el subinsumo limite municipal de INEGI.

Función de valor A mayor área de uso de suelo de pastizal cultivado dentro de las zonas inundables mayor sensibilidad tiene el municipio a las inundaciones.



La capacidad adaptativa de esta problemática se trabajó en conjunto con la de “Ganadería extensiva susceptible a inundaciones” atendiendo a las recomendaciones dadas por SAGARPA,

dado que los programas que se propusieron para la integración conceptual de la capacidad adaptativa inciden en ambas. Quedando el esquema conceptual de la siguiente manera.

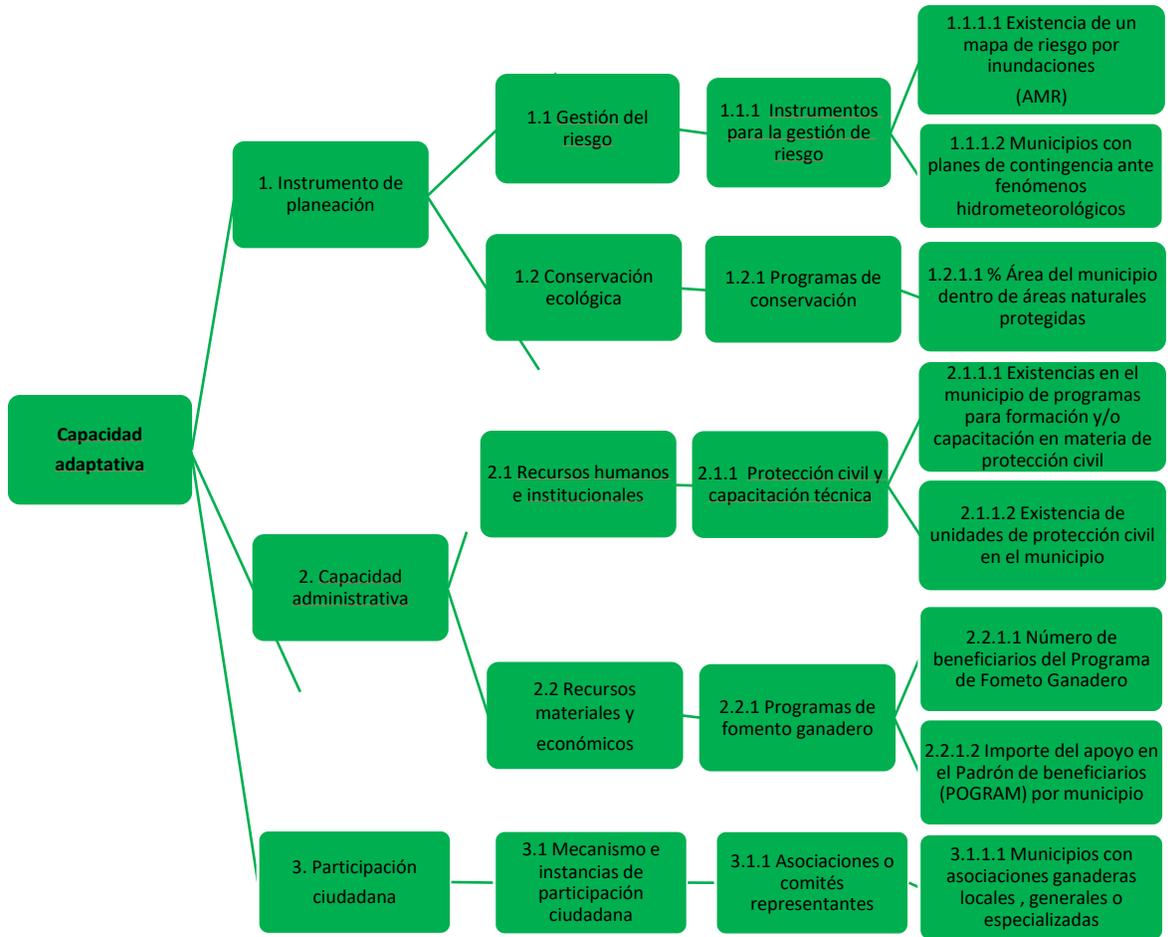
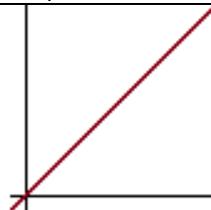
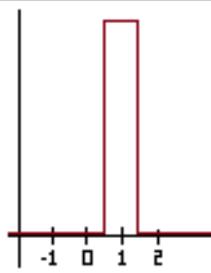
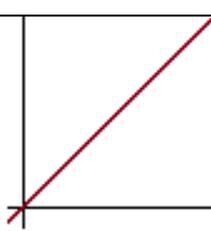
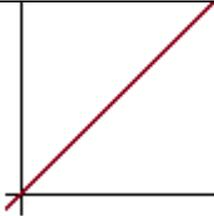
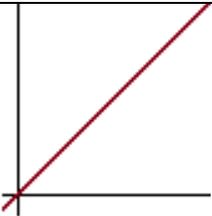


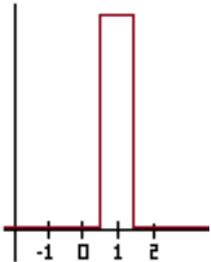
Figura 3-11. Esquema del componente capacidad adaptativa de la problemática “Producción forrajera susceptible a inundaciones” y “Ganadería extensiva susceptible a inundaciones”.

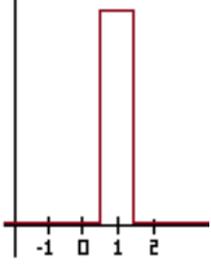
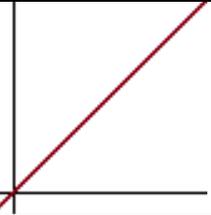
Tabla 3-7. Ficha técnica del componente de sensibilidad de la problemática “Producción forrajera susceptible a inundaciones”

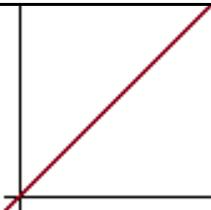
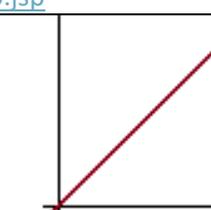
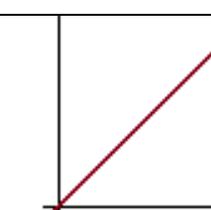
CAPACIDAD ADAPTATIVA		
CRITERIO 1	INSTRUMENTOS DE PLANEACIÓN	
		Los instrumentos y proyectos de planeación enfocados en el ordenamiento territorial y gestión de riesgo (como los planes de ordenamiento, atlas de riesgo, plan de desarrollo municipal, etc.). Muestran un panorama de la interacción y desarrollo de la población y el territorio en el que se asientan, proporcionando información sobre cuáles son las áreas donde se deben de dar prioridad ante determinada amenaza (UNGRD, 2015).
	SUBCRITERIO 1.1	
	GESTIÓN DE RIESGO	
	Justificación	La actividad agropecuaria es altamente sensible a las amenazas de carácter hidrometeorológico, debido a las condiciones en las que se desarrolla, como la ganadería extensiva y la agricultura de temporal. El control y manejo del riesgo así como los instrumentos de gestión en el sector agropecuario debe reducir el impacto de los eventos hidrometeorológicos y aumentar la capacidad adaptativa (Meza, 2014).
	Valor de función	Valores altos de este subcriterio indican una mejor capacidad adaptativa. 
	Unidad de agregación y análisis	Municipal
	VARIABLE 1.1.1	
	INSTRUMENTOS PARA LA GESTIÓN DEL RIESGO	
	Justificación	Los mapas de riesgo por inundaciones nos permiten reducir el impacto de las inundaciones en la población y en sus bienes. También nos proporcionan herramientas para la implementación de acciones encaminados a la reducción del riesgo de desastre (CEPAL, 2007).
INSUMOS		
INSUMO 1.1.1.1		
EXISTENCIA DE UN MAPA DE RIESGO POR INUNDACIONES		

Fuente	CENAPRED		
Escala temporal o año	2006 – 2010		
Unidad geográfica	Unidad de medida	Formato	
Municipal	Binaria	Shapefile	
Observaciones	Los fenómenos meteorológicos que se integran en el atlas de riesgo son:		
Función de valor	1- Indica que se cuenta con un mapa de riesgo ante inundaciones 0 - Indica que no cuenta con un mapa de riesgo ante inundaciones		
SUBCRITERIO 1.2			
CONSERVACIÓN ECOLÓGICA			
Justificación	La importancia de la conservación de la vegetación radica en los servicios que brinda a la cuenca, al regular los escurrimientos superficiales la vegetación propicia un control de las inundaciones (Cuevas <i>et al.</i> , 2010b) y aminora los daños que provocan a la población y a las zonas agropecuarias localizadas en zonas inundables.		
Valor de la función	Mayor área del municipio con un programa de conservación favorece la capacidad adaptativa.		
Unidad e agregación y análisis	Municipal		
VARIABLE 1.2.1			
PROGRAMAS DE CONSERVACIÓN			
Justificación	Entre los instrumentos de conservación se tienen las ANP y los Programas de Pagos por Servicios Ambientales. Estos programas proveen dos beneficios importantes ante la problemática de las inundaciones, los cuales son infiltración del agua y el control de las inundaciones (OEA, 2008).		
INSUMOS			

INSUMO 1.2.1.1			
ÁREA DEL MUNICIPIO DENTRO DE ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS			
Fuente	CONABIO		
Escala temporal o año	-		
Unidad geográfica	Unidad de medida	Formato	
municipal	Km ² y %	Shapefile	
Observaciones	Este insumo aún está compuesto por dos <i>sub-insumos</i> , límite municipal y el mapa de áreas naturales protegidas.		
Función de valor	A mayor superficie dentro del programa de Áreas Naturales Protegidas mayor capacidad adaptativa.		
CRITERIO 2	CAPACIDAD ADMINISTRATIVA		
	Justificación	La capacidad administrativa está conformada por el recurso humano y su capacitación, por los recursos económicos y por la cooperación y coordinación que se establece entre las organizaciones gubernamentales, para aplicar las acciones pertinentes para la reducción del riesgo ante determinada amenaza (Rosas, 2011).	
	SUBCRITERIO 2.1		
	RECURSOS HUMANOS E INSTITUCIONALES		
	Justificación	La capacitación continua del personal enfocado en la gestión del riesgo y la respuesta ante desastre así como la existencia de unidades de protección civil permite hacer frente al riesgo de desastre (OCDE, 2013), en este caso a los efectos adversos de las inundaciones en las zonas agropecuarias.	
	Valor de función	Los valores altos de este subcriterio indican una mayor presencia de elementos que favorezcan la capacidad de adaptación.	
	Unidad de agregación y análisis	Municipal	
VARIABLE 2.1.1			
PROTECCIÓN CIVIL Y CAPACITACIÓN TÉCNICA			

Justificación	Una de las medidas para hacer frente a las inundaciones es mediante medidas de preparación tales como sistemas de alerta temprana, planes de emergencia y de contingencia. Para el desarrollo y aplicación de estos planes se necesitan recursos humanos e instituciones y que estos estén capacitados para enfrentar determinadas amenazas (OCDE, 2013).	
INSUMOS		
INSUMO 2.1.1.1		
EXISTENCIA EN EL MUNICIPIO DE PROGRAMAS PARA FORMACIÓN Y/O CAPACITACIÓN EN MATERIA DE PROTECCIÓN CIVIL		
Fuente	Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Delegacionales (CNGMD, 2015)	
Escala temporal o año	2015	
Unidad geográfica	Unidad de medida	Formato
Municipal	Binaria	XLS
Observaciones	http://www.beta.inegi.org.mx/proyectos/censosgobierno/municipal/cngmd/2015/	
Función de valor	<p>1- Indica la existencia de programas de formación y/o capacitación en materia de protección civil en el municipio.</p> <p>0 - Indica la no existencia programas de formación y/o capacitación en materia de protección civil en el municipio.</p>	
INSUMO 2.1.1.2		
EXISTENCIA UNIDADES DE PROTECCIÓN CIVIL EN EL MUNICIPIO		
Fuente	Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Delegacionales (CNGMD, 2015)	
Escala temporal o año	2015	
Unidad geográfica	Unidad de medida	Formato
Municipal	Binaria	XLS
Observaciones	http://www.beta.inegi.org.mx/proyectos/censosgobierno/municipal/cngmd/2015/	

Función de valor	1- Indica la existencia de unidades de protección civil en el municipio. 0 - Indica la no existencia de unidades de protección civil en el municipio.	
SUBCRITERIO 2.2		
RECURSOS MATERIALES Y ECONÓMICOS		
Justificación	Los apoyos mediante recursos económicos y materiales ayudan a disminuir la sensibilidad de las unidades pecuarias, al tener un financiamiento que les ayuda a adquirir infraestructura para la modernización de los sistemas de producción.	
Valor de función	Los valores altos de este subcriterio indican una mayor presencia de elementos que favorezcan la capacidad de adaptación.	
Unidad de agregación y análisis	Municipal	
VARIABLE 2.2.1		
PROGRAMA DE FOMENTO GANADERO		
Justificación	El programa de fomento ganadero contribuye a aumentar la productividad de las Unidades Económicas Pecuarias mediante apoyos económicos encaminados a la mejora de la infraestructura, maquinaria y equipo (SAGARAPA, 2016).	
INSUMO		
INSUMO 2.2.1.1		
NÚMERO DE BENEFICIARIOS DEL PROGRAMA FOMENTO GANADERO		
Fuente	Fidecomisos Instituidos en Relación con la Agricultura (FIRA)	
Escala temporal o año	2016	
Unidad geográfica	Unidad de medida	Formato
Municipal	Continua	PDF
Observaciones	El padrón de beneficiarios está disponible en la página del FIRA https://www.fira.gob.mx/Nd/FomentoGanadero.jsp	

	Función de valor	A mayor número de beneficiarios del programa de fomento ganadero mayor capacidad adaptativa	
INSUMO 2.2.1.2			
IMPORTE DEL APOYO EN EL PADRÓN DE BENEFICIARIOS POR MUNICIPIO			
Fuente	Fidecomisos Instituidos en Relación con la Agricultura (FIRA)		
Escala temporal o año	2016		
Unidad geográfica	Unidad de medida	Formato	
Municipal	Continua	PDF	
Observaciones	El padrón de beneficiarios está disponible en la página del FIRA https://www.fira.gob.mx/Nd/FomentoGanadero.jsp		
Función de valor	A mayor apoyo para los beneficiarios del programa de fomento ganadero mayor capacidad adaptativa		
CRITERIO 3	PARTICIPACIÓN CIUDADANA		
	Justificación	La participación ciudadana permite la construcción de espacios públicos a través del involucramiento de las organizaciones de la sociedad civil; mediante mecanismos e instancias que canalizan y amplían los derechos de estas organizaciones y la de sus integrantes (Sánchez, 2015).	
	SUBCRITERIO 2.1		
	MECANISMOS E INSTANCIAS DE PARTICIPACIÓN CIUDADANA		
Justificación	Mediante estos mecanismos la ciudadanía puede manifestar las problemáticas que enfrentan en el sector agropecuario ante distintas amenazas climáticas así como los diferentes proyectos que se pueden llevar a cabo en conjunto con las instituciones gubernamentales pertinentes (Sánchez, 2015).		
Valor de función	Los valores altos de este subcriterio indican una mayor presencia de elementos que favorezcan la capacidad de adaptación.		

Unidad de agregación y análisis	Municipal	
VARIABLE 2.1.1		
ASOCIACIONES O COMITÉS REPRESENTANTES		
Justificación	Las asociaciones ganaderas tienen la facultad de promover y fomentar la adopción de tecnologías adecuadas para el desarrollo sustentable de las especies ganaderas y de difundir los estímulos económicos que permitan adquirir asistencia técnica para mejorar la conservación y uso de los recursos naturales (SAGARPA, 1999)	
INSUMOS		
INSUMO 2.1.1.1		
MUNICIPIO CON ASOCIACIONES GANADERAS LOCALES, GENERALES O ESPECIALIZADAS		
Fuente	Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Delegacionales (CNGMD, 2015)	
Escala temporal o año	2015	
Unidad geográfica	Unidad de medida	Formato
Municipal	Continua	XLS
Observaciones		
Función de valor	<p>1- Indica la existencia de programas de formación y/o capacitación en materia de protección civil en el municipio.</p> <p>0 - Indica la no existencia programas de formación y/o capacitación en materia de protección civil en el municipio.</p>	

3.2 Ponderación de las variables

Debido a que más de una problemática tiene que ver con un fenómeno meteorológico, inundaciones, se presenta a continuación la justificación de la ponderación mediante el método de ordenamiento simple de las variables utilizadas, para los criterios respuesta hidrológica de la cuenca y vegetación natural en la cuenca.

3.2.1 Método de ordenación simple

Es el método más sencillo de ponderación de criterios, se ordenan los criterios de mayor a menor importancia, después de esto se le da el mayor valor al primero y el menor valor al último (Tabla 8). De acuerdo con Aznar-Bellver (2012) en el caso de que dos criterios tengan la misma importancia, se les asignará el promedio de ambas valoraciones.

Tabla 3-8. Ejemplo de método de ordenación simple

critérios	Categoría	Peso	Ordenación simple
A	2	2	0.33
B	1	3	0.50
C	3	1	0.166
		6	1

Fuente: Aznar-Bellver, 2012

Coeficiente de compacidad de Gravelius (Kc)

Tiene por definición un valor de 1 para cuencas imaginarias de forma circular, los valores de Kc nunca serán inferiores a 1. El grado de aproximación de este índice a la unidad indicará la tendencia a concentrar fuertes volúmenes de aguas de escurrimiento, lo cual quiere decir que entre más bajo sea Kc, mayor será la concentración de agua. Para el cálculo de este índice se necesita calcular el área de cuenca y el perímetro (E. 1) (IDEAM, 2012). Los rangos en los que se clasifica están descritos en la tabla 9 (Ortiz- Vera, 2015).

$$Kc = (0.28 * P) / (A)^{1/2} \quad \text{Ec. 1}$$

Dónde:

Kc: coeficiente de compacidad de Gravelius

P: Perímetro de la cuenca en km

A: Área de la cuenca en km²

Tabla 3-9. Clasificación del índice de compacidad de Gravelius

Clase de geometría	Rango de clase	Forma de la cuenca	Propiedades de la clase
Kc1	1.00-1.25	Redonda a oval redonda	Está caracterizado por tener tiempos de concentración relativamente cortos, generando hidrogramas de salida del tipo leptikúrtico, donde las crecidas efluentes son muy súbitas y violentas, con altos riesgos de inundaciones.
Kc2	1.25-1.5	Oval redonda a oval oblongada	Tiene características hidrológicas muy parecidas a las del grupo oval redonda, pero con respuestas ligeramente menos intensas.
Kc3	1.5-1.75	Oval oblongada a rectangular oblongada	Se caracteriza porque los tiempos de concentración son relativamente mayores que en las dos formas anteriores, generando hidrogramas de crecidas efluentes del tipo platikúrtico, con caudales más sostenidos y recesiones más duraderas.
Kc4	>1.75	Rectangular oblongada	Su tiempo de concentración es mayor a todas las anteriores clases, con hidrogramas del tipo platikúrtico y de menor riesgo a inundaciones.

Fuente: Ortiz- Vera, 2015

Para esta evaluación se categorizó en cuatro clases los valores del índice de compacidad, siendo el valor más alto (4) para la clase Kc1 y 1 para kc4 (Tabla 10).

Tabla 3-10. Ordenación simple para el índice de Gravelius

critérios	Categoría	Peso	Ordenamiento simple
kc1	4	4	0.40
kc2	3	3	0.30
kc3	2	2	0.20
kc4	1	1	0.10

Fuente: Elaboración propia

Vegetación natural

La vegetación natural juega un papel fundamental en las cuencas, mantiene la calidad del agua, regulan la cantidad de agua en los cauces, protege el suelo de la erosión, controla las inundaciones, entre otras funciones. Factores como la deforestación y el grado de transformación al interior de la cuenca modifican la funcionalidad de la vegetación (Cuevas *et al.*, 2010a)

De acuerdo con el Informe de la Situación del Medio Ambiente en México (SEMARNAT, 2015) en el 2011 el 71.7% del país estaba cubierto por comunidades vegetales naturales, las entidades federativas con la mayor proporción de su superficie con vegetación natural (primaria y secundaria) fueron Baja California Sur (93%), Quintana Roo (92%), Coahuila (92%), Baja California (90%), Chihuahua (88%) y Durango (86%). A nivel de cuenca, Cuevas *et al.*, (2010b) encontró que las cuencas enlistadas en la tabla 11 son las que cuentan con la mayor superficie de vegetación natural.

Tabla 3-11. Cuencas con mayor porcentaje de vegetación natural.

Cuenca	Área de la cuenca (km ²)	Vegetación natural (ha)	Vegetación natural (km ²)	% vegetación natural
Río Bravo	222,489	1,7843,571	178,435.71	80.20
Río Yaqui	74,668	6,512,580	65,125.8	87.22
Río Nazas	90,863	7,446,645	74,466.45	81.95
Río Panuco	88,805	4,631,715	46,317.15	52.16
Río Santiago	76,266	4,976,073	49,760.73	65.25
Río Balsas	112,036	6,719,976	67,199.76	59.98
Río Fuerte	36,126	2,907,351	29,073.51	80.48
Río Grijalva Usumacinta	87,735	4,460,652	44,606.52	50.84
Río Sonora	27,978	2,346,201	23,462.01	83.86
Río Asunción	25,807	2,234,592	22,345.92	86.59

Fuente: Modificado de Cuevas *et al.*, 2010b.

La distribución espacial de la vegetación natural es un indicador para conocer el estado ambiental de una cuenca y su capacidad para mantener funciones y servicios fundamentales para el ambiente y el ser humano (Cuevas *et al.*, 2010b).

Diversos autores han analizado la relación entre la pérdida de vegetación y las inundaciones. Myeong (2014) examinó la relación entre el daño causado por las inundaciones y la cubierta forestal para Corea del Norte, mediante un análisis de regresión de la vulnerabilidad a inundaciones (estimada en función de la topografía, meteorología, hidrología y periodo de

retorno) y área deforestada, el análisis de este estudio mostró una relación lineal entre la vulnerabilidad a las inundaciones y la deforestación.

Bradshaw *et al.*, (2009) realizaron un estudio sobre la relación de las inundaciones y la cobertura vegetal para 56 países para el periodo de 1990 al 2000, utilizando la cobertura media de bosque natural de 1990-2000, la pérdida anual de cobertura de bosque de 1990 al 2000, el número de personas muertas en las inundaciones, el número de personas desplazadas por las inundaciones y el daño económico total por inundaciones. Utilizando modelos mixtos y lineales en contraste con información teórica se encontró que las inundaciones se correlacionan negativamente con la cantidad de bosque natural y positivamente con la pérdida de área de bosque natural.

A nivel nacional el estado de Veracruz es un claro ejemplo de los efectos de estas problemáticas, la combinación de altas tasas de precipitación (12% del total nacional), escurrimiento pluvial (28%) y deforestación (pérdida de 36% de 1984 al 2000) parecen ligadas a un aumento de ciclos de inundaciones y sequías que han ocasionado pérdidas de miles de millones de pesos y afectaciones a miles de personas. Al realizar la evaluación del impacto potencial del riesgo de inundaciones por la deforestación en las cuencas de Veracruz, usando un modelo de balance hidrológico durante la época de lluvia, se encontró un aumento promedio de 7.2% (102 millones de m³) de escurrimiento pluvial en las cuencas de la Región Hidrológica X (Manson y Jardel, 2011).

Partiendo de los ejemplos mencionados, para el análisis de la vulnerabilidad, basados en un enfoque de cuenca, es importante describir la distribución actual de la vegetación natural y su estado. Con el fin de conocer el grado de sensibilidad de la cuenca se categorizó, en orden jerárquico (Tabla 12), en cuatro clases la cobertura vegetal natural; para el ordenamiento simple se partió de los resultados de los estudios mencionados en párrafos anteriores, se tomó la premisa que se tiene una relación lineal entre la vulnerabilidad a las inundaciones y la deforestación, por lo que una mayor cobertura (75 a 100%) de vegetación natural al interior de la cuenca ayuda a regular la cantidad y periodicidad de los cauces y controla las inundaciones, mientras que las áreas con porcentaje menor a 25% tiene una respuesta mucho menor ante las inundaciones (categoría 4).

Tabla 3-12. Categorización del porcentaje de vegetación natural en la cuenca y ordenamiento simple

% de vegetación natural en la cuenca	Categoría	Ordenamiento simple
0-25	4	0.40
25-50	3	0.30
50-75	2	0.20
75-100	1	0.10

Fuente: Elaboración propia

Mapa Nacional de Susceptibilidad por Inestabilidad de Laderas

Este mapa fue realizado por CENAPRED siguiendo el criterio establecido por la Asociación Internacional Geológica. Los principales factores que consideran para calcular la susceptibilidad son: la pendiente, la litología y el uso de suelo, para elaborar este mapa se consideró el caso de estudio del estado de Guerrero como esquema piloto para la elaboración del mapa a nivel nacional.

CENAPRED (2015) define la susceptibilidad como “la propiedad del terreno que indica qué tan favorable son las condiciones de este, para que pueda ocurrir una inestabilidad de laderas”. En el análisis de susceptibilidad se realiza una ponderación y cuantificación relativa de la importancia que tiene cada uno de los factores intrínsecos (pendiente de la ladera, características geológicas, la cobertura vegetal y uso de suelo) en la posibilidad que se produzca fenómenos de inestabilidad de laderas. Los factores que fueron tomados en cuenta para la elaboración de este mapa por parte de CENAPRED son los mencionados en las tabla 13, 14 y 15 respectivamente.

Tabla 3-13. Formato para la estimación de la susceptibilidad por inestabilidad de laderas. Factores topográficos e históricos.

FACTORES TOPOGRÁFICOS E HISTÓRICOS				
Factor	Intervalos o categorías	Atributo relativo	Observaciones	Calificación
Inclinación de los taludes	Más de 45°	2.0	Estimar el valor medio. Úsese el clinómetro.	
	35°-45°	1.8		
	25°-35°	1.4		
	15°-25°	1.0		
	Menos de 15°	0.5		
Altura	Menos de 50 m	0.6	Desnivel entre la corona y el valle o fondo de la cañada. Úsense nivelaciones, planos o cartas topográficas. Niveles dudosos con GPS.	
	50 a 100 m	1.2		
	100 a 200 m	1.6		
	más de 200 m	2.0		
Antecedentes de deslizamientos en el sitio, área o región.	No se sabe	0.3	Reseñas verosímiles de los lugareños	
	Algunos someros	0.4		
	Sí, incluso con fechas	0.6		

Fuente: CENAPRED, 2006

Tabla 3-14. Formato para la estimación de la susceptibilidad por inestabilidad de laderas. Factores geotécnicos. Fuente: CENAPRED, 2006

FACTORES GEOTÉCNICOS				
Factor	Intervalos o categorías	Atributo relativo	Observaciones	Calificación
Tipo de suelo o rocas	Suelos granulares medianamente compactos a sueltos. Suelos que se reblandecen con la absorción de agua. Formaciones poco consolidadas.	1.5 a 2.5	Vulnerable a erosión o suelos de consistencia blanda	
	Rocas metamórficas (lutita, pizarras y esquistos) de poco a muy intemperizadas	1.2 a 2.0		
	Suelos arcillosos consistentes o arenolimosos compactos	0.5 a 1.0	Multiplicar por 1.3 si está agrietado	
	Rocas sedimentarias (areniscas, conglomerados, etc.) y tobos competentes	0.3 a 0.6	Multiplicar por 1.2 a 1.5 según el grado de meteorización	
	Rocas ígneas sanas (granito, basalto, riolita, etc.)	0.2 a 0.4	Multiplicar por 2 a 4 según el grado de meteorización	
	Espesor de la capa de suelo	0.5 1 1.4 1.8		Revisen cortes y cañadas o bien recúrrase a exploración manual
Aspectos estructurales en formaciones rocosas	Echado de la discontinuidad	0.3	Considérense planos de contacto entre formaciones, grietas, juntas, y planos de debilidad.	
		0.6		
		0.9		
	Angulo entre el echado de las discontinuidades y la inclinación del talud	0.3	Angulo diferencias positivo si el echado es mayor que la inclinación del talud,	
		0.5		
		0.7		
0.8				

	1	
Angulo entre el rumbo de las discontinuidades y el rumbo de la dirección del talud.	0.2	Considerar la dirección de las discontinuidades más representativas
	0.3	
	0.5	

Tabla 3-15. Formato para la estimación de la susceptibilidad por inestabilidad de laderas. Factores geomorfológicos y ambientales.

FACTORES GEOMORFOLÓGICOS Y AMBIENTALES				
Factor	Intervalos o categorías	Atributo relativo	Observaciones	Calificación
Evidencias geomorfológicas de "huecos" en laderas contiguas	Inexistente	0.0	Formas de conchas o de embudos (flujos)	
	Volúmenes moderados	0.5		
	Grandes volúmenes faltantes	1.0		
Vegetación y uso de la tierra	Zona urbana	2.0	Considérese no solo la ladera, sino también la plataforma en la cima	
	Cultivos anuales	1.5		
	Vegetación intensa	0.0		
	Vegetación moderada	0.8		
	Área deforestada	2.0		
Régimen del agua en la ladera	Nivel freático superficial	1.0	Detectar posibles emanaciones de agua en el talud	
	Nivel freático inexistente	0.0		
	Zanja o depresiones donde se acumule agua en la ladera o la plataforma	1.0		
SUMATORIA				

Fuente: CENAPRED, 2006

Tabla 3-16. Estimación del grado de la amenaza de deslizamiento

Grado	Descripción	Suma de calificaciones
5	Amenaza muy alta	Más de 10
4	Amenaza alta	8.5 a 10

3	Amenaza moderada	7 a 8.5
2	Amenaza baja	5 a 7
1	Amenaza muy baja	Menos de 5

Fuente: CENAPRED, 2006

Como se mencionó en los primeros párrafos de esta sección, CENAPRED elaboró el mapa a nivel nacional utilizando el caso de estudio del estado de Guerrero como piloto; para la elaboración del mapa de susceptibilidad se tomaron en cuenta cuatro factores condicionantes:

- Pendiente de la ladera
- Características geológicas
- Vegetación y uso de suelo
- Inventario de inestabilidad de laderas.

Estos factores fueron clasificados en diversas categorías con su respectiva ponderación, atendiendo a la influencia que tendrían sobre el grado de susceptibilidad a la inestabilidad de laderas. Después de realizar el mapa de inestabilidad de laderas para Guerrero CENAPRED aplicó la metodología a todo la república mexicana, los resultados que obtuvieron de este primer ejercicio no eran correctos dado que se tenían niveles de susceptibilidad alta en zonas planas del país (figura 12), por lo realizaron cambios en los insumos y las categorizaciones, uno de los cambios realizados fue la utilización de los intervalos de pendiente de las Bases para la Estandarización de Atlas para la Prevención de Riesgos en Asentamientos Humanos, elaborada por la Secretaria de Desarrollo Agrario Territorial y Urbano (SEDATU) y ampliaron a cinco los intervalos de susceptibilidad: muy alta, alta, media, baja y muy baja. Utilizaron también el “Continuo de Elevaciones Mexicano” 3.0 del INEGI, correspondiente al 2013, con 15m x 15m de resolución. Consideraron zona libre de inestabilidad a regiones planas (0° a 6°), como resultado 20% del territorio nacional se encuentra con susceptibilidad alta a muy alta (figura 13 y tabla 17).

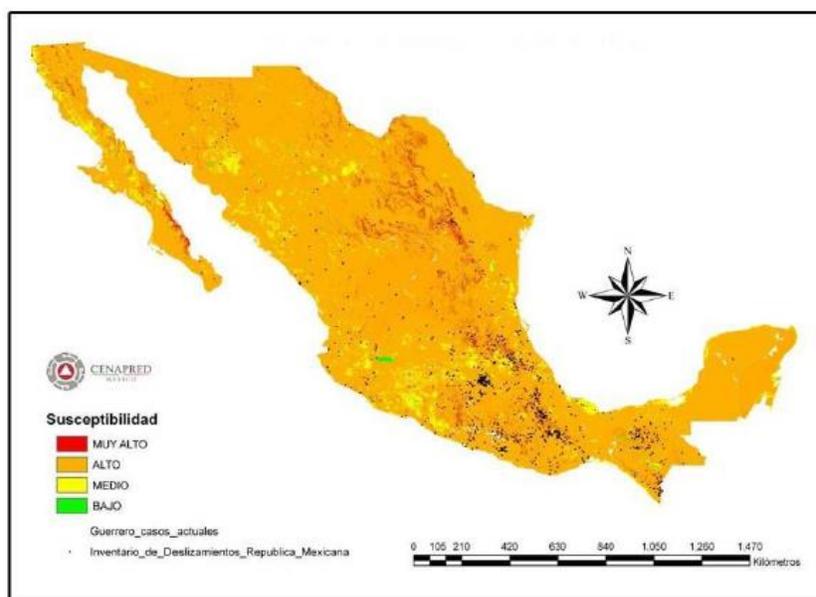


Figura 3-12. Mapa de susceptibilidad nacional por inestabilidad de laderas elaborado con la metodología del estado de Guerrero. Fuente: CENAPRED 2015



Figura 3-13. Mapa de susceptibilidad nacional por inestabilidad de laderas elaborado con la metodología aplicada de Fuente: al estado Guerrero.

Susceptibilidad	Descripción	Suma de calificaciones
Muy alta	6269.59	0.32
Alta	375783.76	19.18
Media	232562.73	11.87
Baja	64851.1	3.31
Muy baja	1279780.79	65.32
	1959247.97	100

CENAPRED 2015

Tabla 3-17. Cálculo del área de cada una de las categorías de susceptibilidad por inestabilidad de laderas a nivel nacional.

Fuente: CENAPRED 2015

Para esta consultoría se decidió utilizar solo las categorías de baja, media, alta y muy alta, partimos de la premisa que en las pendientes suaves se tiene una baja frecuencia de deslizamientos ($P > 14^\circ$) (Moral, 2014) además de lo descrito en párrafos anteriores donde se excluyen las zonas con pendiente menores a 6° , consideradas zonas planas libres de inestabilidad (tabla 18).

Tabla 3-18. Ordenamiento simple para la susceptibilidad de laderas.

Nivel de sensibilidad	Categoría	Ordenamiento simple
Bajo	1	0.10
Medio	2	0.20
Alto	3	0.30
Muy alto	4	0.40

Fuente: Elaboración propia

3.3 Integración de variables de sensibilidad

Se partió del esquema conceptual para la integración de las variables de sensibilidad para cada una de las problemáticas, la justificación de los criterios, variables e insumo se encuentran descritos en las fichas técnicas (tablas 1, 3, 5 y 7)

3.3.1 Inundaciones en asentamientos humanos

Como se observa en el esquema conceptual (figura 2), esta problemática consta de dos criterios, descritos y justificados en la tabla 1.

1. Respuesta hidrológica de la cuenca
2. Población susceptible a inundaciones

El criterio 1. *Respuesta hidrológica de la cuenca*, tiene dos variables

1.1 Índice de compacidad de las cuencas en los municipios

1.2 Porcentaje de vegetación natural de las cuencas en el municipio

Para integrar la variable 1.1 *Índice de compacidad de las cuencas en los municipios* se utilizó los siguientes insumos

- Límite de las cuencas hidrológicas de CONAGUA
- Límite municipal
- Zonas inundables
- Localidades

Primero se calculó el índice de compacidad (Kc) de las cuencas hidrológicas siguiendo el método de Gravelius, descrito en el apartado 3.1.1 *Coficiente de compacidad de Gravelius (Kc)*. Después se categorizó los valores de Kc y se asignó la ponderación (ordenamiento simple) de acuerdo a su categoría (tabla 19).

Tabla 3-19. Ejemplo de ordenamiento simple

ID_cuenca	Valor K	Categoría	Raqueo simple
Cuenca 1	1.89	1	.10
Cuenca 2	1.55	2	.20
Cuenca 3	1.30	3	.30
Cuenca 4	1.05	4	.40
Cuenca 5	1.15	4	.40

Se seleccionaron las cuencas que tiene influencia hidrográfica con la población del municipio en zonas inundables (ZI), y se estimó el porcentaje de la población del municipio en ZI contenida en cada cuenca. Se multiplicó el valor del ordenamiento simple por el porcentaje de la población del municipio en zonas inundables (tabla 20).

Tabla 3-20. Porcentaje de la población del municipio 1 en zonas inundables para cada cuenca

ID_cuenca	Valor K	Categoría	Rank	CVE_MPO	% Pob ZI	Var_IC
Cuenca 1	1.89	1	.10	Mun 1	25	2.5
Cuenca 2	1.55	2	.20	Mun 1	0	0
Cuenca 3	1.30	3	.30	Mun 1	5	1.5
Cuenca 4	1.05	4	.40	Mun 1	30	12
Cuenca 5	1.15	4	.40	Mun 1	45	18

Para asignar el valor de índice de compacidad a los municipios, se realiza la sumatoria del producto del ordenamiento simple multiplicado por el porcentaje de la población del municipio en ZI de la o las cuencas contenidas en el municipio (Var_IC).

Una vez terminada esta parte se realizó la integración de la variable *1.2 Porcentaje de vegetación natural de las cuencas en el municipio*. De las cuencas identificadas con influencia hidrográfica sobre la población del municipio en ZI, se calcula el porcentaje de vegetación natural con respecto a la superficie de la cuenca. Se categorizar las cuencas y se asigna la ponderación con respecto a su porcentaje de vegetación natural de acuerdo a la tabla 12 (ejemplo tabla 21).

Tabla 3-21. Porcentaje de la vegetación natural respecto a la superficie de la cuenca

ID_cuenca	%VegNat	Categoría	Rank_VegNat	CVE_MPO	% Pob ZI	Var_VegNat
Cuenca 1	45	3	.30	Mun 1	25	7.5
Cuenca 2	60	2	.20	Mun 1	0	0
Cuenca 3	35	3	.30	Mun 1	5	1.5
Cuenca 4	78	1	.10	Mun 1	30	3
Cuenca 5	55	2	.20	Mun 1	45	9

Para la asignación del valor de vegetación natural a los municipios, se realizó la sumatoria del producto del ordenamiento simple multiplicado por el porcentaje de la población del municipio en ZI de la o las cuencas contenidas en el municipio (Var_VegNat)

Integración del criterio; Respuesta hidrológica de la o las cuencas (RHC)

Una vez asignadas las variables de índice de compacidad y % de vegetación natural a nivel municipal, se realiza una estandarización máxima y después una suma lineal sin ponderación de los valores estandarizados para el índice de compacidad y % de la vegetación natural (tabla 22).

$$\text{RHC del Municipio } n = [(\text{STD_IC}) \cdot .5] + [(\text{STD_VN}) \cdot .5]$$

Tabla 3-22. Integración del criterio Respuesta Hidrológica de la Cuenca

Municipios	Valor IC	Valor VN	STD_IC	STD_VN
Municipio 1	34	24	.48	0
Municipio 2	26	32	.28	.23
Municipio 3	54	35	1	.32
Municipio 4	15	58	0	1
Municipio 5	48	46	.84	64

Para el criterio población susceptible a inundaciones se tiene solo una variable

- 2.1 Población del municipio en zonas susceptibles a inundación

Para la integración de esta variable se utilizaron tres insumos

- Límite municipal (INEGI 2010)
- Localidades ITER 2010 (INEGI 2010)
- Zonas inundables diagnóstico de cuenca (INE 2010)

Se identifica la población de los municipios habitando en zonas inundables en valores totales y relativos (% con respecto a la población total del municipio) y se realizó una estandarización máxima con los valores totales y relativos de la población en zonas inundables.

CVE_MPO	POB_TOT	P_TOT_ZI	P_REL_ZI	STD_TOT_ZI	STD_REL_ZI
Municipio 1	A	B	$C=(B*100)/A$	$=(B-V_{min})/(V_{max}-V_{min})$	$=(C-V_{min})/(V_{max}-V_{min})$

Debido a que este criterio lo integra una sola variable, pero con valores totales y relativos con la finalidad de “normalizar” la heterogeneidad en los tamaños de población de los municipios del país, se hace una suma lineal sin ponderación de los valores estandarizados para la población total y relativa en zonas inundables del municipio

$$\text{PSI del Municipio } n = ([\text{STD_TOT_ZI}] * .5) + ([\text{STD_REL_ZI}] * .5)$$

En la figura 14 se muestra la metodología resumida de esta problemática.

Figura 3-14. Esquema general de la metodología de integración de las variables de la problemática “inundaciones en asentamientos humanos”.

1. Índice de compacidad de la o las cuencas en el municipio	Cálculo del índice de compacidad de las cuencas hidrológicas
	Categorización del índice de compacidad de la o las cuencas y ponderación
	Selección de cuencas que tiene influencia hidrografica con la población en zonas inundables
	Cálculo del porcentaje de población en zonas inundables en cada cuenca
	Multiplicación del valor de la ponderación por el porcentaje de la población en el municipio en zonas inundables
2. Porcentaje de vegetación natural	Obtención de la variable a nivel municipal, mediante la sumatoria del producto del orden de ranqueo multiplicado por el porcentaje de la población del municipio en zonas inundables de las cuencas contenidas en el municipio.
	Cálculo del porcentaje de vegetación natural con respecto a la superficie de la cuenca
	Categorización del porcentaje de vegetación en la cuenca y ponderación de cada categoría
3. Integración del criterio Respuesta hidrologica de la cuenca	Obtención de la variable a nivel municipal, mediante la sumatoria del producto del ordenamiento simple multiplicado po el porcentaje de la población del municipio en zonas inundables de las cuencas contenidas en el municipio.
	Estandarización máxima de la variable índice de compacidad de la o las cuencas y porcentaje de vegetación natural
	Suma lineal sin ponderación de los valores estandarizados de las variables índice de compacidad de la o las cuencas y porcentaje de vegetación natural
	Obtención de la población total y relativa en zonas inundables

3.3.2 Deslaves en asentamientos humanos

Esta problemática está compuesta por

Como se describe en la ficha técnica, esta problemática consta de dos criterios

1. Población susceptible a deslizamientos
2. Condición de la vegetación en zonas de inestabilidad de laderas en el municipio

El criterio 1. Población susceptible a deslizamiento está compuesto por una sola variable

1.1 Población en cada categoría de inestabilidad de laderas

Para la Integración de la variable *1.1 Población en cada categoría de inestabilidad de laderas* se utilizó los siguientes insumos

1.1.1 Mapa Nacional de susceptibilidad a Inestabilidad de Laderas

1.1.2 Población

Del Mapa Nacional de Inestabilidad de Laderas se tomaron cuatro categorías de susceptibilidad a inestabilidad (baja, media, alta y muy alta), después se contabilizó la población (total y relativa) en cada categoría de inestabilidad. Partiendo de la tabla 18 donde se muestra la ponderación para cada categoría de inestabilidad, se realiza una sumatoria lineal de los productos de la multiplicación del valor de la ponderación para cada una de las categorías de inestabilidad de laderas por la población en cada categoría.

El criterio 2. Condición de la vegetación en zonas de inestabilidad de laderas en el municipio, también está compuesta por una sola variable *2.1 Superficie de vegetación natural en cada categoría de inestabilidad de laderas en el municipio*. Para la integración de esta variable se utilizaron dos insumos

2.1.1 Vegetación y uso de suelo

2.1.2 Mapa Nacional de susceptibilidad a Inestabilidad de Laderas

Se contabilizó el área del municipio (total y porcentaje) con vegetación natural en cada categoría de susceptibilidad a inestabilidad de laderas. Después se realizó la ponderación de acuerdo con la tabla 12, en la cual se describe el porcentaje de cobertura vegetal y el peso a cada porcentaje. Finalmente se procedió a hacer una suma lineal de los porcentajes de vegetación en cada categoría de inestabilidad de laderas.

Figura 3-15. Esquema de la metodología de integración de las variables de la problemática “deslaves en asentamientos humanos”

1. Población susceptible a deslizamientos	Categorización del nivel de inestabilidad de laderas para cada municipio utilizando como insumo el mapa de susceptibilidad a inestabilidad de laderas del CENAPRED.
	Obtención de la población total y relativa del municipio en cada categoría de inestabilidad de laderas
	Sumatoria lineal de los productos de la multiplicación del valor de la ponderación para cada una de las categorías de inestabilidad de laderas por la población en cada categoría.
2. Condición de la vegetación en cada categoría de inestabilidad de laderas	Obtención de la variable (total y porcentaje) mediante la sumatoria del producto del ordenamiento simple multiplicado por el área del municipio en cada categoría de inestabilidad de laderas
	Cálculo del porcentaje de vegetación natural con respecto a la superficie de cada municipio
	Categorización del porcentaje de vegetación en cada municipio y ponderación de cada categoría

3.3.3 Ganadería extensiva susceptible a inundaciones

Esta problemática está integrada por dos criterios

3. Respuesta hidrológica de la cuenca
4. Zonas ganaderas susceptibles a inundación

El primer criterio, *Respuesta hidrológica de la cuenca*, está conformado por dos variables:

- 1.3 Índice de compacidad de la o las cuencas en el municipio
- 1.4 Porcentaje de vegetación natural de las cuencas en los municipios.

Para la primera variable *Índice de compacidad de la cuenca* se utilizó tres insumos

- Límite de las cuencas hidrológicas de CONAGUA
- Límite municipal
- Zonas inundables

Utilizando el límite de las cuencas hidrológicas de la CONAGUA se calculó el índice de compacidad de la cuenca (K_c), después se categorizó los valores de K_c y se asignó la ponderación de acuerdo con su categoría (tabla 10). Se seleccionaron las cuencas con influencia hidrológica con las áreas asociadas a ganadería extensiva, se estimó el porcentaje de área pecuaria en zonas inundables en cada cuenca y se multiplicó el valor del ordenamiento simple por este porcentaje. Para asignarle el valor de índice de compacidad a los municipios se realiza la sumatoria del producto del ordenamiento simple multiplicado por el porcentaje del área pecuario del municipio en zona inundable de la o las cuencas contenidas en el municipio.

Para la variable *1.2 Porcentaje de vegetación natural de las cuencas en el municipio*, una vez que se identificaron las cuencas con influencia hidrológica sobre las áreas pecuarias en zonas inundables se calcula el porcentaje de vegetación natural con respecto a la superficie de la cuenca y se le asigna una ponderación de acuerdo al ordenamiento simple (tabla 12). Para la asignación del

valor de vegetación natural a los municipios, se realizó la sumatoria del producto de la ponderación por ordenamiento simple multiplicado por el área pecuaria del municipio en zonas inundables de la o las cuencas contenidas en el municipio

Integración del criterio Respuesta hidrológica de la o las cuencas (RHC)

Una vez asignadas las variables de índice de compacidad y porcentaje de vegetación natural a nivel municipal, se realiza una estandarización máxima y después una suma lineal sin ponderación de los valores estandarizados para el índice de compacidad y porcentaje de la vegetación natural.

Para el criterio *Zonas ganaderas susceptibles a inundación* se tiene solo una variable

4.1 Área con uso de suelo pecuario (total y porcentaje) en zonas susceptibles a inundación Para la integración de esta variable se utilizaron tres insumos

- Límite municipal (INEGI 2010)
- Uso de suelo y vegetación INEGI serie V
- Zonas inundables diagnóstico de cuenca (INE 2010)

Se identifica el área del municipio con uso de suelo pecuario en zonas inundables en valores totales y relativos (porcentaje con respecto al área total del municipio) y se realizó una estandarización máxima con los valores totales y relativos de la población en zonas inundables.

Debido a que este criterio lo integra una sola variable, con valores totales y relativos, se hace una suma lineal sin ponderación de los valores estandarizados para la el uso de suelo pecuario total y relativa en zonas inundables del municipio.

Figura 3-16. Esquema de la metodología de integración de las variables de la problemática “Ganadería extensiva susceptible a inundaciones”

1. Índice de compacidad de la o las cuencas en el municipio	Cálculo del índice de compacidad de las cuencas hidrológicas
	Categorización del índice de compacidad de la o las cuencas y ponderación
	Selección de cuencas que tiene influencia hidrografica con las áreas de uso de suelo pecuario en zonas inundables
	Cálculo del área de la cuenca con uso de suelo pecuario en zonas inundables.
	Multiplicación del valor de la ponderación por el área con uso de suelo pecuario en zonas inundables
2. Porcentaje de vegetación natural	Obtención de la variable a nivel municipal, mediante la sumatoria del producto del ordenamiento simple multiplicado por el porcentaje de la población del municipio en zonas inundables de las cuencas contenidas en el municipio.
	Cálculo del porcentaje de vegetación natural con respecto a la superficie de la cuenca
	Categorización del porcentaje de vegetación en la cuenca y ponderación de cada categoría
3. Integración del criterio Respuesta hidrologica de la cuenca	Obtencion de la variable a nivel municipal, mediante la sumatoria del producto del orden de ranqueo multiplicado po el porcentaje de la población del municipio en zonas inundables de las cuencas contenidas en el municipio.
	Estandarización máxima de la variable índice de compacidad de la o las cuencas y porcentaje de vegetación natural
	Suma lineal sin ponderación de los valores estandarizados de las variables índice de compacidad de la o las cuencas y porcentaje de vegetación natural
	Obtención del área con uso de suelo pecuario (total y relativa) en zonas

3.3.4 Producción forrajera susceptible a inundaciones

Esta problemática está integrada por dos criterios

1. Respuesta hidrológica de la cuenca
2. Producción forrajera susceptible a inundaciones

El primer criterio, *Respuesta hidrológica de la cuenca*, está conformado por dos variables:

- 1.3 Índice de compacidad de la o las cuencas en el municipio
- 1.4 Porcentaje de vegetación natural de las cuencas en los municipios.

Para la primera variable *Índice de compacidad de la cuenca en los municipios* se utilizó tres insumos

- Límite de las cuencas hidrológicas de CONAGUA
- Límite municipal
- Zonas inundables

Partiendo del insumo *límite de las cuencas hidrológicas* de la CONAGUA se calculó el índice de compacidad de las cuencas (Kc) con influencia en cada municipio, después se categorizó los valores de Kc y se asignó la ponderación de acuerdo con su categoría (tabla 10). Se seleccionaron las cuencas con influencia hidrológica con las áreas asociadas a uso de suelo agrícola, se estimó el porcentaje de área agrícola en zonas inundables en cada cuenca y se multiplicó el valor del ordenamiento simple por este porcentaje. Para asignarle el valor de índice de compacidad a los municipios se realiza la sumatoria del producto del ordenamiento simple multiplicado por el porcentaje del área con uso de suelo agrícola del municipio en zona inundable de la o las cuencas contenidas en el municipio.

Para la variable *1.2 Porcentaje de vegetación natural de las cuencas en el municipio*, una vez que se identificaron las cuencas con influencia hidrológica sobre las áreas agrícolas en zonas inundables

se calcula el porcentaje de vegetación natural con respecto a la superficie de la cuenca y se le asigna una ponderación de acuerdo al ordenamiento simple (tabla 12). Para la asignación del valor de vegetación natural a los municipios, se realizó la sumatoria del producto de la ponderación por ordenamiento simple multiplicado por el área agrícola del municipio en zonas inundables de la o las cuencas contenidas en el municipio

Integración del criterio Respuesta hidrológica de la o las cuencas (RHC)

Una vez asignadas las variables de índice de compacidad y porcentaje de vegetación natural a nivel municipal, se realiza una estandarización máxima y después una suma lineal sin ponderación de los valores estandarizados para el índice de compacidad y porcentaje de la vegetación natural.

El segundo criterio *Producción forrajera susceptible a inundaciones* está compuesta por una variable 2.1 Área del municipio utilizada para producción forrajera (total y porcentaje) en zonas susceptibles a inundación. Se identificó las zonas con uso de suelo agrícola en los municipios localizados en zonas inundables y se realizó una estandarización máxima con las áreas totales y relativas. Después se realizó una suma lineal sin ponderación de los valores estandarizados para el área con uso de agrícola total y relativo en zonas inundables del municipio.

Figura 3-17. Esquema de la metodología de integración de las variables de la problemática “producción forrajera susceptible a inundaciones”

1. Índice de compacidad de la o las cuencas en el municipio	Cálculo del índice de compacidad de las cuencas hidrológicas
	Categorización del índice de compacidad de la o las cuencas y ponderación
	Selección de cuencas que tiene influencia hidrografica con la población en zonas inundables
	Cálculo del porcentaje de población en zonas inundables en cada cuenca
	Multiplicación del valor de la ponderación por el porcentaje de la población en el municipio en zonas inundables
2. Porcentaje de vegetación natural	Obtención de la variable a nivel municipal, mediante la sumatoria del producto del orden de ranqueo multiplicado por el porcentaje de la población del municipio en zonas inundables de las cuencas contenidas en el municipio.
	Cálculo del porcentaje de vegetación natural con respecto a la superficie de la cuenca
	Categorización del porcentaje de vegetación en la cuenca y ponderación de cada categoría
3. Integración del criterio	Obtención de la variable a nivel municipal, mediante la sumatoria del producto del orden de ranqueo multiplicado po el porcentaje de la población del municipio en zonas inundables de las cuencas contenidas en el municipio.
	Estandarización máxima de la variable índice de compacidad de la o las

3.4 Indicadores de Capacidad adaptativa

De acuerdo a la literatura consultada la capacidad adaptativa puede ser abordada de distintas formas, una de ellas es a partir de instrumentos y acciones de políticas públicas y de planeación territorial, midiendo la presencia o ausencia de estos instrumentos. Otra forma es a través de mecanismos de conservación y restauración del territorio, mediante áreas bajo el esquema de pagos por servicios ambientales, áreas elegibles para pagos por servicios ambientales, área del municipio con vegetación natural en áreas naturales protegidas, y por último la capacidad adaptativa puede ser estimada mediante la existencia de capacitación y actualización de los actores relacionados a la atención temprana de un desastre.

Partiendo del esquema conceptual (figura 3), la capacidad adaptativa está compuesta por dos criterios: prevención, expresado mediante las acciones y programas realizados con anticipación para evitar o disminuir los impactos de un desastre; y respuesta, entendido como la existencia de instituciones o asociaciones enfocadas en suministrar servicios de emergencia y/o asistencia durante o después de la ocurrencia de un desastre.

Tabla 3-23 Criterios de evaluación de la capacidad adaptativa para la problemática “Inundaciones en asentamientos humanos”.

	Criterio	Sub criterio	Variable	Insumo	Valor
Capacidad adaptativa	Prevención	Gestión del riesgo	Instrumentos para la gestión del riesgo	Existencia de mapa de riesgos por inundaciones	1- existencia 0 - no existencia

			Sistemas de alerta temprana	Presencia de presas reguladoras de avenidas	1- existencia 0 - no existencia
				Existencia de Sistemas de Pronóstico de Ríos	1- existencia 0 - no existencia
		Conservación ecológica	Instrumentos de conservación	Área del municipio con pagos por servicios ambientales	
				Área del municipio con vegetación natural en áreas naturales protegidas	
	Respuesta	Recursos humanos e institucionales	Protección civil y capacitación técnica	Existencia de unidades de protección civil en el municipio	1- existencia 0 - no existencia
				Existencia de puntos de reunión/albergues	1- existencia 0 - no existencia
		Participación ciudadana	Mecanismos e instancias de participación ciudadana	Existencia de voluntariados, asociaciones, organizaciones civiles, comunitarios	1- existencia 0 - no existencia

Para la integración del primer criterio *Prevención* partiremos de la variable *Instrumentos para la gestión del riesgo*, la cual solo mide la presencia o ausencia de un insumo, el mapa de riesgo por inundaciones. El valor obtenido por este insumo se le asignará a la variable antes mencionada.

Para la variable *Sistema de alerta temprana* la integración queda

$$SAT = (PPRA + EXPR) / 2$$

Donde:

SAT= Sistemas de alerta temprana

PPRA = Presencia de presas reguladoras de avenidas

EXPR = Existencia de Sistemas de Pronóstico de Ríos

Estas dos variables integran el subcriterio de gestión del riesgo, el cual es integrado de la siguiente forma:

$$\text{GDR} = (\text{IGR} + \text{SAT})/2$$

Donde:

GDR= Gestión del riesgo

IGR= Instrumentos para la gestión del riesgo

SAT= Sistemas de alerta temprana

Para el subcriterio de *Conservación ecológica*, la variable que lo integra, *Instrumentos de conservación*, no miden la presencia o ausencia sino la cobertura de los insumos en el municipio, por lo que estos insumos son normalizados mediante una estandarización máxima para obtener valores entre cero y uno.

$$\text{IDC} = (\text{APSA} + \text{AVNAP})/2$$

Donde:

IDC=Instrumentos de conservación

APSA= Área del municipio con pagos por servicios ambientales

AVNAP= Área del municipio con vegetación natural en áreas naturales protegidas

El valor obtenido para la variable *Instrumentos de conservación* se le asignará al subcriterio de *Conservación ecológica* (CE) dado que es la única variable que lo integra.

Al integrar el primer criterio quedaría de la siguiente manera:

$$\text{PVC} = (\text{GDR} + \text{CE})/2$$

Donde:

PVC=Prevención

GDR= Gestión del riesgo

CE= Conservación ecológica

Para el segundo criterio *Respuesta* partiremos de la variable *protección civil y capacitación técnica*, el cual está compuesto por dos insumos dicotómicos, *existencia de unidades de protección civil y existencia de puntos de reunión/ albergues*.

$$PCCT = (EPPC+EPRA)/2$$

Donde:

PCCT= Protección civil y capacitación técnica

EUPC= Existencia de unidades de protección civil

EPRA= Existencia de puntos de reunión/albergues

El valor obtenido para esta variable es asignado al subcriterio *Recursos humanos e instituciones* (RHI) dado que es la única variable que lo compone.

El subcriterio de *Participación ciudadana* (PC) está compuesto por una variable *Mecanismos e instancias de participación ciudadana* (MIPC) la cual está integrada por un insumo de presencia o ausencia (*existencia de voluntariados, asociaciones, organizaciones civiles, EVAO*). Dado que está compuesto por una sola variable y un solo insumo, el valor obtenido para este insumo es el que se le asignará al subcriterio.

Al integrar el segundo criterio *Respuesta* se tiene

$$RPT = (RHI+ PC)/2$$

Donde:

RPT= Respuesta

RHI= Recursos humanos e institucionales

PC= Participación ciudadana

De manera resumida en las tablas 24, 25 y 26 se muestra la integración de las variables y subcriterios para las cuatro problemáticas.

Tabla 3-24. Criterios de evaluación e integración de la capacidad adaptativa para la problemática "Inundaciones en asentamientos humanos".

	Criterio	Subcriterio	Variable	Insumo
Capacidad adaptativa	Prevención	Gestión del riesgo GDR=(IGR+SAT)/2	Instrumentos para la gestión del riesgo IGR=EMPI	Existencia de mapa de riesgos por inundaciones EMPI
			Sistemas de alerta temprana SAT=(PPRA+EXPR)/2	Presencia de presas reguladoras de avenidas PPRA

				Existencia de Sistemas de Pronóstico de Ríos EXPR
		Conservación ecológica CE=IDC	Instrumentos de conservación IDC=(APSA +AVNAP)/2	Área del municipio con pagos por servicios ambientales APSA
				Área del municipio con vegetación natural en áreas naturales protegidas AVNAP
	Respuesta	Recursos humanos e institucionales RHI=PCCT	Protección civil y capacitación técnica PCCT=(EUPC+EPRA)/2	Existencia de unidades de protección civil en el municipio EUPC
				Existencia de puntos de reunión/albergues EPRA
		Participación ciudadana PC=MIPC	Mecanismos e instancias de participación ciudadana MIPC=EVAO	Existencia de voluntariados, asociaciones, organizaciones civiles, comunitarios EVAO

Tabla 3-25. Criterios de evaluación e integración de la capacidad adaptativa para la problemática “Deslaves en asentamientos humanos”.

	Criterio	Subcriterio	Variable	Insumo
Capacidad adaptativa	PVC=(GDR+CE)/2	Gestión del riesgo GDR= IGR	Instrumentos para la gestión del riesgo IGR=EMPL	Existencia de mapa de riesgos por inestabilidad de laderas EMPL
		Conservación ecológica CE=IDC	Instrumentos de conservación IDC= (AVNIL+AVNAP)/2	Área del municipio con vegetación natural en áreas con susceptibilidad a inestabilidad de laderas AVNIL
				Área del municipio con vegetación natural en áreas naturales protegidas AVNAP

	Respuesta RPT=(RHI+PC)/2	Recursos humanos e institucionales RHI=PCCT	Protección civil y capacitación técnica PCCT=(EUPC+EPPC)/2	Existencia de unidades de protección civil en el municipio EUPC
				Existencia de puntos de reunión/albergues EPRA
		Participación ciudadana PC=MIPC	Mecanismos e instancias de participación ciudadana MIPC=EPRA	Existencia de voluntariados, asociaciones, organizaciones civiles, comunitarios EVAO

Tabla 3-26. Criterios de evaluación e integración de la capacidad adaptativa para la problemática “Ganadería extensiva susceptible a inundaciones” y “Producción forrajera susceptible a inundaciones”.

	Criterio	Subcriterio	Variable	Insumo
Capacidad adaptativa	Instrumentos de planeación IDP=(GDR+CE)/2	Gestión del riesgo GDR=IGR	Instrumentos para la gestión del riesgo IGR= EMPI	Existencia de mapa de riesgos por inundaciones EMPI
		Conservación ecológica CE=PDC	Programas de conservación PDC=(AMANP+AMPRC)/2	Área del municipio dentro de áreas naturales protegidas AMANP
	Capacidad administrativa CA=(RHI+RME)/2	Recursos humanos e institucionales RHI=PCCT	Protección civil y capacitación técnica PCCT=(EPFPC+EUPC)/2	Existencia en el municipio de programas para formación y/o capacitación en materia de protección civil (Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Delegacionales 2015) EPFPC
				Existencia de unidades de protección civil en el municipio (Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Delegacionales 2015) EUPC

		Recursos materiales y económicos RME=PFG	Programa de fomento ganadero PFG=(NBFG+IAPB)/2	Número de beneficiarios del programa fomento ganadero NBFG
				Importe del apoyo en el padrón de beneficiarios por municipio IAPB
	Participación ciudadana PC=MIPC	Mecanismos e instancias de participación ciudadana MIPC=ACR	Asociaciones o comités representantes ACR=MAGL	Municipio con asociaciones ganaderas locales, generales o especializadas MAGL

4. Conclusiones

Para la vulnerabilidad y sus componentes de sensibilidad y capacidad adaptativa, no existe un procedimiento único y/o estandarizado para su estimación; en esta consultoría se tomó el enfoque de medición mediante indicadores, los cuales responden a problemáticas y objetos vulnerables específicos, para una unidad de medida, el nivel municipal. Uno de las dificultades que se tuvo durante el desarrollo de los indicadores fue la disponibilidad de información de libre acceso, específicamente de insumos para la construcción de las variables de capacidad adaptativa; durante la búsqueda de información los insumos tentativos fueron encontrados solo para algunos municipios (como los planes de contingencia ante fenómenos hidrometeorológicos y geológicos).

Durante el desarrollo de la consultoría se observó que si bien la parte de sensibilidad de cada problemática era posible manejarla desde el enfoque biofísico, en la capacidad adaptativa no se pudo manejar de esta manera, debido a que los procesos, herramientas y actores que intervienen en ella son manejados desde distintos ámbitos institucionales y con diversos enfoques de integración y análisis.

El análisis de la vulnerabilidad por problemáticas y sujetos específicos a nivel municipal nos permite desarrollar acciones y herramientas encaminadas a aumentar la capacidad adaptativa, mostrando hacia qué sectores y municipios se deben dirigir las iniciativas para lograr una mejor respuesta ante los impactos de las amenazas naturales.

Es importante resaltar que el enfoque manejado durante esta consultoría para el desarrollo de los indicadores fue dado por el grupo de trabajo del INECC, este enfoque está basado en el análisis del objeto vulnerable y el territorio en donde se encuentra y como este influye en la construcción de la vulnerabilidad.

5. Bibliografía

- Álvarez, A. (2007). Participación ciudadana y la reducción de desastres: Las comunidades hacia los nuevos desafíos del desarrollo local. Recuperado en: <http://www.eird.org/esp/revista/no-14-2007/art33.html>
- Amend, S. (Ed.) (2010). *Áreas Protegidas como Respuesta al Cambio Climático*. Programa Desarrollo Rural Sostenible (pdrs). Sociedad Alemana para la Cooperación Técnica Alemana (GTZ). Lima, Perú. Recuperado de <http://www.bivica.org/upload/areas-prottegidas.pdf>
- Aragón, F. (2008). *Estrategias de protección civil y gestión de riesgo hidrometeorológicos ante el cambio climático*. Ciudad de México. INECC.
- Aznar-Bellver, J. (2012). *Nuevos métodos de valoración Modelos multicriterio*. Universidad Politécnica. Valencia, España.
- Bologna (2012). Efectos de las inundaciones sobre las pasturas, alternativas para el manejo y recomposición de la base forrajera. Recuperado de <https://www.engormix.com/ganaderia-carne/articulos/efectos-inundaciones-sobre-pasturas-t29806.htm>
- Borja, R. y Alcántara, I. (2004). Procesos de remoción en masa y riesgos asociados en Zacapoaxtla, Puebla. Investigaciones geográficas. Boletín del Instituto de Geografía, UNAM. No. 53, pp 7-26.
- Bradshaw, C., Sodhi, N., Peh, K. y Brook B. (2007). Global evidence that reforestation amplifies flood risk and severity in the developing world. *Global Change Biology*. Vol. 13 pp. 1-17.
- CENAPRED (2001) *Inestabilidad de laderas. Serie Fascículos*. CENAPRED. Ciudad de México. Recuperado en <http://www.cenapred.unam.mx/es/DocumentosPublicos/PDF/SerieFasciculos/fasciculoladeras2.pdf>
- CENAPRED (2004). *Fascículo Inundaciones*. Centro Nacional de Prevención de Desastres. Ciudad de México. México.
- CENAPRED (2006). *Guía Básica para la elaboración de Alas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos*. CENAPRED, México.
- CENAPRED (2012). *Características e impacto socioeconómico de los principales desastres ocurridos en la República Mexicana en 2010*. Centro Nacional de Prevención de Desastres. Ciudad de México. México. Recuperado de <http://www.cenapred.gob.mx/es/Publicaciones/archivos/216-1.pdf>

- CENAPRED (2014) Evaluación del impacto de las lluvias ocurridas en octubre de 1999 en el estado de Veracruz. En *Evaluación del impacto socioeconómico de los principales desastres naturales ocurridos en la República Mexicana, durante 1999*. (pp. 121-136). CENAPRED. Ciudad de México.
- CENAPRED (2014) *Impactos socioeconómicos de los Desastres en México durante 2013*. CENAPRED. Ciudad de México. Recuperado de http://www.cenapred.unam.mx/es/Publicaciones/archivos/21072014Resumen_Ejecutivo_Impacto.pdf
- CENAPRED (2014). *Características e impacto socioeconómico de los principales desastres ocurridos en la República Mexicana en el año 2007*. Centro Nacional de Prevención de Desastres. Ciudad de México. México.
- CENAPRED (2015). Generación de insumos para el Atlas Nacional de Riesgos. Mapa Nacional de Susceptibilidad por Inestabilidad de Laderas. Subdirección de Dinámicas del Suelo y Procesos Gravitacionales. Centro Nacional de Prevención de Desastres. México.
- CENAPRED (2017). *Impactos socioeconómicos de los principales desastres ocurridos en la República Mexicana en 2015*. Centro Nacional de Prevención de Desastres. Ciudad de México. México.
- CEPAL (2007) *Información para la gestión de riesgo de desastre. Estudio de caso de cinco países: México*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). Ciudad de México.
- CNGMD (2015). Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Delegacionales. Instituto Nacional de Geografía y Estadística. México.
- CONAFOR (2010) *Programa y acciones de reforestación, conservación y restauración de suelos, incendios forestales y sanidad forestal de ecosistemas forestales*. SEMARNAT. CONAFOR. Zapopan, Jalisco, México. Recuperado de <http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/7/1359Programas%20y%20Acciones%20en%20Reforestaci%C3%B3n,%20Conservaci%C3%B3n%20y%20Restauraci%C3%B3n%20de%20Suelos,%20Incendios%20Forestales%20y.pdf>
- CONAGUA (2011). *Manual para el control de inundaciones*. Comisión Nacional del Agua. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Ciudad de México, México. 326 pp. <http://cenca.imta.mx/pdf/manual-para-el-control-de-inundaciones.pdf>
- CONANP (2015) Estrategia de cambio climático desde las áreas naturales protegidas: una convocatoria para la resiliencia de México (2015-2020). SEMARNAT. Recuperado de <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/246611/ECCAP-2015.pdf>
- Cotler, H., Martínez, M. y Etchevers, J. D. (2016) Carbono orgánico en suelos agrícolas de México: Investigación políticas públicas. *Terra Latinoamericana*. 34. pp. 125-138.
- Cruz, B., Gaspari, F., Rodríguez, A., Carrillo, F. y Téllez, J. (2015). Análisis morfométrico de la cuenca hidrográfica del río Cuale, Jalisco, México. Investigación y ciencia de la Universidad de Aguascalientes. No. 64 pp. 26-34.

- Cuevas, M., Garrido A., Pérez J. L. y González D. (2010a). Estado actual de las vegetación en las cuencas de México. En Cotler H. (Coord.) *Las cuencas hidrográficas de México: Diagnóstico y priorización*. Instituto Nacional de Ecología, SEMARNAT - Fundación Gonzalo Río Arronte I.A.P., México D.F.
- Cuevas, M., Garrido A., Pérez J. L. y González D. (2010b). Procesos de cambio de uso de suelo y degradación de la vegetación natural. En Cotler H. (Coord.) *Las cuencas hidrográficas de México: Diagnóstico y priorización*. Instituto Nacional de Ecología, SEMARNAT - Fundación Gonzalo Río Arronte I.A.P., México D.F.
- Domínguez- Cuesta, M. y Bobrowsky, P. (2013). Proposed Landslide susceptibility map of Canada based in GIS. En Margottini, C., Canuti, P. y Sassa, K. (Ed.) *Landslide science and practice. Vol. 3: spatial analysis and modelling*. (pp.375-382). Editorial Springer. Heidelberg Berlin.
- EIRD (2008) La participación ciudadana en la gestión del riesgo. En *La gestión del riesgo de desastre hoy. Estrategia Internacional para la Reducción de Desastre*. Recuperado de http://bvpad.indeci.gob.pe/doc/cds/CD_eird2008/capitulo16.pdf
- Ellis A., Romero, J., Hernández, I.U., Gallo, C. A. y Alanís, J.L. (2012). Evaluación geográfica de áreas susceptibles a inundación en la cuenca del río Tuxpan, Veracruz. *Avances en investigación agropecuaria*. Vol. 16 pp. 7-28.
- ENCC (2013). Estrategia Nacional de Cambio Climático. Visión 10-20-40. Gobierno de la República.
- FAO (2000) *Manual de prácticas integradas de manejo y conservación de suelos*. FAO. IITA. Roma, Italia.
- FAO (1996) Ecología y enseñanza rural. Nociones ambientales básicas para profesores rurales y extensionistas. FAO. Roma, Italia.
- Gamarra, T. (2015). Impacto de las inundaciones en la economía de un productor agropecuario. Centro Regional de Cambio Climático y Toma de Decisiones. Paraguay. Recuperado de <http://www.cambioclimaticoydecisiones.org/wp-content/uploads/2016/03/CCLim-Paraguay-CasoEstudio2015.pdf>
- GIZ (2014). *El Libro de la Vulnerabilidad. Concepto y lineamientos para la evaluación estandarizada de la vulnerabilidad*. Eschborn, Alemania. GIZ.
- González, A. (2004). Análisis morfométrico de la cuenca y de la red de drenaje del río Zadorra y sus afluentes aplicado a la peligrosidad de crecidas. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*. N° 38, pp. 311-329.
- Hernández, A., Muñoz, S., Salazar, S. y Lamothe, C. (2006) Las inundaciones y la ganadería en el estado de Veracruz durante 2005. En A. Tejeda, Inundaciones 2005 en el estado de Veracruz. Primera edición. Xalapa, México. Universidad Veracruzana. Recuperado de <http://www.iingen.unam.mx/es-mx/Publicaciones/Libros/LibroInundaciones2005/10.pdf>

- IDEAM (2012). *Metodología para la zonificación de susceptibilidad general del terreno a los movimientos en masa*. Recuperado de http://www.ideam.gov.co/documents/11769/152732/Metodologia+suscept+FRM_oficial_final.pdf/6ded04e2-9378-440f-8902-2e6c92fcc745
- INEGI (2010). *Perspectiva estadística*. Recuperado de <http://cuentame.inegi.org.mx/economia/primarias/gana/default.aspx?tema=E>
- IPCC (2007). *Resumen para Responsables de Políticas*. En Cambio Climático 2007: Impactos y Vulnerabilidad. Contribución del Grupo de Trabajo II al Cuarto Informe de Evaluación del IPCC. M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden y C.E. Hanson, (Eds). Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido.
- IPCC (2007) Summary for Policymakers. In: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. enhen, M. Marquis, K.B. Averyt, M.Tignor and H.L. Miller (eds.). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- López-Pérez A., Martínez-Menes, M. Y Fernández-Reynoso, D. (2014). Priorización de áreas de intervención mediante análisis morfométrico e índice de vegetación. *Tecnología y Ciencias del Agua*. Vol. VI núm. 1, pp. 121-137.
- Lungo, M. y Baires, S. (Comp.) (1996). De terremotos, derrumbes e inundados. Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina. Recuperado de http://www.desenredando.org/public/libros/1996/dtdei/DTDEI_cap03-RSCPMDRA_ene-7-2003.pdf
- Martínez, E., Fuentes, J. P. y Acevedo, E. (2008) Carbono orgánico y propiedades del suelo. *Revista de la ciencia del suelo y nutrición vegetal*. Vol. 8 n°1. Temuco.
- Manson R. H. y Jardel E. J. (2009). Perturbaciones y desastres naturales: impactos sobre las ecorregiones, la biodiversidad y el bienestar económico. En *Capital natural de México, vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, pp. 131-184.
- Meza, L. (2014). Incorporación de la gestión del riesgo agroclimático en el sector silvoagropecuario de Chile: Experiencia de cooperación de la FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). Santiago, Chile.
- Moral, L. (2014) *Cálculo de la susceptibilidad de deslizamiento del terreno en Lorca mediante un sistema de información geográfica*. Tesis de licenciatura. Universidad Politécnica de Madrid. Madrid España. Recuperado de http://oa.upm.es/33005/1/TFG_LAURA_MORAL_FERNANDEZ.pdf
- Mullan D, Favis-Mortlock D, Fealy R. (2012) Addressing key limitations associated with modelling soil erosion under the impacts of future climate change. *Agricultural and Forest Meteorology*, 156. Pp. 18 - 30.

- Myeong, S. (2014). Flood vulnerability and deforestation: a cause study of North Korea. <https://www.unisdr.org/we/inform/publications/50235>
- Nelson, G., Rosegran, M., Koo, J., Robertson R., Sulser, T., Zhu, T.,... Lee, D. (2009) *Cambio Climático. El impacto en la agricultura y los costos de adaptación*. Washington, D.C. Instituto Internacional de Investigación sobre Políticas Alimentarias
- OCDE (2013) Principales peligros generados por fenómenos naturales y vulnerabilidades. En *Estudio de la OCDE sobre el Sistema Nacional de Protección Civil en México (pp.29-60)* OECD Publishing. <http://dx.doi.org/10.1787/9789264200210-es>.
- OEA (2008). Guía Conceptual y Metodológica para el Diseño de Esquemas de Pagos por Servicios Ambientales en Latino-América y el Caribe. Documento borrador. Organización de los Estados Americanos. Departamento de Desarrollo sostenible. Estados Unidos.
- Ollero, A. (1997). Crecidas e inundaciones como riesgo hidrológico un planteamiento didáctico. *Lurralde investigación y espacio*. No. 20 pp. 261-283.
- Ortiz-Vera, O. (2015). Similitud hidráulica de sistemas hidrológicos altoandinos y transferencia de información Hidrometeorológica. *Tecnología y Ciencias del Agua*. Vol. VI, núm. 4. Pp.25-44.
- Pabon-Zamora, L., Bezaury J., Leon, F., Gill, L., Stolton , Groves, A., Mitchell, S., y Dudley, N. (2008). Valorando la Naturaleza: Beneficios de las áreas protegidas. Serie Guía Rápida, editor, J. Ervin. Arlington, VA: The Nature Conservancy. 34 pp. Recuperado de <https://www.cepal.org/ilpes/noticias/paginas/1/35691/Valorandolanaturaleza.pdf>
- Ponvert-Delisle, D., Lau, A. y Balamaseda, C. (2007) La vulnerabilidad del sector agrícola frente a los desastres reflexiones generales. *Zonas Áridas*. No. 11. Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Ramos, J. y Reyes, M. (2005). Gobiernos locales y participación ciudadana: hacia un enfoque de gestión estratégica asociada. *Espiral*. Vol. 12, n° 34. Guadalajara, México. Recuperado de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1665-05652005000300002&script=sci_arttext
- Rivera, N., Casado, J. y Sánchez M. (2015). Los atlas de riesgo municipales en México como instrumentos de ordenamiento territorial. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía*. Vol. 2015, pp. 146-162. <https://doi.org/10.14350/rig.48326>
- Rosas, A. (2011). La capacidad administrativa del gobierno del Distrito Federal y el cambio climático. *Política y Cultura*. No. 36, pp. 177-203.
- Saavedra, F. (2010). Vulnerabilidad de la población frente a inundaciones e inestabilidad de laderas. En Cotler, E. (ed) *Las cuencas hidrográficas de México. Diagnóstico y priorización*. Pp. 132- 137. Primera edición. México D.F. Instituto Nacional de Ecología.
- SAGARAPA (1999). Ley de Organizaciones Ganadera. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. México.
- SAGARPA (2011). Jalisco mayor productor de forraje en el país. Recuperado de <http://www.sagarpa.gob.mx/Delegaciones/jalisco/boletines/Paginas/B0422011.aspx>

- SAGARPA (2012) *México: el sector agropecuario ante el desafío del cambio climático. Vol. 1.* FAO SAGARPA. Ciudad de México.
- SAGARPA (2016). Evaluación de Diseño Programa de Fomento Ganadero. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. México.
- Sánchez, J. (2015). La participación ciudadana como instrumento del gobierno abierto. Espacios públicos. Vol. 18, No. 43, pp. 51-73. Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca, México.
- Schuschny, A. y Soto A. (2009) *Guía metodológica Diseño de indicadores compuestos de desarrollo sostenible.* Consultado el 21 de agosto del 2017 <https://www.poli.edu.co/sites/default/files/guiausocitasbibliografiaapa.pdf>
- SEMARNAT (2002) Evaluación de la degradación del suelo causada por el hombre en la República Mexicana Escala 1:250 00. Memoria nacional. SEMARNAT. Ciudad de México.
- SEMARNAT (2015). *Informe de la situación del Medio Ambiente en México. Compendio de estadísticas ambientales. Indicadores claves, de desempeño ambiental y de crecimiento verde. Edición 2015.* Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México.
- Suarez, F. (1979) *Conservación de suelos.* Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. San José. Costa Rica.
- Ulloa, F. (2011) El entorno y la gestión del riesgo de desastre. En *Manual de gestión de riesgos de desastre para comunicadores sociales.* Recuperado de <http://unesdoc.unesco.org/images/0021/002191/219184s.pdf>
- UNGRD (2015). Guía de integración de la gestión del Riesgo de Desastres y el Ordenamiento Territorial Municipal. Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastre. Bogotá D.C. Colombia.
- UNISDR (2009). Terminología sobre reducción del riesgo de desastres. Estrategia Internacional para la reducción de Desastres de las Naciones Unidas. Ginebra, Suiza.
- Zamudio, V. y Méndez, E. (2011) La vulnerabilidad de erosión de suelos agrícolas en la región centro-sur del estado de Nayarit, México. *Ambiente y desarrollo.* Vol. XV N° 28, pp. 11-38.
- Zavala-Cruz, J., Palma-López, D. J., Fernández, C. R., López, A., y Shirma, E. (2011) Degradación y conservación de suelos en las cuencas del Río Grijalva, Tabasco. Colegio de posgraduados, Secretaría de Recursos Naturales y Protección Ambiental y PEMEX. Villahermosa, Tabasco, México.



Plataforma de colaboración sobre
**CAMBIO CLIMÁTICO
 Y CRECIMIENTO VERDE**
 entre Canadá y México

Este documento fue desarrollado en el marco de la Plataforma de Colaboración sobre Cambio Climático y Crecimiento Verde entre Canadá y México, todos los derechos reservados

Derechos reservados © 2018
 Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD)
 Montes Urales 440, Lomas de Chapultepec, Delegación Miguel Hidalgo, CDMX C.P. 11000
www.mx.undp.org

Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC)
 Blvd. Adolfo Ruiz Cortines No. 4209, Colonia Jardines en la Montaña, Delegación Tlalpan, CDMX CP. 14210
www.gob.mx/inecc



Environment
Canada

Environnement
Canada

SEMARNAT
SECRETARÍA DE
ECOLOGÍA Y CAMBIO CLIMÁTICO



INECC
INSTITUTO NACIONAL
DE ECOLOGÍA Y CAMBIO CLIMÁTICO

