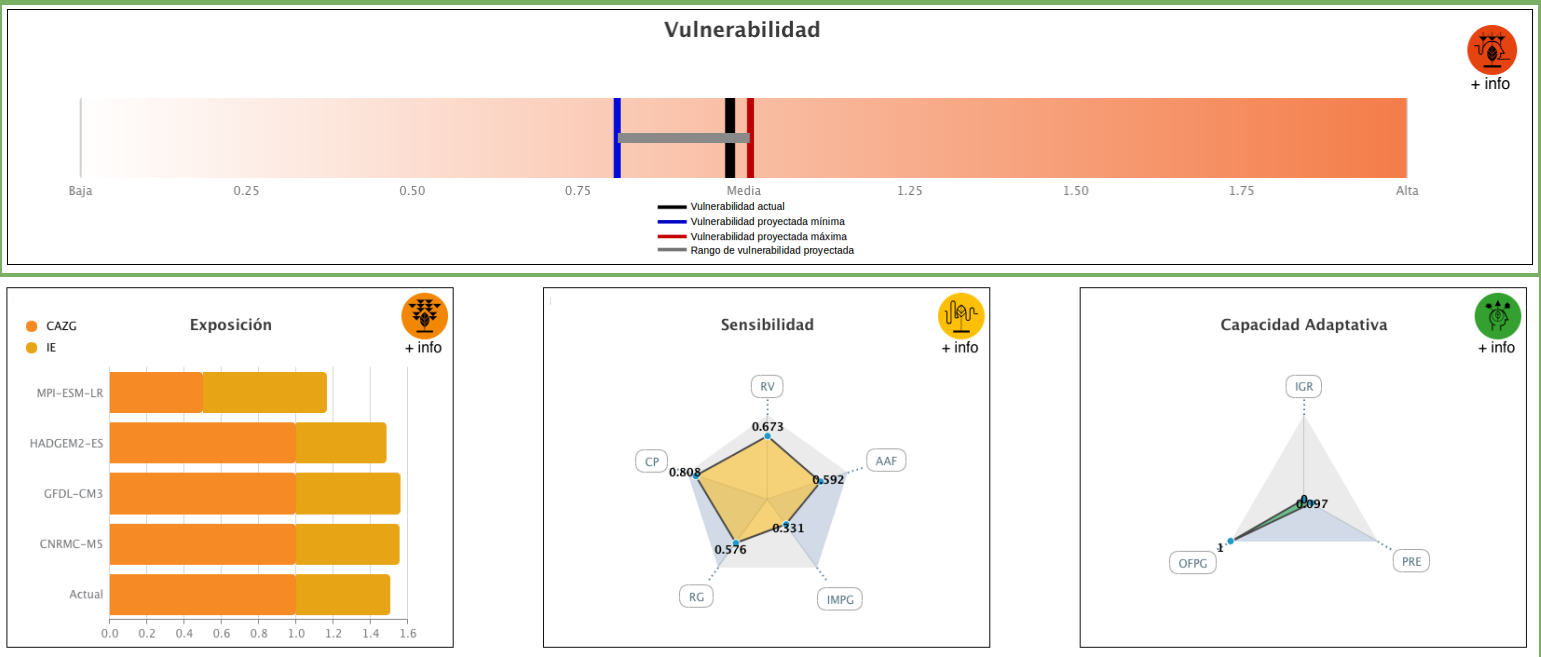
SEMARNAT
SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES

INECC
INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGÍA Y CAMBIO CLIMÁTICO

Desarrollar métodos estadísticos, gráficos y geoespaciales, para comunicar la evaluación y análisis de la vulnerabilidad al cambio climático de las diferentes problemáticas abordadas en el Atlas Nacional DE Vulnerabilidad al Cambio Climático

2018

Adaptación al Cambio climático



Preparado por:
M. en C. Oscar Calderón Bustamante

Elaborado para:
Coordinación General de Adaptación al Cambio Climático

25 septiembre 2018

Boulevard Adolfo Ruiz Cortines 4209, 2° piso. Col. Jardines en la Montaña, Del. Tlalpan C.p. 4210 Ciudad de México Tel. +52 (55) 54246400.
www.inecc.gob.mx

TABLA DE CONTENIDO

Tabla de contenido 2
Introducción 3
Proceso de analisis para problematicas específicas ante cambio climático 4
Problemáticas de población 7
1. Vulnerabilidad de los asentamientos humanos por inundaciones 8
2. Vulnerabilidad de los asentamientos humanos por deslaves 26
3. Vulnerabilidad de la población al incremento en la distribución potencial del dengue 41
Problemáticas de actividades económicas 60
1. Vulnerabilidad de la producción ganadera por inundaciones 60
2. Vulnerabilidad de la producción ganadera ante estrés hídrico 84
3. Vulnerabilidad de la producción Forrajera ante estrés hídrico 106
Conclusiones 131
Bibliografía 132

INTRODUCCIÓN

Dadas las condiciones de vulnerabilidad a los efectos del cambio climático del país, y en el supuesto de que pueden intensificarse dichos impactos, se vuelve un aprioridad conocer, ubicar y visualizar de manera diferencial las condiciones de vulnerabilidad al cambio climático en las que se encuentra la población, el capital natural, la infraestructura y las actividades econonmicas.

En el INECC se evalúa la vulnerabilidad al cambio climático de acuerdo al enfoque del IPCC (2007), el cual se ha retomado en los instrumentos rectores de la política nacional mexicana.

De acuerdo con el IPCC, la vulnerabilidad se define como el grado en que los sistemas pueden verse afectado por el cambio climático, dependiendo si estos son capaces o incapaces de afrontar los impactos negativos del cambio climático, incluyendo la variabilidad climática y los eventos extremos. De acuerdo a la Ley General de Cambio Climático, indica que la vulnerabilidad está en función del carácter, magnitud y velocidad de la variación climática a la que se encuentra expuesto un sistema, su sensibilidad y su capacidad de adaptación (DOF, 2012, modificación 2018). De esta manera la vulnerabilidad se define como:

Vulnerabilidad = f (exposición + sensibilidad - capacidad adaptativa)

El ANVCC es una herramienta que da a conocer la vulnerabilidad territorial actual y futura, relacionada con el clima actual el proyectado (escenarios de cambio climático) ante problemáticas especificas asociadas con amenazas climáticas. Donde se define una unidad territorial (municipal) para el desarrollo de la evaluación, tomando en cuenta las características del territorio que podría tener un papel importante en el desarrollo de la problemática.

A continuación se presenta el desarrollo de 6 problemáticas planteadas por el equipo de trabajo del INECC, las cuales fueron desarrolladas gracias a las colaboraciones con instituciones como CONAGUA, CENAPRED y SAGARPA. Estas problemáticas corresponden a dos de los cuatro grupos de trabajo que el

INECC identificó: población, actividades económicas, infraestructura y capital natural.

POBLACIÓN

- Vulnerabilidad de los asentamientos humanos por inundaciones
- Vulnerabilidad de los asentamientos humanos por deslaves
- Vulnerabilidad de la población al incremento en la distribución potencial del dengue

ACTIVIDADES ECONÓMICAS

- Vulnerabilidad de la producción ganadera por inundaciones
- Vulnerabilidad de la producción ganadera ante estrés hídrico
- Vulnerabilidad de la producción forrajera ante estrés hídrico

PROCESO DE ANALISIS PARA PROBLEMATICAS ESPECÍFICAS ANTE CAMBIO CLIMÁTICO

Para el análisis de cada una de las problemáticas se desarrolló una estructura general de trabajo, donde se describe la base técnica de cada problemática.

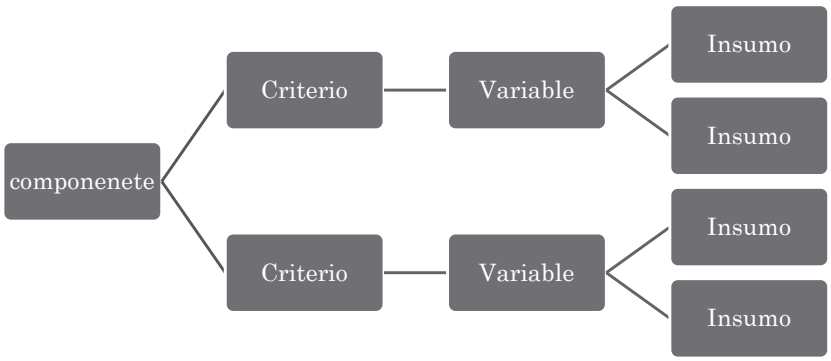
1. **Identificación de la problemática climática**

Es necesario contestar las preguntas: ¿Qué origina la problemática?, ¿Quién o qué es impactado por la problemática? y ¿Dónde sucede la problemática?

Con estas preguntas se debe ser capaz de identificar la amenaza climática (aumento de temperatura, aumento de precipitación, escases de precipitación, aumento de nivel del mar, etc.), el objeto al que se impacta (asentamientos humanos, carreteras, producción ganadera, maíz, bosques, etc.) y las características territoriales donde se desarrolla la problemática para definir la unidad de agregación (municipios, nacional, cuenca, regiones, etc.).

2. Estructurar la problemática

Una vez que se ha definido la problemática con las características específicas señaladas anteriormente, se procede a su estructuración, para lo cual se realizó un esquema básico de análisis de la problemática, este esquema se logró obtener gracias a la interacción entre el equipo del INECC y el consultor. Dicho esquema de análisis se muestra en el siguiente cuadro:

Problemática
Justificación
Se describe la importancia de la problemática planteada.
Cálculo de Vulnerabilidad
El cálculo de la vulnerabilidad se estructura en un esquema de “árbol” para cada problemática, el cual está constituido por las componentes de exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa.    En el cálculo de la vulnerabilidad se deben de considerar los siguientes elementos: 1. Variables que responden a los componentes de la vulnerabilidad de la problemática. 2. Unidad territorial para el análisis (por ejemplo municipios).

3. Nivel de representación.

La integración de variables y criterios para el cálculo de la vulnerabilidad, se utiliza la evaluación multicriterio (EMC), la cual se define como un conjunto de técnicas orientadas a asistir en los procesos de toma de decisiones. El objetivo de esta técnica es integrar un número de alternativas bajo la luz de múltiples criterios y objetivos en conflicto, para generar soluciones compromisos y jerarquizaciones de las alternativas de acuerdo a su grado de atracción. La toma de decisiones multicriterio se puede entender como un mundo de conceptos, aproximaciones, modelos y métodos para auxiliar en la descripción, evaluación, ordenar, jerarquizar, seleccionar o rechazar objetos, con base a una evaluación de acuerdo a varios criterios (Gómez y Barredo, 2005). Para este propósito se utilizó un proceso analítico jerárquico (AHP, por sus siglas en inglés), en éste el decisor provee sus preferencias relativas (en términos de asignación de pesos de importancia) a las distintas alternativas por medio de una serie de comparaciones entre pares de factores, con las que se forma una matriz de comparación. Es decir, se establecen las prioridades o importancia relativa, ya sea de las alternativas o de los factores comparándolos en un juicio de valor.

La integración de los métodos de EMC y los sitemas de información geográfica generan una herramienta para asistir en los procesos de analisis espacial a través del modelado, en especial para la asignación/localización de actividades, gestión de recursos naturales, control del riego y la contaminación ambiental y en general para el ordenamiento territorial (Gómez y Barredo, 2005).

Se hace una integración de criterios, que a su vez están constituidos por variables, dichas variables se construyen con insumos.

- Criterio: índices para la construcción de la exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa.
- Variable: variables utilizadas para la construcción de los criterios.

Exposición	Sensibilidad	Capacidad

		adaptativa
Actual	Actual	Actual
Futura: escenarios de cambio climático con RCP8.5, horizonte 2015-2039 y modelos CNRMC-M5, MPI-ESM-LR, GFDL-CM3 y HADGEM2-ES.	Considerar condiciones y susceptibilidades del objeto vulnerable.	Recursos humanos e institucionales.
Criterios	Se utilizan índices para la construcción de cada componente.	
Variables	Utilizadas para la construcción de los criterios.	
Se realiza el cálculo de la vulnerabilidad actual y futura, esta última dependiente de los escenarios de cambio climático de exposición.		
Insumos		
Fuentes de datos utilizados para el cálculo de las variables, los cuales deben ser medibles, deben tener una representación nacional, deben ser de fuentes oficiales y actualizables.		

3. Recomendaciones

Al tener la evaluación de la vulnerabilidad con los distintos niveles jerárquicos, se pueden hacer recomendaciones generales para disminuir la sensibilidad y aumentar la capacidad adaptativa

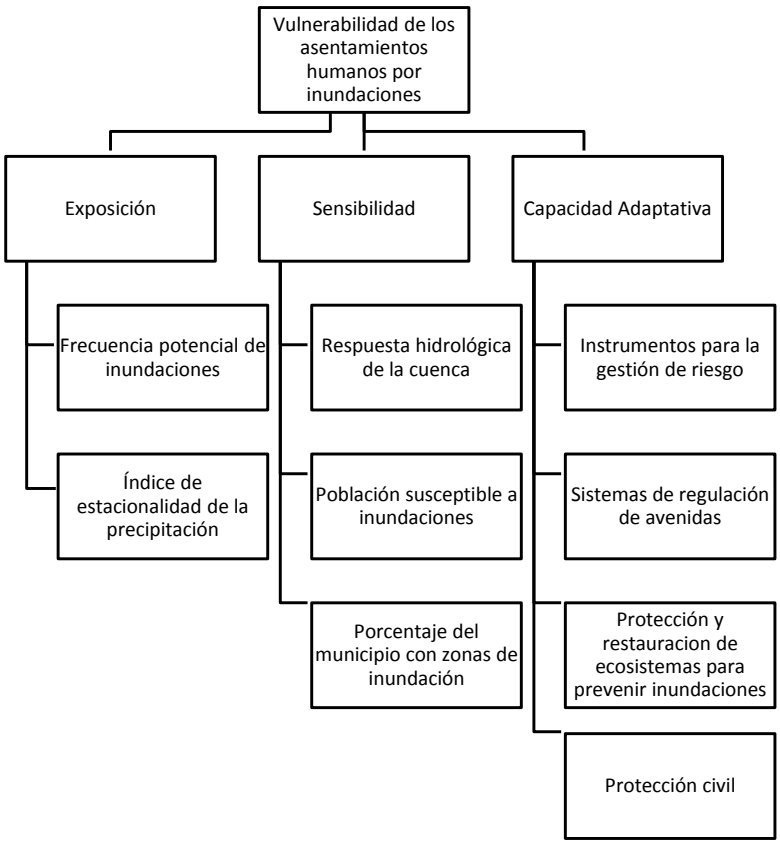
PROBLEMÁTICAS DE POBLACIÓN

Las problemáticas de población inundaciones y deslaves, fueron desarrolladas gracias a la colaboración interinstitucional con las dependencias de CENAPRED y

CONAGUA. Con el equipo del INECC se discutieron y construyeron los criterios y variables finales.

1. VULNERABILIDAD DE LOS ASENTAMIENTOS HUMANOS POR INUNDACIONES

De manera natural las inundaciones ocurren en el territorio, sin embargo cuando están involucrados los asentamientos humanos o zonas de actividad productiva estas pueden afectar las vidas humanas y propiedades (Rodríguez-Vázquez, 2012). Las inundaciones generan el mayor número de devastaciones y pérdidas económicas a nivel global; en 2012, las inundaciones afectaron 178 millones de personas, lo que las cataloga como los eventos extremos más frecuentes (Cavazos, 2015). De acuerdo con cifras de CENAPRED del total de la estimación de pérdidas y daños reportada por eventos extremos, el 62% (10,678 millones de pesos) correspondió a lluvias e inundaciones (Cavazos, 2015). Tan sólo en 2007 las inundaciones en Tabasco ocasionaron en conjunto daños y pérdidas que ascendieron a 3,100 millones de dólares. La vivienda fue el rubro con mayores pérdidas, con una afectación en 123 mil viviendas (CEPAL, 2008).



Exposición

Criterio 1

<u>Frecuencia potencial de inundaciones</u>

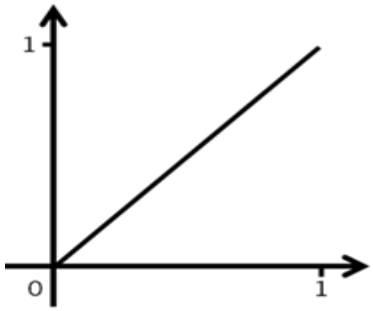
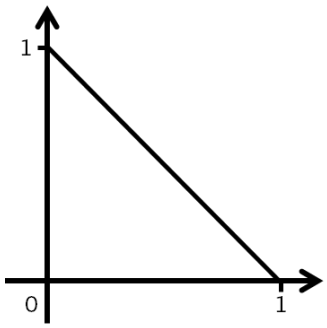
Al considerar el número de veces con la que distintos volúmenes de precipitación se presentan, se pueden identificar zonas potenciales a inundarse, por medio de la relación entre eventos de precipitación e inundaciones (CENAPRED, 2004; Froidevaux et la., 2015; Koutroulis et al., 2010; Stephens et al., 2015). Se divide el acumulado anual entre el umbral de precipitación municipal determinado por el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) en conjunto con la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA).

Variables

- *Precipitación acumulada anual*

Es la suma de la precipitación mensual durante los 12 meses del año. Se aplica para los datos observados con un periodo de 1950-2000 y con escenarios de cambio climático (
modelos: CNRMC-M5 MPI-ESM-LR HADGEM2-ES y GFDL-CM3 con RCP8.5 y horizonte cercano 2015-2039)

- *Umbral municipal de inundación*
  El CENAPRED) en conjunto con la CONAGUA, determinaron umbrales de precipitación puntuales con duración de 12 horas y periodo de retorno de 5 años a escala municipal. Con estos valores se consideró que si la precipitación anual sobrepasaba este valor fijo entonces sería un detonador de posibles inundaciones. Así como la precipitación varía a lo largo del territorio nacional dependiendo de la climatología, el umbral también tendrá variaciones, en regiones secas los valores serán menores que aquellos de lugares húmedos.

A mayor precipitación acumulada anual mayor exposición ante inundaciones	*A menor umbral mayor será la exposición a inundación.*
	

Criterio 2

<u>Índice de estacionalidad de la precipitación</u>

Los municipios donde el régimen de lluvias se concentra en pocos meses son más susceptibles a inundaciones, porque hay un mayor número de eventos continuos

de precipitación, los cuales se acumulan exponiendo a la población a avenidas súbitas de agua de lluvia por escurrimiento.

El índice de estacionalidad es la suma del valor absoluto de las diferencias entre la lluvia mensual de cada mes y la lluvia media mensual del año dividido por la precipitación anual del año, es decir

$$SI = \frac{1}{\overline{R}} \sum_{n=1}^{n=12} \left| \overline{x}_n - \overline{R}/12 \right|$$

donde $\overline{x}_n$ es el promedio de la precipitación del mes n y $\overline{R}$ es el promedio anual de la precipitación.

Régimen de lluvia	Límites de clases SI
Distribución de lluvia muy constante	≤ 0.19
Constante pero con una temporada húmeda definida	0.20-0.39
Algo estacional con una corta temporada más seca	0.40-0.59
Estacional	0.60-0.79
Marcadamente estacional con una temporada seca más larga	0.80-0.99
Mucha lluvia en 3 meses o menos	1.00-1.19
Extrema, casi toda la lluvia en 1-2 meses	≥1.20

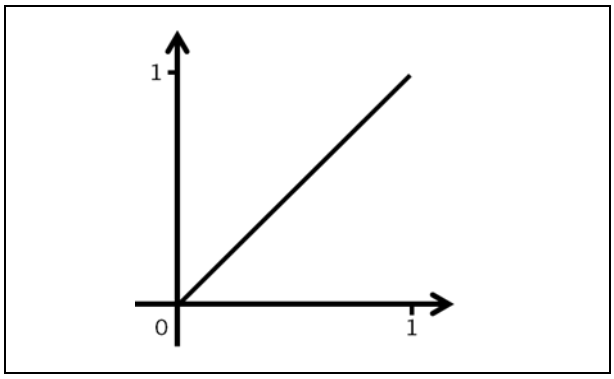
Fuente: Walsh y Lawler (1981).

Variables

- *Precipitación mensual*

  La precipitación mensual se utiliza como insumo para calcular el índice de estacionalidad así como el promedio anual. Se aplica para los datos observados con un periodo de 1950-2000 y con escenarios de cambio climático (modelos: CNRMC-M5 MPI-ESM-LR HADGEM2-ES y GFDL-CM3 con RCP8.5 y horizonte cercano 2015-2039)

A mayor precipitación mensual mayor exposición



Insumos

- Precipitación anual 1950-2000 y escenarios de cambio climático.
- WorldClim data https://www.gob.mx/inecc/acciones-y-programas/cartografia-de-clima-actual-o-base-1950-2000
- Municipios. Fuente: INEGI 2010
- Umbrales de inundación. Fuente: CONAGUA-CENAPRED

Sensibilidad

Criterio 1

Respuesta hidrológica de la cuenca

La importancia de conocer el comportamiento hidrológico de las cuencas reside en la posibilidad de estimar los recursos hídrico aportados por éstas y la respuesta ante eventos extremos y de este modo evitar riesgo por fuertes crecidas (Álvarez et al., n.d.). Las fuertes precipitaciones que caen sobre una cuenca, saturan los suelos de humedad, producen fuertes escorrentías y causan el desbordamiento de los cauces, provocando inundaciones en las tierras bajas (Narro, 1986). Para considerar el impacto de los procesos de regulación de inundaciones de las cuencas en la población que se ubicada en zonas inundables. Para asignar un valor municipal de estos criterios funcionales, se calculó el porcentaje de la

población municipal que se encentra en zonas inundables en cada cuenca, posteriormente ese porcentaje se multiplicó por los valores estandarizados del índice de compacidad y de porcentaje de vegetación natural para cada cuenca. El resultado final representa la sumatoria de los valores de todas las cuencas que contienen población en zonas inundables para cada municipio.

Variables

- *Índice de compacidad de la cuenca en los municipios*

Para integrar esta variable se utilizará los siguientes insumos

- Límite de las cuencas hidrológicas de CONAGUA (2017)
- Límite municipal (INEGI 2010)
- Zonas inundables (INEGI 2010)
- Localidades (ITER, INEGI 2010)

Primero se debe calcular el índice de compacidad de las cuencas hidrológicas siguiendo el método de Gravelius, descrito en el apartado de Índice de Gravelius. Después se debe categorizar los valores de (K) y asignarle el orden de Ranqueo de acuerdo a su categoría:

ID_cuenca	Valor K	Categoría	Rank
Cuenca 1	1.89	1	0.10
Cuenca 2	1.55	2	0.20
Cuenca 3	1.30	3	0.30
Cuenca 4	1.05	4	0.40
Cuenca 5	1.15	4	0.40

Se seleccionan las cuencas que tiene influencia hidrográfica con la población del municipio en zonas inundables (ZI), y se estima el porcentaje de la población del municipio en ZI contenida en cada cuenca. Se multiplica el valor de orden de ranqueo por el porcentaje de la población del municipio en zonas inundables, por ejemplo:

ID_cuenca	Valor K	Categoría	Rank	CVE_MPO	% Pob ZI	Var_IC
Cuenca 1	1.89	1	0.10	Mun 1	25	2.5
Cuenca 2	1.55	2	0.20	Mun 1	0	0
Cuenca 3	1.30	3	0.30	Mun 1	5	1.5
Cuenca 4	1.05	4	0.40	Mun 1	30	12
Cuenca 5	1.15	4	0.40	Mun 1	45	18

Para asignar el valor de índice de compacidad a los municipios, se realiza la sumatoria del producto 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_IC).

$$Var_IC = \sum (0.1 * 25\%) + (0.2 * 0\%) + (0.3 * 5\%) + (0.4 * 30\%) + (0.4 * 45\%)$$

- *Porcentaje de vegetación natural de las cuencas en los municipios*

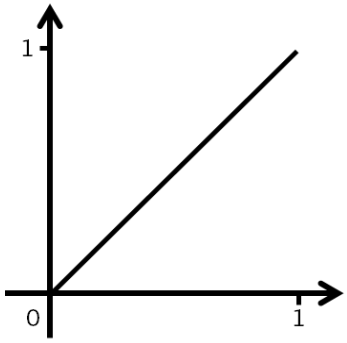
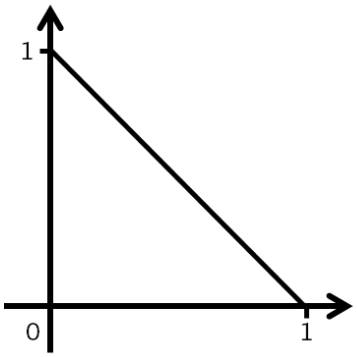
De las cuencas identificadas con influencia hidrográfica sobre la población del municipio en ZI, se calcula el porcentaje de vegetación natural con respecto a la superficie de la cuenca. Se categorizan las cuencas y se asigna un orden de ranqueo con respecto a su porcentaje de vegetación natural:

ID_cuenca	%VegNat	Categoría	Rank_VegNat	CVE_MPO	% Pob ZI	Var_VegNat
Cuenca 1	45	3	0.30	Mun 1	25	7.5
Cuenca 2	60	2	0.20	Mun 1	0	0
Cuenca 3	35	3	0.30	Mun 1	5	1.5
Cuenca 4	78	1	0.10	Mun 1	30	3
Cuenca 5	55	2	0.20	Mun 1	45	9

Para la asignación del valor de vegetación natural a los municipios, se realiza 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).

$$\text{Var_VegNat} = \sum (.3 * 25\%) + (.2 * 0\%) + (.3 * 5\%) + (0.1 * 30\%) + (0.2 * 45\%)$$

Para llevarlo a municipios se tomó en cuenta la población ubicada en las zonas susceptibles a inundaciones en el municipio, el porcentaje de la población de cada cuenca se multiplicó por el valor de ranqueo asignado y se hizo la suma de las cuencas con influencia en el municipio.

Mientras más cercano a uno sea el índice de compacidad de la cuenca, se tendrá mayor susceptibilidad a inundaciones.	*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

<u>Población susceptible a inundaciones</u>

Debido al crecimiento poblacional, los asentamientos humanos suele establecerse en zonas no aptas para habitar, por tanto son mayormente susceptibles a eventos hidrometeorológicos extremos, como las inundaciones ocasionadas por precipitaciones intensan y frecuentes. Por tanto es necesario evaluar dónde se concentra la población y si se encuentra en zonas susceptibles a inundaciones (Saavedra, 2010), respecto de un municipio.

Variables

- *Población del municipio (total y porcentual) en zonas susceptibles a inundación*

Para la integración de esta variable se necesitó de tres insumos cartográficos crudos para su elaboración:

1. Limite municipal (INEGI, 2010)
2. Localidades (ITER INEGI, 2010),
3. Zonas Inundables Diagnóstico de Cuenca (INE 2010)

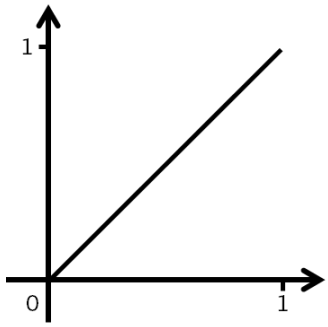
Primero se identificó la población de los municipios habitando en zonas inundables en valores totales y relativos (Porcentaje con respecto a la población total del municipio)

Posteriormente 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
Municipios 1	A	B	C=(B*100)/A	=(B-Vmin)/(Vmax-Vmin)	=(C-Vmin)/Vmax-Vmin)

Para la integración del criterio: Población susceptible a inundaciones (PSI) se integró de una sola variable, con valores totales y relativos con la finalidad de “normalizar” la heterogeneidad en los tamaños de población de los municipios del país. Se elaboró una suma lineal sin ponderación de los valores estandarizados para la población total y relativa en zonas inundables del municipio, siguiendo los principios básicos de análisis multicriterio.

PSI del municipio n=([STD_TOT_ZI]*0.5)+([STD_REL_ZI]*0.5)

A mayor población asentada en zonas inundables, mayor susceptibilidad a sufrir daños por este fenómeno.


Criterio 3

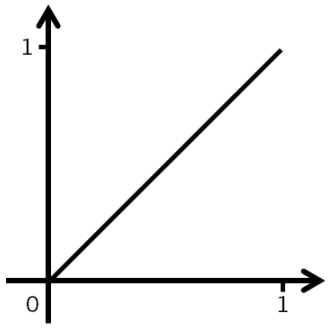
Porcentaje del municipio con zonas de inundación

Es necesario conocer aquellos lugares de un municipio que puedan ser perturbadas por inundaciones provocadas por eventos de precipitación, ya que la población que habita en esos sitios es más susceptible a las afectaciones que conllevan este tipo de eventos como pérdidas en sus viviendas, de infraestructura pública e incluso de vidas humanas.

Variables

- *Porcentaje del área del municipio susceptible a inundación*

Esta variable elimina la evaluación de la sensibilidad de municipios que no tenga área susceptible a inundaciones.

A mayor área del municipio en zonas inundables mayor susceptibilidad ante inundaciones.


Insumos

- Método de Gravelius, 1914 (Saaty, 1980)
- Población (ITER, INEGI 2010)
- Zonas inundables (INE, 2010)
- Vegetación natural de la cuenca (Serie V, INEGI)
- Límite municipal (INEGI, 2010)
- Zonas inundables diagnóstico de cuenca (INE 2010)
- Área inundable del municipio
- Área total del municipio

Capacidad adaptativa

Criterio 1

<u>Instrumentos para la gestión de riesgo</u>

La gestión del riesgo involucra conocer los peligros a los que se está expuesto ante la variabilidad climática y el cambio climático, además permite integrar los mecanismos para afrontar los desafíos que conllevan los desastres asociados. Por lo tanto, el criterio de instrumentos para la gestión del riesgo, que toma en cuenta

la formulación de planes y programas dirigidos a implementar medidas de prevención ante inundaciones, es fundamentar para conocer la existencia de instrumentos de gestión del riesgo a nivel municipal para el fortalecimiento de las capacidades de los municipios en materia de prevención de riesgos, a través de obras y acciones que reduzcan la vulnerabilidad de la población ante el impacto de fenómenos extremos (Ulloa, 2011).

Variables

- *Atlas de Riesgo Municipal y mapa de riesgo por inundación*

Información que se generó con base en la revisión de los Atlas de Riesgo de cada municipio.

Los fenómenos meteorológicos que se integran en el atlas de riesgo municipal son:

- Sequía
- Heladas
- Tormentas eléctricas
- Tormentas de granizo
- Tormentas de nieve
- Inundaciones
- Ondas gélidas y cálidas
- Ciclones tropicales
- Tornados
- Viento
- Erosión y acreción costera

La información de las condiciones 0, 1 y 2 se normalizó para tener la contribución de cada una de ellas entre los valores de 0 y 1.

- *Tratamiento y/o reducción de desastres o emergencias*

Clasificación de los municipios y las delegaciones de la Ciudad de México, de acuerdo con el tema considerado o atendido en el Programa de Protección Civil al cierre del año 2014.

- *Plan Municipal de Contigencia*

La base de datos cuenta con la siguiente clasificación:

0- Indica que no se cuenta con un plan municipal de contingencias.

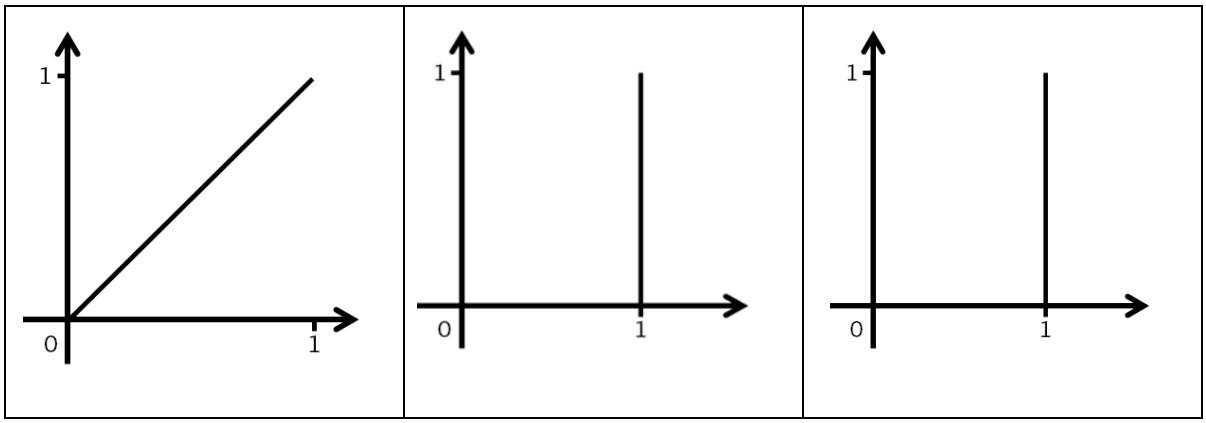
1- Indica que se cuenta con un plan municipal de contingencias.

2- Indica que se encuentra en proceso el plan municipal de contingencias

3- Indica que no se sabe si cuenta con un plan municipal de contingencias

Se les asignó el valor de 0 a los valores 0, 2 y 3 para indicar que no se cuenta con un Plan de Contingencias.

2-Indica que cuenta con atlas de riesgo municipal y tiene mapa de inundación. *1-Indica que se cuenta con atlas de riesgo municipal pero no tiene mapa de inundación* *0-Indica que no tiene atlas de riesgo municipal.* *Aumenta la capacidad adaptativa de la población ante inundaciones si se cumple 1 y 2.*	*1- indica que se cuenta con acciones de prevención en el tratamiento y/o reducción de desastres o emergencia* *0- indica que no se cuenta con acciones de prevención en el tratamiento y/o reducción de desastres o emergencia*	*1- Indica que se cuenta con plan de contingencias* *0- Indica que no se cuenta con plan de contingencias*



Criterio 2

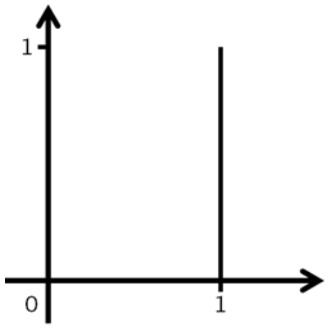
<u>Sistema de regulación de avenidas</u>

Las presas de control de avenidas, funcionan como una especie de sistema de control y monitoreo, ya que se diseñan con el propósito de que siempre permanezcan vacías excepto durante los periodos relativamente cortos, en que ocurren las avenidas ordinarias (horas), durante los cuales los ingresos de agua al embalse (vacío) se regulan en el mismo y se desfoga a través de la obra de control. La capacidad máxima de descarga de la obra de control no debe exceder la capacidad máxima del cauce aguas abajo. La función fundamental de las presas de control de avenidas e inundaciones es buscar reducir el pico de la avenida ordinaria del río, que puede causar daños a la población, mediante la regulación de volúmenes de agua en el embalse y la descarga simultánea de los caudales reducidos en la obra de control (SEMARNAT, 2011).

Variables

- *Presencia de presas reguladoras*

  Denota la disponibilidad del recurso

1- Indica la presencia de presas reguladores de avenidas *0- Indica que no se tiene la presencia de presas reguladores de avenidas*


Criterio 3

Protección y restauración de ecosistemas para prevenir inundaciones

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 servicio 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. Entre los instrumentos de conservación se tienen las Áreas Naturales Protegidas (ANP) y los Programas de Pagos por Servicios Ambientales (PSA). 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).

Variables

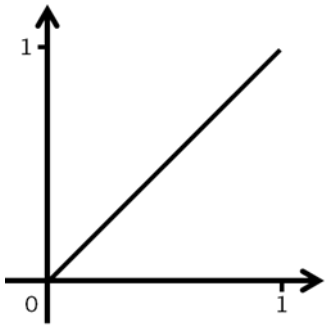
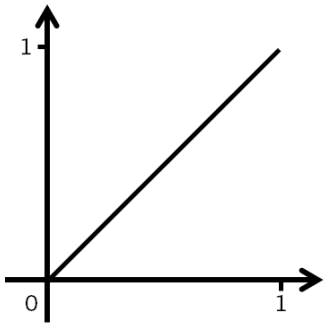
- *Superficie del municipio con Pago por Servicios Ambientales (relativa)*

A través de estudios e investigaciones realizados por la CONAFOR, se definen las áreas elegibles en ecosistemas forestales de México.

El valor relativo se obtuvo calculando el total y el porcentaje del área con PSA, lo cual permite no sobre estimar o subestimar valores.

- *Superficie del municipio con vegetación natural en Áreas Naturales Protegidas (relativa)*

Se distingue en Áreas Naturales Protegida nacionales, estatales y municipales. El valor relativo se obtuvo calculando el total y el porcentaje del área del municipio con ANP, lo cual permite no sobre estimar o subestimar valores.

A mayor porcentaje de superficie elegible para el esquema de pagos por servicios ambientales mayor capacidad adaptativa ante inundaciones.	*A mayor porcentaje de superficie del municipio con vegetación natural en área natural protegida mayor capacidad adaptativa ante inundaciones.*
	

Criterio 4

<u>Protección civil</u>

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). Asimismo, las variables que caracterizan a los municipios y las delegaciones de la Ciudad de México de acuerdo con las acciones de prevención tales como programas de

protección civil o planes de contingencia con las que contaba las Administraciones Públicas Municipales o Delegacionales, incide en el aumento de la capacidad de respuesta ante inundaciones.

Variables

- *Unidades municipales de protección civil*

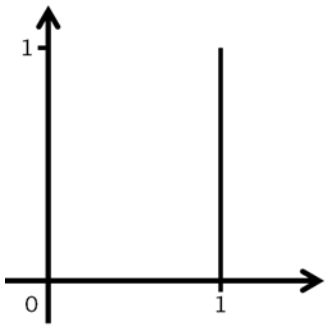
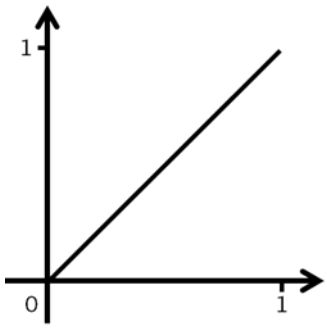
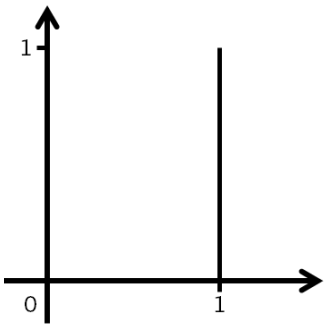
La existencia de unidades de protección civil así como la capacitación en este rubro, permite hacer frente a los efectos adversos de los desastres por fenómenos naturales y especialmente por inundaciones, al tener un personal mejor capacitado se podrá dar una mejor respuesta ante emergencias (OCDE, 2013).

- *Número de refugios temporales*

Ante eventos como las inundaciones contar con refugios temporales es clave para el bienestar de la población, ante los peligros que éstas representan.

- *Gestión de declaratoria de desastre*

Es importante que las entidades federativas en todos sus niveles, tengan conocimiento del procedimiento administrativo para tramitar una declaratoria de desastre y así recibir fondos que ayuden a la reconstrucción. Si una entidad federativa o municipio cuenta con el personal capacitado, entonces tendrá una mayor respuesta ante el desastre.

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.*	*A mayor número de refugios temporales en el municipio mayor capacidad adaptativa ante inundaciones.*	*1-Indica que el municipio cuenta con declaratorias de desastre y por tanto tiene capacidad de gestión ante inundaciones.* *0-Indica que no cuenta con declaratorias de desastre y por tanto no tiene capacidad de gestión ante inundaciones.*
		

Insumos

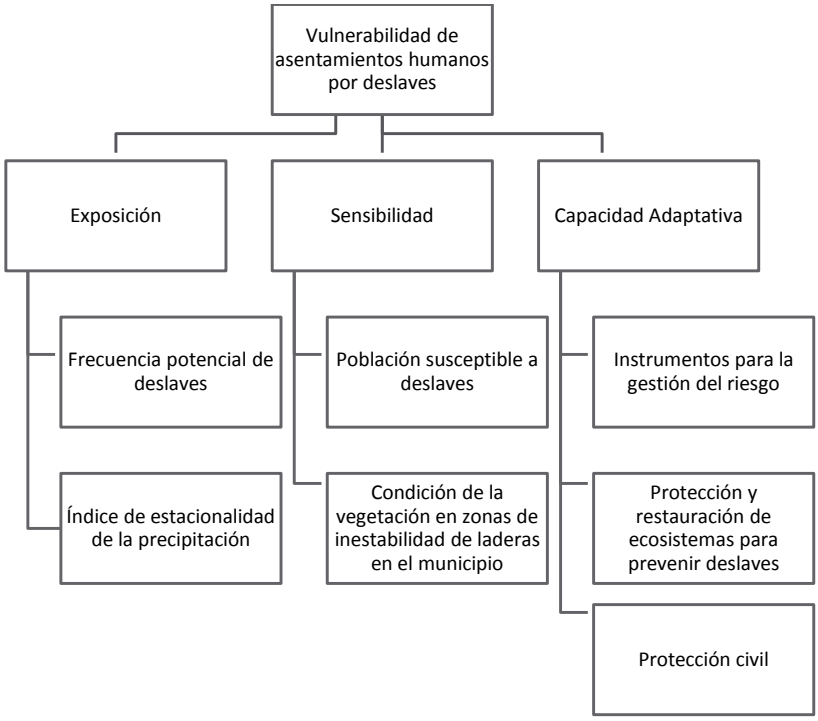
- Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Delegacionales, 2015: ACC_PREV.dbf Campo: PROV_CIV
- Presas - Conjuntos de datos - catalogo.datos.gob.mx/CENAPRED
- Áreas elegibles en ecosistemas forestales de México (CONAFOR): http://www.cnf.gob.mx:8090/snif/portal/las-demas/areas-elegibles
- Vegetación natural (Serie V, INEGI)
- Áreas Naturales Protegidas decretadas (CONANP): http://sig.conanp.gob.mx/website/pagsig/datos_anp.htm
- Cencas hidrológicas 2016http://sina.conagua.gob.mx/sina/

- Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Delegacionales (CNGMD, 2015): http://www.beta.inegi.org.mx/proyectos/censosgobierno/municipal/cngmd/2015/
- https://datos.gob.mx/busca/dataset/declaratorias-sobre-emergencia-desastre-y-contingencia-climatologica

2. VULNERABILIDAD DE LOS ASENTAMIENTOS HUMANOS POR DESLAVES

Cada año los deslaves causan miles de muertes alrededor del mundo y pérdidas de propiedades (Kirschbaum, Stanley, & Yatheendradas, 2016; Petley, 2012; Stanley & Kirschbaum, 2017). La misión para medir la precipitación de la Administración Nacional del Espacio y Aeronáutica (NASA por sus siglas en ingles), describe a los deslaves como un desastre generalizado y que entre 2007 a 2010 causó la muerte a más 11,500 personas en 70 países (NASA, n.d.). Una de las causas que contribuye a los deslaves son las precipitaciones intensas y prolongadas, debido a que saturan el terreno, aumentan el peso volumétrico del suelo y reduce la resistencia al esfuerzo cortante de los suelos (NASA, n.d.; CENAPRED, 2004b). Los deslaves arrastran grandes cantidades de rocas, tierra y escombros pesados, materiales que durante un impacto tienen la capacidad de provocar daños a infraestructura, viviendas e incluso cobrar vidas humanas. Las comunidades que se encuentran al pie o sobre las laderas y montañas (en zonas urbanas o rurales) tienen un mayor riesgo por este tipo de deslizamientos (EE, n.d.). En México los deslaves han causado cuantiosos daños materiales y han cobrado cientos de vidas humanas, especialmente en los estados de Baja California, Chiapas, Colima, Guerrero, Jalisco, Michoacán, Oaxaca, Puebla y Veracruz (CENAPRED, 2004). De acuerdo a las estimaciones de la Estrategia

Nacional de Cambio Climático, el peligro por deslaves podría afectar a 283 municipios en donde habitan 4 millones de personas (Gobierno de la República, 2013).



Exposición

Criterio 1

<u>Frecuencia potencial de deslaves</u>

La causa principal de los deslaves son las precipitaciones intensas y prolongadas, las cuales saturan el suelo en pendientes vulnerables (NASA, n.d.). Por lo tanto, para poder identificar municipios potenciales de deslaves por precipitación, la subdirección de dinámica de suelos y procesos gravitacionales del Centro Nacional para la Prevención de Desastres (CENAPRED), realizó un análisis de umbrales de lluvia que detonan deslaves, en el cual observaron una relación entre

la precipitación acumulada y el promedio anual de precipitación aproximada de 0.244 CENAPRED, (2004b).

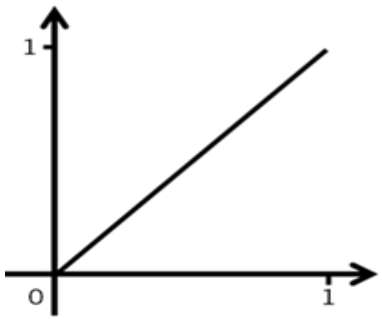
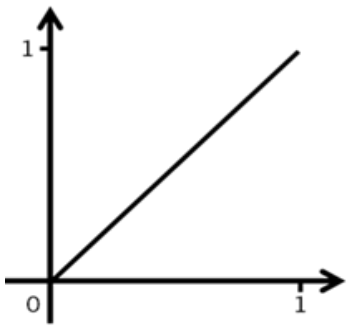
Variables

- *Precipitación acumulada anual*

  Es la suma de la precipitación mensual durante los 12 meses del año. Se aplica para los datos observados con un periodo de 1950-2000 y con escenarios de cambio climático (modelos: CNRMC-M5 MPI-ESM-LR HADGEM2-ES y GFDL-CM3 con RCP8.5 y horizonte cercano 2015-2039)

- *Umbral municipal para deslaves*

  Con base a la relación entre la precipitación acumulada y el promedio anual de precipitación, que es aproximadamente de 0.244 (Domínguez et al., 2016), se dividió la precipitación mensual entre el promedio anual y se contaron los meses cuando el valor se rebasó. Entre más número de meses se rebase el umbral hay mayor certeza que se presenten deslaves. Los valores pueden estar entre 0 y 12, estos se normalizaron para generar la función de valor. Estos valores se regionalizaron a municipio utilizando las zonas susceptibles a inestabilidad de laderas (CENAPRED, 2013), y el promedio de meses que rebasan el umbral.

A mayor precipitación acumulada anual mayor exposición ante deslaves	*A mayor cantidad de veces que se rebase el umbral para deslaves, mayor exposición.*
	

Criterio 2

<u>Índice de estacionalidad de la precipitación</u>

Los municipios donde el régimen de lluvias se concentra en pocos meses son más susceptibles a deslaves, porque hay un mayor número de eventos continuos de precipitación, los cuales se acumulan exponiendo a la población a deslizamientos provocados por la saturación del suelo.

El índice de estacionalidad es la suma del valor absoluto de las diferencias entre la lluvia mensual de cada mes y la lluvia media mensual del año dividido por la precipitación anual del año, es decir

$$\mathrm{SI} = \frac{1}{\overline{\mathrm{R}}} \sum_{\mathrm{n}=1}^{\mathrm{n}=12} \left| \overline{\mathrm{x}}_{\mathrm{n}} - \overline{\mathrm{R}}/12 \right|$$

donde $\overline{\mathrm{x}}_{\mathrm{n}}$ es el promedio de la precipitación del mes n y $\overline{\mathrm{R}}$ es el promedio anual de la precipitación.

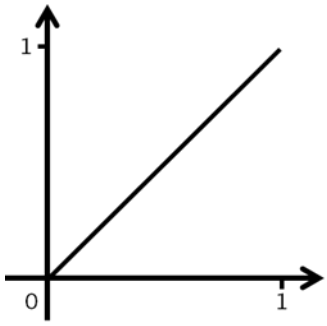
Régimen de lluvia	Límites de clases SI
Distribución de lluvia muy constante	≤ 0.19
Constante pero con una temporada húmeda definida	0.20-0.39
Algo estacional con una corta temporada más seca	0.40-0.59
Estacional	0.60-0.79
Marcadamente estacional con una temporada seca más larga	0.80-0.99
Mucha lluvia en 3 meses o menos	1.00-1.19
Extrema, casi toda la lluvia en 1-2 meses	≥1.20

Fuente: Walsh y Lawler (1981).

Variables

- *Precipitación mensual*

  La precipitación mensual se utiliza como insumo para calcular el índice de estacionalidad así como el promedio anual. Se aplica para los datos observados con un periodo de 1950-2000 y con escenarios de cambio climático (modelos: CNRMC-M5 MPI-ESM-LR HADGEM2-ES y GFDL-CM3 con RCP8.5 y horizonte cercano 2015-2039)

A mayor precipitación mensual mayor exposición


Insumos

- Precipitación anual 1950-2000 y escenarios de cambio climático.
- WorldClim data https://www.gob.mx/inecc/acciones-y-programas/cartografia-de-clima-actual-o-base-1950-2000
- Municipios. Fuente: INEGI 2010
- CENAPRED. Mapa Nacional de Susceptibilidad por Inestabilidad de Laderas.

Sensibilidad

Criterio 1

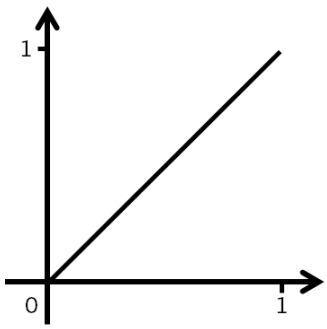
Población susceptible a deslaves

Los deslaves son de alta preocupación cuando hay asentamientos humanos de por medio, por lo tanto es importante establecer cuanta población puede ser afectada por este tipo de eventos. Los deslaves han causado cuantiosos daños materiales y han cobrado cientos de vidas humanas, especialmente en los estados de Baja California, Chiapas, Colima, Guerrero, Jalisco, Michoacán, Oaxaca, Puebla y Veracruz (CENAPRED, 2004b). Para evaluar la sensibilidad se deben de ubicar los asentamientos humanos y su distribución en zonas susceptibles a inestabilidad de laderas en los municipios.

Variables

- *Poblacion (total y porcentual) en cada categoría de inestabilidad de laderas*

  Se calcula la proporción entre el porcentaje de población y población total (valor relativo) en los municipios, lo cual permite no sobre estimar o subestimar valores.

A mayor población asentada en zonas susceptibles a deslaves, mayor sensibilidad.


Criterio 2

<u>Condición de la vegetación en zonas de inestabilidad de laderas en el municipio</u>

Hay varios estudios en los que la vegetación toma un rol importante en determinar la presencia de deslaves (Kirschbaum, Stanley, y Yatheendradas, 2016; Peduzzi, 2010; Petley et al., 2007; Stanley y Kirschbaum, 2017; Van Beek y Van Asch, 2004). La vegetación intercepta la precipitación antes de que alcance la superficie del suelo. La mayor parte de esta precipitación es evaporada a la atmósfera y la que llega al suelo se puede infiltrar por el efecto de las raíces, que a su vez refuerzan los suelos para evitar la erosión.

Variables

- *Superficie (total y porcentual) de vegetación natural en cada categoría de inestabilidad de laderas en el municipio*

Se utilizó la información de la capa de uso de suelo y vegetación de INEGI Serie V, la capa de Zonas Susceptibles a Deslaves (ZSD) elaborada por CENAPRED, y la capa de límites municipales.

Las capas contienen un conjunto de polígonos que representan la superficie cubierta por vegetación natural ubicada en ZSD. A continuación se describe el procedimiento general a llevar a cabo:

1.- Se asigna una categoría de peligrosidad de 1 (menos peligrosidad a deslaves) a 4 (máxima peligrosidad) a cada municipio donde se ubica el polígono con vegetación natural en ZSD.

2.- Se obtiene la superficie total del municipio, expresada en Km2, cubierta de vegetación natural y que se ubica en ZSD de cualquier categoría.

3.- El porcentaje de la superficie cubierta por vegetación natural en cada categoría de ZSD que tiene cada municipio, respecto al total de superficie del municipio ocupada por vegetación natural en ZSD se realiza de la siguiente manera:

$$\frac{A1}{A2} * 100$$

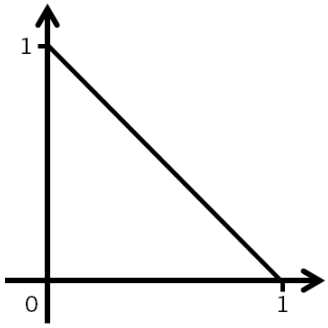
Donde:

A1= Área de cada polígono, en Km2, de la superficie ocupada por vegetación natural que se encuentra ubicada en cada una de las categorías de peligrosidad de las ZSD en cada municipio

A2= Superficie total del municipio, en Km2, cubierta de vegetación natural y ubicada en ZSD de cualquier

4.- Se multiplica el porcentaje por el valor ranqueado del campo de categoría de peligro.

5.- Se obtiene el valor de la variable para cada uno de los municipios; resultado de sumar el valor anterior (punto 4) de los polígonos que pertenecen al mismo municipio.

A menor proporción de superficie con cubierta de vegetación natural, mayor susceptibilidad a sufrir daños por este fenómeno.


Insumos

- Método de Gravelius, 1914 (Saaty, 1980)
- Población (ITER, INEGI 2010)
- Zonas inundables (INE, 2010)
- Vegetación natural de la cuenca (Serie V, INEGI)
- Municipios (INEGI, 2010)
- Mapa inestabilidad de laderas (CENAPRED)

Capacidad adaptativa

Criterio 1

<u>Instrumentos para la gestión de riesgo</u>

Los deslaves, ocasionados por precipitaciones intensas, causan daños y pérdidas por lo que adquieren una connotación de peligrosidad, la cual es importante cuando se involucran los asentamientos humanos ubicados en áreas vulnerables de potencial afectación (Narváez et al, 2009). Para afrontar los desafíos que conllevan los desastres asociados a deslaves es necesario integrar mecanismos

de gestión de riesgo. En este sentido, los instrumentos para la gestión del riesgo, son importantes porque consideran la formulación de planes y programas dirigidos a implementar medidas de prevención aplicables a la población. Son fundamentales para conocer cuál es el fortalecimiento de las capacidades de los municipios en materia de prevención de riesgos, a través de obras y acciones que reduzcan la vulnerabilidad de la población ante los desastres provocados por eventos como los deslaves (Ulloa, 2011).

Variables

- *Atlas de Riesgo Municipal y mapa de riesgo por deslaves*

En este caso un deslave se considera como un fenómeno de tipo geológico, sin embrago en su mayoría son producto de la saturación del suelo ocasionada por lluvias intensas y frecuentes.

- *Tratamiento y/o reducción de desastres o emergencias*

La clasificación de los municipios y las delegaciones de la Ciudad de México, es de acuerdo con el tema considerado o atendido en el Programa de Protección Civil al cierre del año 2014.

- *Plan Municipal de Contigencia*

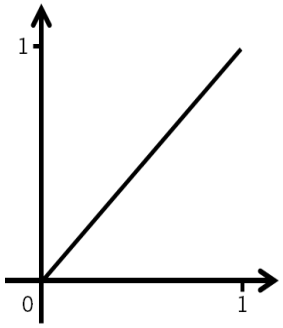
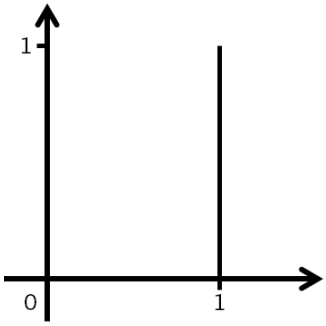
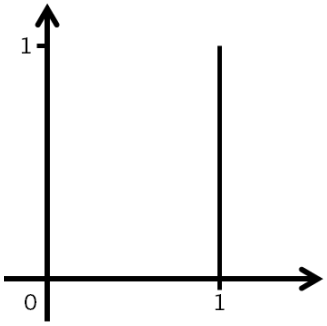
0-Indica que no se cuenta con un plan municipal de contingencias.

1-Indica que se cuenta con un plan municipal de contingencias.

2-Indica que se encuentra en proceso el plan municipal de contingencias

3-Indica que no se sabe si cuenta con un plan municipal de contingencias

Se les asignó el valor de 0 a los valores 0, 2 y 3 para indicar que no se cuenta con un Plan de Contingencias.

2-Indica que cuenta con atlas de riesgo municipal y tiene mapa de deslaves. *1-Indica que se cuenta con atlas de riesgo municipal pero no tiene mapa de deslaves* *0-Indica que no tiene atlas de riesgo municipal.* *Aumenta la capacidad adaptativa de la población ante deslaves si se cumple 1 y 2.*	*1- Indica que se cuenta con acciones de prevención en el tratamiento y/o reducción de desastres o emergencia* *0 - Indica que no se cuenta con acciones de prevención en el tratamiento y/o reducción de desastres o emergencia*	*1- Indica que se cuenta o está en proceso un Plan Municipal de Contingencia.* *0 - Indica que no se cuenta o no se sabe si cuenta con un Plan Municipal de Contingencia.*
		

Criterio 3

<u>Protección y restauración de ecosistemas para prevenir deslaves</u>

El crecimiento poblacional, junto con los desarrollos industriales y urbanos conllevan la transformación del paisaje natural, extensas superficies de ecosistemas pueden ser degradadas o transformadas en campos agrícolas, pastizales para ganado y zonas urbanas y rurales de población (CONAFOR, 2009); de esta manera, a medida que se afectan los servicios de los ecosistemas el número de desastres puede aumentar (Pabon-Zamora et al., 2008). 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 (OEA, 2008). Por

ejemplo tener bosques y selvas, ayuda a estabilizar el paisaje y proteger las zonas expuestas a precipitaciones. Las raíces profundas de los árboles funcionan mucho mejor que otros tipos de vegetación para prevenir deslaves (Manson, 2004), pueden estabilizar el terreno sobre todo en terrenos de laderas.

Variables

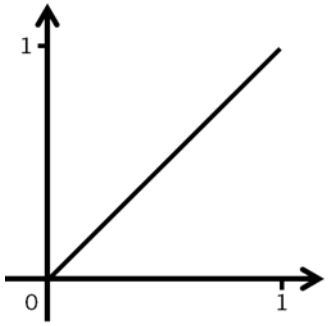
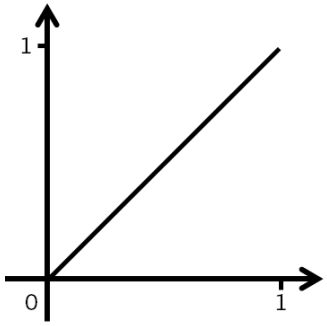
- *Superficie del municipio con Pago por Servicios Ambientales (relativa)*

A través de estudios e investigaciones realizados por la CONAFOR, se definen las áreas elegibles en ecosistemas forestales de México.

El valor relativo se obtuvo calculando el total y el porcentaje del área con PSA, lo cual permite no sobre estimar o subestimar valores.

- *Superficie del municipio con vegetación natural en Áreas Naturales Protegidas (relativa)*

Se distingue en Áreas Naturales Protegida nacionales, estatales y municipales. El valor relativo se obtuvo calculando el total y el porcentaje del área del municipio con ANP, lo cual permite no sobre estimar o subestimar valores.

A mayor porcentaje de superficie elegible para el esquema de pagos por servicios ambientales mayor capacidad adaptativa ante deslaves.	*A mayor porcentaje de superficie del municipio con vegetación natural en área natural protegida mayor capacidad adaptativa ante deslaves.*
	

Criterio 4

Protección civil

La ocurrencia de eventos como los deslaves en asentamientos humanos, surge la necesidad de adoptar medidas que permitan actuar de manera preventiva ante el desastre, de saber cómo enfrentarlo cuando se presenta y cómo recuperarse ante el mismo; ya que pueden conducir a pérdidas económicas, de infraestructura y de vidas humanas, (CENAPRED, 2014). Ante estos hechos la protección civil garantiza la seguridad y el bienestar de los ciudadanos, para construir una resiliencia económica y social ante el desastre (OCDE, 2013). La existencia de unidades de protección civil y la capacitación en este rubro, permite hacer frente a los efectos adversos de los desastres, al contar con personal capacitado es posible dar una mejor respuesta ante emergencias (OCDE, 2013). Asimismo, los Programas de Protección Civil o Planes de Contingencia con los que cuentan las a0dministraciones públicas municipales, incide en el aumento de la capacidad de respuesta, en este caso ante deslaves.

Variables

- *Unidades municipales de protección civil*

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).

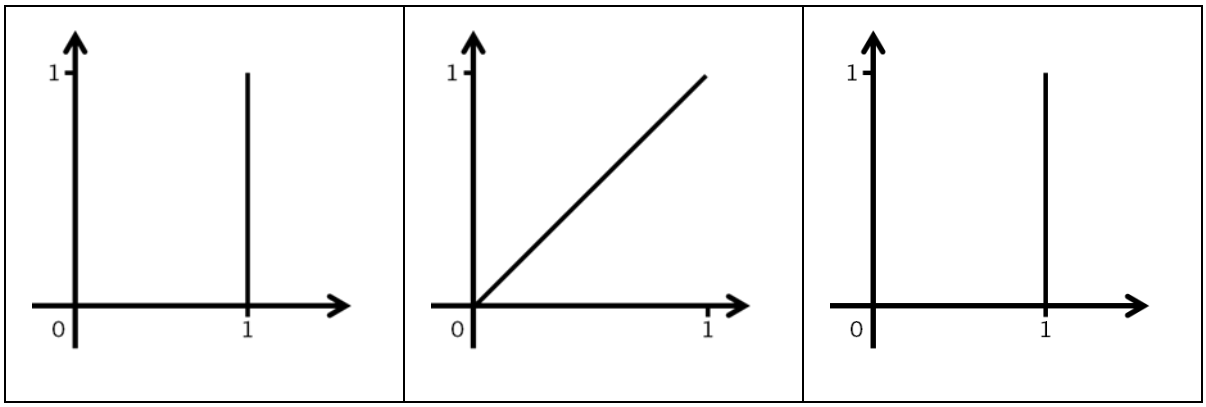
- *Número de refugios temporales*

Ante eventos como las inundaciones contar con refugios temporales es clave para el bienestar de la población, ante los peligros que éstas representan.

- *Gestión de declaratoria de desastre*

Es importante que las entidades federativas en todos sus niveles, tengan conocimiento del procedimiento administrativo para tramitar una declaratoria de desastre y así recibir fondos que ayuden a la reconstrucción. Si una entidad federativa o municipio cuenta con el personal capacitado, entonces tendrá una mayor respuesta ante el desastre.

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.*	*A mayor número de refugios temporales en el municipio mayor capacidad adaptativa ante deslaves.*	*1-Indica que el municipio cuenta con declaratorias de desastre y por tanto tiene capacidad de gestión ante inundaciones.* *0-Indica que no cuenta con declaratorias de desastre y por tanto no tiene capacidad de gestión ante deslaves.*



Insumos

- Cobertura de Atlas Municipales de Riesgos: http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/archivo/cob-atlas-municipales.html
- Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Delegacionales, 2015: ACC_PREV.dbf Campo: PROV_CIV
- Presas - Conjuntos de datos - catalogo.datos.gob.mx/CENAPRED
- Áreas elegibles en ecosistemas forestales de México (CONAFOR): http://www.cnf.gob.mx:8090/snif/portal/las-demas/areas-elegibles
- Vegetación natural (Serie V, INEGI)
- Áreas Naturales Protegidas decretadas (CONANP): http://sig.conanp.gob.mx/website/pagsig/datos_anp.htm
- Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Delegacionales (CNGMD, 2015): http://www.beta.inegi.org.mx/proyectos/censosgobierno/municipal/cngmd/2015/
- https://datos.gob.mx/busca/dataset/declaratorias-sobre-emergencia-desastre-y-contingencia-climatologica

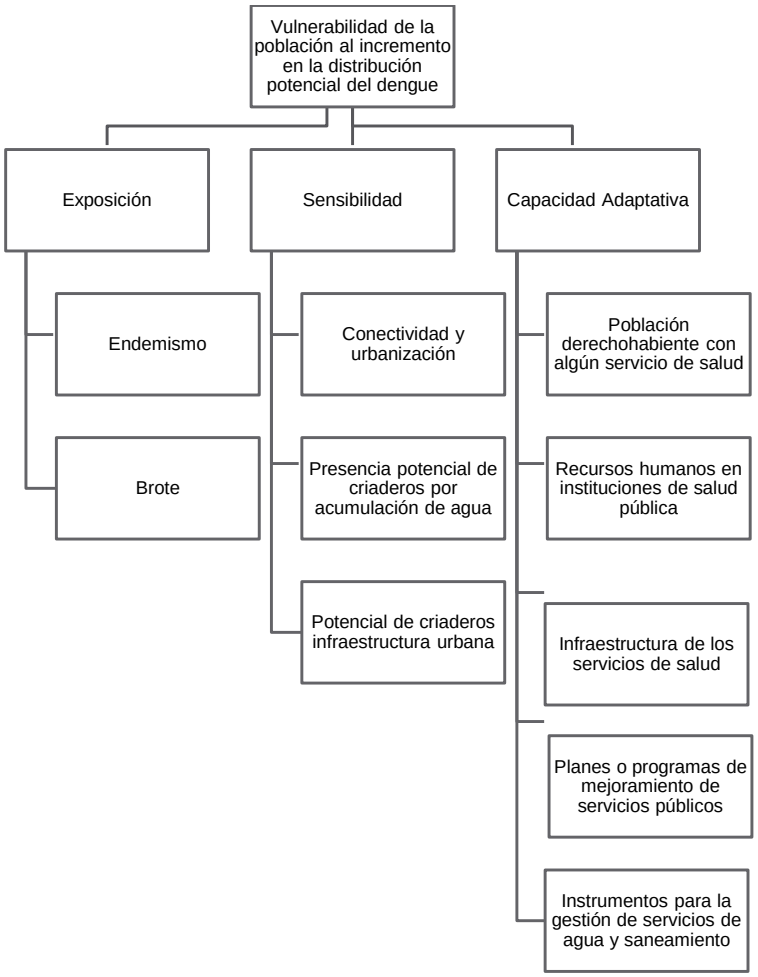
3. VULNERABILIDAD DE LA POBLACIÓN AL INCREMENTO EN LA DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DEL DENGUE

El dengue es una enfermedad causada por un virus, el cual es trasmitido por mosquitos del género *Aedes aegypti* y *Aedes albopicus*. Las zonas aptas para su desarrollo son los climas tropicales y subtropicales (OMS, 2017; Dantés et al., 2014), donde las heladas o el frío prolongado no mata a los mosquitos trasmisores, ni daña a los huevos depositados o a las larvas durante invierno (Githeko et al., 2001). La variabilidad del clima, puede acelerar la proliferación del virus, ya que variables como la temperatura y la precipitación afectan la distribución y abundancia de la enfermedad a través de impactos biofísicos sobre el vector y el virus (Githeko et al., 2001; Butterworth et al., 2017). Temperaturas locales apropiadas, grandes concentraciones de población, conectividad y altos niveles de precipitación se asocian con la elevación del riesgo por dengue, incluso en algunos sitios el dengue está relacionado con la humedad y la presión del vapor, (Bhatt et al., 2013; Estallo et al, 2015; Barcellos y Lowe, 2014). El virus también está asociado a ambientes urbanos domésticos, a los hábitos de la población y a la carencia de servicios básicos como el suministro de agua, falta de recolección de residuos de la vivienda. El mosquito trasmisor del dengue, se ha adaptado al ámbito humano, con criaderos, hábitats, fuente de alimentación y desplazamientos activos y pasivos ligados al entorno domiciliario (Secretaría de Salud, 2008).

México es un país que presenta condiciones favorables para la proliferación del dengue, ya que cerca del 60% del territorio nacional es apto para enfermedades transmitidas por vector, convirtiéndose en un problema de salud pública (San Martín et al., 2010; Secretaría de Salud, 2008). La rápida urbanización durante los pasados 20-30 años ha fomentado el esparcimiento de la enfermedad del dengue en México (Diaz y Waldman, 2006). De acuerdo con Torres-Galicia et al. (2014) el dengue se ha incrementado durante la última década en las regiones Pacifico y Golfo de México, afectando a las regiones con población principalmente rural e

indígena, con un aumento de incidencia en la población juvenil y pediátrica y una mayor duración de brotes durante el año.

La enfermedad del dengue tiene impactos sociales y económicos, como la inestabilidad familiar causada por el riesgo de adquirir la enfermedad, la pérdida de vidas humanas, el ausentismo escolar, costos médicos y no médicos para el tratamiento de la enfermedad y gastos de los gobiernos para el control (Kusriastuti y Sutomo, 2005). Para el control efectivo del dengue, se requieren de propuestas integrales que incorporen factores ambientales y sociales en el manejo del vector. Políticas y programas efectivos, mecanismos de financiamiento y cooperación en todos los sectores y la población son esenciales en la erradicación del dengue (Tapia-Conyer, et al 2012).



Exposición

Criterio 1

Endemismo

Una enfermedad endémica es aquélla que se presenta constantemente en un área geográfica o en un grupo de población; es decir a la prevalencia usual de una enfermedad en un área o grupo determinado (Torrado et al., 2000). América Latina, el Sureste de Asia y África Central son considerados como regiones endémicas del dengue, afectando a grandes y pequeñas ciudades (Gubler, 2002; Hota, 2014). Para entender la dinámica del dengue, es necesario comprender

cómo responde a las condiciones ambientales (Huber et al., 2018). Temperaturas cálidas, altos niveles de precipitación y humedad son condiciones características y propicias para el desarrollo del dengue; puesto que en latitudes altas donde las temperaturas son más frías o frescas la ovoposición es baja, además de que las larvas y huevecillos de los mosquitos no logran desarrollarse (Gubler, 2002; Hota, 2014; Estallo et al., 2011). El factor endémico juega un papel fundamental, ya que siempre pueden existir las condiciones latentes, sin embargo es posible evitar los brotes, con medidas de prevención.

Variables

- *Porcentaje del área de un municipio con condiciones de temperatura mínima >20°C*

  Se calculó el porcentaje de área con temperatura promedio mínima anual >20°C. Se aplicó para los datos observados con un periodo de 1950-2000 y con escenarios de cambio climático (modelos: CNRMC-M5 MPI-ESM-LR HADGEM2-ES y GFDL-CM3 con RCP8.5 y horizonte cercano 2015-2039).

Criterio 2

Brote

El dengue es sensible a las condiciones climáticas de un lugar, por lo que es importante entender cómo cambian estas condiciones que afectan la reproducción del vector y su potencial de dispersión geográfica (Liu-Helmersson et a., 2014). Los periodos cálidos prolongados y la elevación de la precipitación acumulada son importantes precursores del brote de dengue (Banu et al., 2011). De acuerdo con Sarfraz et al. (2014), los brotes de dengue (no sólo la presencia) tienen una mayor relación con el incremento de temperatura (máxima, mínima y media) que con la precipitación.

Además, en aquellos lugares donde se tiene una tendencias de incremento de temperatura es posible que la estacionalidad del vector se amplié, es decir que no sólo se presente en condiciones de meses cálidos (verano) sino que se pueda

extender al invierno, por la ocurrencia de temperaturas más cálidas (Hales et al., 2002).

Variables

- *Índice de ocurrencia de dengue: Se consideran aquellos meses donde ocurren dos condiciones:*
    1. *Temperatura mínima mensual >20°C*
    2. *P/Pm≥1*

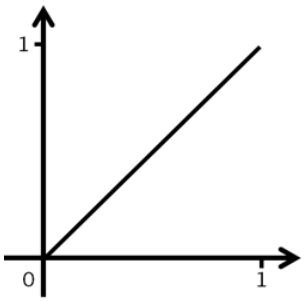
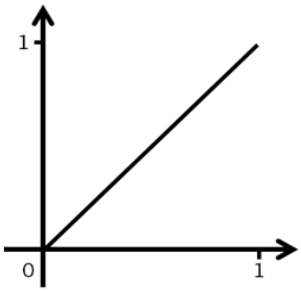
donde:

P es la precipitación anual

Pm es la precipitación media anual

$$\left(\frac{precipitación\ acumulada\ anual}{12}\right)$$

Se aplica para los datos observados con un periodo de 1950-2000 y con escenarios de cambio climático (modelos: CNRMC-M5 MPI-ESM-LR HADGEM2-ES y GFDL-CM3 con RCP8.5 y horizonte cercano 2015-2039).

A mayor porcentaje de área con condiciones de temperatura mínima >20°C, mayor exposición a la presencia del dengue.	*A mayor número de meses con temperatura mínima cálida y meses lluviosos, mayor exposición a la presencia de dengue.*
	

Insumos

- Precipitación anual 1950-2000 y escenarios de cambio climático.
- WorldClim data https://www.gob.mx/inecc/acciones-y-programas/cartografia-de-clima-actual-o-base-1950-2000
- Municipios. Fuente: INEGI 2010

Sensibilidad

Criterio 1

Conectividad y urbanización

Cambios en el ambiente y la urbanización en un sitio afectan de manera importante la ecología del *Aedes aegypti* y *Aedes albopictus* y su dispersión, causantes del dengue en la población. A pesar de que se ha considerado un vector rural, estas especies se han adaptado a los ambientes urbanos y suburbanos, en los cuales encuentran mayores hábitats para sus larvas, con un tiempo más corto de desarrollo y una mayor esperanza de vida. Por lo tanto, la urbanización incrementa el potencial de la presencia del dengue, la cual es resultado de una tendencia global por el desarrollo económico (Li et al., 2014). Asimismo, la propagación del dengue en áreas urbanas se facilita debido a la movilidad humana, la gente puede trasladarse libremente grandes distancias comparadas con los mosquitos, esparciendo la enfermedad. Incluso cuando una persona es picada por otros mosquitos, la enfermedad puede propagarse nuevamente (Abeyrathna et al., 2016).

Variables

- *Conectividad entre las poblaciones*

  Para este cálculo se hizo lo siguiente:

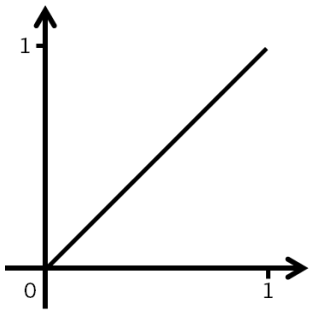
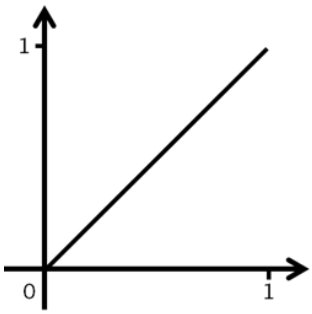
1.- Se divide la población total/superficie del área (km^2) de cada municipio.

2.- Una vez que se tiene la longitud total de las vías de comunicación dentro del municipio en (km) se procede a obtener la densidad de las vías de comunicación en el municipio (km/km^2).

- *Urbanización y crecimiento de la población*

1.- El crecimiento urbano corresponde a la diferencia de superficie entre la serie V (generada en el periodo 2011–2013) y la Serie I (elaborada en la década de 1980) de las cartas de Vegetación y Uso de Suelo ambas provenientes del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI).

2.- El crecimiento urbano relativo: corresponde al porcentaje de crecimiento con respecto a la superficie de asentamientos humanos y zonas urbanas en la Serie 1

A mayor conectividad entre la población, mayor susceptibilidad a la propagación de dengue.	*A mayor crecimiento de la población y urbanización mayores áreas para criadero de mosquitos que favorecen el desarrollo del dengue.*
	

Criterio 2

Potencial de criaderos por acumulación de agua

Los mosquitos prefieren las aguas tranquilas para desovar, por lo tanto el agua acumulada en cualquier lugar disponible propicia su desarrollo (Johnsen, 2010). Los huevecillos tienen que estar sumergidos para desarrollarse, pero pueden sobrevivir por meses sin agua. La precipitación tiene un rol importante en el crecimiento del mosco, pero no es fundamental, ya que en temporadas secas o zonas secas, el almacenamiento de agua puede convertirse en criadero (Sarfraz et al., 2014). De esta manera, desde botes, llantas, o cualquier recipiente que acumule agua, hasta grandes cuerpos de agua son lugares potenciales para el desarrollo del vector. La población es mayormente susceptible si en su ambiente prolifera este tipo de criaderos.

Variables

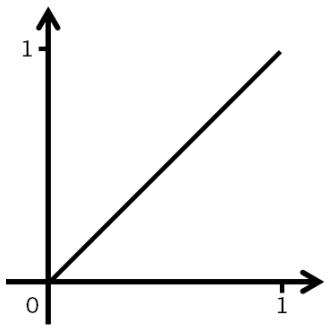
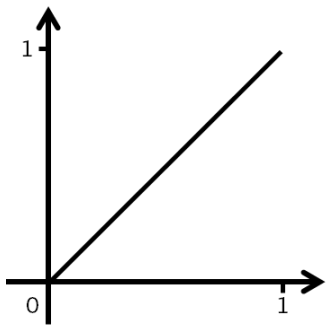
- *Cercanía de cuerpos de agua*

  Se realizó una zona de influencia con la población que habitaban a menos de 200 m de algún cuerpo de agua.

- *Susceptibilidad a inundaciones*

  1.- Se calculó el número de habitantes (población) que viven en zonas susceptibles a inundaciones.

  2.- Posteriormente se calculó el porcentaje de la población del municipio que habitan en zonas susceptibles a inundación.

A mayor cercanía de cuerpos de agua mayor presencia del vector del dengue.	*A mayor población asentada en zonas inundables, mayor susceptibilidad a contagios por dengue.*
	

Criterio 3

<u>Potencial de criaderos por infraestructura urbana</u>

En México existe un cambio histórico demográfico significativo entre la población rural y la urbana, tan sólo entre 1950 a 2015 se presentó una disminución de la población rural del 34.3%. Sin embargo, la cantidad de pequeñas comunidades rurales aún es alta, lo que complica la provisión de servicios debido a su dispersión territorial. Por otra parte, la concentración en zonas urbanas se ha acelerado, lo que implica fuertes presiones en el incremento de la demanda de servicios (CONAGUA, 2016).

El rápido crecimiento urbano y la nula regulación pueden desencadenar una falta de servicios públicos, y, a su vez, una mayor proliferación del vector del dengue en dichas poblaciones. La falta de agua entubada en las viviendas es un detonante, ya que la población almacena agua en todo tipo de contenedores, los cuales son lugares donde los mosquitos pueden desovar y desarrollarse (Knudsen y Slooff, 1992).

Por otra parte, la falta de recolección de residuos sólidos en los hogares, también es un factor que promueve la propagación del dengue. Si no se tienen servicios de

recolección y tiraderos adecuados para depositar los residuos sólidos, es más probable que la gente deseche tales residuos cerca de las viviendas, sobre la calle o en terrenos libres, provocando una acumulación de posibles lugares donde los mosquitos podrían desarrollarse. Por tal motivo, una población que no cuenta con servicios públicos básicos e infraestructura en sus comunidades, es más susceptible a ser contagiada por el vector (Alley, 2015).

Variables

- *Disponibilidad de agua entubada en el hogar*

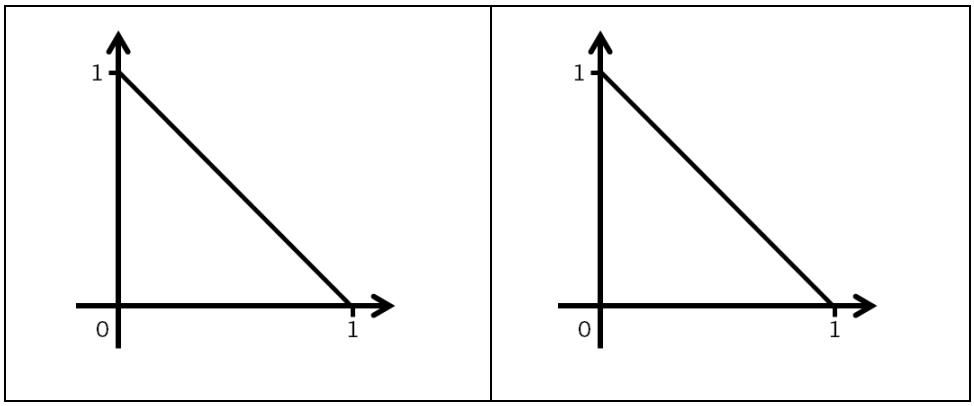
1.- Se obtuvo el total de viviendas particulares habitadas que no disponen de agua entubada en el ámbito de la vivienda.

2.- Se calculó el porcentaje de viviendas sin agua entubada en el ámbito de la vivienda.

- *Acumulación de residuos sólidos*

  Se identifica el número de disposición final a los que son remitidos los residuos que se recolectan en todo el municipio (Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Delegacionales, 2015).

Mayor disponibilidad de agua entubada en el hogar, menor susceptibilidad del dengue, debido a la disminución de agua en contenedores.	*A mayor número de lugares adecuados para la disposición final de los residuos sólidos, menor susceptibilidad para la propagación de criaderos del vector del dengue.*



Insumos

- Censo de Población y Vivienda, 2010. INEGI: http://www.beta.inegi.org.mx/proyectos/ccpv/2010/
- Conjunto de Datos Vectoriales de Carreteras y Vialidades Urbanas: http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/topografia/vectoriales_carreteras.aspx
- Uso de Suelo y Vegetación (Serie V, INEGI)
- Uso de Suelo y Vegetación (Serie I, INEGI): http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/recnat/usosuelo/
- Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Delegacionales 2015: http://www.beta.inegi.org.mx/proyectos/censosgobierno/municipal/cngmd/2015/

Capacidad adaptativa

Criterio 1

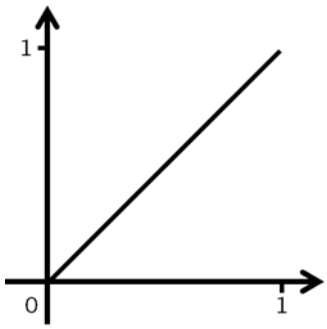
Acceso a los servicios de salud

Se requiere un diagnóstico temprano de la enfermedad del dengue para garantizar la pronta atención y por tanto disminuir la mortalidad de la población. El componente clave es la disponibilidad de servicios de salud, en todos los niveles del desarrollo de la enfermedad (WHO, 2009). Sin embargo lo primordial ante el dengue, es que la población pueda acceder a esos servicios de salud, de esta manera recibirán una pronta atención y por tanto tendrán más posibilidades de recuperación ante un contagio.

Variables

- *Población derechohabiente con algún servicio de salud (Relativa)*

  El valor relativo se calcula con el total y el porcentaje de la población derechohabiente con algún servicio de salud, de esta manera no se sobre estima o subestiman valores.

A mayor número de derechohabientes, mayor capacidad adaptativa para enfrentar un contagio de dengue.


Criterio 2

Recursos humanos en instituciones de salud pública

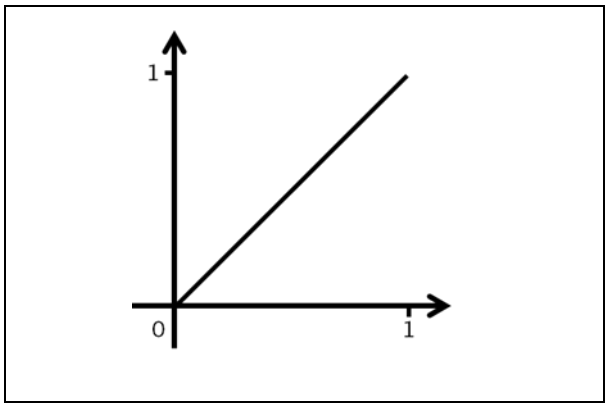
En la detección y el manejo del dengue se deben tener buenos servicios clínicos en todos los niveles, lo más importante es contar con el número suficiente de médicos y enfermeras. Una pronta atención y un diagnóstico oportuno de la enfermedad ayudarán en el tratamiento y en el manejo de la enfermedad, conduciendo así a la recuperación del paciente (WHO, 2009). Los lugares que no cuentan con suficientes servicios de salud e incluso sin estos, no tendrán la suficiente capacidad adaptativa para enfrentar la ocurrencia del dengue.

Variables

- *Proporción de médicos disponibles en instituciones de salud pública (Relativo)*

  Para obtener el valor relativo se calcula el número total y porcentaje de médicos disponibles en instituciones públicas del municipio, con lo cual no se sobre estimaran ni subestimaran valores.

A mayor disponibilidad de médicos laborando en instituciones públicas de salud, mayor capacidad adaptativa de la población ante la presencia de dengue.



Criterio 3

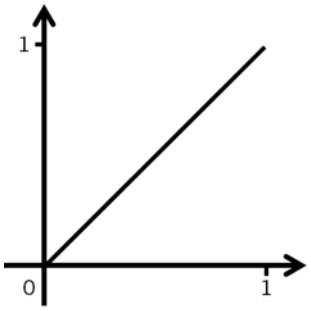
Infraestructura de los servicios de salud

La afiliación a un servicio de salud pública no garantiza a las personas ser atendidas cuando así lo requieran. La disponibilidad de unidades médicas es uno de los elementos esenciales para prestar un servicio de salud a la población. La precariedad de la disponibilidad de infraestructura médica y su distribución desigual implica desigualdad en el acceso a los servicios de salud y que amplios grupos de población se encuentren excluidos de ellos (Lavielle, n.d.). Se requiere fortalecer la planeación de la infraestructura de los servicios de salud, para transitar hacia una cobertura universal en salud de calidad que satisfaga las necesidades de la población (Secretaria de Salud, 2016).

Variables

- *Proporción de unidades médicas en el municipio (Relativo)*

  Para obtener el valor relativo se calcula el número total y porcentaje de unidades médicas en el municipio, de esta manera no se sobre estiman o subestiman valores.

A mayor proporción de unidades médicas en un municipio, mayor capacidad adaptativa ante la presencia de dengue.


Criterio 4

Planes o programas de mejoramiento de servicios públicos

Las enfermedades transmitidas por vectores y en particular el dengue se pueden prevenir, la mayoría de los factores que facilitan su propagación son controlables mediante prácticas individuales y comunitarias de promoción de salud, por ello es fundamental la participación del municipio en el fortalecimiento de acciones a nivel local. Se requiere que los municipios promuevan la participación social, realicen intervenciones para mejorar la salud, así como la generación de políticas y programas públicos a nivel local. Ante la problemática del dengue, los municipios deben contar con medidas ambientales para la reducción de criaderos de mosquitos, es necesario mejorar, mantener o bien generar servicios adecuados de agua potable y saneamiento, y de manejo de residuos sólidos para tener entornos limpios y libres de criaderos. El abastecimiento del agua es esencial para prevenir el dengue, ya que la escasez del líquido obliga a la gente a almacenarlo en depósitos, los cuales pueden convertirse en criaderos. De la misma manera,

almacenar residuos sólidos de forma inadecuada también propicia la retención de agua y por tanto la propagación de criaderos (Secretaria de Salud, 2014).

Variables

- *Agua potable y saneamiento*

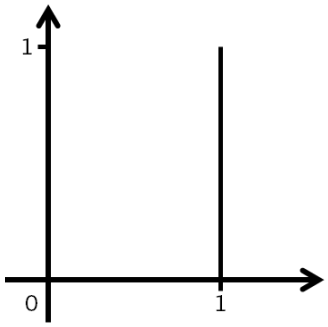
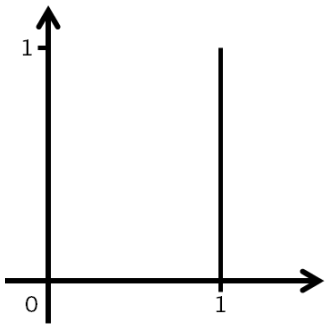
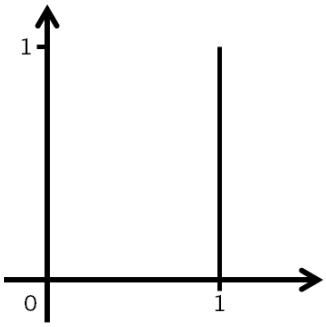
  Ausencia y presencia de disponibilidad del recurso.

- *Manejo de residuos sólidos*

  Ausencia y presencia de disponibilidad del recurso.

- *Servicio de recolección de residuos solidos*

  Ausencia y presencia de disponibilidad del recurso.

1- Indica la existencia de programas/planes de agua potable y saneamiento en el municipio. *0 - Indica la no existencia de programas/planes de agua potable y saneamiento en el municipio.*	*1- Indica la existencia de estudios sobre la generación y composición de los residuos sólidos urbanos.* *0 - Indica la no existencia de estudios sobre la generación y composición de los residuos sólidos urbanos.*	*1- Indica la existencia de servicios de recolección de residuos.* *0 - Indica la no existencia de servicios de recolección de residuos.*
		

Criterio 5

Instrumentos para la gestión de servicios de agua y saneamiento

La gestión de servicios de agua potable y saneamiento se refiere a los servicios de agua potable, drenaje, alcantarillado, tratamiento y disposición de aguas residuales. La tendencia de crecimiento de las zonas metropolitanas genera una mayor demanda de servicios de abastecimiento de agua potable, recolección y tratamiento de aguas residuales que pone a prueba, no sólo el funcionamiento de la infraestructura, sino las capacidades institucionales, financieras, jurídicas y políticas para mantener en operación estos servicios indispensables para la sociedad (Camacho y Casados, 2017). La problemática se acentúa en colonias marginadas, de bajo nivel socioeconómico y en asentamientos irregulares, producto de la urbanización acelerada, donde no se cuenta con los servicios regulares y cuando cuentan con la infraestructura, los servicios son escasos y de pésima calidad. La falta de agua entubada en las viviendas obliga a sus habitantes a acarrear agua, crear pozos artesianos y almacenar agua en contenedores; la falta de drenaje genera la contaminación de cauces de agua superficiales y la acumulación de desechos orgánicos, incluso las fugas en el sistema de agua entubada no sólo favorece la escases del líquido, sino también el encharcamiento del agua. Condiciones que favorecen la proliferación de enfermedades transmitidas por vector, como el dengue. Como el agua es un bien público implica que el Estado está obligado a definir políticas públicas que aseguren el abasto de los usuarios en cada una de sus necesidades. De esta manera se garantiza el acceso a los servicios básicos, los cuales generan bienestar en el ambiente y la población, tanto en zonas urbanas como rurales (Hernández, 2007). La prestación del servicio de agua potable se ha incrementado significativamente en los últimos años, alcanzando en 2015 una cobertura en los servicios del 92.5% a nivel nacional, de 95.7% en zonas urbanas y 81.6% en zonas rurales (CONAGUA, 2016a).

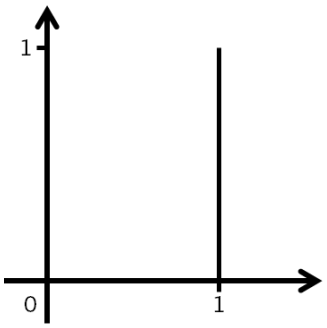
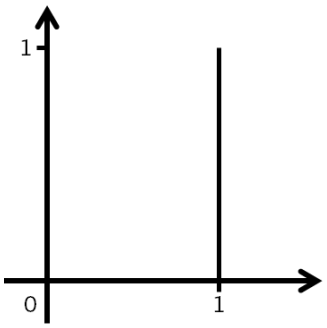
Variables

- *Gestión sustentable del servicio de agua y saneamiento*

  Ausencia y presencia de disponibilidad del recurso.

- *Difusión de información sobre la gestión de servicios de agua y participación ciudadana*

  Ausencia y presencia de disponibilidad del recurso.

1- Indica la existencia de servicios de recolección de residuos. *0 - Indica la no existencia de servicios de recolección de residuos.*	*1- Indica la existencia de instrumentos para la gestión sustentable de servicios de agua y saneamiento en el municipio.* *0 - Indica la no existencia de instrumentos para la gestión sustentable del servicio de agua y saneamiento en el municipio.*
	

Insumos

- Censo de Población y Vivienda 2010, INEGI
- Sistema Municipal de Bases de Datos- SIMBAD- INEGI 2010: http://sc.inegi.org.mx/cobdem/filtroContenidosServlet
- Sistema Municipal de Bases de Datos- SIMBAD- INEGI 2010

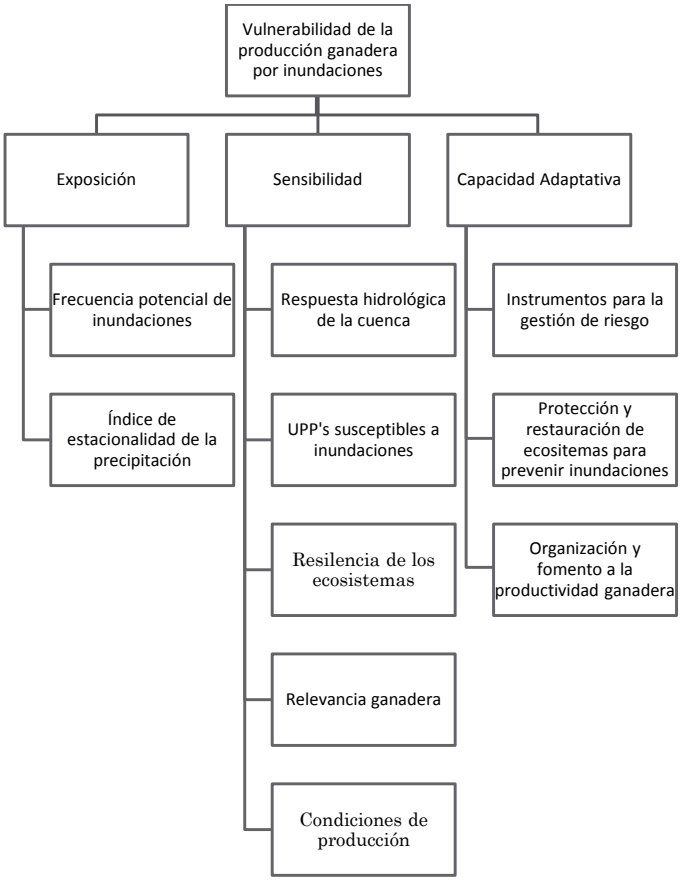
- Sistema Municipal de Bases de Datos- SIMBAD- INEGI 2014: Unidades médicas http://sc.inegi.org.mx/cobdem/filtroContenidosServlet
- Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Delegacionales 2015: Planeación y evaluación http://www.beta.inegi.org.mx/proyectos/censosgobierno/municipal/cngmd/2015/
- Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Delegacionales 2015: Programas orientados a la gestión integral de los residuos sólidos urbanos http://www.beta.inegi.org.mx/proyectos/censosgobierno/municipal/cngmd/2015/
- Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Delegacionales 2015: Recolección de residuos sólidos urbanos http://www.beta.inegi.org.mx/proyectos/censosgobierno/municipal/cngmd/2015/
- Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Delegacionales 2015: Programas orientados a la gestión sustentable del servicio de agua potable de la red pública. http://www.beta.inegi.org.mx/proyectos/censosgobierno/municipal/cngmd/2015/
- Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Delegacionales 2015: Difusión de Información sobre la gestión del servicio de agua y participación ciudadana. http://www.beta.inegi.org.mx/proyectos/censosgobierno/municipal/cngmd/2015/

PROBLEMÁTICAS DE ACTIVIDADES ECONÓMICAS

Las problemáticas aquí desarrolladas fueron propuestas por el equipo del INECC y el área de COTECOCA- Subdirección de Estudios de la Flora y Suelos con Fines Pecuarios de SAGARPA. Hubo una colaboración muy participativa e intercambio de información, dicha institución proporcionó la mayor parte de los insumos.

1. VULNERABILIDAD DE LA PRODUCCIÓN GANADERA POR INUNDACIONES

México es un país ganadero, esta actividad representa el principal uso de suelo con el 58% de las hectáreas disponibles en el territorio (SAGARPA, 2017). Por su extensión a lo largo del territorio, la producción ganadera puede ser impactada por eventos de tipo hidrometeorológico, como las inundaciones. Las inundaciones se consideran como el segundo evento adverso más importante para la ganadería por la muerte de ganado por ahogamiento, la falta temporal de forraje que conduce a la pérdida de peso y producción del ganado, la afectación al ciclo reproductivo del ganado, las restricciones para el pastoreo y enfermedades por exposición a lodo y materia fecal por anegamiento en los potreros. Las zonas ecológicas más susceptibles a la inundación son las zonas tropicales, en donde se concentra una gran parte del hato nacional, sin embargo este fenómeno también se presenta en otras regiones del país, de acuerdo con las características hidrológicas de las cuencas, capacidad instalada y estado de conservación de la infraestructura hidroagrícola, desbordamiento de ríos, rupturas de diversas obras de almacenamiento de agua o por la descarga de agua en los embalses (SAGARPA, 2017). Tan sólo en 2008 las lluvias atípicas e inundaciones en Tabasco causaron la muerte de 21,831 cabezas, de las cuales el 21.8% correspondió a ganado bovino y 1.9 a ovinos (CEPAL, 2011).



Exposición

Criterio 1

Frecuencia potencial de inundaciones

Al considerar el número de veces con la que distintos volúmenes de precipitación se presentan, se pueden identificar zonas potenciales a inundarse, por medio de la relación entre eventos de precipitación e inundaciones (CENAPRED, 2004; Froidevaux et la., 2015; Koutroulis et al., 2010; Stephens et al., 2015). Se divide el acumulado anual entre el umbral de precipitación municipal determinado por el

Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) en conjunto con la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA).

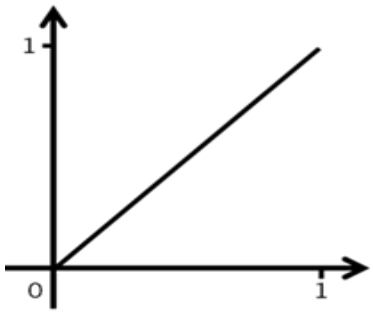
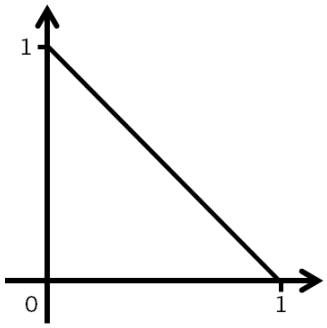
Variables

- *Precipitación acumulada anual*

  Es la suma de la precipitación mensual durante los 12 meses del año. Se aplica para los datos observados con un periodo de 1950-2000 y con escenarios de cambio climático (
  modelos: CNRMC-M5 MPI-ESM-LR HADGEM2-ES y GFDL-CM3 con RCP8.5 y horizonte cercano 2015-2039)

- *Umbral municipal de inundación*

  El CENAPRED) en conjunto con la CONAGUA, determinaron umbrales de precipitación puntuales con duración de 12 horas y periodo de retorno de 5 años a escala municipal. Con estos valores se consideró que si la precipitación anual sobrepasaba este valor fijo entonces sería un detonador de posibles inundaciones. Así como la precipitación varía a lo largo del territorio nacional dependiendo de la climatología, el umbral también tendrá variaciones, en regiones secas los valores serán menores que aquellos de lugares húmedos.

A mayor precipitación acumulada anual mayor exposición ante inundaciones	*A menor umbral mayor será la exposición a inundación.*
	

Criterio 2

<u>Índice de estacionalidad de la precipitación</u>

Los municipios donde el régimen de lluvias se concentra en pocos meses son más susceptibles a inundaciones, porque hay un mayor número de eventos continuos de precipitación, los cuales se acumulan exponiendo a la población a avenidas súbitas de agua de lluvia por escurrimiento.

El índice de estacionalidad es la suma del valor absoluto de las diferencias entre la lluvia mensual de cada mes y la lluvia media mensual del año dividido por la precipitación anual del año, es decir

$$\mathrm{SI} = \frac{1}{\overline{\mathrm{R}}} \sum_{\mathrm{n}=1}^{\mathrm{n}=12} \left| \overline{\mathrm{x}}_{\mathrm{n}} - \overline{\mathrm{R}}/12 \right|$$

donde $\overline{\mathrm{x}}_{\mathrm{n}}$ es el promedio de la precipitación del mes n y $\overline{\mathrm{R}}$ es el promedio anual de la precipitación.

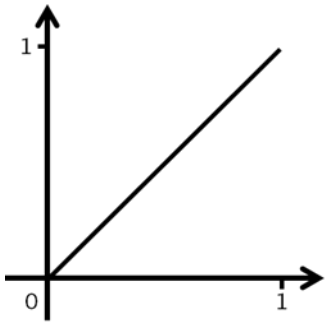
Régimen de lluvia	Límites de clases SI
Distribución de lluvia muy constante	≤ 0.19
Constante pero con una temporada húmeda definida	0.20-0.39
Algo estacional con una corta temporada más seca	0.40-0.59
Estacional	0.60-0.79
Marcadamente estacional con una temporada seca más larga	0.80-0.99
Mucha lluvia en 3 meses o menos	1.00-1.19
Extrema, casi toda la lluvia en 1-2 meses	≥1.20

Fuente: Walsh y Lawler (1981).

Variables

- *Precipitación mensual*

  La precipitación mensual se utiliza como insumo para calcular el índice de estacionalidad así como el promedio anual. Se aplica para los datos observados con un periodo de 1950-2000 y con escenarios de cambio climático (modelos: CNRMC-M5 MPI-ESM-LR HADGEM2-ES y GFDL-CM3 con RCP8.5 y horizonte cercano 2015-2039)

A mayor precipitación mensual mayor exposición


Insumos

- Precipitación anual 1950-2000 y escenarios de cambio climático.
- WorldClim data https://www.gob.mx/inecc/acciones-y-programas/cartografia-de-clima-actual-o-base-1950-2000
- Municipios. Fuente: INEGI 2010

- Umbrales de inundación. Fuente: CONAGUA-CENAPRED

Sensibilidad

Criterio 1

Respuesta hidrológica de la cuenca

La importancia de conocer el comportamiento hidrológico de las cuencas reside en la posibilidad de estimar los recursos hídrico aportados por éstas y la respuesta ante eventos extremos y de este modo evitar riesgo por fuertes crecidas (Álvarez et al., n.d.). Las fuertes precipitaciones que caen sobre una cuenca, saturan los suelos de humedad, producen fuertes escorrentías y causan el desbordamiento de los cauces, provocando inundaciones en las tierras bajas (Narro, 1986). Para considerar el impacto de los procesos de regulación de inundaciones de las cuencas en la población que se ubicada en zonas inundables. Para asignar un valor municipal de estos criterios funcionales, se calculó el porcentaje de la población municipal que se encentra en zonas inundables en cada cuenca, posteriormente ese porcentaje se multiplicó por los valores estandarizados del índice de compacidad y de porcentaje de vegetación natural para cada cuenca. El resultado final representa la sumatoria de los valores de todas las cuencas que contienen población en zonas inundables para cada municipio.

Variables

- *Índice de compacidad de la cuenca en los municipios*

Para integrar esta variable se utilizará los siguientes insumos

- Límite de las cuencas hidrológicas de CONAGUA (2017)
- Límite municipal (INEGI 2010)
- Zonas inundables (INEGI 2010)
- Unidades de Producción Ganadera (UPPs) (SAGARPA, 2018)

Primero se debe calcular el índice de compacidad de las cuencas hidrológicas siguiendo el método de Gravelius, descrito en el apartado de Índice de Gravelius. Después se debe categorizar los valores de (K) y asignarle el orden de Ranqueo de acuerdo a su categoría:

ID_cuenca	Valor K	Categoría	Rank
Cuenca 1	1.89	1	0.10
Cuenca 2	1.55	2	0.20
Cuenca 3	1.30	3	0.30
Cuenca 4	1.05	4	0.40
Cuenca 5	1.15	4	0.40

Se seleccionan las cuencas que tiene influencia hidrográfica con el área ganadera de las UPPs del municipio en zonas inundables (ZI), y se estima el porcentaje de la zona ganadera del municipio en ZI contenida en cada cuenca. Se multiplica el valor de orden de ranqueo por el porcentaje de la población del municipio en zonas inundables, por ejemplo:

ID_cuenca	Valor K	Categoría	Rank	CVE_MPO	% AG ZI	Var_IC
Cuenca 1	1.89	1	0.10	Mun 1	25	2.5
Cuenca 2	1.55	2	0.20	Mun 1	0	0
Cuenca 3	1.30	3	0.30	Mun 1	5	1.5
Cuenca 4	1.05	4	0.40	Mun 1	30	12
Cuenca 5	1.15	4	0.40	Mun 1	45	18

Para asignar el valor de índice de compacidad a los municipios, se realiza la sumatoria del producto 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_IC).

$$Var_IC = \sum (0.1 * 25\%) + (0.2 * 0\%) + (0.3 * 5\%) + (0.4 * 30\%) + (0.4 * 45\%)$$

- *Porcentaje de vegetación natural de las cuencas en los municipios*

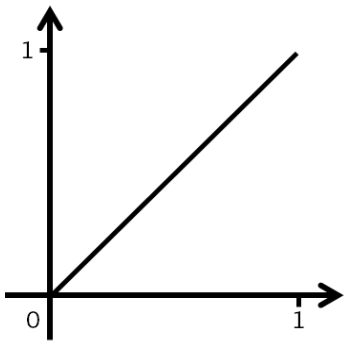
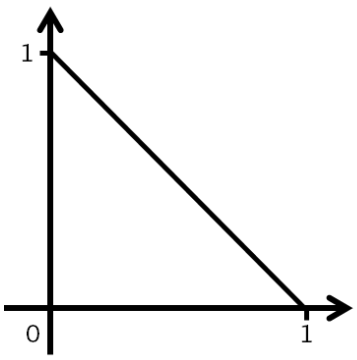
De las cuencas identificadas con influencia hidrográfica sobre el área ganadera de las UPPs (AG) en zonas inundables, se calcula el porcentaje de vegetación natural con respecto a la superficie de la cuenca. Se categorizar las cuencas y se asigna un orden de ranqueo con respecto a su porcentaje de vegetación natural:

IDcuenca	%VegNat	Categoría	Rank_VegNat	CVE_MPO	% AGZI	Var_VegNat
Cuenca 1	45	3	0.30	Mun 1	25	7.5
Cuenca 2	60	2	0.20	Mun 1	0	0
Cuenca 3	35	3	0.30	Mun 1	5	1.5
Cuenca 4	78	1	0.10	Mun 1	30	3
Cuenca 5	55	2	0.20	Mun 1	45	9

Para la asignación del valor de vegetación natural a los municipios, se realiza la sumatoria del producto 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).

$$\text{Var_VegNat} = \sum (.3 * 25\%) + (.2 * 0\%) + (.3 * 5\%) + (0.1 * 30\%) + (0.2 * 45\%)$$

Para llevarlo a municipios se tomó en cuenta la población ubicada en las zonas susceptibles a inundaciones en el municipio, el porcentaje de la población de cada cuenca se multiplicó por el valor de ranqueo asignado y se hizo la suma de las cuencas con influencia en el municipio.

Mientras más cercano a uno sea el índice de compacidad de la cuenca, se tendrá mayor susceptibilidad a inundaciones.	*A mayor cobertura de vegetación natural, menor susceptibilidad de la producción ganadera ante inundaciones*.
	

Criterio 2

UPP´s susceptibles a inundaciones

México es un país ganadero, esta actividad representa el principal uso de suelo con el 58% de las hectáreas disponibles en el territorio (SAGARPA, 2017). A la superficie definida y delimitada en la que el productor lleva a cabo la cría del ganado se le denomina Unidad de Producción Pecuaria (UPP), es decir predios dedicados a la producción ganadera (AGROCOF, 2017), de acuerdo con SAGARPA (2017) existen aproximadamente 1.2 millones de UPP´s dedicadas a la ganadería extensiva. De esta manera debido a su extensión a lo largo del territorio, la producción ganadera puede ser impactada por eventos de tipo hidrometeorológico, como las inundaciones, principalmente en las zonas tropicales en donde se concentra el mayor número de UPP´s en México.

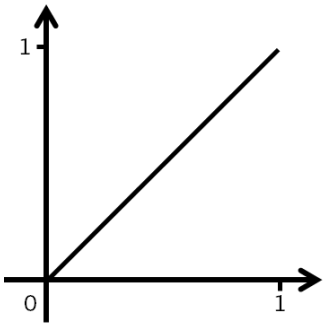
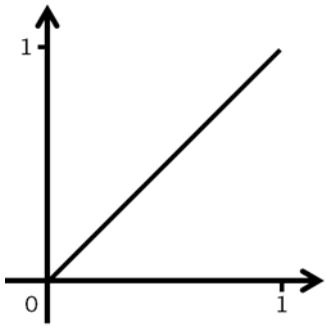
Variables

- *Total de UPP´s en zonas inundables Para la integración de esta variable se necesitó de tres insumos cartográficos crudos para su elaboración:*

  Número de UPP´s registradas en el PROGAN (SAGARPA, 2018).

- *Porcentaje de UPP´s en zonas inundables*

  Número de UPP´s registradas en el PROGAN (SAGARPA, 2018).

A mayor área de UPP´s en zonas inundables, mayor susceptibilidad de la producción ganadera por inundaciones.	*A mayor porcentaje de área de UPP´s en el municipio en zonas inundables mayor susceptibilidad en la producción ganadera.*
	

Criterio 3

<u>Resiliencia de los ecosistemas</u>

Las zonas de pastoreo, por su alta biodiversidad, poseen una gran capacidad de recuperación (resiliencia) frente a eventos como inundaciones. En áreas donde se lleva a cabo un manejo sustentable, por medio de la regulación de la carga y la presión de pastoreo, permite aumentar la producción y la productividad. Por otro lado un manejo no sustentable puede conducir a un sobrepastoreo, el cual modifica la estructura de los pastizales, disminuye la biomasa aérea y la altura del pasto, reduce la cobertura del dosel y promueve la erosión. Incluso el mal manejo se asocia a un déficit nutricional, desencadenando pérdidas por ventas a malos precios, caída en las tasas productivas y reproductivas y una disminución en los activos e ingresos que tiene una duración de largo ciclo (Oyhantcabal, 2012).

Variables

- *Escala de sensibilidad de la vegetación a la inundación*

La escala de sensibilidad municipal de la vegetación se determinó por interpolación lineal a partir de la escala de resistencia a la inundación,

tomando como referencia los valores mínimos y máximos a nivel nacional, al valor más bajo de resistencia a la inundación le corresponde el nivel de sensibilidad de 5 y al más alto el nivel de sensibilidad de 1.

La escala de resistencia a la inundación se determinó con la siguiente ecuación:

Donde :

ES.VI=Escala de sensibilidad de la vegetación a la inundación

Supvp= Superficie con vegetación primaria

Sup. pc= Superficie de praderas cautivadas

Sup.pi= Superficie con pastizales inducidos

k1=Escala de sensibilidad ponderada de la vegetación primaria

k2= Escala de sensibilidad pondera de las praderas cultivadas

K3= Escala de sensibilidad de los pastizales inducidos

• *Erosión del suelo*

Se promediaron los valores de erosión actual de predios apoyados y no apoyados por el PROGAN localizados en el municipio de acuerdo con el Reporte del Sistema de Análisis de los Impactos Ecológicos de la Actividad Ganadera (SAGARPA, 2018).

- *Vegetación con degradación (%)*

La vegetación con degradación se determinó mediante monitoreo satelital empleando los índices espectrales de la vegetación del 2000 al 2008, usando

información de la línea base municipal por grupo de vegetación (línea recta por regresión lineal) contenida en los Reportes de los Sistema Nacional de Monitoreo Satelital Orientado a la Ganadería o SIMSOG. (COLPOS-SAGARPA, 2012). Se consideró que la vegetación estaba en proceso de deterioro cuando el signo del coeficiente de regresión era negativo y cuando el signo del coeficiente era positivo se consideró que la vegetación estaba en proceso de recuperación.

El porcentaje de la vegetación con degradación se calculó con la siguiente ecuación:

$$Vdegra= \Sigma sgvd1 .....sgvdn/stv \times 100$$

Donde:

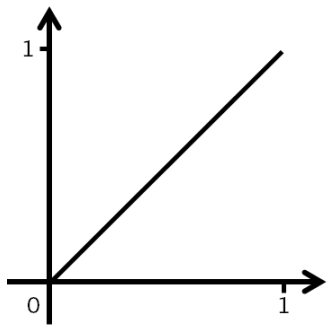
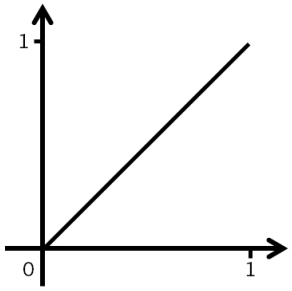
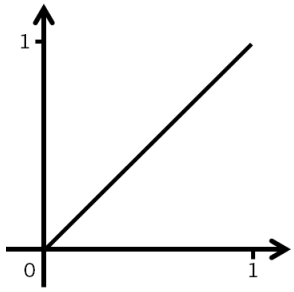
Vdegra= vegetación con degradación (%)

sgvd1= superficie del grupo de vegetación 1 con degradación

sgvdn= superficie del grupo de vegetación n con degradación

stv= superficie total de la vegetación

(SAGARPA, 2018)

A medida que aumenta la superficie con tipos de vegetación poco resistentes a la inundación aumenta la sensibilidad.	*A medida que aumenta el grado de erosión aumenta la susceptibilidad ante inundaciones.*	*A medida que aumenta el porcentaje de la superficie con degradación, aumenta la susceptibilidad de la producción ganadera ante inundaciones*
		

Criterio 4

Relevancia ganadera

La producción pecuaria se extiende en gran parte del territorio nacional, siendo una opción para aquellos lugares donde no se tiene alguna otra alternativa productiva. En general la ganadería genera más de un millón de empleos permanentes remunerados; la actividad pecuaria aporta el 45% del valor de la producción agropecuaria (SAGARPA, 2012). Estas zonas podrían ser afectadas por inundaciones, las cuales pueden ocasionar pérdidas de unidades de producción además de la muerte del ganado, lo cual se reflejaría en la disminución de la producción de un municipio y por tanto de la economía de las familias que dependen de la actividad pecuaria, sobre todo pequeños productores.

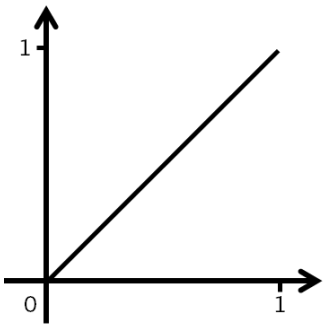
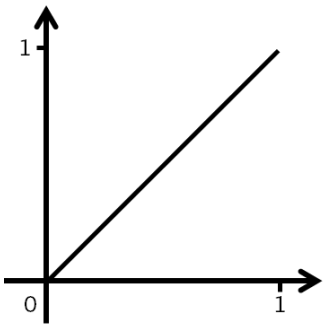
Variables

- *Importancia territorial de la ganadería extensiva*

  La importancia territorial de la ganadería extensiva fue estimada a partir de información del Censo Agrícola, Ganadero y Forestal 2007 del INEGI (SAGARPA, 2018).

- *Presión familiar sobre la tierra*

La escala de sensibilidad se obtuvo a partir de la presión de los integrantes de la familia sobre la tierra, la cual se obtuvo dividiendo la superficie promedio de la Unidad de Producción Pecuaria (UPP) entre el número promedio de los integrantes de familia (el propietario o posesionario de la tierra más sus dependientes económicos) (SAGARPA; 2018).

A mayor importancia territorial de la ganadería mayor susceptibilidad a inundaciones.	*A medida que aumenta la presión familiar sobre la tierra aumenta la susceptibilidad de la producción ganadera a inundaciones.*
	

Criterio 5

Condiciones de producción

El bienestar y la productividad ganadera están en situación de riesgo debido a factores ambientales que influyen en su comportamiento (Rötter y van de Geijin, 1999; Zhao et al., 2005). Las inundaciones, por ejemplo, pueden repercutir en la salud del ganado debido a la propagación de enfermedades propias del mismo y en su mortalidad por ahogamiento o por un incremento de mordidas de serpientes venenosas (SAGARPA; 2018). Además ante inundaciones la disponibilidad de forrajes se puede reducir y por tanto conducir a una alta demanda de insumos e incremento de costos para los productores.

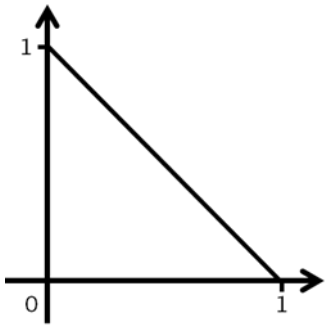
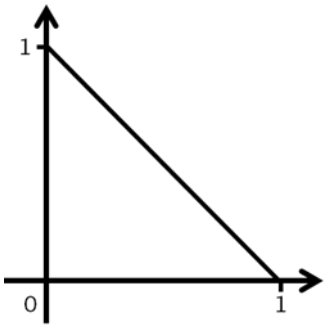
Variables

- *Manejo de ganado*

  La variable se evaluó considerando el manejo de alimento, manejo zoosanitario y manejo reproductivo, considerando los resultados de las Encuestas de Satisfacción realizadas a nivel nacional por la Federación de Médicos Veterinarios Zootecnistas (FedMVZ) en 144,199 Unidades de Producción Pecuaria con ganado Bovinos Carne y Doble Propósito(SAGARPA, 2018).

- *Proporción de la disponibilidad forrajera*

  Para esta variable se utilizaron los datos de balance entre la oferta y la demanda y contribución de las zonas agrícolas a la alimentación datos proporcionados por SAGARPA, (2018).

A mejor manejo del ganado, menor susceptibilidad de la producción ganadera a inundaciones.	*A menor proporción de disponibilidad forrajera, mayor susceptibilidad de la producción ganadera a inundaciones.*
	

Insumos

- Índice de compacidad
- Zonas inundables
- Vegetación natural de la cuenca (Serie V, INEGI)
- SAGARPA-Coordinación General de Ganadería- DGA de COTECOCA (2014):
- Total de Unidades de Producción Pecuaria en los Municipios con ganado Bovino Carne y Doble Propósito apoyadas por el Componente PROGAN Productivo (2014). Archivo Formato shape con la ubicación geográfica de las Unidades de Producción Pecuaria elaborado con base en él Reporte del Sistema de información SIPROGAN P.
- Total de Unidades de Producción Pecuaria localizadas en zonas inundables en los Municipios con ganado Bovino Carne y Doble Propósito apoyadas por el Componente PROGAN Productivo (2014). Archivo Formato shape con la ubicación geográfica de las Unidades de Producción Pecuaria elaborado con base en Reporte del Sistema de información SIPROGAN P.
- Las superficies con vegetación primaria, praderas cultivadas y pastizales inducidos se obtuvieron de la Carta de Uso de Suelo y Vegetación del INEGI, Serie IV.
- Monografías Estatales o Regionales de Coeficientes de Agostadero (SARH 1978-1982).
- Reporte del Sistema de Análisis de los Impactos Ecológicos de la Actividad Ganadera 2012 (SAEG)
- Reportes de los Sistema Nacional de Monitoreo Satelital Orientado a la Ganadería o SIMSOG. (COLPOS-SAGARPA 2012).
- Carta de Uso de Suelo y Vegetación del INEGI, Serie IV.
- Censo Agrícola, Ganadero y Forestal 2007 del INEGI.

- La superficie de la Unidades de Producción Pecuaria y el número de dependientes económicos del propietario o posesionario se obtuvo de las Encuestas de Satisfacción de los beneficiarios del PROGAN, PROGAN realizada por la FedMVZ (2016) en Unidades de Producción Pecuarias correspondiente a Bovinos Carne y Doble Propósito.
- El Manejo de la alimentación animal se determinó usando los resultados de encuesta de satisfacción de los beneficiarios del PROGAN Productivo correspondientes a Ganado Bovino Carne y Doble Propósito (FedMVZ 2016). En donde se consideraron los siguientes criterios: suministro y frecuencia de utilización de sales minerales, concentrados, granos, ensilados o henificados y esquilmos agrícolas; así como, las acciones de manejo del pastoreo.
- Se evaluaron las acciones y manejo reproductivos usando los resultados de las encuestas de satisfacción a las Unidades de Producción Pecuarias apoyadas por el PROGAN Productivo realizadas por la FedMVZ por Convenio de Colaboración con la SAGARPA, en 144,199 Unidades de Producción Pecuaria, correspondientes a Ganado Bovino Carne y Doble Propósito. Para calcular el porcentaje de destetes se consideraron las variables de número de vientres totales existentes en 2014 y número de crías nacidas destetadas en 2014.
- El manejo zoosanitario se evaluó usando los resultados de las encuestas de satisfacción a las Unidades de Producción Pecuaria apoyadas por el PROGAN Productivo realizadas por la FedMVZ por Convenio de Colaboración con la SAGARPA, en 144,199 Unidades de Producción Pecuaria, correspondientes a Ganado Bovino Carne y Doble Propósito. Se consideraron los siguientes tipos de manejo: Vacunaciones, desparasitación, interna del ganado, desparasitación externa del ganado y calendarización zoosanitaria.
- Monografías Estatales o Regionales de Coeficientes de Agostadero (SARH 1978-1982).

- Coordinación General de GANADERIA. Capacidad Forrajera de Praderas por Zona Ecológico -Ganadera. SAGARPA.
- Inventarios Ganaderos del Censo Agrícola, Ganadero y Forestal 2007 del INEGI.

Capacidad adaptativa

Criterio 1

Instrumentos para la gestión de riesgo

Por lo general las actividades agropecuarias presentan mayor vulnerabilidad ante la presencia de contingencias climatológicas, particularmente aquellas relacionadas con la falta o el exceso de precipitación pluvial, y, en menor escala, aunque cada vez con mayor frecuencia, las temperaturas extremas (FAO, 2014). La existencia de instrumentos de gestión del riesgo a nivel municipal es un elemento muy importante para promover los esfuerzos dirigidos al análisis y a la gestión de los factores causales de los desastres, lo que incluye la reducción del grado de exposición a las amenazas, la disminución de la vulnerabilidad de la población y la propiedad (UNISDR, 2009).

Variables

- *Atlas de Riesgo Municipal y mapa de riesgo por inundación*

  Información que se generó con base en la revisión de los Atlas de Riesgo de cada municipio.

  Los fenómenos meteorológicos que se integran en el atlas de riesgo municipal son:

  - Sequía
  - Heladas
  - Tormentas eléctricas
  - Tormentas de granizo
  - Tormentas de nieve

- Inundaciones
- Ondas gélidas y cálidas
- Ciclones tropicales
- Tornados
- Viento
- Erosión y acreción costera

La información de las condiciones 0, 1 y 2 se normalizó para tener la contribución de cada una de ellas entre los valores de 0 y 1.

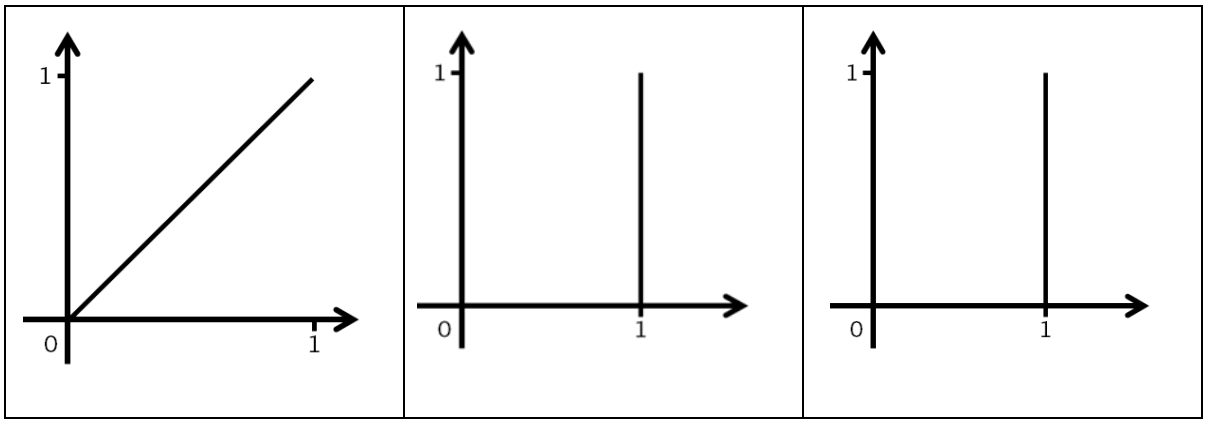
- *Plan de contingencia contra riesgos hidrometeorológicos (lluvias)*

  La información de los municipios que cuentan con Programas de Protección Civil ante contingencias de efectos meteorológicos (lluvias) fue proporcionada a la DGA mediante el oficio núm. DGPC/1534/2017, por la Dirección General de Protección Civil (SEGOB) del 13 de octubre de (SAGARPA, 2018).

- *Programas de atención a desastres*

  Disponibilidad al programa de atención a desastres.

2-Indica que cuenta con atlas de riesgo municipal y tiene mapa de inundación. *1-Indica que se cuenta con atlas de riesgo municipal pero no tiene mapa de inundación* *0-Indica que no tiene atlas de riesgo municipal.* *Aumenta la capacidad adaptativa de la producción ganadera si se cumple 1 y 2.*	*1- Indica que se cuenta con un plan municipal de contingencias.* *0- Indica que no se cuenta con un plan municipal de contingencias.*	1- *Indica que el productor si ha tenido apoyo del programa.* *0 - Indica que el productor no ha tenido apoyo del programa.*



Criterio 3

Protección y restauración de ecosistemas para prevenir inundaciones

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 servicio 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. Entre los instrumentos de conservación se tienen las Áreas Naturales Protegidas (ANP) y los Programas de Pagos por Servicios Ambientales (PSA). 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).

Variables

- *Superficie del municipio con Pago por Servicios Ambientales (relativa)*

  A través de estudios e investigaciones realizados por la CONAFOR, se definen las áreas elegibles en ecosistemas forestales de México.

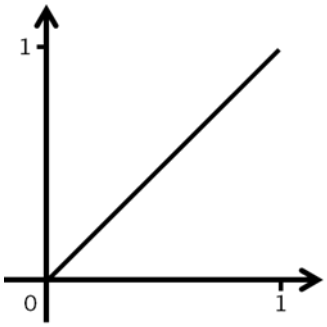
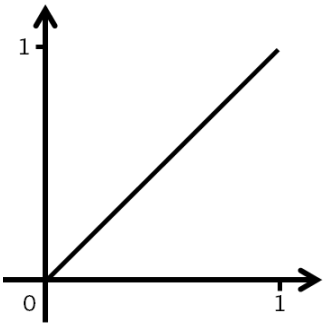
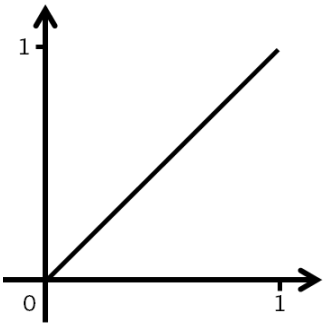
  El valor relativo se obtuvo calculando el total y el porcentaje del área con PSA, lo cual permite no sobre estimar o subestimar valores.

- *Superficie del municipio con vegetación natural en Áreas Naturales Protegidas (relativa)*

  Se distingue en Áreas Naturales Protegida nacionales, estatales y municipales. El valor relativo se obtuvo calculando el total y el porcentaje del área del municipio con ANP, lo cual permite no sobre estimar o subestimar valores.

- *Manejo de las tierras y recursos naturales*

  Para el cálculo de esta variable se utilizó datos de asistencia técnica y de manejo y conservación de los recursos naturales de los resultados de las encuestas de satisfacción de los beneficiarios del PROGAN Productivo correspondientes a ganado Bovino Carne y Doble Propósito realizadas por la FedMVZ (SAGARPA,2018).

A mayor superficie elegible para el esquema de pagos por servicios ambientales, mayor capacidad adaptativa ante inundaciones.	*A mayor superficie del municipio con vegetación natural en área natural protegida, mayor capacidad adaptativa de la producción ganadera a inundaciones*.	*Ante un mejor manejo de las tierras y recursos naturales, mayor capacidad adaptativa ante inundaciones*.
		

Criterio 3

Organización y fomento a la productividad ganadera

Las organizaciones ganaderas locales y especializadas agrupan y representan los intereses de su agremiados (ganaderos). Son actores claves tanto en la organización económica como para brindar diversos servicios a sus agremiados (representación, gestoría, asistencia técnica, compra de insumos entre otras), la promoción del fomento ganadero y para atender diversos tipos de problemática, entre los que se debe de contemplar el cambio climático, que inciden en la producción y en la competitividad del sector (SAGARPA, 2018)

Variables

- *Porcentaje de cobertura del Programa de Fomento Ganadero*

SAGARPA (2018), consideraron las componentes de PROGAN Productivo, manejo y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, capitalización productiva pecuaria, productividad pecuaria, bioseguridad pecuaria y manejo posproductivo, con los cuales obtuvieron:

1. Porcentaje relativo de la superficie ganadera apoyada por el PROGAN Productivo con respecto a la Total.

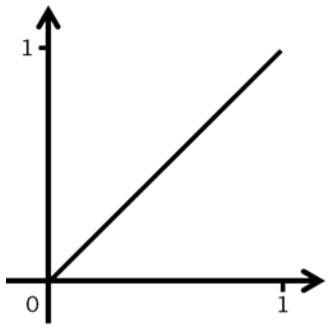
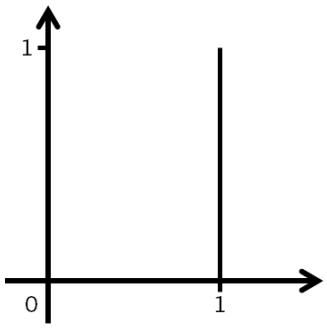
2. Porcentaje relativo de las UPP's apoyadas por todos los componentes del Programa de Fomento Pecuario, considerando a cada solicitud como una UPP, entre el total de UPP's estimado con información del Censo Agrícola, Ganadero y Forestal del INEGI 2007.

Cuando el número total de UPP's y superficie excedieron los inventarios municipales correspondientes, el porcentaje relativo se asignó como 1. Lo anterior, puede presentarse debido a que no se contó con información de cuantas solicitudes a diferentes componentes ingresó un mismo titular de UPP durante el periodo 2013-2018.

Ambos datos a nivel municipal se utilizaron para obtener el porcentaje total de la cobertura general del Programa de Fomento Ganadero.

- *Organización de productores*

Disponibilidad de organizaciones de productores.

A mayor cobertura del Programa de Fomento Ganadero, mayor capacidad adaptativa de la producción ganadera a inundaciones.	*1- Indica que hay organizaciones ganaderas en el municipio.* *0 - Indica que no hay organizaciones ganaderas en el municipio.*
	

Insumos

- Cobertura de Atlas Municipales: http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/archivo/cob-atlas-municipales.html
- https://datos.gob.mx/busca/dataset/informacion-historica-de-sequia-de-sagarpa
- Áreas elegibles en ecosistemas forestales de México (CONAFOR): http://www.cnf.gob.mx:8090/snif/portal/las-demas/areas-elegibles
- Vegetación natural (Serie V, INEGI)
- Áreas Naturales Protegidas decretadas (CONANP): http://sig.conanp.gob.mx/website/pagsig/datos_anp.htm

- Cencas hidrológicas 2016http://sina.conagua.gob.mx/sina/
- SAGARPA Coordinación General de Ganadería- DGA de COTECOCA (2018):
- La información de los municipios que cuentan con Programas de Protección Civil ante contingencias de efectos meteorológicos fue proporcionada mediante el oficio núm. DGPC/1534/2017, de la Dirección General de Protección Civil (SEGOB) del 13 de octubre de 2017.
- Manejo de las tierras y recursos naturales se determinó con base a los resultados de encuesta de satisfacción de los beneficiarios del PROGAN Productivo correspondientes a ganado Bovino Carne y Doble Propósito (FedMVZ 2016).
- La información de superficie ganadera, vientres y Unidades de Producción Pecuaria de ganado Bovino Carne y Doble Propósito apoyadas por el Componente PROGAN Productivo se obtuvo de reportes del Sistema de Información SIPROGAN P.
- La información de las solicitudes, monto de los apoyos y productores beneficiarios por otros componentes, distintos, se obtuvo del listado de beneficiarios del Programa de Fomento Ganadero (2013-2017), en el Portal de Obligaciones de Trasparencia de la SAGARPA.
- Censo Agrícola, Ganadero y Forestal 2007 del INEGI.
- El número total de Asociaciones Ganaderas Locales Generales por municipio que se infiere que son de ganado bovino y ganaderas especializadas en ganado ovino y caprino, se obtuvo del oficio núm. 03.01.25254/2017 de la Dirección del Registro Nacional Agropecuario del 7 de diciembre de 2017.
- El número total de Unidades de Producción Pecuaria con rumiantes (bovinos, caprinos y ovinos) y el número total de rumiantes, referidos en Unidades Animal, se obtuvo a partir de información del Censo Agropecuario, Forestal y Pesquero 2017, del INEGI

- En el caso de municipios en donde el número total de Unidades de Producción Pecuaria y rumiantes apoyados por el PROGAN (2013-2017) sean superiores a los obtenidos con información del INEGI se tomó en consideración la información del PROGAN.

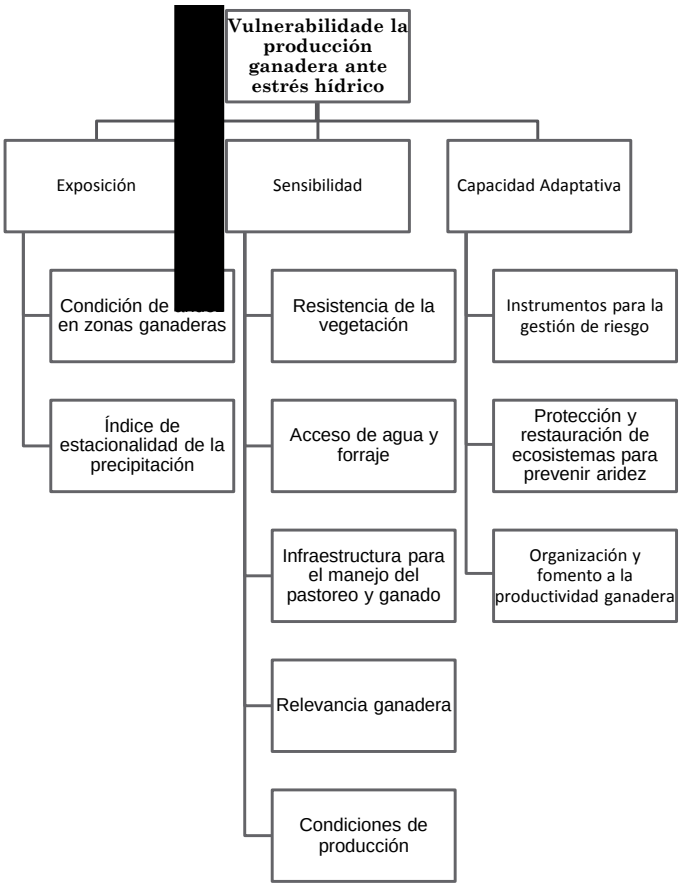
2. VULNERABILIDAD DE LA PRODUCCIÓN GANADERA ANTE ESTRÉS HÍDRICO

En México, el 49.2 % del territorio está conformado por tierras secas, donde el 0.2 % son zonas hiperáridas, 28.3% zonas áridas, 23.7% zonas semiáridas y 17.6% son zonas subhúmedas secas, las cuales se encuentran distribuidas en el centro y norte del país. En estos lugares la población tiene un alcance de 22 millones de habitantes (CONABIO, 2017). Los diez estados mexicanos con mayor grado de aridez son: Aguascalientes, Baja California, Baja California Sur, Chihuahua, Coahuila, Durango, Nuevo León, San Luis Potosí, Sonora y Zacatecas (SAGARPA, 2016).

La ganadería bovina que se explota bajo condiciones de agostadero en regiones áridas y semiáridas de México, ha sido impactada por sequías. Se ha tenido un incremento en la mortalidad del ganado, venta del ganado, disminución de los parámetros productivos de los sistemas de producción, acentuación del sobrepastoreo, y disminución de la capacidad de carga animal en los agostaderos (Gutiérrez et al., 2012).

Las actividades de las regiones áridas están adaptadas a la permanencia de aridez, en contraste la presencia de sequía origina interrupción de las actividades normales en todas ellas (Hernández et al., 2007). Las perdidas pueden ser mayores si las condiciones de sequía son más frecuentes o bien se prolongan por mucho tiempo, además de las pérdidas que pueden traer la degradación del suelo,

la erosión, la vegetación, etc., muchas veces ocasionada por el mal manejo de las actividades agropecuarias.



Exposición

Criterio 1

<u>Condición de aridez en zonas ganaderas</u>

La escasez de la precipitación y su irregularidad anual e interanual, rasgos climáticos permanentes, caracterizan a las zonas áridas, las cuales ocupan una tercera parte de la superficie terrestre (Hernández et al., 2007). La aridez se

evalúa con base en variables climáticas (índices de aridez), o bien respecto a cuantos días el balance de agua permite el crecimiento de las plantas (estación de crecimiento). Se refiere a zonas extremadamente áridas o hiperáridas cuando hay déficit de agua durante todo el año, mientras que cuando el déficit es durante la mayor parte del año se clasifican en tierras áridas o semiáridas. Más allá de una clasificación de zonas áridas, es importante considerar la duración de la escasa y dispersa precipitación y considerar la duración y el periodo de la estación lluviosa (UNESCO, 1982), lo cual influirá en actividades como la ganadería, ya que de esta manera se podrán tomar medidas para un mejor aprovechamiento de las condiciones climáticas.

Variables

- *Índice de Lang*

El índice de Lang (IL) se basa en el factor de la razón entre la precipitación y la temperatura de los cuales se proponen seis clasificaciones. El factor (L) se obtiene con la relación entre la precipitación media anual (P) en mm y la temperatura media anual (T) en °C, usando la siguiente formula:

$$L = P/T$$

Donde

L: factor de Lang

P: Precipitación media anual

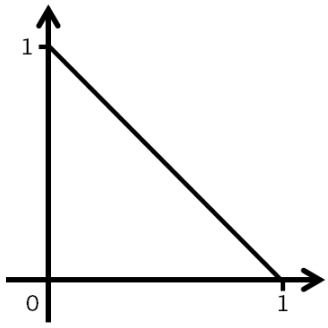
T: Temperatura media anual

Factor de Lang P/T	Clasificación	Símbolo
0-20	Desértico	D
20.1-40	Árido	A
40.1-60	Semiárido	SA
60.1-100	Subhúmedo	SH
100.1-160	Húmedo	H
>160	Muy húmedo	VH

Fuente: Neira, 2006.

Se consideran la precipitación y temperatura para los datos observados con un periodo de 1950-2000 y con escenarios de cambio climático (modelos: CNRMC-M5 MPI-ESM-LR HADGEM2-ES y GFDL-CM3 con RCP8.5 y horizonte cercano 2015-2039).

A menor valor del factor de Lang, mayor exposición ante estrés hídrico



Criterio 2

<u>Índice de estacionalidad de la precipitación</u>

Los municipios donde el régimen de lluvias se concentra en pocos meses son más susceptibles a inundaciones, porque hay un mayor número de eventos continuos de precipitación, los cuales se acumulan exponiendo a la población a avenidas súbitas de agua de lluvia por escurrimiento.

El índice de estacionalidad es la suma del valor absoluto de las diferencias entre la lluvia mensual de cada mes y la lluvia media mensual del año dividido por la precipitación anual del año, es decir

$$\mathrm{SI} = \frac{1}{\overline{\mathrm{R}}} \sum_{n=1}^{n=12} \left| \overline{x}_n - \overline{\mathrm{R}}/12 \right|$$

donde $\overline{x}_n$ es el promedio de la precipitación del mes n y $\overline{\mathrm{R}}$ es el promedio anual de la precipitación.

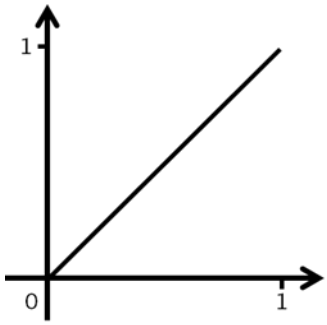
Régimen de lluvia	Límites de clases SI
Distribución de lluvia muy constante	≤ 0.19
Constante pero con una temporada húmeda definida	0.20-0.39
Algo estacional con una corta temporada más seca	0.40-0.59
Estacional	0.60-0.79
Marcadamente estacional con una temporada seca más larga	0.80-0.99
Mucha lluvia en 3 meses o menos	1.00-1.19
Extrema, casi toda la lluvia en 1-2 meses	≥1.20

Fuente: Walsh y Lawler (1981).

Variables

- *Precipitación mensual*

  La precipitación mensual se utiliza como insumo para calcular el índice de estacionalidad así como el promedio anual. Se aplica para los datos observados con un periodo de 1950-2000 y con escenarios de cambio climático (modelos: CNRMC-M5 MPI-ESM-LR HADGEM2-ES y GFDL-CM3 con RCP8.5 y horizonte cercano 2015-2039)

A mayor precipitación mensual mayor exposición


Insumos

- Precipitación anual 1950-2000 y escenarios de cambio climático.
- WorldClim data https://www.gob.mx/inecc/acciones-y-programas/cartografia-de-clima-actual-o-base-1950-2000
- Municipios. Fuente: INEGI 2010
- Umbrales de inundación. Fuente: CONAGUA-CENAPRED

Sensibilidad

Criterio 1

Resistencia de la vegetación

El estrés hídrico puede propiciar condiciones adversas para muchas especies vegetales. Las plantas y organismos en general, que habitan en zonas con escasas precipitaciones, han desarrollado una serie de características anatómicas, estructurales, bioquímicas y fisiológicas que les permiten mantener un balance adecuado de agua y energía térmica. Incluyen ajustes fenológicos a la disponibilidad de agua, características morfofisiológicas que reducen la pérdida de agua o aumentan su adquisición, mecanismos de regulación del estrés térmico,

respuesta rápida a los pulsos de recursos, y exploración de fuentes de agua profundas (Villagra et al. 2011; Granados-Sánchez et al., 1998).

Variables

- *Vegetación con degradación (%)*

1.- El estado de conservación de la vegetación se determinó mediante monitoreo satelital usando los índices espectrales de la vegetación del 2000 al 2008, con los que se determinó la línea base municipal por grupo de vegetación (línea recta por regresión lineal). Se consideró que la vegetación estaba en proceso de deterioro cuando el signo del coeficiente de regresión era negativo y cuando el signo del coeficiente era positivo la vegetación estaba en proceso de recuperación.

2. El porcentaje de la vegetación con degradación se determinó con la siguiente ecuación:

$$Vdegra= \Sigma sgvd1 .....sgvdn/stv \times 100$$

Donde:

Vdegra= vegetación con degradación (%)

sgvd1= superficie del grupo de vegetación 1 con degradación

sgvdn= superficie del grupo de vegetación n con degradación

stv = superficie total de la vegetación

(SAGARPA, 2018).

- *Sensibilidad de la vegetación a la sequía*

La escala de sensibilidad municipal de la vegetación se determinó por interpolación lineal a partir de la escala de resistencia a la sequía, tomando

como referencia los valores mínimos y máximos a nivel nacional. Al valor más bajo de resistencia a la sequía le corresponde el nivel de sensibilidad de 5 y al más alto el nivel de sensibilidad de 1. La escala de resistencia a la sequía se determinó con la siguiente ecuación:

Donde :

ERS= Escala de resistencia de la vegetación a la sequía; Supp= Superficie de pastizales;

Supm= superficie de matorrales;

Supb= Superficie de bosques;

Sups= Superficie de selvas;

Supo= Superficie de otros tipos de vegetación;

Suppc= Superficie de praderas cultivadas

K1= Escala de resistencia de los pastizales a la sequía de pastizales;

K2= Escala de resistencia de los matorrales a la sequía;

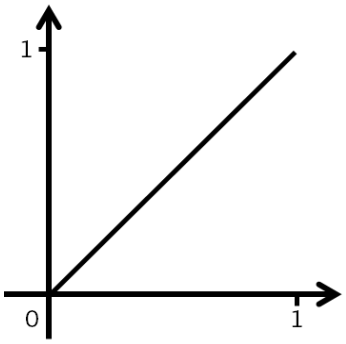
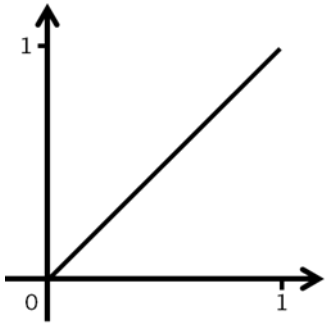
K3= Escala de resistencia de los bosques a la sequía;

K4= Escala de resistencia de las selvas a la sequía;

K5= Escala de resistencia de otros tipos de vegetación a la sequía.

K6. Escala de resistencia de las praderas cultivadas a la sequía;

(SAGARPA, 2018).

A medida que aumenta el porcentaje de la superficie con degradación, aumenta la susceptibilidad de la producción ganadera ante estrés hídrico.	*A medida que aumenta la superficie con tipos de vegetación poco resistentes ante estrés hídrico, aumenta la sensibilidad de la producción ganadera.*
	

Criterio 2

<u>Acceso de agua y forraje</u>

En las tierras secas la disponibilidad de agua suele ser crítica. Estas áreas están caracterizadas por una elevada tasa de evaporación y las aguas superficiales como los ríos y los lagos tienden a desaparecer relativamente rápido. La escasez de agua y una mala calidad de la misma puede afectar actividades como la ganadería (Hori et al, 2011). La disponibilidad de alimento y agua influyen en la producción pecuaria, se agrava aún más en aquellas zonas con estrés hídrico, donde las altas temperaturas y las bajas precipitaciones proporcionan condiciones poco favorables para el ganado (ECOBONA-DEPROSUR, 2017).

Variables

- *Acceso del ganado al agua*

  El acceso del ganado al agua se obtuvo a partir de las variables de sensibilidad por disponibilidad de agua y distancia máxima a los cercos de agua, datos proporcionados por SAGARPA (2018).

- *Cobertura térmica de la vegetación*

El porcentaje de cobertura de copa de árboles y arbustos en estiaje se determinó a nivel municipal de la siguiente manera:

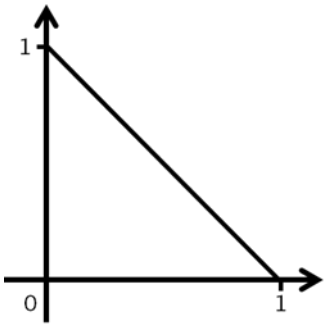
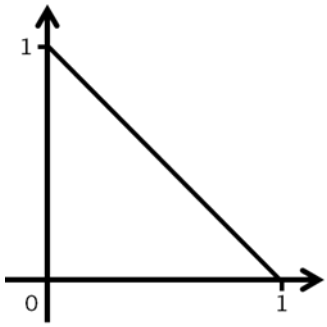
1.- Se calculó el porcentaje de cobertura de copa por grupo de vegetación (pastizales, matorrales, bosques, selvas, praderas cultivadas y otros tipos de vegetación);

2.- Los porcentajes resultantes se multiplicaron por el porcentaje de relativo de árboles y arbustos con follaje perennifolio para dar los porcentajes de cobertura de copa por grupo de vegetación;

3.- Esos porcentajes se multiplicaron por la superficie total del grupo de vegetación que le corresponde para dar la superficie total con cobertura de copa de árboles y arbustos en el estiaje;

4.-Se dividió dicha superficie entre la superficie total con vegetación natural e inducida y se multiplico por 100 para dar el porcentaje de cobertura de copa en el estiaje.

La sensibilidad se determinó con el porcentaje de cobertura de copa de árboles y arbustos y con la zona ecológica en donde se encuentra el municipio (SAGARPA, 2018).

A medida que disminuye la disponibilidad de agua para el ganado aumenta la sensibilidad.	*A media que aumenta el porcentaje de cobertura de copa en los municipios disminuye la susceptibilidad de la producción ganadera ante estrés hídrico.*
	

Criterio 3

<u>Infraestructura para el manejo de pastoreo y ganado</u>

En las tierras secas la disponibilidad de agua es crítica, ya que se caracterizadas por una elevada tasa de evaporación y las aguas superficiales como los ríos y los lagos tienden a desaparecer relativamente rápido (Hori et al., 2011). Por tanto se requiere que los productores inviertan en la infraestructura para tener disponibilidad de agua para el ganado durante todo el año, sobre todo cuando se presentan eventos como la sequía y hay estrés hídrico.

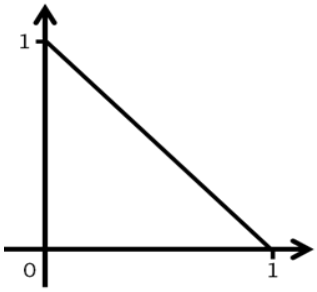
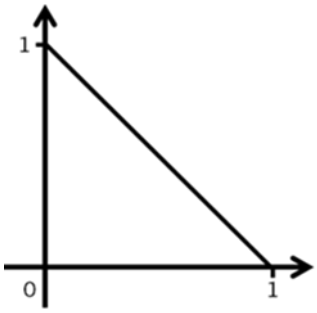
Variables

- *Proporción de aguajes permanentes*

  El número promedio de aguajes permanentes por municipio se determinó con reporte depurado del reporte de la base de datos del PROGAN 2003-2007 (SAGARPA, 2018).

- *Proporción de pozos permanentes por Unidad de Producción Pecuaria (UPP)*

El numero promedio de pozos con agua permanentes por municipio se determinó con el reporte depurado del reporte de la base de datos del PROGAN 2003-2007 (SAGARPA, 2018).

A mayor proporción de aguajes permanentes por potrero, menor susceptibilidad de la producción ganadera ante estrés hídrico.	*A mayor proporción de pozos permanentes por UPP, menor susceptibilidad de la producción ganadera ante estrés hídrico.*
	

Criterio 4

<u>Relevancia ganadera</u>

La producción pecuaria se extiende en gran parte del territorio nacional, siendo una opción para aquellos lugares donde no se tiene alguna otra alternativa productiva. En general la ganadería genera más de un millón de empleos permanentes remunerados; la actividad pecuaria aporta el 45% del valor de la producción agropecuaria (SAGARPA, 2012). Estas zonas podrían ser afectadas por inundaciones, las cuales pueden ocasionar pérdidas de unidades de producción además de la muerte del ganado, lo cual se reflejaría en la disminución de la producción de un municipio y por tanto de la economía de las familias que dependen de la actividad pecuaria, sobre todo pequeños productores.

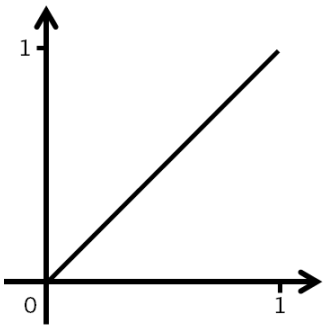
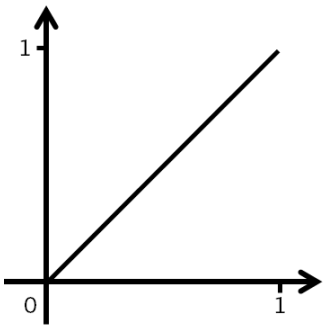
Variables

- *Importancia territorial de la ganadería extensiva*

La importancia territorial de la ganadería extensiva fue estimada a partir de información del Censo Agrícola, Ganadero y Forestal 2007 del INEGI (SAGARPA, 2018).

- *Presión familiar sobre la tierra*

La escala de sensibilidad se obtuvo a partir de la presión de los integrantes de la familia sobre la tierra, la cual se obtuvo dividiendo la superficie promedio de la Unidad de Producción Pecuaria (UPP) entre el número promedio de los integrantes de familia (el propietario o posesionario de la tierra más sus dependientes económicos) (SAGARPA; 2018).

A mayor importancia territorial de la ganadería mayor susceptibilidad de la producción ganadera ante estrés hídrico.	*A medida que aumenta la presión familiar sobre la tierra aumenta la susceptibilidad de la producción ganadera ante estrés hídrico.*
	

Criterio 5

<u>Condiciones de producción</u>

El bienestar y la productividad ganadera están en situación de riesgo debido a factores ambientales que influyen en su comportamiento (Rötter y van de Geijin, 1999; Zhao et al., 2005). El estrés hídrico, por ejemplo, pueden repercutir en la

producción del ganado por la falta de agua y alimento, incluso las altas temperaturas, puede conducir a la pérdida de ganado.

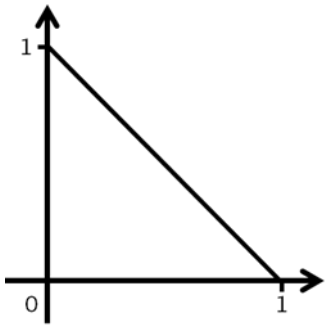
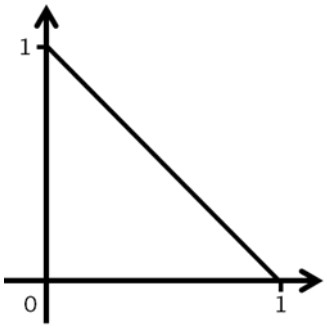
Variables

- *Manejo de ganado*

  La variable se evaluó considerando el manejo de alimento, manejo zoosanitario y manejo reproductivo, considerando los resultados de las Encuestas de Satisfacción realizadas a nivel nacional por la Federación de Médicos Veterinarios Zootecnistas (FedMVZ) en 144,199 Unidades de Producción Pecuaria con ganado Bovinos Carne y Doble Propósito (SAGARPA, 2018).

- *Proporción de la disponibilidad forrajera*

  Para esta variable se utilizaron los datos de balance entre la oferta y la demanda y contribución de las zonas agrícolas a la alimentación datos proporcionados por SAGARPA, (2018).

Ante un mejor manejo de ganado, menor susceptibilidad de la producción ganadera ante estrés hídrico.	*A menor proporción de disponibilidad forrajera, mayor susceptibilidad de la producción ganadera ante estrés hídrico.*
	

Insumos

- SAGARPA-Coordinación General de Ganadería- DGA de COTECOCA (2018):
- Reportes de los Sistema Nacional de Monitoreo Satelital Orientado a la Ganadería o SIMSOG. (COLPOS-SAGARPA 2012).
- Carta de Uso de Suelo y Vegetación del INEGI, Serie IV.
- La escala de resistencia de la vegetación a nivel municipal, se determinó por personal técnico de la COTECOCA.
- Reporte de la Base de datos del PROGAN (2003-2007). El porcentaje relativo se determinó dividiendo la duración promedio de agua en meses entre 12.
- Encuestas de Satisfacción de los beneficiarios del PROGAN realizada por la FedMVZ (2016) en Unidades de Producción Pecuaria con ganado Bovino Carne y Doble Propósito.
- El número promedio de potreros y aguajes permanentes se determinó con el Reporte de la Base de datos del PROGAN (2003-2007).
- La superficie promedio de las Unidades de Producción Pecuaria a nivel municipal se determinó con el Reporte de la Base de Datos del PROGAN Productivo 2013-2017.
- Red Extendida del Sistema Nacional de Monitoreo Terrestre Orientado a la Ganadería (COPLOS-SAGARPA 2012).
- Monografías Estatales o Regionales de Coeficientes de Agostadero (SARH 1978-1982).
- Base de datos del PROGAN 2003-2007.
- Censo Agrícola, Ganadero y Forestal 2007 del INEGI.
- La superficie de la Unidad de Producción Pecuaria y el número de dependientes económicos del propietario o posesionario se obtuvo de Encuestas de Satisfacción de los beneficiarios del PROGAN realizada por

la FedMVZ (2016) en Unidades de Producción Pecuaria con ganado Bovino Carne y Doble Propósito.

- El Manejo de la alimentación animal se determinó usando los resultados de encuesta de satisfacción de los beneficiarios del PROGAN Productivo correspondientes a ganado Bovino Carne y Doble Propósito (FedMVZ 2016). En donde se consideraron los siguientes criterios: suministro y frecuencia de utilización de sales minerales, concentrados, granos, ensilados o henificados y esquilmos agrícolas; así como, las acciones de manejo del pastoreo.
- Se evaluaron las acciones y Manejo Reproductivas usando los resultados de las encuestas de satisfacción a las Unidades de Producción Pecuaria apoyadas por el PROGAN Productivo realizadas por la FedMVZ por Convenio de Colaboración con la SAGARPA, en 144,199 Unidades de Producción Pecuaria, correspondientes a ganado Bovino Carne y Doble Propósito. Para calcular el porcentaje de destetes se consideraron las variables de número de vientres totales existentes en 2014 y número de crías nacidas destetadas en 2014.
- El manejo zoosanitario se evaluó usando los resultados de las encuestas de satisfacción a las Unidades de Producción Pecuaria apoyadas por el PROGAN Productivo realizadas por la FedMVZ por Convenio de Colaboración con la SAGARPA, en 144,199 Unidades de Producción Pecuaria, correspondientes a ganado bovino carne y doble propósito. Se consideraron los siguientes tipos de manejo: Vacunaciones, desparasitación interna del ganado, desparasitación externa del ganado y calendarización zoosanitaria.
- Coordinación General de GANADERIA. Capacidad Forrajera de Praderas por Zona Ecológico -Ganadera. SAGARPA.
- Inventarios Ganaderos del Censo Agrícola, Ganadero y Forestal 2007 del INEGI.

Capacidad adaptativa

Criterio 1

Instrumentos para la gestión de riesgo

Por lo general las actividades agropecuarias presentan mayor vulnerabilidad ante la presencia de contingencias climatológicas, particularmente aquellas relacionadas con la falta o el exceso de precipitación pluvial, y, en menor escala, aunque cada vez con mayor frecuencia, las temperaturas extremas (FAO, 2014). La existencia de instrumentos de gestión del riesgo a nivel municipal es un elemento muy importante para promover los esfuerzos dirigidos al análisis y a la gestión de los factores causales de los desastres, lo que incluye la reducción del grado de exposición a las amenazas, la disminución de la vulnerabilidad de la población y la propiedad (UNISDR, 2009).

Variables

- *Atlas de Riesgo Municipal y mapa de riesgo por sequía*

  Información que se generó con base en la revisión de los Atlas de Riesgo de cada municipio.

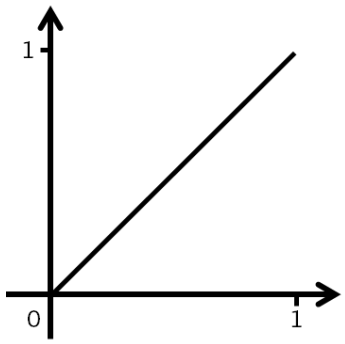
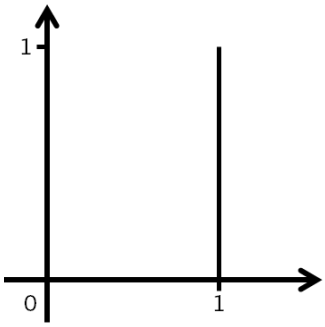
  Los fenómenos meteorológicos que se integran en el atlas de riesgo municipal son:

  - Sequía
  - Heladas
  - Tormentas eléctricas
  - Tormentas de granizo
  - Tormentas de nieve
  - Inundaciones
  - Ondas gélidas y cálidas
  - Ciclones tropicales
  - Tornados
  - Viento
  - Erosión y acreción costera

La información de las condiciones 0, 1 y 2 se normalizó para tener la contribución de cada una de ellas entre los valores de 0 y 1.

- *Programas de atención a desastres*

Disponibilidad al programa de atención a desastres.

2-Indica que cuenta con atlas de riesgo municipal y tiene mapa de sequía. *1-Indica que se cuenta con atlas de riesgo municipal pero no tiene mapa de sequía.* *0-Indica que no tiene atlas de riesgo municipal*. *Aumenta la capacidad adaptativa de la producción ganadera si se cumple 1 y 2.*	1- *Indica que el productor si ha tenido apoyo del programa.* *0 - Indica que el productor no ha tenido apoyo del programa.*
	

Criterio 3

<u>Protección y restauración de ecosistemas para prevenir aridez</u>

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 servicio 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. Entre los instrumentos de conservación se tienen las Áreas Naturales Protegidas (ANP)

y los Programas de Pagos por Servicios Ambientales (PSA). 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).

Variables

- *Superficie del municipio con Pago por Servicios Ambientales (relativa)*

  A través de estudios e investigaciones realizados por la CONAFOR, se definen las áreas elegibles en ecosistemas forestales de México. El valor relativo se obtuvo calculando el total y el porcentaje del área con PSA, lo cual permite no sobre estimar o subestimar valores.

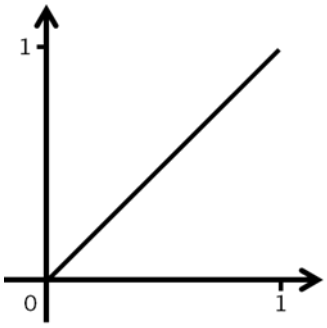
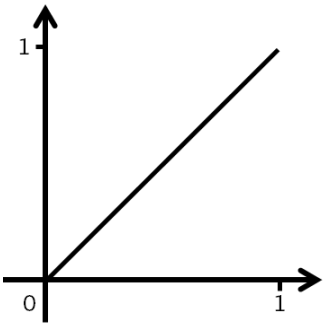
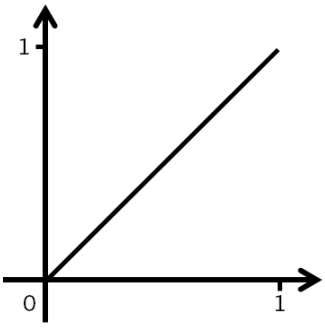
- *Superficie del municipio con vegetación natural en Áreas Naturales Protegidas (relativa)*

  Se distingue en Áreas Naturales Protegida nacionales, estatales y municipales. El valor relativo se obtuvo calculando el total y el porcentaje del área del municipio con ANP, lo cual permite no sobre estimar o subestimar valores.

- *Manejo de las tierras y recursos naturales*

  Para el cálculo de esta variable se utilizó datos de asistencia técnica y de manejo y conservación de los recursos naturales de los resultados de las encuestas de satisfacción de los beneficiarios del PROGAN Productivo correspondientes a ganado Bovino Carne y Doble Propósito realizadas por la FedMVZ (SAGARPA,2018).

A mayor superficie elegible para el esquema de pagos por servicios ambientales, mayor capacidad adaptativa de la producción ganadera	*A mayor superficie del municipio con vegetación natural en área natural protegida mayor capacidad adaptativa de la producción*	*Ante un mejor manejo de las tierras y recursos naturales, mayor capacidad adaptativa de la producción ganadera*

ante estrés hídrico.	*ganadera ante estrés hídrico.*	*ante estrés hídrico.*
		

Criterio 3

<u>Organización y fomento a la productividad ganadera</u>

Las organizaciones ganaderas locales y especializadas agrupan y representan los intereses de su agremiados (ganaderos). Son actores claves tanto en la organización económica como para brindar diversos servicios a sus agremiados (representación, gestoría, asistencia técnica, compra de insumos entre otras), la promoción del fomento ganadero y para atender diversos tipos de problemática, entre los que se debe de contemplar el cambio climático, que inciden en la producción y en la competitividad del sector (SAGARPA, 2018)

Variables

- *Porcentaje de cobertura del Programa de Fomento Ganadero*

SAGARPA (2018a), consideraron las componentes de PROGAN Productivo, manejo y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, capitalización productiva pecuaria, productividad pecuaria, bioseguridad pecuaria y manejo posproductivo, con los cuales obtuvieron:

1. Porcentaje relativo de la superficie ganadera apoyada por el PROGAN Productivo con respecto a la Total.

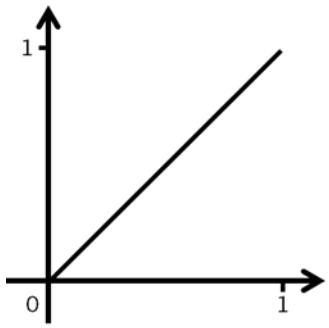
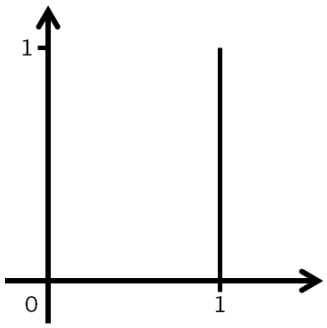
2. Porcentaje relativo de las UPP's apoyadas por todos los componentes del Programa de Fomento Pecuario, considerando a cada solicitud como una UPP, entre el total de UPP's estimado con información del Censo Agrícola, Ganadero y Forestal del INEGI 2007.

Cuando el número total de UPP's y superficie excedieron los inventarios municipales correspondientes, el porcentaje relativo se asignó como 1. Lo anterior, puede presentarse debido a que no se contó con información de cuantas solicitudes a diferentes componentes ingresó un mismo titular de UPP durante el periodo 2013-2018.

Ambos datos a nivel municipal se utilizaron para obtener el porcentaje total de la cobertura general del Programa de Fomento Ganadero.

- *Organización de productores*

Disponibilidad de organizaciones de productores.

A mayor cobertura del Programa de Fomento Ganadero, mayor capacidad adaptativa de la producción ganadera a inundaciones.	*1- Indica que hay organizaciones ganaderas en el municipio.* *0 - Indica que no hay organizaciones ganaderas en el municipio.*
	

Insumos

- Cobertura de Atlas Municipales: http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/archivo/cob-atlas-municipales.html
- https://datos.gob.mx/busca/dataset/informacion-historica-de-sequia-de-sagarpa
- Áreas elegibles en ecosistemas forestales de México (CONAFOR): http://www.cnf.gob.mx:8090/snif/portal/las-demas/areas-elegibles
- Vegetación natural (Serie V, INEGI)
- Áreas Naturales Protegidas decretadas (CONANP): http://sig.conanp.gob.mx/website/pagsig/datos_anp.htm
- Cencas hidrológicas 2016http://sina.conagua.gob.mx/sina/
- SAGARPA Coordinación General de Ganadería- DGA de COTECOCA (2018):
- La información de los municipios que cuentan con Programas de Protección Civil ante contingencias de efectos meteorológicos fue proporcionada mediante el oficio núm. DGPC/1534/2017, de la Dirección General de Protección Civil (SEGOB) del 13 de octubre de 2017.
- Manejo de las tierras y recursos naturales se determinó con base a los resultados de encuesta de satisfacción de los beneficiarios del PROGAN Productivo correspondientes a ganado Bovino Carne y Doble Propósito (FedMVZ 2016).
- La información de superficie ganadera, vientres y Unidades de Producción Pecuaria de ganado Bovino Carne y Doble Propósito apoyadas por el Componente PROGAN Productivo se obtuvo de reportes del Sistema de Información SIPROGAN P.
- La información de las solicitudes, monto de los apoyos y productores beneficiarios por otros componentes, distintos, se obtuvo del listado de

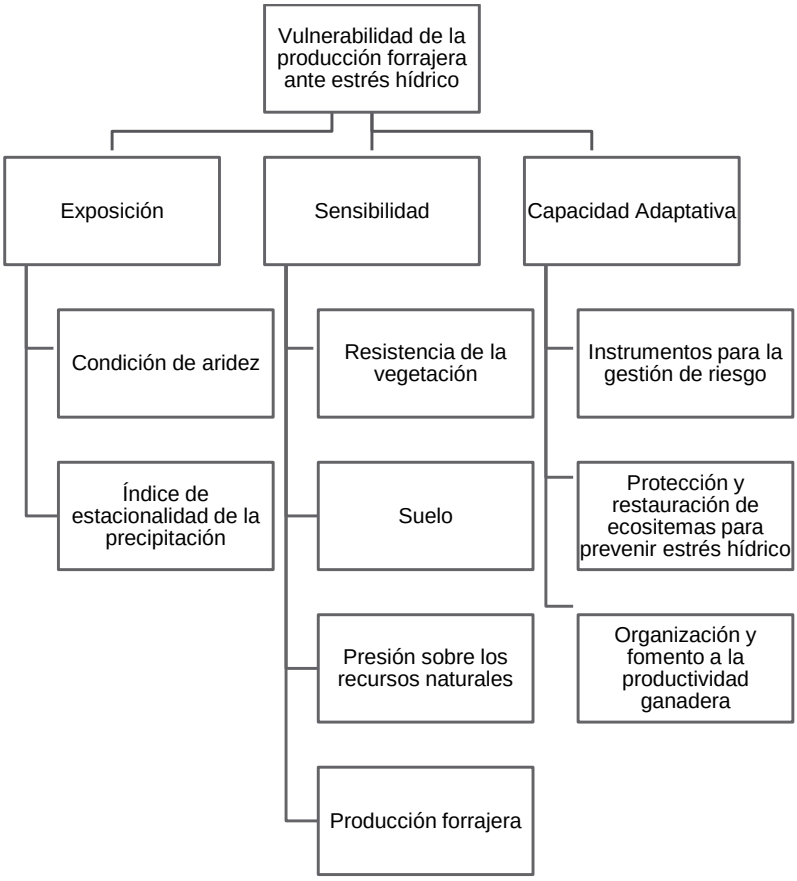
beneficiarios del Programa de Fomento Ganadero (2013-2017), en el Portal de Obligaciones de Trasparencia de la SAGARPA.

- Censo Agrícola, Ganadero y Forestal 2007 del INEGI.
- El número total de Asociaciones Ganaderas Locales Generales por municipio que se infiere que son de ganado bovino y ganaderas especializadas en ganado ovino y caprino, se obtuvo del oficio núm. 03.01.25254/2017 de la Dirección del Registro Nacional Agropecuario del 7 de diciembre de 2017.
- El número total de Unidades de Producción Pecuaria con rumiantes (bovinos, caprinos y ovinos) y el número total de rumiantes, referidos en Unidades Animal, se obtuvo a partir de información del Censo Agropecuario, Forestal y Pesquero 2017, del INEGI
- En el caso de municipios en donde el número total de Unidades de Producción Pecuaria y rumiantes apoyados por el PROGAN (2013-2017) sean superiores a los obtenidos con información del INEGI se tomó en consideración la información del PROGAN.

3. VULNERABILIDAD DE LA PRODUCCIÓN FORRAJERA ANTE ESTRÉS HÍDRICO

Las actividades pecuarias bajo condiciones extensivas se caracterizan por emplear el forraje presente en los agostaderos para alimentar el ganado (González y Ávila, 2010). La producción forrajera varía de una región a otra y es estacional, su distribución depende del clima, el suelo, la especie del forraje y su manejo. El rendimiento y calidad del forraje requieren de la precipitación, la cual influye de acuerdo a su cantidad total y su distribución durante el año. Lo anterior

determina la estacionalidad de la producción y propicia la abundancia de forraje durante la época de lluvia, y la escasez en la época seca, cuando hay estrés hídrico. Debido a la reducción de la disponibilidad de forrajes, la producción de bovinos de pastoreo en época de secas pierden peso corporal y su estado de salud se merma, (Bustamante, 2004); conduciendo a una pérdida de producción pecuaria.



Exposición

Criterio 1

Condición de aridez en zonas ganaderas

La escasez de la precipitación y su irregularidad anual e interanual, rasgos climáticos permanentes, caracterizan a las zonas áridas, las cuales ocupan una tercera parte de la superficie terrestre (Hernández et al., 2007). La aridez se evalúa con base en variables climáticas (índices de aridez), o bien respecto a cuantos días el balance de agua permite el crecimiento de las plantas (estación de crecimiento). Se refiere a zonas extremadamente áridas o hiperáridas cuando hay déficit de agua durante todo el año, mientras que cuando el déficit es durante la mayor parte del año se clasifican en tierras áridas o semiáridas. Más allá de una clasificación de zonas áridas, es importante considerar la duración de la escasa y dispersa precipitación y considerar la duración y el periodo de la estación lluviosa (UNESCO, 1982), lo cual influirá en actividades como la producción forrajera, ya que de esta manera se podrán tomar medidas para un mejor aprovechamiento de las condiciones climáticas.

Variables

- *Índice de Lang*

El índice de Lang (IL) se basa en el factor de la razón entre la precipitación y la temperatura de los cuales se proponen seis clasificaciones. El factor (L) se obtiene con la relación entre la precipitación media anual (P) en mm y la temperatura media anual (T) en °C, usando la siguiente formula:

$$L = P/T$$

Donde

L: factor de Lang

P: Precipitación media anual

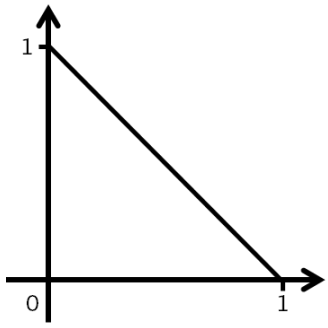
T: Temperatura media anual

Factor de Lang P/T	Clasificación	Símbolo
0-20	Desértico	D
20.1-40	Árido	A
40.1-60	Semiárido	SA
60.1-100	Subhúmedo	SH
100.1-160	Húmedo	H
>160	Muy húmedo	VH

Fuente: Neira, 2006.

Se consideran la precipitación y temperatura para los datos observados con un periodo de 1950-2000 y con escenarios de cambio climático (modelos: CNRMC-M5 MPI-ESM-LR HADGEM2-ES y GFDL-CM3 con RCP8.5 y horizonte cercano 2015-2039).

A menor valor del factor de Lang, mayor exposición ante estrés hídrico



Criterio 2

Índice de estacionalidad de la precipitación

La precipitación tiene un patrón de estacionalidad, se puede dividir entre meses secos y meses húmedos, en México la temporada de lluvias, en promedio, se registra de mayo a octubre (Méndez et al., 2008). El índice de estacionalidad es la suma del valor absoluto de las diferencias entre la lluvia mensual de cada mes y la lluvia media mensual del año dividido por la precipitación anual del año, es decir

$$SI = \frac{1}{\overline{R}} \sum_{n=1}^{n=12} \left| \overline{x}_n - \overline{R}/12 \right|$$

donde $\overline{x}_n$ es el promedio de la precipitación del mes n y $\overline{R}$ es el promedio anual de la precipitación.

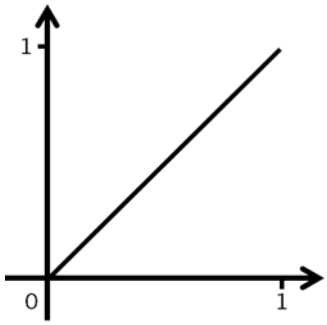
Régimen de lluvia	Límites de clases SI
Distribución de lluvia muy constante	≤ 0.19
Constante pero con una temporada húmeda definida	0.20-0.39
Algo estacional con una corta temporada más seca	0.40-0.59
Estacional	0.60-0.79
Marcadamente estacional con una temporada seca más larga	0.80-0.99
Mucha lluvia en 3 meses o menos	1.00-1.19
Extrema, casi toda la lluvia en 1-2 meses	≥1.20

Fuente: Walsh y Lawler (1981).

Variables

- *Precipitación mensual*

  La precipitación mensual se utiliza como insumo para calcular el índice de estacionalidad así como el promedio anual. Se aplica para los datos observados con un periodo de 1950-2000 y con escenarios de cambio climático (modelos: CNRMC-M5 MPI-ESM-LR HADGEM2-ES y GFDL-CM3 con RCP8.5 y horizonte cercano 2015-2039).

A mayor precipitación mensual mayor exposición


Insumos

- Precipitación anual 1950-2000 y escenarios de cambio climático.
- WorldClim data https://www.gob.mx/inecc/acciones-y-programas/cartografia-de-clima-actual-o-base-1950-2000
- Municipios. Fuente: INEGI 2010
- Umbrales de inundación. Fuente: CONAGUA-CENAPRED

Sensibilidad

Criterio 1

Resistencia de la vegetación

El estrés hídrico puede propiciar condiciones adversas para muchas especies vegetales. Las plantas y organismos en general, que habitan en zonas con escasas precipitaciones, han desarrollado una serie de características anatómicas, estructurales, bioquímicas y fisiológicas que les permiten mantener un balance adecuado de agua y energía térmica. Incluyen ajustes fenológicos a la disponibilidad de agua, características morfofisiológicas que reducen la pérdida de agua o aumentan su adquisición, mecanismos de regulación del estrés térmico,

respuesta rápida a los pulsos de recursos, y exploración de fuentes de agua profundas (Villagra et al. 2011; Granados-Sánchez et al., 1998).

Variables

- *Vegetación con degradación (%)*

1.- El estado de conservación de la vegetación se determinó mediante monitoreo satelital usando los índices espectrales de la vegetación del 2000 al 2008, con los que se determinó la línea base municipal por grupo de vegetación (línea recta por regresión lineal). Se consideró que la vegetación estaba en proceso de deterioro cuando el signo del coeficiente de regresión era negativo y cuando el signo del coeficiente era positivo la vegetación estaba en proceso de recuperación.

2. El porcentaje de la vegetación con degradación se determinó con la siguiente ecuación:

Vdegra= Σ sgvd1 .....sgvdn/stv $\times$ 100

Donde:

Vdegra= vegetación con degradación (%)

sgvd1= superficie del grupo de vegetación 1 con degradación

sgvdn= superficie del grupo de vegetación n con degradación

stv = superficie total de la vegetación

(SAGARPA, 2018).

- *Presencia de árboles y arbustos*

El porcentaje de cobertura de copa de árboles y arbustos se determinó a nivel municipal usando información de la Red Extendida del Sistema

Nacional de Monitoreo Terrestre Orientado a la Ganadería (SAGARPA-COLPOS 2012), de la siguiente manera:

1.- Se calculó el porcentaje de cobertura de las copa de árboles y arbustos por grupo de vegetación (pastizales, matorrales, bosques, selvas, praderas cultivadas y otros tipos de vegetación);

2. Los porcentajes resultantes se multiplicaron por la superficie total del grupo de vegetación que le correspondía, para así dar la superficie total con cobertura de copa de árboles y arbustos en el año, independientemente si son o no de follaje perennifolio;

3. Se dividió dicha superficie entre la superficie total con vegetación natural e inducida y se multiplico por 100 para obtener el porcentaje de cobertura de copa en el estiaje.

(SAGARPA, 2018).

- *Capacidad de amortiguamiento al manejo del ecosistema*

La escala de friabilidad de las tierras se determinó por juicio experto de técnicos de COTECOCA con base en los conocimientos y criterios desarrollados por Allan Savory (2005), de acuerdo con el Marco Metodológico de Administración Holística de los recursos. Asimismo, los tipos de vegetación primaria presentes en los municipios y la superficie que estos ocupan, mismos que se clasificaron según su grado de friabilidad.

- *Sensibilidad de la vegetación a la sequía*

La escala de sensibilidad municipal de la vegetación se obtuvo por interpolación lineal a partir de la escala de resistencia a la sequía, tomando como referencia los valores mínimos y máximos a nivel nacional. Al valor más bajo de resistencia a la sequía le corresponde el nivel de sensibilidad de 5 y al más alto el nivel de sensibilidad de 1. La escala de resistencia a la sequía se determinó con la siguiente ecuación:

Donde :

ERS= Escala de resistencia de la vegetación a la sequía; Supp= Superficie de pastizales;

Supm= superficie de matorrales;

Supb= Superficie de bosques;

Sups= Superficie de selvas;

Supo= Superficie de otros tipos de vegetación;

Suppc= Superficie de praderas cultivadas

K1= Escala de resistencia de los pastizales a la sequía de pastizales;

K2= Escala de resistencia de los matorrales a la sequía;

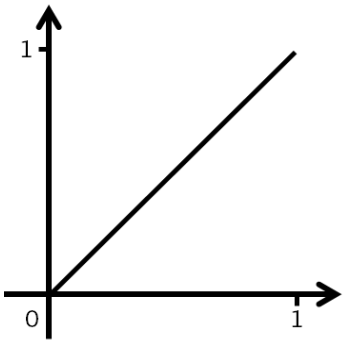
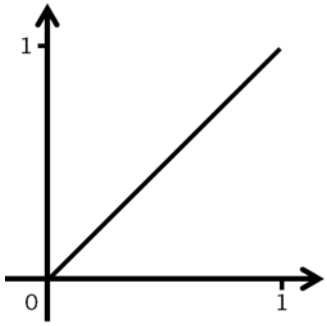
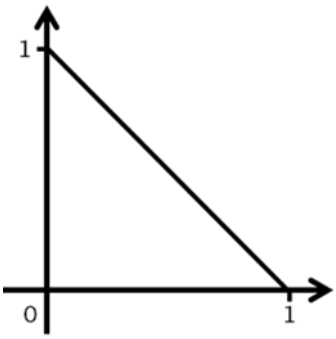
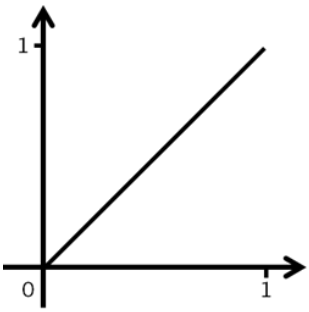
K3= Escala de resistencia de los bosques a la sequía;

K4= Escala de resistencia de las selvas a la sequía;

K5= Escala de resistencia de otros tipos de vegetación a la sequía;

K6 Escala de resistencia de otros tipos de vegetación a la sequía;

(SAGARPA, 2018).

A medida que aumenta el porcentaje de la superficie con degradación, aumenta la susceptibilidad de la producción forrajera ante estrés hídrico.	*A medida que aumenta el porcentaje de árboles y arbustos en las tierras disminuye la susceptibilidad en la producción forrajera ante estrés hídrico..*
	
A mayor capacidad de amortiguamiento al manejo del ecosistema, menor susceptibilidad en la producción forrajera ante estrés hídrico.	*A medida que aumenta la superficie con tipos de vegetación poco resistentes ante estrés hídrico, aumenta la susceptibilidad de la producción forrajera.*
	

Criterio 2

<u>Suelo</u>

La pérdida de la fertilidad del suelo y su erosión, constituyen los problemas más graves que limitan el propósito de la seguridad alimentaria y la adaptación de estos sistemas ante la variabilidad climática e influyen en las condiciones de pobreza y de migración rural. Las plantas forrajeras dependen del suelo para su

desarrollo, del cual requieren soporte mecánico, agua y nutrientes, en proporciones adecuadas para un rendimiento óptimo (González, 2018). Por lo tanto, si los suelos de los agostaderos están degradados o erosionados pierden su fertilidad y productividad, lo que disminuye la producción forrajera y el porcentaje de utilización forrajera de las plantas.

Variables

- *Erosión*

- Se promediaron los valores de erosión actual de predios apoyados y no apoyados por el PROGAN localizados en el municipio de acuerdo con el Reporte del Sistema de Análisis de los Impactos Ecológicos de la Actividad Ganadera (SAEG) (SAGARPA, 2018).

- *Capacidad de almacenamiento de agua*

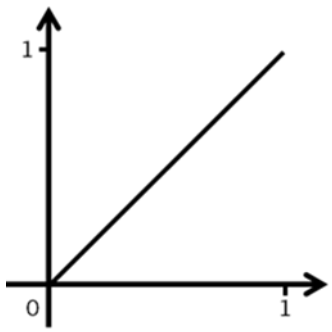
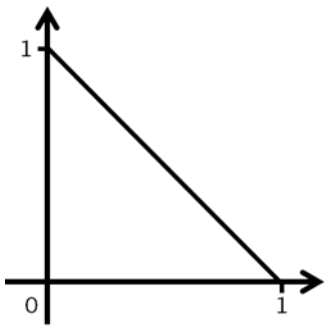
La capacidad de almacenamiento de agua en el suelo se determinó calculando la profundidad y la textura ponderada del suelo a nivel municipal, de la siguiente manera:

1.- Se calcularon las sumatorias resultantes del producto superficie de los polígonos de sitios de productividad forrajera determinados por la COTECOCA (SARH 1978-1982) en los municipios por su profundidad y la textura del horizonte superficial, (1 para suelo de textura gruesa, 2 para textura media y 3 para textura fina). La profundidad y la textura de los polígonos se calcularon con base en las subunidades de suelo de la FAO UNESCO presentes, con información de las Cartas Edafológicas del INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía), Escala 1:1, 000,000.

2.- Las sumatorias resultantes se dividieron entre la superficie total de los polígonos de los sitios de productividad forrajera del municipio. Los resultados obtenidos correspondieron a la profundidad ponderada o en su caso a la textura ponderada en el municipio.

3.- Con base en la textura ponderada a nivel municipal se estimó por el método de interpolación lineal, la capacidad de almacenamiento de agua aprovechable en el suelo. Se tomó como referencia una lámina de 10 cm de agua aprovechable por metro de profundidad para los suelos de textura gruesa (1) o arenosos, de 19 cm de agua aprovechable por metro de profundidad para suelos de textura media (2) o francos y de 22 cm de agua aprovechable por metro de profundidad para suelo de textura fina (3) o arcillosos.

4.- La capacidad de almacenamiento de agua aprovechable se estimó multiplicando la profundidad ponderada del suelo (m) por la lámina de agua aprovechable (m). Esta última fue estimada con base en la textura ponderada, el resultado se multiplicó por 100 para referir la capacidad de almacenamiento de agua en cm.

A medida que aumenta el grado de erosión aumenta la susceptibilidad de la producción forrajera ante estrés hídrico.	*A mayor capacidad de almacenamiento de agua del suelo, menor susceptibilidad en la producción forrajera ante estrés hídrico.*
	

Criterio 3

Presión sobre los recursos naturales

La presión se refiere a fuerzas económicas y sociales existentes, como el crecimiento de la población, la producción, el consumo o la pobreza. En este contexto, la tierra es un recurso natural esencial para la sobrevivencia y prosperidad de la población, ya que de ésta depende la seguridad alimentaria. La creciente demanda, es decir, la presión sobre los recursos de la tierra se refiere a la forma de producción declinante, de la degradación de la tierra en calidad y cantidad y de la competencia por la tierra (FAO, n.d.). El problema de la presión sobre la tierra se agrava si se agrega un estresor como el déficit de agua, en temporada de secas o en eventos de sequías.

Variables

- *Balance entre la oferta y la demanda de forraje*

  Datos proporcionados por SAGARPA (2018).Proporción de pozos permanentes por Unidad de Producción Pecuaria (UPP)

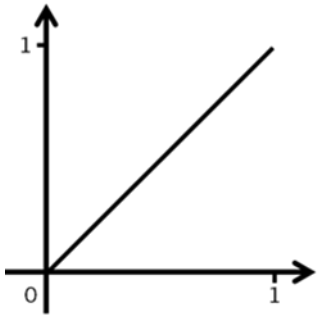
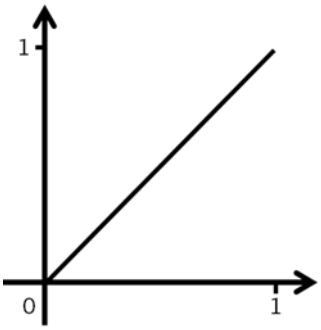
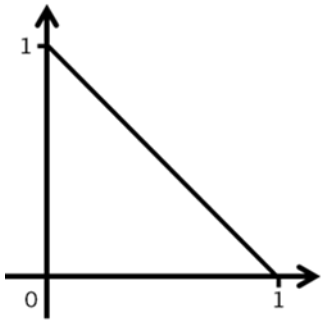
  El numero promedio de pozos con agua permanentes por municipio se determinó con el reporte depurado del reporte de la base de datos del PROGAN 2003-2007 (SAGARPA, 2018).

- *Presión familiar sobre la tierra*

  La escala de sensibilidad se obtuvo a partir de la presión de los integrantes de la familia sobre la tierra, la cual se obtuvo dividiendo la superficie promedio de la Unidad de Producción Pecuaria (UPP) entre el número promedio de los integrantes de familia (el propietario o posesionario de la tierra más sus dependientes económicos) (SAGARPA; 2018).

- *Número de potreros por UPP*

El número de potreros que se requiere varía de acuerdo con la región ecológica y está en función del tiempo aproximado que las plantas tardan en que se recuperen después del pastoreo. El nivel de sensibilidad está en función del número de días que el ganado permanece en un mismo potrero según valores obtenidos por la DGA de COTECOCA.

A mayor balance oferta-demanda, mayor susceptibilidad de la producción forrajera ante estrés hídrico.	*A medida que aumenta la presión familiar sobre la tierra, aumenta la susceptibilidad de la producción forrajera ante estrés hídrico.*	*A mayor número de potreros, menor sensibilidad de la producción forrajera ante estrés hídrico.*
		

Criterio 4

<u>Producción forrajera</u>

La alimentación es uno de los factores fundamentales para el éxito de la productividad ganadera, la cual está relacionada con el tipo de alimento con que cuentan los productores en cantidades suficientes por unidad animal y de su buena calidad (JICA, n.d.). En este sentido, la alimentación animal es el factor de producción más importante para la cría y la producción del ganado, ya que es necesario para su buen desarrollo físico y finalización; así como para su adecuada reproducción y salud. El forraje es uno de los principales alimentos para el ganado, por lo tanto si existe una buena producción forrajera y un buen manejo de la

misma, se asegura disponibilidad de alimento, sobre todo en temporadas de estiaje y sequías prolongadas.

Variables

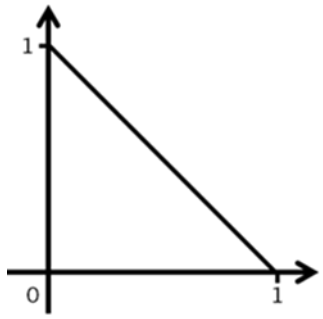
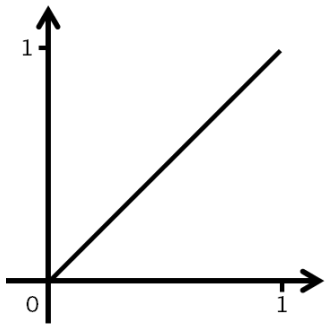
- *Coeficiente de agostadero ponderado*

- El coeficiente de agostadero ponderado se determinó considerando la capacidad de carga de los agostaderos y las praderas cultivadas del municipio. La capacidad de carga de los agostaderos, se determinó dividiendo la superficie con vegetación nativa entre el coeficiente de agostadero municipal de vegetación nativa. Asimismo, la capacidad de carga animal de las praderas cultivadas se determinó dividiendo la superficie de praderas entre su coeficiente de agostadero municipal con base en praderas, ambos coeficientes de agostaderos fueron determinados por la DGA de COTECOCA (SAGARPA, 2018).

- *Variabilidad en la producción forrajera*

  La producción de forraje aprovechable fue estimada por la DGA de COTECOCA con información de los Reportes de los Sistema Nacional de Monitoreo Satelital Orientado a la Ganadería o SIMSOG. (COLPOS-SAGARPA 2012). Usaron los índices de vegetación IVIS parametrizados en curva espectral anual del crecimiento de todos los tipos de vegetación presentes en el municipio (TUSG), durante el periodo 2000 -2012. Se consideraron índices de seguimiento que correspondieron al Pico 2 de crecimiento y a la Depresión 1 de las curvas de crecimiento vegetal, que pertenece al periodo principal de crecimiento de la vegetación. La estimación realizada consideró el volumen total de biomasa producido en esta temporada, la condición aproximada de los agostaderos, el porcentaje de utilización forrajera recomendado de acuerdo con las zonas ecológicas y el porcentaje de áreas accesibles para el ganado. El coeficiente de variación se obtuvo dividiendo la desviación estándar entre la media

aritmética de la producciones forrajeras del 2000 al 2012 y el resultado se multiplico por 100.

A menor coeficiente de agostadero mayor producción forrajera, y por tanto menor susceptibilidad ante estrés hídrico.	*A mayor coeficiente de variación, mayor susceptibilidad de la producción forrajera ante estrés hídrico.*
	

Criterio 5

<u>Condiciones de producción</u>

El bienestar y la productividad ganadera están en situación de riesgo debido a factores ambientales que influyen en su comportamiento (Rötter y van de Geijin, 1999; Zhao et al., 2005). El estrés hídrico, por ejemplo, pueden repercutir en la producción del ganado por la falta de agua y alimento, incluso las altas temperaturas, puede conducir a la pérdida de ganado.

Variables

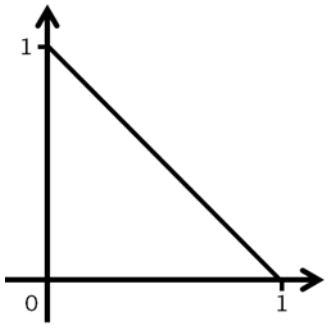
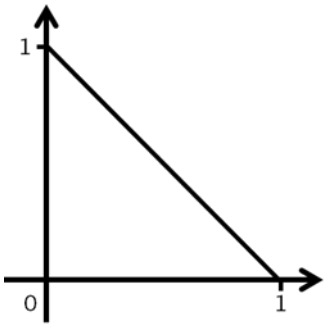
- *Manejo de ganado*

  La variable se evaluó considerando el manejo de alimento, manejo zoosanitario y manejo reproductivo, considerando los resultados de las Encuestas de Satisfacción realizadas a nivel nacional por la Federación de Médicos Veterinarios Zootecnistas (FedMVZ) en 144,199 Unidades de

Producción Pecuaria con ganado Bovinos Carne y Doble Propósito(SAGARPA, 2018).

- *Proporción de la disponibilidad forrajera*

Para esta variable se utilizaron los datos de balance entre la oferta y la demanda y contribución de las zonas agrícolas a la alimentación datos proporcionados por SAGARPA, (2018).

Ante un mejor manejo de ganado, menor susceptibilidad de la producción ganadera ante estrés hídrico.	*A menor proporción de disponibilidad forrajera, mayor susceptibilidad de la producción ganadera ante estrés hídrico.*
	

Insumos

- SAGARPA-Coordinación General de Ganadería- DGA de COTECOCA (2018):
- Reportes de los Sistema Nacional de Monitoreo Satelital Orientado a la Ganadería o SIMSOG. (COLPOS-SAGARPA 2012).
- El porcentaje total de cobertura de copa de árboles y arbustos fue determinado por la DGA usando la información de la Red Extendida del

Sistema Nacional de Monitoreo Terrestre Orientado a la Ganadería (COPLOS-SAGARPA 2012).

- Las superficies de los grupos de vegetación se obtuvieron de la Carta de Uso de Suelo y Vegetación del INEGI, Serie IV.
- El porcentaje relativo de árboles y arbustos perennifolio fue estimado por la DGA de COTECOCA con información de las Monografías Estatales o Regionales de Coeficientes de Agostadero (SARH 1978-1982).

- La escala de resistencia de la vegetación -a nivel municipal se determinó por personal técnico de la COTECOCA.
- Reporte del Sistema de Análisis de los Impactos Ecológicos de la Actividad Ganadera (SAEG).
- La superficie de los polígonos de los sitios de productividad forrajera y su pendiente media se obtuvo de las Monografías Estatales o Regionales de Coeficientes de Agostadero (SARH 1978-1982).
- La profundidad media del suelo y su textura se obtuvo con base en las cartas edafológicas del INEGI.
- La capacidad de carga animal (oferta) fue determinada por la DGA de COTECOCA a partir de las superficies de agostadero, praderas cultivadas y zonas agrícolas de la Serie IV del INEGI y de los coeficientes de agostadero y capacidad forrajera de las praderas y zonas agrícolas.
- La demanda de forraje fue determinada por la DGA de COTECOCA con base en estimaciones realizadas con información del Censo Agropecuario y Forestal 2007 del INEGI y tabla de equivalencia de Unidades Animal.
- La superficie de la UPP y el número de dependientes económicos del propietario o posesionario se obtuvo de Encuestas de Satisfacción de los beneficiarios del PROGAN realizada por la FedMVZ (2016) en UPP’s con ganado Bovino carne y doble propósito.

- El número promedio de potreros a nivel municipal se determinó con reporte depurado del reporte de la base de datos del PROGAN 2003-2007.
- Los Coeficientes de Agostadero se obtuvieron de las Monografías Estatales o Regionales de Coeficientes de Agostadero (SARH 1978-1982).
- Las superficies con vegetación nativa y de praderas cultivadas se obtuvieron de la Carta de Uso de Suelo y Vegetación del INEGI, Serie IV.
- Reportes de los Sistema Nacional de Monitoreo Satelital Orientado a la Ganadería o SIMSOG. (COLPOS-SAGARPA 2012).

Capacidad adaptativa

Criterio 1

Instrumentos para la gestión de riesgo

Por lo general las actividades agropecuarias presentan mayor vulnerabilidad ante la presencia de contingencias climatológicas, particularmente aquellas relacionadas con la falta o el exceso de precipitación pluvial, y, en menor escala, aunque cada vez con mayor frecuencia, las temperaturas extremas (FAO, 2014). La existencia de instrumentos de gestión del riesgo a nivel municipal es un elemento muy importante para promover los esfuerzos dirigidos al análisis y a la gestión de los factores causales de los desastres, lo que incluye la reducción del grado de exposición a las amenazas, la disminución de la vulnerabilidad de la población y la propiedad (UNISDR, 2009).

Variables

- *Atlas de Riesgo Municipal y mapa de riesgo por sequía*

  Información que se generó con base en la revisión de los Atlas de Riesgo de cada municipio.

Los fenómenos meteorológicos que se integran en el atlas de riesgo municipal son:

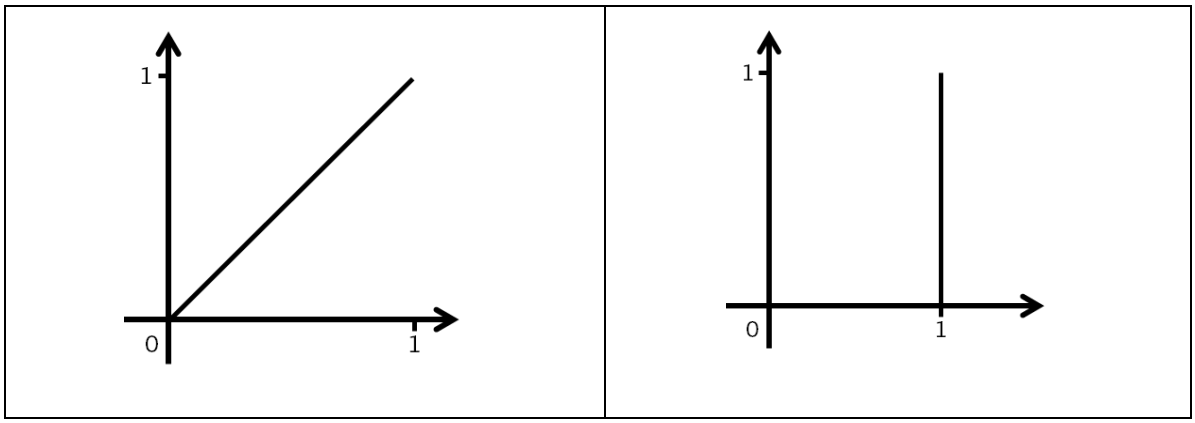
- Sequía
- Heladas
- Tormentas eléctricas
- Tormentas de granizo
- Tormentas de nieve
- Inundaciones
- Ondas gélidas y cálidas
- Ciclones tropicales
- Tornados
- Viento
- Erosión y acreción costera

La información de las condiciones 0, 1 y 2 se normalizó para tener la contribución de cada una de ellas entre los valores de 0 y 1.

- *Programas de atención a desastres*

Disponibilidad al programa de atención a desastres.

2-Indica que cuenta con atlas de riesgo municipal y tiene mapa de sequía. *1-Indica que se cuenta con atlas de riesgo municipal pero no tiene mapa de sequía.* *0-Indica que no tiene atlas de riesgo municipal*. *Aumenta la capacidad adaptativa de la producción ganadera si se cumple 1 y 2.*	1- *Indica que el productor si ha tenido apoyo del programa.* *0 - Indica que el productor no ha tenido apoyo del programa.*



Criterio 3

Protección y restauración de ecosistemas para prevenir estrés hídrico

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 servicio 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. Entre los instrumentos de conservación se tienen las Áreas Naturales Protegidas (ANP) y los Programas de Pagos por Servicios Ambientales (PSA). 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).

Variables

- *Superficie del municipio con Pago por Servicios Ambientales (relativa)*

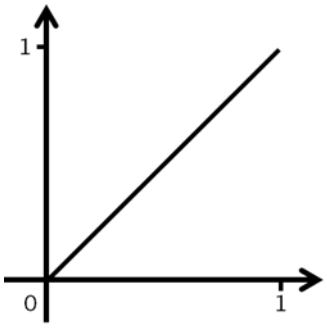
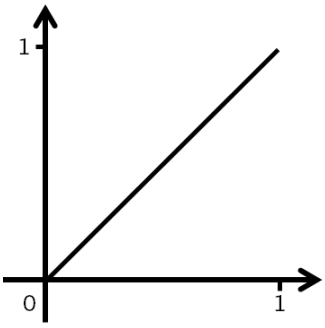
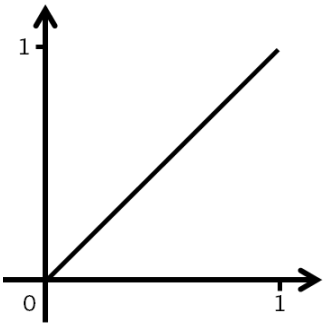
  A través de estudios e investigaciones realizados por la CONAFOR, se definen las áreas elegibles en ecosistemas forestales de México. El valor relativo se obtuvo calculando el total y el porcentaje del área con PSA, lo cual permite no sobre estimar o subestimar valores.

- *Superficie del municipio con vegetación natural en Áreas Naturales Protegidas (relativa)*

  Se distingue en Áreas Naturales Protegida nacionales, estatales y municipales. El valor relativo se obtuvo calculando el total y el porcentaje del área del municipio con ANP, lo cual permite no sobre estimar o subestimar valores.

- *Manejo de las tierras y recursos naturales*

  Para el cálculo de esta variable se utilizó datos de asistencia técnica y de manejo y conservación de los recursos naturales de los resultados de las encuestas de satisfacción de los beneficiarios del PROGAN Productivo correspondientes a ganado Bovino Carne y Doble Propósito realizadas por la FedMVZ (SAGARPA,2018).

A mayor superficie elegible para el esquema de pagos por servicios ambientales, mayor capacidad adaptativa de la producción ganadera ante estrés hídrico.	*A mayor superficie del municipio con vegetación natural en área natural protegida mayor capacidad adaptativa de la producción ganadera ante estrés hídrico.*	*Ante un mejor manejo de las tierras y recursos naturales, mayor capacidad adaptativa de la producción ganadera ante estrés hídrico.*
		

Criterio 3

Organización y fomento a la productividad ganadera

Las organizaciones ganaderas locales y especializadas agrupan y representan los intereses de su agremiados (ganaderos). Son actores claves tanto en la organización económica como para brindar diversos servicios a sus agremiados (representación, gestoría, asistencia técnica, compra de insumos entre otras), la promoción del fomento ganadero y para atender diversos tipos de problemática, entre los que se debe de contemplar el cambio climático, que inciden en la producción y en la competitividad del sector (SAGARPA, 2018a)

Variables

- *Porcentaje de cobertura del Programa de Fomento Ganadero*

SAGARPA (2018a), consideraron las componentes de PROGAN Productivo, manejo y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, capitalización productiva pecuaria, productividad pecuaria, bioseguridad pecuaria y manejo posproductivo, con los cuales obtuvieron:

1. Porcentaje relativo de la superficie ganadera apoyada por el PROGAN Productivo con respecto a la Total.

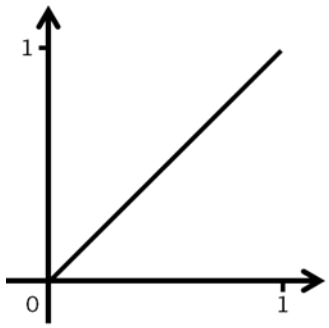
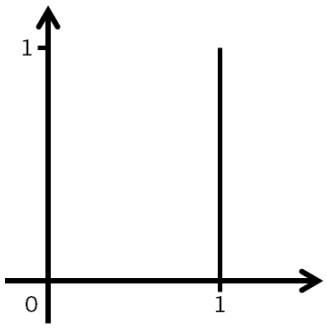
2. Porcentaje relativo de las UPP's apoyadas por todos los componentes del Programa de Fomento Pecuario, considerando a cada solicitud como una UPP, entre el total de UPP's estimado con información del Censo Agrícola, Ganadero y Forestal del INEGI 2007.

Cuando el número total de UPP's y superficie excedieron los inventarios municipales correspondientes, el porcentaje relativo se asignó como 1. Lo anterior, puede presentarse debido a que no se contó con información de cuantas solicitudes a diferentes componentes ingresó un mismo titular de UPP durante el periodo 2013-2018.

Ambos datos a nivel municipal se utilizaron para obtener el porcentaje total de la cobertura general del Programa de Fomento Ganadero.

- *Organización de productores*

Disponibilidad de organizaciones de productores.

A mayor cobertura del Programa de Fomento Ganadero, mayor capacidad adaptativa de la producción ganadera a inundaciones.	*1- Indica que hay organizaciones ganaderas en el municipio.* *0 - Indica que no hay organizaciones ganaderas en el municipio.*
	

Insumos

- Cobertura de Atlas Municipales: http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/archivo/cob-atlas-municipales.html
- https://datos.gob.mx/busca/dataset/informacion-historica-de-sequia-de-sagarpa
- Áreas elegibles en ecosistemas forestales de México (CONAFOR): http://www.cnf.gob.mx:8090/snif/portal/las-demas/areas-elegibles
- Vegetación natural (Serie V, INEGI)
- Áreas Naturales Protegidas decretadas (CONANP): http://sig.conanp.gob.mx/website/pagsig/datos_anp.htm

- Cencas hidrológicas 2016http://sina.conagua.gob.mx/sina/
- SAGARPA Coordinación General de Ganadería- DGA de COTECOCA (2018):
- La información de los municipios que cuentan con Programas de Protección Civil ante contingencias de efectos meteorológicos fue proporcionada mediante el oficio núm. DGPC/1534/2017, de la Dirección General de Protección Civil (SEGOB) del 13 de octubre de 2017.
- Manejo de las tierras y recursos naturales se determinó con base a los resultados de encuesta de satisfacción de los beneficiarios del PROGAN Productivo correspondientes a ganado Bovino Carne y Doble Propósito (FedMVZ 2016).
- La información de superficie ganadera, vientres y Unidades de Producción Pecuaria de ganado Bovino Carne y Doble Propósito apoyadas por el Componente PROGAN Productivo se obtuvo de reportes del Sistema de Información SIPROGAN P.
- La información de las solicitudes, monto de los apoyos y productores beneficiarios por otros componentes, distintos, se obtuvo del listado de beneficiarios del Programa de Fomento Ganadero (2013-2017), en el Portal de Obligaciones de Trasparencia de la SAGARPA.
- Censo Agrícola, Ganadero y Forestal 2007 del INEGI.
- El número total de Asociaciones Ganaderas Locales Generales por municipio que se infiere que son de ganado bovino y ganaderas especializadas en ganado ovino y caprino, se obtuvo del oficio núm. 03.01.25254/2017 de la Dirección del Registro Nacional Agropecuario del 7 de diciembre de 2017.
- El número total de Unidades de Producción Pecuaria con rumiantes (bovinos, caprinos y ovinos) y el número total de rumiantes, referidos en Unidades Animal, se obtuvo a partir de información del Censo Agropecuario, Forestal y Pesquero 2017, del INEGI

- En el caso de municipios en donde el número total de Unidades de Producción Pecuaria y rumiantes apoyados por el PROGAN (2013-2017) sean superiores a los obtenidos con información del INEGI se tomó en consideración la información del PROGAN.

CONCLUSIONES

La definición de estas vulnerabilidades al cambio climático y el procesamiento de la información se realizaron en conjunto con el equipo del INECC, el consultor y colaboración con otras instituciones. De esta manera se ha planteado un esquema base para el análisis de posibles problemáticas planteadas a futuro, es decir un desarrollo metodológico. Cabe destacar que, aunque se tiene una estructura general para el análisis, cada una de las problemáticas tiene particularidades que se recomienda ser evaluadas en colaboración con expertos.

De esta manera los resultados del ANVCC con sus problemáticas particulares, podrá servir de insumo para las acciones que están realizando los diferentes sectores de la Administración Pública Federal en su ámbito de competencia, con el compromiso de disminuir la vulnerabilidad de la población, de la infraestructura, de las actividades productivas y del capital natural en un contexto de cambio climático.

BIBLIOGRAFÍA

Abeyrathna, M.P.A.R, D.A. Abeygunawrdane, R.A.A.V. Wijesundara, V.B. Mudalige, M. Bandara, S. Perera, D. Maldeniya, K. Madhawa y S. Locknathan. (2016). Dengue propagation prediction using human mobility. En Moratuwa Engineering Research Conference (MERCon). pp. 156-161. doi:10.1109/MERCon.2016.7480132.

AGROCOF, 2017. Sitio web consultado https://agrocof.com/unidades-de-produccion-pecuaria-y-padron-ganadero-nacional-importancia-del-registro-pecuario-en-mexico/ Fecha de consulta julio de 2018.

Alley, S. C. (2015). *Dengue Fever, Trash, and the Politics of Responsibility in Favelas, Subúrbios, and Peri-Urban Areas of Rio de Janeiro, Brazil*. Estados Unidos: Columbia University. https://doi.org/https://doi.org/10.7916/D84M93TW

Álvarez, M., Varela, C., Soto, B., López, E., y Díaz-Fierros, F. (n.d.). Análisis de la respuesta hidrológica en una cuenca fluvial y su relación con la precipitación. Departamento de Edafoloxía. Facultad de Farmacia. Universidad de Santiago. España. Pp. 21-32.

Banu S, Hu W, Hurst C y Tong S. (2011). Dengue transmission in the Asia-Pacific region: impact of climate change and socioenvironmental factors. *Tropical Medicine and International Health*. 16, pp. 598-607.

Barcellos C. y Lowe R. (2014). Expansion of dengue transmission area in Brazil: The role of climate and cities. Tropical medicine and International Health. 19(2), pp.159-168.

Bhatt S., P.W. Gething, O. J. Brady, J.P. Messina, A.W. Farlow, C.L. Moyes, J.M. Drake, J.S. Brownstein, A.G. Hoen, Osman Sankoh, M.F. Myers, D.B. George, T. Jaenisch, G. R. W. Wint, C.P. Simmons, T.W. Scott, J.J. Farrar y S.I. Hay. (2013). The global distribution and burden of dengue. Nature. 496, pp. 504-507.

Bustamante Guerrero J.J. (2004). Estrategias de alimentación para la ganadería bovina en Nayarit. Folleto para productores Núm. 1. INIFAP-SAGARPA. 57 pp.

Butterworth M.K., C. W. Morin, y A.C. Comrie. (2017). An analysis of the potential impacts of climate change on dengue transmission in the southeastern United States. Environmental Health Perspectives. 125 (4), pp. 579-585.

Camacho H., Casados J. (2017). *Regulación de los servicios de agua potable y saneamiento en México.* México: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.

Cavazos, T. (Ed.). (2015). *Conviviendo con la Naturaleza: El Problema de los Desastres Asociados a Fenómenos Hidrometeorológicos y Climáticos en México*. E diciones ILCSA S.A. de C. V . C. Retrieved from http://usuario.cicese.mx/~tcavazos/pdf/T_Cavazos_Libro_REDESClim_2015.pdf

CENAPRED. (2004). *Inundaciones*. (Centro Nacional de Prevención de Desastres, Ed.) (Serie Fasc). Mexico: Secretaría de Gobernación. Retrieved from www.cenapred.gob.mx

CENAPRED, (2004b). Guía Básica para la elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos. Versión 2004. AR1, serie Atlas Nacional de Riesgos. 389 pp.

CENAPRED (2014). Manual de Protección Civil. 2ª edición, marzo 2014. 43 pp.

CEPAL, 2011. Tabasco: características e Impacto Socioeconómico de las lluvias Extremas de 2008. México: Comisión Económica para América Latina y el Caribe. 149 pp.

CEPAL. (2008). *Tabasco: características e impacto socioeconómico de las inundaciones provocadas a finales de octubre y a comienzos de noviembre de 2007 por el frente frío número 4*. Retrieved from https://www.cepal.org/publicaciones/xml/3/33373/L864_parte_1_de_8.pdf

CONABIO, 2017. Sitio web disponible en http://www.conabio.gob.mx/institucion/cooperacion_internacional/doctos/dbt_mexico.html, consultado en agosto de 2018.

CONAGUA. (2016). *Situación del subsector agua potable, drenaje y saneamiento*. México: Subdirección General de Agua Potable, Drenaje y Saneamiento. Recuperado de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/184667/DSAPAS_2016_web_Parte1.pdf.

CONAGUA. (2016a). Atlas del Agua en México 2016. México: Comisión Nacional del Agua.

CONAFOR (2009). Restauración de ecosistemas forestales. Guía básica para comunicadores.69 pp. http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/7/579Restauraci%C3%B3n%20de%20ecosistemas%20forestales.pdf

Dantés HG, Farfán-Ale JA, Sarti E. (2014). Epidemiological Trend of Dengue Disease in Mexico (2000-2011): A Systematic Literature Search and Analysis. PLOS NTD. 8(11), p. e3158.

Díaz-Quijano FA. y EA Waldman. (2012). Factors associated with dengue mortality in Latin America and the Caribbean, 1995-2009: an ecological study. Am J Trop Med Hyg. 86, pp. 328-334.

ECOBONA-DEPROSUR. (2017). Alimentación del ganado y sistemas de pastoreo. El productor. Disponible en https://elproductor.com/articulos-tecnicos/articulos-tecnicos-salud-animal/alimentacion-del-ganado-y-sistemas-de-pastoreo/. Consultado en agosto de 2018.

EE, (n.d.). What is a Landslide? Earth Eclipse. Sitio web disponible en https://www.eartheclipse.com/natural-disaster/causes-effects-and-types-of-landslides.html.

Estallo EL, Ludueña-Almeida FF, Introini MV, Zaidenberg M, Almirón WR. (2015). Weather Variability Associated with Aedes (Stegomyia) aegypti (Dengue Vector) Oviposition Dynamics in Northwestern Argentina. PLOS ONE 10(5), p. e0127820. doi: https://doi.org/10.1371/journal.pone.0127820

Estallo, EL, Ludueña-Almeida, FF, Visintin, AM, Scavuzzo, CM, Introini, MV, Zaidenberg, M, (2011). Prevention of Dengue outbreaks through Aedes aeypti oviposition activity forecasting method. *Vector Borne and Zoonotic Dis*. *11*(5), pp. 543-549. doi:10.1089/vbz.2009.0165

FAO. (2014). La Gestión de Riesgos Climáticos Catastróficos Para el Sector Agropecuario en México: Caso del Componente Para la Atención a Desastres Naturales Para el Sector Agropecuario. https://coin.fao.org/coin-static/cms/media/20/13954329605800/cadena.pdf

FAO. (n.d.). Los Recursos de la Tierra y la Población: Dependencia e Interacción. Sitio web disponible en http://www.fao.org/docrep/004/x3810s/x3810s04.htm

Froidevaux, P., Schwanbeck, J., Weingartner, R., Chevalier, C., y Martius, O. (2015). Flood triggering in Switzerland: the role of daily to monthly preceding precipitation. *Hydrology and Earth System Sciences*, *19*(9), 3903–3924. https://doi.org/10.5194/hess-19-3903-2015

Githeko A.K., S.W. Lindsay, U. E. Confalonieri y J. A. Patz. (2001). El cambio Climático y las enfermedades transmitidas por vectores: un análisis regional. Boletín de la Organización Mundial de la Salud. 4, pp. 72-82.

Gobierno de la República (2013). Estrategia Nacional de Cambio Climático, Visión 10-20-40, Gobierno de la República, México.

González K. (2018). Los suelos en la producción de plantas forrajeras. Zootecnia y Veterinaria. Disponible en https://zoovetesmipasion.com/pastos-y-forrajes/los-suelos-en-la-produccion-de-plantas-forrajeras/

González Valenzuela E.A. y Ávila Curiel J.M. (2010). Manejo de la sequía en ranchos ganaderos del noreste de México. INIFAP-SAGARPA. 17 pp. ISBN 978-607-425-297-2

Granados-Sánchez D., López-Ríos G. F., Gama-Flores J. L. (1998). Adaptaciones y estrategias de las plantas de zonas áridas. Revista Chapingo Sene Ciencias Forestales y del Ambiente 4(1):169-178. http://revistas.chapingo.mx/revistas/revistas/articulos/doc/rchscfaIV2148.pdf

Gubler, DJ. (2002). Epidemic dengue/dengue hemorrhagic fever as a public health, social and economic problem in the 21st century. *Trends Microbiol*. *10*(2), pp. 100-103.

Gutiérrez B.H., C.E.C. Aguirre, J.M.F. Ibarra, F.C. González, R.L. Gutiérrez y G.T. Martínez. 2012. Alimentación y manejo de Bovinos en agostadero durante épocas de sequía. Folleto Técnico No. 45. Campo Experimental Zacatecas CIRNOC-INIFAP, 84 Pág.

Hales, S., de Wet, N, Maindonald, J., Woodward, A. (2002). Potential effect of population and climate change on global distribution of dengue fever: an empirical model. *Lancet*. *360*(9336), pp. 830-834.

Hernández Cerda M.E., Carrasco Anaya G. y Alfaro Sánchez G. (2007). Mitos y Realidades de la Sequía en México. Temas Selectos de Geografía en México. Instituto de Geografía, UNAM. 148 pp.

Hernández Rodríguez, M. L. (2007). El agua como bien público en México: una propuesta para su distribución. *Cuarto Encuentro Internacional sobre Desarrollo Sostenible y Población, Simposio Origen, causas y consecuencias de la crisis del agua y las estrategias nacionales para afrontarla*. Recuperado de http://www.eumed.net/eve/resum/07-junio/mlhr.htm

Hori Y., Stuhlberger C. y Simonett O. (2011). Desertificación. Una síntesis visual. PNUMA/GRID-Arendal/ Zoi Environment Network. 48 pp.

Hota, A. (2014). Development and validation of statistical and deterministic models used to predict dengue fever in Mexico. Estados Unidos: The applied Mathematics Department, for the degree of Bachelor of Arts. Harvad College, Cambridge Massachusetts.

Huber, JH, Child, ML, Caldwell, JM, Mordecai, EA. (2018). Seasonal temperature variation influences climate suitability for dengue, chikungunya, and Zika transmission. PLOS NTD. *12*(5), p. e0006451.

IPCC (2007). Cambio climático 2007:Infrome de sistesís. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. [Equipo de redacción principal: Pachauri,R.K. y Reisinger, A. (directores de la publicación]. IPCC, Ginebra, Suiza. Pág. 89).

JICA, (n.d.). Manual del Protagonista. Pastos y Forrajes. JICA-Instituto Nacional Tecnológico. 96 pp. Disponible en https://www.jica.go.jp/project/nicaragua/007/materials/ku57pq0000224spz-att/Manual_de_Pastos_y_Forrajes.pdf

Johnsen M.M. (2010). *Potential Mosquito Problem after a Hurricane*. Estados Unidos: Texas AgriLife Extension Service, Agricultural and Environmental Safety. Recuperado de https://agrilife.org/aes/files/2010/06/Potential-Mosquito-Problems-After-a-Hurricane.pdf

Kirschbaum, D., Stanley, T., & Yatheendradas, S. (2016). Modeling landslide susceptibility over large regions with fuzzy overlay. *Landslides*, *13*(3), 485–496. https://doi.org/10.1007/s10346-015-0577-2

Knudsen, A. B., Slooff, R. (1992). Vector-borne disease problems in rapid urbanization: new approaches to vector control. *Bulletin of the World Health Organization*. *70*(1), pp. 1-6. Recuperado de http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/1568273

Koutroulis, A. G., Tsanis, I. K., y Daliakopoulos, I. N. (2010). Seasonality of floods and their hydrometeorologic characteristics in the island of Crete. *Journal of Hydrology*, *394*(1–2), 90–100. https://doi.org/10.1016/J.JHYDROL.2010.04.025

Kusriastuti R., y S. Sutomo. (2005). Evolution of Dengue Prevention and Control Programme in Indonesia. Dengue Bulletin. 29, pp. 1-7.

Lavielle, B. (n.d.). *Derecho a la salud: disponibilidad de infraestructura sanitaria*. Razones FUNDAR. Recuperado de http://www.fundar.org.mx/mexico/pdf/dsalud.pdf

Li Y., F. Kamara, G. Zhou, S. Puthiyakunnon, C. Li, Y. Liu, Y. Zhou, L. Yao, G. Yan, X. Chen, (2014). Urbanization Increases Aedes albopictus Larval Habitats and Accelerates Mosquito Development and Survivorship. *PLOS NTD. 8*(11), p. e3301.

Liu-Helmersson, J, Stenlud, H, Wilder-Smith, A, Rocklöv, J., (2014). Vectorial Capacity of Aedes aegypti: Effects of Temperature and Implications for Global Dengue Epidemic Potential. *PLOS ONE*. *9*(3), pp. e89783. doi:10.1371/journal.pone.0089783.

Manson R.H. (2004). Los servicios hidrológicos y la conservación de los bosques. Madera y Bosques. 10(1), 3-20 pp.

Méndez G.J., Návar C.J.J. y González O.V. (2008). Análisis de tendencias de precipitación (1920-2004) en México. Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía UNAM. 65:38-55. ISSN 0188-4611

Narro, H. F. (1986). Flujos Hídricos Potenciales en una Cuenca Fluvial Semiárida (Río Guadalentin). Papeles de Geografía Física No 11 pp. 35-43.

Narváez, L., Lavell, A., & Pérez Ortega, G. (2009). La gestión del riesgo de desastres; un enfoque basado en procesos. Lima, Perú. Secretaría General de la Comunidad Andina

NASA. (n.d.). Landslides | Precipitation Measurement Missions. Retrieved April 2,

2018, from https://pmm.nasa.gov/applications/landslides

Neira Méndez F.H., (2006). Assessment of climate indices in drylands of Colombia. Universiteit Gent. 123 pp.

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.

OCDE. (2013) Principales peligros generados por fenómenos naturales y vulnerabilidades. En Estudio de la OCDE sobre el Sistema Nacional de Protección Civil en México OECD Publishing. 26-60 pp. Disponible en http://dx.doi.org/10.1787/9789264200210-es.

OMS. (2017). Dengue y dengue grave. Nota descriptiva. Francia: World Health Organization. Recuperado de http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs117/es/

Oyhantcabal. (2012). Adaptación al cambio climático en la ganadería familiar: proyecto con el Fondo de Adaptación. 10 pp. Disponible en:http://www2.mgap.gub.uy/OpypaPublicaciones/ANUARIOS/Anuario2012/material/pdf/32.pdf

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

Peduzzi, P. (2010). Landslides and vegetation cover in the 2005 North Pakistan earthquake: a GIS and statistical quantitative approach. Nat. Hazards Earth Syst. Sci, 10, 623–640. Retrieved from www.nat-hazards-earth-syst-sci.net/10/623/2010/

Petley, D. N., Hearn, G. J., Hart, A., Rosser, N. J., Dunning, S. A., Oven, K., & Mitchell, W. A. (2007). Trends in landslide occurrence in Nepal. Natural Hazards,

43(1), 23–44. https://doi.org/10.1007/s11069-006-9100-3

Petley, D. (2012). Global patterns of loss of life from landslides. *Geology*, *40*(10), 927–930. https://doi.org/10.1130/G33217.1

Rodríguez-Váquez, H. G. (2012). *Inundaciones en zonas urbanas. medidas preventivas y correctivas, acciones estructurales y no estructurales.* Universidad Nacional Autónoma de México.

Rötter, R. and Van de Geijin, SC. (1999). Climate change effects on plant growth, crop yield and livestock. Climate Change. 43:651-681.

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.

SAGARPA, (2016). Sitio web disponible https://www.gob.mx/sagarpa/articulos/zonas-aridas-un-rostro-diferente-del-campo, consultado en agosto de 2018.

SAGARPA, (2017). Atlas de la Vulnerabilidad de la Ganadería Extensiva al Cambio Climático. Coordinación General de Ganadería Dirección General Adjunta de COTECOCA. Presentación en power point, 25 de octubre de 2017.

SAGARPA. (2018). Comunicación personal y archivo electrónicos con las variables de sensibilidad de la Ganadería Extensiva al Cambio Climático. Coordinación General de Ganadería- Dirección General Adjunta de COTECOCA-Subdirección de Estudios de la Flora y Suelos con Fines Pecuarios.

San Martín JL, Brathwaite O., Zambrano B., Solórzano JO, Bouckenooghe A., (2010). The epidemiology of dengue in the Americas over the last three decades: a worrisome reality. Am. J Trop Med Hyg. 82, pp. 128-135.

Sarfraz, M. S., Tripathi, N. K., Faruque, F. S., Bajwa, U. I., Kitamoto, A., y Souris,

M. (2014). Mapping urban and peri-urban breeding habitats of Aedes mosquitoes using a fuzzy analytical hierarchical process based on climatic and physical parameters. *Geospatial Health*. *8*(3), p. 685. doi: https://doi.org/10.4081/gh.2014.297.

Savory Allan. (2005). Manejo Holístico un nuevo marco metodológico para la toma de decisiones, Primera edición en español. Talleres de Profesionales Gráficos de México S.A. de C.V. México D.F. 651 pág.

Secretaria de Salud. (2016*). Informe sobre la salud de los mexicanos 2016. Diagnóstico General del Sistema Nacional de Salud*. México: Secretaría de Salud.

Secretaria de Salud. (2014). *Guía de acciones municipales para la prevención y control de las enfermedades transmitidas por vectores*. México: Secretaría de Salud. Recuperado de https://www.ssaver.gob.mx/promocionsalud/files/2016/02/GuiaAccionesMunicipal.pdf

Secretaría de Salud. (2008). Programa de Acción Específico 2007-2012, Dengue. México: Secretaría de Salud.

SEMARNAT. (2011). Manual para el control de inundaciones. Disponible en http://cenca.imta.mx/pdf/manual-para-el-control-de-inundaciones.pdf

Stanley, T., & Kirschbaum, D. B. (2017). A heuristic approach to global landslide susceptibility mapping. *Natural Hazards*, *87*(1), 145–164. https://doi.org/10.1007/s11069-017-2757-y

Stephens, E., Day, J. J., Pappenberger, F., y Cloke, H. (2015). Precipitation and floodiness. *Geophysical Research Letters*, *42*(23), 10,316-10,323. https://doi.org/10.1002/2015GL066779

Tapia-Conyer R, Betancourt-Cravioto M, y Méndez-Galván J. (2012). Dengue: an escalating public health problem in Latin America. Paediatrics and International Child Health, 32(1), pp. 14-17, doi:10.1179/2046904712Z.00000000046.

Torrado E., Castañeda E., de la Hoz F, Restrepo A. (2000). Paracoccodioidomicosis: definición de las áreas endémicas de Colombia. *Biomédicas*. 20, pp. 327-334.

Torres-Galicia I., D. Cortés-Poza e I. Becker. (2014). Dengue en México: análisis de dos décadas. Gaceta Médica de México. 150, pp. 122-127.

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

UNESCO. (1982). Desarrollo de tierras áridas y semiáridas, obstáculos y perspectiva. Edit. Serbal. Traducción por Montserrat Domingo de Miró. Impreso en España. 84 pp. ISBN 92-3-30 1484-3 Unesco.

UNISDR. (2009). Terminología de la Estrategia Internacional para laReducción de Desastres de las Naciones Unidas (UNISDR). Disponible en https://www.unisdr.org/files/7817_UNISDRTerminologySpanish.pdf

Van Beek, L. P. H., & Van Asch, T. W. . (2004). Regional Assessment of the Effects of Land-Use Change on Landslide Hazard By Means of Physically Based Modelling. Natural Hazards, 31(1), 289–304. https://doi.org/10.1023/B:NHAZ.0000020267.39691.39

Villagra P.E, Giordano C., Álvarez J.A., Cavagnaro J.B., Guevara A., Sartor C., Passera C.B. y Greco S. (2011). Ser planta en el desierto: estrategias de uso de agua y resistencia al estrés hídrico en el Monte Central de Argentina. Ecol. Austral 21(1). ISSN1667-782X. Disponible en http://www.scielo.org.ar/scielo.php?Script=sci_arttext&pid=S1667-782X2011000100004.

Walsh, R. P. D., y Lawler, D. M. (1981). Rainfall Seasonality: Description, Spatial Patterns and Change Through Time. *Weather*, *36*(7), 201–208. https://doi.org/10.1002/j.1477-8696.1981.tb05400.x

WHO. (2009). *Dengue. Guidelines for diagnosis, treatment, prevention and control.* Francia: World Health Organization.

Zhao, Y, Wang, C., Wang, S., and Tibig, LV. (2005). Impacts of present and future climate variability on agriculture in the humid and su-humid tropics. Climate Change. 70:73-116.