

# ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD AL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL CORREDOR SECO DE GUATEMALA

## METODOLOGÍA

13 de Abril de 2021



El presente documento contiene la metodología para realizar el “Análisis de vulnerabilidad al cambio climático en el corredor seco de Guatemala”. Estudio que responde a una asistencia técnica financiada por el Climate Technology Centre and Network (CTCN), ejecutada por el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), y que posee como punto focal al Departamento de Vulnerabilidad y Adaptación al Cambio Climático del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN) de Guatemala.

República de Guatemala, 2021

**Coordinación y supervisión técnica del MARN**

Ing. Jennifer Zamora

Ing. Mario Mejía

**Coordinación técnica del CATIE**

Gracia Lanza, PhD.

Unidad de Economía, Ambiente y Agronegocios Sostenibles (UEAAS/CATIE)

**Elaboración técnica**

Enrique Alvarado, PhD.

**Edición técnica y de estilo**

Enrique Alvarado, PhD.

## TABLA DE CONTENIDO

<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	4
<b>1.1. Antecedentes</b> .....	4
<b>1.2 Objetivos</b> .....	5
<b>1.2.1 Objetivo general</b> .....	5
<b>1.2.2 Objetivos específicos</b> .....	5
<b>2. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL ESTUDIO</b> .....	6
<b>3. DIAGRAMA METODOLÓGICO</b> .....	7
<b>4. DEFINICIÓN DEL ALCANCE</b> .....	8
<b>4.1 Conformación del comité técnico asesor</b> .....	8
<b>4.2 Definición del área de intervención</b> .....	8
<b>4.3 Identificación de medios de vida locales y sus recursos</b> .....	10
<b>5. MAPEO DE ACTORES</b> .....	11
<b>5.1 Aspectos generales para el mapeo de actores</b> .....	11
<b>5.2 Paso 1: Delimitar el objetivo del mapeo</b> .....	12
<b>5.3 Paso 2: Identificación preliminar de los actores</b> .....	12
<b>5.4 Paso 3: Priorización de los actores</b> .....	12
<b>5.5 Paso 4: Investigación</b> .....	12
<b>5.6 Paso 5: Análisis de los actores</b> .....	13
<b>5.7 Paso 6: Diseño del mapa</b> .....	13
<b>6. ANÁLISIS DE RIESGO CLIMÁTICO</b> .....	14
<b>6.1 Aspectos generales</b> .....	14
<b>6.2 Estimación de los peligros climáticos</b> .....	15
Cálculo del índice de aridez .....	15
Cálculo de meses secos .....	16
<b>6.3 Estimación de la exposición</b> .....	17
<b>6.4 Estimación de la vulnerabilidad</b> .....	17
<b>7. Referencias</b> .....	20

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Antecedentes

Al comparar los cambios en los promedios de la temperatura media anual en Guatemala correspondientes al período 1971-2000 con el período 2001-2014, se observa una tendencia al incremento de la temperatura. Al mismo tiempo, las proyecciones climáticas presentan consistentemente una reducción de la precipitación, tanto en la estación seca como en la húmeda. Por otra parte, la variabilidad y los eventos climáticos extremos han tenido impactos negativos sobre las actividades agropecuarias, la disponibilidad de agua y la degradación del suelo. Debido a la dependencia que se tiene en Guatemala de la agricultura de secano, estos fenómenos tienen impactos severos en la producción de este sector y en la seguridad alimentaria de la población, siendo dichos impactos más críticos en áreas como el corredor seco, donde se pronostica una disminución de los acumulados de lluvia de hasta un 50%. Con el fin de enfrentar esta situación, el Estado ha conformado un marco normativo y político sólido en materia de Cambio Climático (CC) y está implementando diversas iniciativas para reducir la vulnerabilidad ante sus efectos.

En relación a lo expuesto, durante el año 2020 el Gobierno de Guatemala se encontraba en el proceso de actualización de su Contribución Nacionalmente Determinada (NDC, por sus siglas en inglés) para aumentar la ambición de sus compromisos. Donde el sector agrícola es de especial importancia para alcanzar las metas de la NDC, no solo porque es un sector altamente vulnerable al CC, sino también porque contribuye a las emisiones de GEI, tema de alta prioridad en la NDC 2015 y en otros instrumentos de política.

En este sentido, es necesario apoyar el proceso de actualización de la NDC y otros marcos de planificación a través de la elaboración de un Análisis de Vulnerabilidad (AV) en el corredor seco de Guatemala, la identificación de acciones de adaptación en el sector agrícola, ganadero y de seguridad alimentaria, la incorporación de los resultados del análisis en la actualización de la NDC y la preparación de dos ideas de proyecto para apoyar la gestión de financiamiento en el tema climático.

De esta forma, el presente estudio es financiado por el CTCN, ejecutada por el CATIE, y que posee como punto focal al Departamento de Vulnerabilidad y Adaptación al Cambio Climático del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN); se desarrollará en los municipios de Rabinal, San Miguel Chicaj y Salamá, en el departamento de Baja Verapaz; y los municipios de Morazán y San Agustín Acasaguastlán, en el departamento de El Progreso. En dichas áreas se deben brindar recomendaciones de adaptación específicas a su contexto, cultura y realidad actual.

Es necesario mencionar que para la realización del análisis de vulnerabilidad se implementarán las siguientes metodologías expuestas en el: a) Informe de Evaluación 5 del IPCC (AR5, por sus siglas en Inglés) resaltando el concepto de riesgo al cambio climático, entre otros; b) Libro de vulnerabilidad + agenda de riesgo de la GIZ; y c) La Estrategia Local de Adaptación al Cambio Climático del CATIE (ELACC)

## 1.2 Objetivos

### 1.2.1 Objetivo general

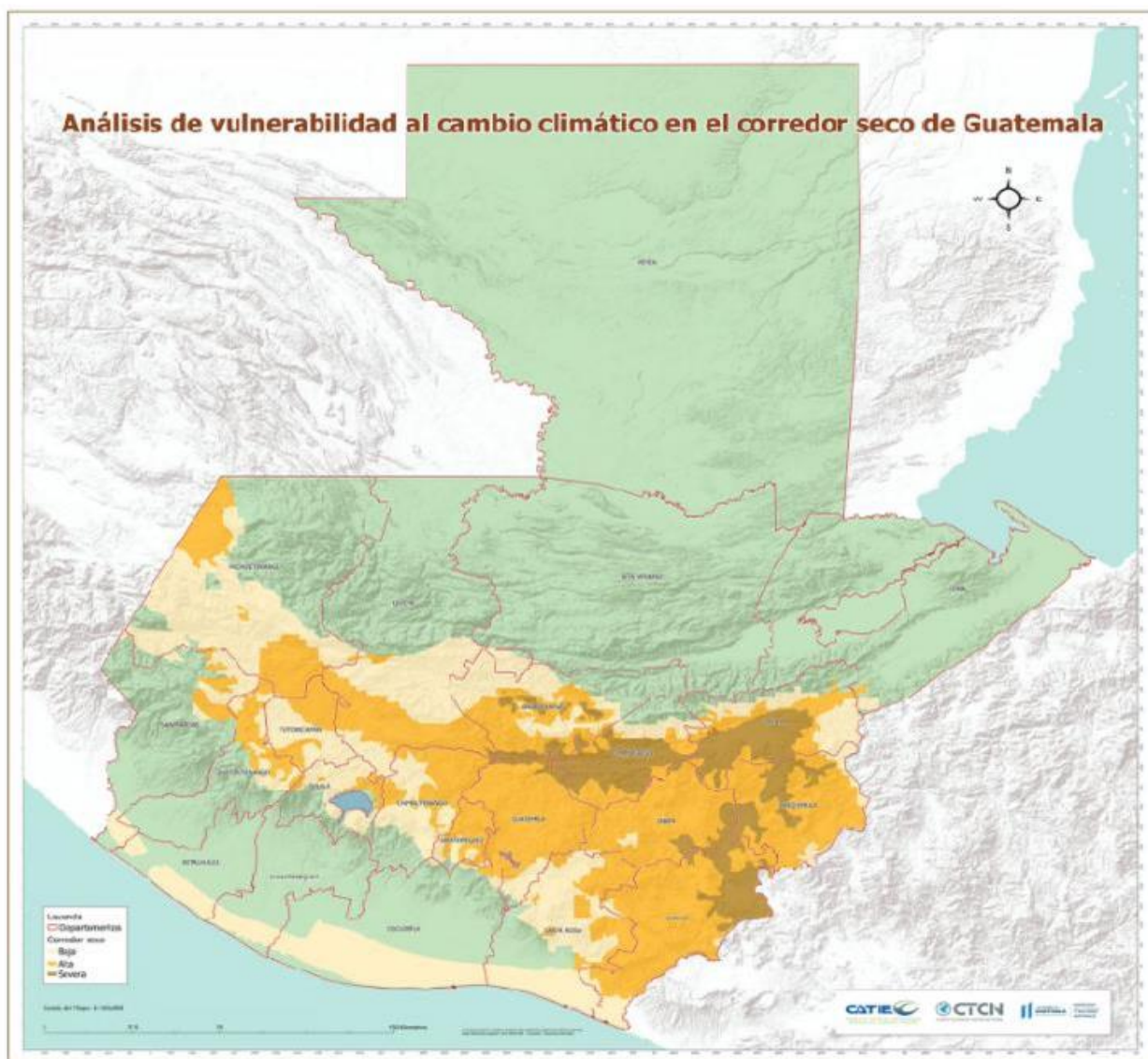
Elaborar un análisis de vulnerabilidad en el corredor seco de Guatemala; específicamente, en los municipios de Rabinal, San Miguel Chicaj y Salamá en el departamento de Baja Verapaz; Morazán y San Agustín Acasaguastlán en el departamento de El progreso, Guatemala; con el propósito de identificar la población y las zonas de alto riesgo ante el cambio climático. Sumado a esto, de manera participativa, se identificarán acciones de adaptación en el sector agrícola, ganadero y de seguridad alimentaria, las cuales se propondrán en dichas zonas de manera prioritaria en el corto y mediano plazo.

### 1.2.2 Objetivos específicos

- Realizar un análisis de riesgo climático para los municipios de Rabinal, San Miguel Chicaj y Salamá en el departamento de Baja Verapaz; Morazán y San Agustín Acasaguastlán en el departamento de El progreso Guatemala aplicando el marco metodológico descrito en el quinto informe de evaluación del IPCC.
- Analizar el componente de peligro climático para los municipios de Rabinal, San Miguel Chicaj y Salamá en el departamento de Baja Verapaz; Morazán y San Agustín Acasaguastlán en el departamento de El progreso Guatemala.
- Analizar la vulnerabilidad a la variabilidad y cambio climático para los municipios de Rabinal, San Miguel Chicaj y Salamá en el departamento de Baja Verapaz; Morazán y San Agustín Acasaguastlán en el departamento de El progreso Guatemala.
- Analizar la exposición al cambio climático de medios de vida en los municipios de Rabinal, San Miguel Chicaj y Salamá en el departamento de Baja Verapaz; Morazán y San Agustín Acasaguastlán en el departamento de El progreso Guatemala.

## 2. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL ESTUDIO

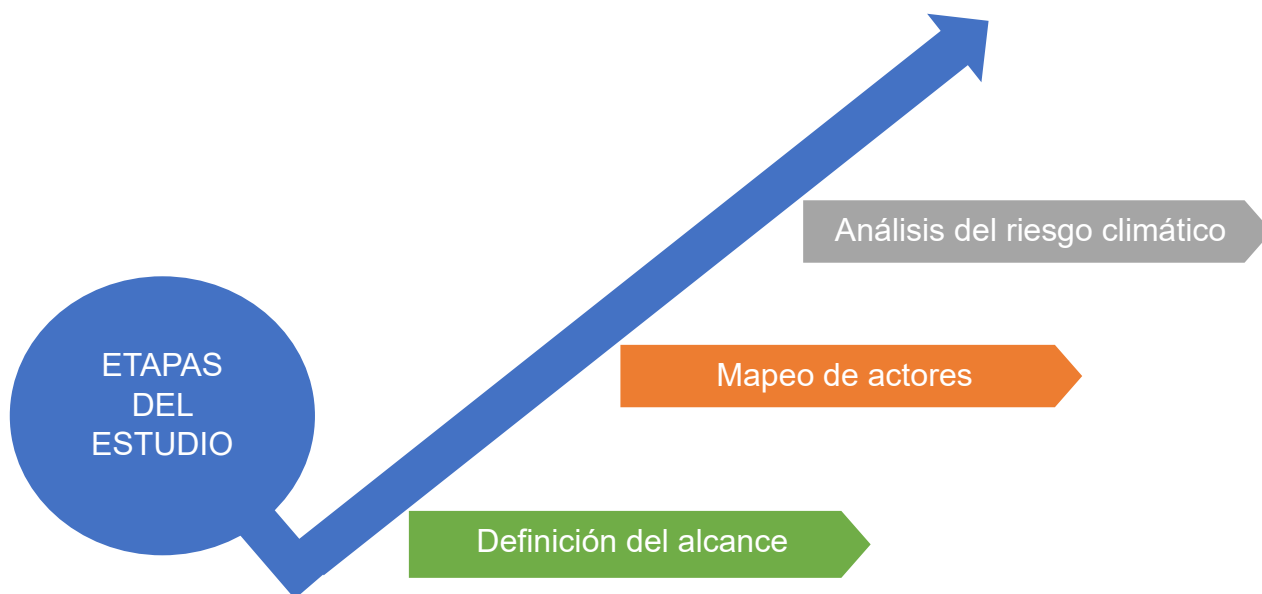
La probabilidad de ocurrencia e intensidad de fenómenos climáticos extremos son aspectos que afectan negativamente los sistemas sociales y ecológicos de Guatemala. De acuerdo al Índice de Riesgo Climático Global, que señala el nivel de exposición y la vulnerabilidad a dichos fenómenos, para el período 1998-2017, Guatemala fue uno de los países más afectados, ocupando la posición número 14 a nivel mundial. Por lo tanto, en las zonas rurales, especialmente aquellas en donde cíclicamente se presenta escasez de agua como es el corredor seco de Guatemala, los efectos de estos eventos son especialmente graves. Debido a esto, el presente análisis de vulnerabilidad en el corredor seco permitirá identificar acciones de adaptación en el sector agrícola, ganadero y de seguridad alimentaria (Figura 1).



**Figura 1.** Corredor seco de Guatemala.  
Fuente: elaboración propia.

### 3. DIAGRAMA METODOLÓGICO

La metodología plantea las actividades y procesos necesarios para alcanzar los objetivos establecidos en el presente estudio; en este sentido, se proponen las principales fases metodológicas que permitirán culminar con éxito la intervención propuesta (Figura 2).



**Figura 2.** Diagrama metodológico.  
Fuente: elaboración propia.

Concretamente, se presenta la definición del alcance del estudio, que incluye la conformación de un comité técnico asesor, la delimitación del área de intervención y la identificación de los medios de vida locales; seguidamente, se propone el desarrollo de un mapeo de actores, y finalmente, el análisis del riesgo climático, que incluye la identificación de los peligros, la sensibilidad, capacidad adaptativa, y exposición al cambio climático.

## 4. DEFINICIÓN DEL ALCANCE

### 4.1 Conformación del comité técnico asesor

Con el propósito de alcanzar efectiva y eficientemente los objetivos del proyecto, es primordial contar con la activa participación de un grupo heterogéneo de actores, que permita integrar diversos puntos de vista y experiencias; lo que facilitará el enriquecimiento de las discusiones en torno al proceso del análisis de la vulnerabilidad de la zona.

En este sentido, en las diferentes fases del análisis de vulnerabilidad, se convocarán a representantes de instituciones públicas y privadas que posean una visión y participación estratégica a nivel local y nacional; sobre todo, en relación a la toma de decisiones en el sector productivo agropecuario y climático; igualmente, se espera que los actores involucrados conozcan el contexto socioeconómico, cultural y ambiental de las diferentes regiones y tipos de agricultores del corredor seco de Guatemala.

En relación a lo expuesto anteriormente, se conformará un comité técnico asesor que participará activamente durante toda la investigación; de esta forma, se garantizará la inclusión de la perspectiva de expertos, una mayor precisión de los resultados y mayor difusión del análisis de vulnerabilidad. Algunas atribuciones del comité técnico asesor serán:

- Ayudar a definir el área de intervención del estudio.
- Facilitar información clave para realizar el análisis de vulnerabilidad.
- Promover la interacción con otras organizaciones clave.
- Fungir como enlace a lo interno y externo de sus organizaciones para socializar información.
- Participar en reuniones técnicas para discutir el proceso y los resultados del estudio.
- Brindar recomendaciones técnicas y estrategias que favorezcan el proceso.
- Otras que sean necesarias.

### 4.2 Definición del área de intervención

Posterior a la conformación del comité técnico asesor se procederá a definir el área geográfica objeto de estudio. En este sentido, es necesario establecer que la literatura vinculada a la vulnerabilidad al cambio climático menciona que las áreas seleccionadas deben ser relativamente homogéneas en sus condiciones ambientales, medios de vida y aspectos socioeconómicos; ya que esto promoverá una mayor precisión de los escenarios climáticos y otras proyecciones vinculadas con la exposición y sensibilidad de los sistemas analizados. Lo que a su vez facilitará la definición de zonas bioclimáticas, grandes paisajes y paisajes específicos.

Por lo tanto, de acuerdo a la literatura y a los objetivos del presente estudio, se pre establecieron cinco criterios para la priorización del área geográfica en el corredor seco de Guatemala: a) Cobertura del suelo (agricultura y ganadería), b) Índice de vulnerabilidad a nivel nacional (modelado por Rainforest Alliance), c) Índice de pobreza, d) Índice de inseguridad alimentaria en el corredor seco, y e) Presencia de cooperación y/o proyectos en el área (Cuadro 2).

Cada criterio cuenta con un peso equitativo del 20%, por lo que, después de ser validados por el comité técnico asesor, se procederá a utilizar una aplicación cartográfica que permita sobreponer la capa de cada criterio (definida con base en información científica y actualizada) y así definir el área que responda a los objetivos del estudio.

**Cuadro 1.** Criterios para la priorización del área geográfica objeto de estudio.

No.	Criterio	Categorías	Peso
1.	Cobertura de suelo – enfocándose en las áreas con cobertura categorizada como agricultura de subsistencia, pecuario, huertos familiares, sistemas silvopastoriles.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agricultura (alto)</li> <li>• Pecuario (alto)</li> <li>• Sistemas silvopastoriles (alto)</li> <li>• Bosque (baja)</li> <li>• Urbano (baja)</li> <li>• Zonas artificiales (baja)</li> </ul>	20%
2.	Índice de vulnerabilidad a nivel nacional modelado por Rainforest Alliance (RA)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Por definir al recibir la información de RA</li> </ul>	20%
3.	Índice de pobreza - INFORM 2018	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 70-98 (alta)</li> <li>• 37-69 (media)</li> <li>• 6-36 (baja)</li> </ul>	20%
4.	Índice de inseguridad alimentaria en el corredor seco	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 0.57-1 (alta)</li> <li>• 0.13-0.56 (media)</li> <li>• 0.00-0.12(baja)</li> </ul>	20%
5.	Presencia de cooperación internacional – con base en la información brindada por el MARN.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Si</li> <li>• No</li> </ul>	20%

Fuente: elaboración propia.

De esta forma, se desarrollará un taller con el comité técnico asesor para validar el área propuesta. Durante el presente análisis inicial se generarán y/o expondrán una serie de mapas como base para la discusión. Es importante mencionar que los mapas expuestos para esta etapa de análisis son de carácter ilustrativo y como punto inicial de referencia. Los mapas finales indicando el área del análisis de vulnerabilidad se generarán al tener el visto bueno del comité.

De la revisión de los mapas elaborados para la región, se deben analizar las acciones a implementar, priorizando las regiones que estén más expuestas a la degradación de los recursos suelo, bosque y agua producto de eventos climáticos extremos como inundaciones severas y períodos prolongados de sequía; además de poblaciones que por presentar estas condiciones han disminuido la producción de alimentos comprometiendo la seguridad alimentaria.

La tipología de la población meta es la rural en situación de pobreza y extrema pobreza, con prioridad en los sectores más excluidos y vulnerables entre ellos pueblos y comunidades indígenas y campesinas con tierra insuficiente, improductiva o sin tierra; mujeres indígenas y campesinas. Dentro de esta misma área de acción se deben priorizar los municipios que están clasificados con alta vulnerabilidad a la inseguridad alimentaria.

La población es mayormente rural, por lo que sus medios de vida están muy vinculados a la parte productiva. No obstante, no se producen suficientes alimentos y la mayor parte es producción de ladera. Además, los suelos son erosionables y con limitaciones. En los valles que se riega, existe diversificación, pero el volumen de producción no es suficiente para reducir la pobreza.

### 4.3 Identificación de medios de vida locales y sus recursos

Este paso implica la revisión y sistematización de fuentes secundarias (diagnósticos, planes, proyectos y cualquier otro documento relevante para el territorio) y primarias (entrevistas, grupos focales, recorridos de campo, entre otros instrumentos). Varios de los anexos de este documento han sido preparados para esta tarea. Finalizado este paso, se habrá propuesto y validado con los representantes del comité técnico una lista de los principales medios de vida del territorio y una caracterización de sus recursos.

¿Qué hace la gente para vivir?, ¿dónde?, ¿cuál es el estado de los sus diferentes recursos?

Concretamente, es la descripción narrativa del estado de sus recursos o capitals:

- Capital humano
- Capital social
- Capital natural
- Capital financiero
- Capital físico
- Capital cultural

Otro enfoque útil para caracterizar los MV es la descripción narrativa del estado de sus recursos o capitals. Esta descripción proviene de los resultados de encuestas a técnicos y de los resultados de los grupos focales que se realizan con productores. La descripción se hace para cada MV y provee información clave para estimar y comparar diferentes aspectos de su capacidad adaptative.

## 5. MAPEO DE ACTORES

### 5.1 Aspectos generales para el mapeo de actores

El mapeo de actores es una técnica que busca identificar a los actores claves y analizar su interés, importancia o influencia sobre un proyecto o estudio específico. Se recomienda que este mapeo se elabore al inicio del proyecto o estudio y se vaya monitoreando en el transcurso del mismo, ya que la información que se obtenga permitirá estar en contexto, planificar talleres, encuestas y/o planificar intervenciones a futuro con los actores adecuados en el área de intervención.

Ahora bien, es importante mencionar que la información de los actores debe ser sistematizada por grupos de interés:

- Gobierno local.
- Gobierno central.
- Sector privado.
- ONG.
- Sociedad civil.
- Cooperación internacional y/o sus proyectos.
- Academia.

A nivel general, en el presente estudio se deben tomar en cuenta:

- Gobiernos locales (municipalidades).
- UGAM (Unidad de Gestión Ambiental Municipal).
- Oficina Municipal de Seguridad Alimentaria y Nutricional (OMSAN).
- Dirección Municipal de Planificación (DMP).
- Unidad de Catastro.
- Instituciones gubernamentales a nivel regional (MARN, MAGA, INSIVUMEH, SESAN, etc.).
- Proyectos del estado vinculados a la adaptación al cambio climático, agricultura, ganadería, y/o seguridad alimentaria.
- Proyectos de la cooperación internacional vinculados a la adaptación al cambio climático, agricultura, ganadería, y/o seguridad alimentaria.
- Organismos no Gubernamentales (ONG) vinculados a la adaptación al cambio climático, agricultura, ganadería, y/o seguridad alimentaria.
- Mesa técnica agroclimática.
- Consejos Comunitarios de Desarrollo (COCODE).
- Comisión Comunitaria de Seguridad Alimentaria y Nutricional (COCOSAN).
- Consejos Municipales de Desarrollo (COMUDE).
- Comisión Municipal de Seguridad Alimentaria y Nutricional (COMUSAN).
- Sistemas de Vigilancia y Alerta Temprana de la Seguridad Alimentaria y Nutricional (SAT/SAN).
- Sitios Centinela (SC).
- Sistemas de Alerta Temprana ante desastres naturales.
- Centros de Aprendizaje para el Desarrollo Rural (CADER).
- Coordinadora Local para la Reducción de Desastres (COLRED).
- Centros universitarios regionales (Rafael Landívar, San Carlos, entre otras).

## 5.2 Paso 1: Delimitar el objetivo del mapeo

Es necesario identificar la razón y el objetivo del mapeo. Se debe recordar que el mapeo es un medio para otro fin, y no es un fin en sí mismo.

Para definir los objetivos es necesario realizar un análisis preliminar de la información disponible tanto en relación al proyecto como del contexto social. En este caso sería:

*“Información vinculados a la adaptación al cambio climático, agricultura, ganadería, y/o seguridad alimentaria; en los municipios de Rabinal, San Miguel Chicaj y Salamá, en el departamento de Baja Verapaz; y los municipios de Morazán y San Agustín Acasaguastlán, en el departamento de El Progreso”*

Las siguientes preguntas se pueden plantear en el equipo:

- ¿Qué se necesita del mapeo?,
- ¿Para qué se necesita?
- ¿Cuáles son las relaciones que se quieren identificar?
- ¿Qué se va realizar con la información?

## 5.3 Paso 2: Identificación preliminar de los actores

La lluvia de ideas es la técnica más eficaz para determinar quiénes deben ser los actores en un proyecto o estudio. Pueden ser personas u organizaciones que muestren interés en el desarrollo y el resultado del proyecto o estudio, que tengan poder o que puedan influir en los resultados hasta cierto punto (algunos actores se mencionan en la sección anterior).

## 5.4 Paso 3: Priorización de los actores

Una vez que se haya completado la lista con todos los posibles actores, es el momento de iniciar el proceso de priorización basado en su nivel de participación. Para simplificar esta etapa, a continuación se muestran las principales categorías en las que pueden situarse los actores:

- Actores directos: estas personas están plenamente comprometidas con el proyecto o estudio, o tienen un vínculo directo. Deben estar siempre al día con los últimos acontecimientos, ya que su contribución es muy impactante.
- Actores indirectos: se trata de cualquier factor externo que pueda influir en el proyecto. No se pueden controlar, lo que los hace muy impredecibles.
- Usuarios: dado que están en el epicentro de cualquier proyecto o estudio, cualquier decisión relacionada con un producto o servicio debe tomarse en su beneficio inmediato.

## 5.5 Paso 4: Investigación

Para iniciar el mapeo de los actores más importantes con quienes existirá una interacción, es necesario recabar información prioritaria. Existen distintas técnicas y estrategias para este levantamiento de información, tales como:

- Encuestas y entrevistas a actores diversos y actores de confianza en el territorio.
- Revisión de documentos oficiales, normativa, acuerdos, contratos, etc.
- Reuniones con funcionarios de instituciones públicas o privadas del área de influencia.
- Observación participante.
- Revisión de notas periodísticas a través de diferentes medios.

## 5.6 Paso 5: Análisis de los actores

Para analizar y sistematizar la información obtenida, esta se debe organizar por tipo de actor:

- Gobierno local.
- Gobierno central.
- Sector privado.
- ONG.
- Sociedad civil.
- Cooperación internacional y/o sus proyectos.
- Academia.

Igualmente, se recomienda iniciar el análisis por nivel de influencia. Las personas que tienen o tendrán posibilidad de influenciar el proyecto o estudio, ya sea que sus acciones puedan impulsar o impedir su desempeño. Se trata de personas con influencia informal o con poder de decisión formal. En este punto se puede analizar si los actores tienen una influencia alta, media o baja. Se recomienda utilizar una ficha clave para cada grupo/tipo de actores:

No.	Organización	Vínculo con ACC/AGS*	Contacto	Teléfono/ e-mail	Dirección

\*ACC/AGS: Adaptación al cambio climático/ Agricultura, ganadería y seguridad alimentaria.

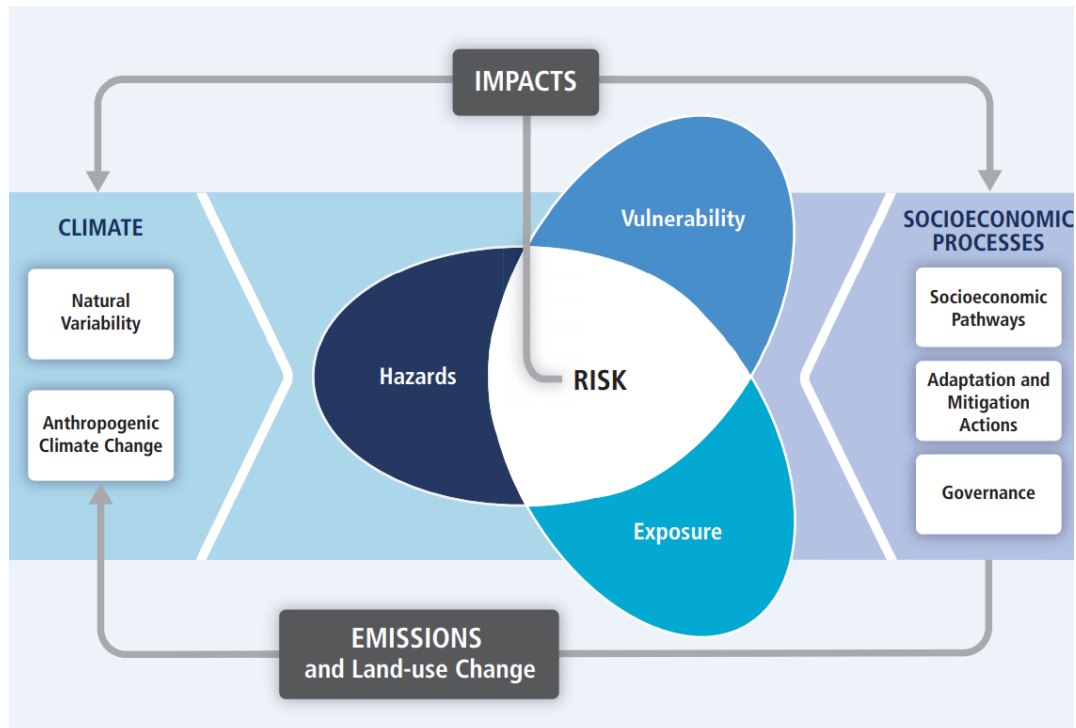
## 5.7 Paso 6: Diseño del mapa

El gráfico más recomendado y fácil de usar es la matriz en forma de cruz donde se ubica a los actores identificados según su grado de poder y su posición respecto al proyecto o estudio. Esto genera una organización visual de los actores prioritarios

## 6. ANÁLISIS DE RIESGO CLIMÁTICO

### 6.1 Aspectos generales

Para evaluar el riesgo climático en el área de interés se usará el marco conceptual presentado por el IPCC en su Quinto Informe de Evaluación (AR5) (IPCC 2014), donde se define el riesgo en función del peligro ante eventos vinculados a la variabilidad y el cambio climático; la vulnerabilidad y la exposición de los sistemas socioeconómicos y naturales.



**Figura 3.** Marco conceptual para el análisis de riesgo climático.  
Fuente: IPCC 2014.

A continuación, se define cada uno de los elementos del análisis de riesgo (IPCC 2014), así como los indicadores como proxys para hacer el cálculo de riesgo climático en los cinco municipios que conforman el área de interés del proyecto.

#### Riesgo

*“Potencial de consecuencias en que algo de valor está en peligro con un desenlace incierto, reconociendo la diversidad de valores. A menudo el riesgo se representa como la probabilidad de acaecimiento de sucesos o tendencias peligrosos multiplicada por los impactos en caso de que ocurran tales sucesos o tendencias. Los riesgos resultan de la interacción de la vulnerabilidad, la exposición y el peligro (figura 1). El término riesgo se utiliza principalmente en referencia a los riesgos de impactos del cambio climático” (IPCC 2014 Pág. 5).*

*Riesgo climático = f(Peligro, Exposición, Vulnerabilidad)*

## 6.2 Estimación de los peligros climáticos

*Acaecimiento potencial de un suceso o tendencia físico de origen natural o humano, o un impacto físico, que puede causar pérdidas de vidas, lesiones u otros efectos negativos sobre la salud, así como daños y pérdidas en propiedades, infraestructuras, medios de subsistencia, prestaciones de servicios, ecosistemas y recursos ambientales. En el presente informe, el término peligro se refiere generalmente a sucesos o tendencias físicos relacionados con el clima o los impactos físicos de este (IPCC 2014 Pág. 5)*

Tomando en consideración la definición del IPCC, se plantean el índice de aridez y número de meses secos como indicadores definen el peligro climático (CAZALAC y PHI/UNESCO (2005) citado por Beteta et al 2012).

### Cálculo del índice de aridez<sup>1</sup>

La aridez es una condición climática relativamente estable, que contribuye a determinar qué tipo de ecosistemas pueden establecerse en una zona geográfica y cuán viable son las actividades productivas como la agricultura.

$$IA = \frac{P_t}{ET_t}$$

Donde:

- $IA$  es el índice de aridez en el periodo  $t$ ,
- $P$  es la precipitación en el periodo  $t$ , y
- $ET$  es la evapotranspiración potencial en el periodo  $t$

Para calcular la  $ET^{23}$  se usará la siguiente ecuación

$$ET_t = \frac{P_t}{\left(0,9 + \left(\frac{P_t}{\varphi}\right)^2\right)^{0,5}}$$

Donde:

- $ET_t$  = Evapotranspiración acumulada en el periodo  $t$ ;
- $P_t$  = Precipitación en el periodo  $t$ ; y
- $\varphi = 300 + 25T_t + 0,05T_t^3$
- $T_t$  = Temperatura media en el periodo  $t$

<sup>1</sup> Estimación de Amenazas Inducidas por Fenómenos Hidrometeorológicos en la República de Guatemala (MAGA 2002)

<sup>2</sup> Turc, L. (1963). "Evaluation des besoins en eau d'irrigation, évapotranspiration, potentielle, formulation simplifié et mise à jour". Ann. Agron., Vol. 12.

<sup>3</sup> La economía del cambio climático en Centroamérica. Impactos potenciales en la aridez y los meses secos. Serie técnica (Beteta et al. 2012)

## Cálculo de meses secos

La Guía Metodológica para la Elaboración del Mapa de Zonas Áridas, Semiáridas y Subhúmedas Secas de América Latina y el Caribe (CAZALAC y PHI/UNESCO, 2005), define un mes seco como aquel en el que la precipitación es menor al 50% de la evapotranspiración en un área determinada, es decir:

$$\text{Si } P_t < \frac{ETP_t}{2} \rightarrow \text{Mes seco}$$

Donde:

- $P_t$  es la precipitación (mm) periodo  $t$ ;
- $ETP_t$  es la evapotranspiración potencial en el periodo  $t$

Para calcular la  $ETP_t$  se calcula de la siguiente manera (Holdridge 1959, Holdridge 1967)

$$ETP_t = K \cdot T_{bio}$$

Donde:

- $ETP_t$  es la evapotranspiración potencial en el periodo  $t$
- $T_{bio}$  es el valor de la biotemperatura (Lugo et al. 1999)
- $K$  es una constante que toma los siguientes valores:
  - $K = 5$  para meses de 31 días.
  - $K = 4.84$  para meses de 30 días.
  - $K = 4.52$  para meses de 28 días.

Finalmente:

$$\text{Número de meses secos} = \sum_{t=1}^{12} MS$$

Para evaluar el peligro climático se llevarán a cabo los siguientes pasos:

**Paso 1.** Una primera aproximación de ambos indicadores usando la climatología actual reportada por WorldClim 1.4<sup>4</sup> (Hijmans et al 2005) la cual usa capas de información climática, con base en la interpolación de datos mensuales del clima proveniente de 47 554 estaciones con datos de precipitación, temperatura media de 24 542 estaciones, mientras que 14 835 estaciones aportaron información de temperaturas máximas y mínimas.

**Paso 2:** Seguidamente se calcularán los mismos indicadores (índice de aridez y número de meses secos) usando climatología futura. Los datos fueron generados por el programa de

---

<sup>4</sup> Para una mejor comprensión de cómo fueron generados los datos de climatología actual, favor visitar el sitio web <http://worldclim.com/methods1> y la publicación referente Hijmans, R.J., S.E. Cameron, J.L. Parra, P.G. Jones and A. Jarvis, 2005. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. International Journal of Climatology 25: 1965-1978.

Investigación en Cambio climático Agricultura y Seguridad Alimentaria (CCAFS por sus siglas en inglés) del Grupo Consultivo para la Investigación Agrícola Internacional (CGIAR, por sus siglas en inglés). Para el desarrollo de esta base de datos los autores aplicaron el método delta (corrección de sesgo simple) a 35 modelos de circulación general de la quinta fase del Proyecto de Comparación de Modelos Acoplados (CMIP5) para los cuatro escenarios RCP (Navarro-Racines et al, 2020). fueron descargados de la página web de CCAFS – Climate ([www.ccfas-climate.org](http://www.ccfas-climate.org)). Los datos climáticos que se usarán corresponden a escenarios RCP 2.6 y 8.5 para los 2050 (promedio de 30 años, es decir 2040 - 2069) y 2080 (promedio de 2070 al 2099).

**Paso 3:** Compararemos el índice de aridez y el número de meses secos del escenario base con la climatología futura y analizaremos la dirección de los cambios. Estos serán presentados en mapas que cubre el área de interés.

### 6.3 Estimación de la exposición

El IPCC (2014) define la exposición como: *“la presencia de personas; medios de subsistencia; especies o ecosistemas; funciones, servicios y recursos ambientales; infraestructura; o activos económicos, sociales o culturales en lugares y entornos que podrían verse afectados negativamente”*.

Considerando esta definición se propone realizar un inventario por municipio de:

- Sistemas productivos
- Infraestructura productiva
- Usos de la tierra
- Población
- Zonas de captación de recurso hídrico
- Otros de interés a definir con el equipo de local

El inventario será nutrido con información proveniente de las municipalidades, censos nacionales, mapas de uso de suelo, catastros municipales entre otros. El equipo técnico local será el encargado de recopilar y sistematizar en una base de datos toda la información del inventario.

En coordinación con el líder del proyecto, se analizará el tipo de información del inventario y se propondrá una estrategia de estandarización de los datos de tal suerte que se puedan incorporar a la ecuación de análisis de riesgo.

### 6.4 Estimación de la vulnerabilidad

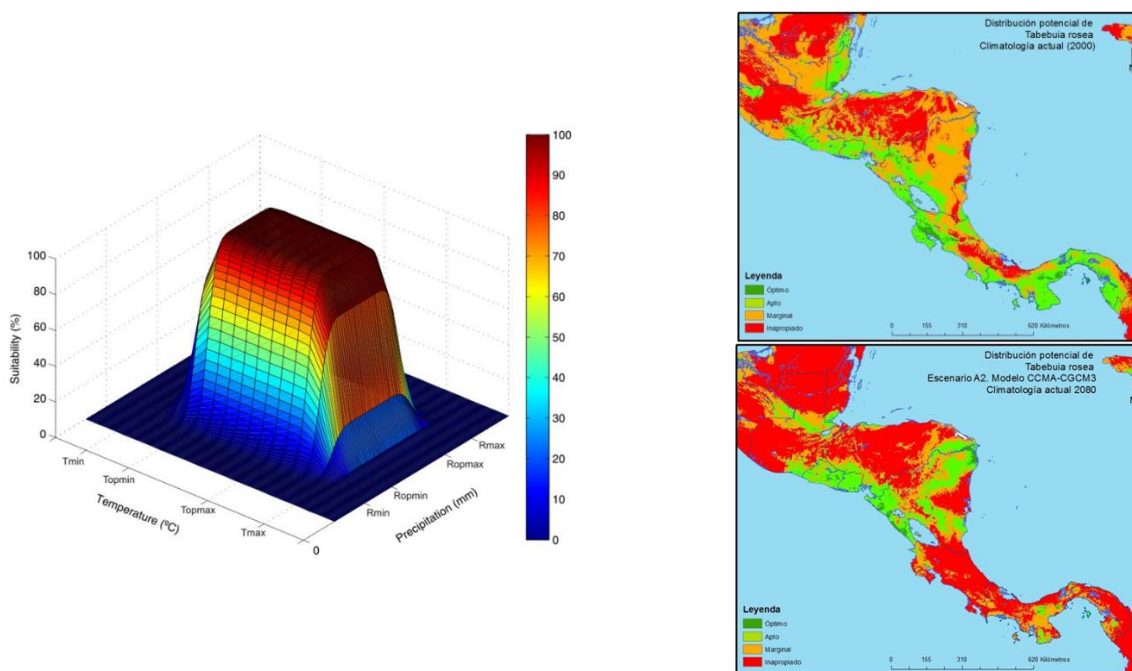
La definición de vulnerabilidad, según del AR5, es la *“propensión o predisposición a ser afectado negativamente. La vulnerabilidad comprende una variedad de conceptos y elementos que incluyen la sensibilidad o susceptibilidad al daño y la falta de capacidad de afrontamiento y adaptarse”* (IPCC 2014). Este concepto enfatiza dos elementos: la sensibilidad y la capacidad adaptativa.

$$Vulnerabilidad = f(Sensibilidad, Capacidad adaptativa)$$

$$Vulnabilidad = \frac{Sensibilidad}{Capacidad\ adaptativa}$$

**La sensibilidad**, según el glosario del AR5, se refiere a “Grado en que un sistema o especie resultan afectados, positiva o negativamente, por la variabilidad o el cambio climáticos. Los efectos pueden ser directos (p. ej., una variación del rendimiento de los cultivos en respuesta a una variación de la temperatura media, de los intervalos de temperatura o de la variabilidad de la temperatura) o indirectos (p. ej., los daños causados por un aumento de la frecuencia de las inundaciones costeras como consecuencia de una elevación del nivel del mar).

Esta definición nos permite usar los datos climáticos futuros para evaluar el impacto del cambio climático sobre los sistemas socioeconómicos y ambientales listados en el inventario de exposición. Especial interés podremos en los sistemas agrícolas. Para esto, proponemos usar modelos de nicho ecológico (por ejemplo: EcoCrop) para identificar el cambio de aptitud para un determinado cultivo o sistema productivo al interior del área de interés comparando la climatología actual y los escenarios futuros (Figura 4).



**Figura 4.** Índice de adecuación teórica resultante de la interacción entre temperatura y precipitación.

El cambio climático cambiará los patrones de precipitación y temperatura, consecuentemente se espera que el índice de adecuación para una especie en una zona determinada sufra una ampliación, reducción o desplazamiento espacial.

**La capacidad adaptativa o adaptación** se refiere al “proceso de ajuste al clima real o proyectado y sus efectos. En los sistemas humanos, la adaptación trata de moderar o evitar los daños o aprovechar las oportunidades beneficiosas. En algunos sistemas naturales, la intervención humana puede facilitar el ajuste al clima proyectado y a sus efectos”.

El marco conceptual de medios de vida sostenibles basado en el análisis de cinco capitales (Solesbury 2003, Ashley Carney 1999) se usará para sistematizar y profundizar en los detalles del inventario resultado del análisis del criterio de exposición. La información será colectada de fuentes secundarias a nivel de municipalidad, reunión con informantes claves, talleres, entre otros<sup>5</sup>, en la medida de lo posible, se espera que estas interacciones sean virtuales. De otro lado, Holland et al (2017) proporcionan una metodología para un mapeo participativo de la capacidad adaptativa de un área de interés con base en cinco capitales de los medios de vida sostenibles reportados por Solesbury (2003) así como Ashley y Carney (1999). Los datos serán estandarizados siguiendo los mismos criterios que se usarán para estandarizar los datos de exposición.

#### Agregación de componentes del riesgo climático

Existen distintas formas para realizar la agregación de componentes del riesgo climático. En este trabajo proponemos usar un efecto aditivo de cada componente de la siguiente manera.

$$\text{Riesgo climático} = P + E + V$$

---

<sup>5</sup> Cabe mencionar que, debido a la situación de pandemia, se espera reducir la interacción persona a persona a lo estrictamente necesario para cumplir con los objetivos de este estudio.

## 7. Referencias

- Ashley, C., & Carney, D. 1999.** Sustainable livelihoods: Lessons from early experience (Vol. 7, No. 1). London: Department for International Development.
- Hijmans, R.J., S.E. Cameron, J.L. Parra, P.G. Jones and A. Jarvis. 2005.** Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology* 25: 1965-1978.
- Holland, M. B., Shamer, S. Z., Imbach, P., Zamora, J. C., Moreno, C. M., Hidalgo, E. J. L., ... & Harvey, C. A. 2017.** Mapping adaptive capacity and smallholder agriculture: applying expert knowledge at the landscape scale. *Climatic Change*, 141(1), 139-153.
- IPCC. 2014.** Cambio climático 2014: Impactos, adaptación y vulnerabilidad – Resumen para responsables de políticas. Contribución del Grupo de trabajo II al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea y L.L. White (eds.)]. Organización Meteorológica Mundial, Ginebra, Suiza, 34 p.
- MAGA. 2002.** Estimación de amenazas inducidas por fenómenos hidrometeorológicos en la República de Guatemala.
- Navarro-Racines, C., Tarapues, J., Thornton, P., Jarvis, A., and Ramirez-Villegas, J. 2020.** High-resolution and bias-corrected CMIP5 projections for climate change impact assessments. *Sci Data* 7, 7, doi:10.1038/s41597-019-0343-8
- Solesbury, W. 2003.** Sustainable livelihoods: A case study of the evolution of DFID policy. London: Overseas Development Institute.
- Turc, L. 1963.** "Evaluation des besoins en eau d'irrigation, évapotranspiration, potentielle, formulation simplifié et mise à jour". *Ann. Agron.*, Vol. 12.