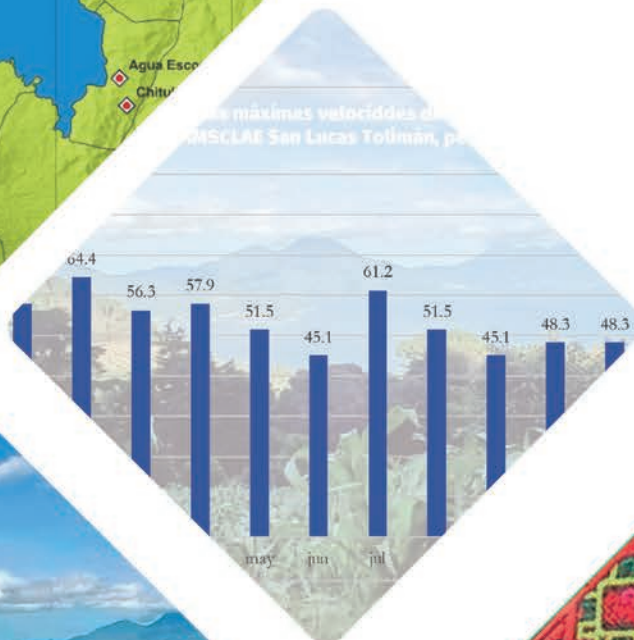
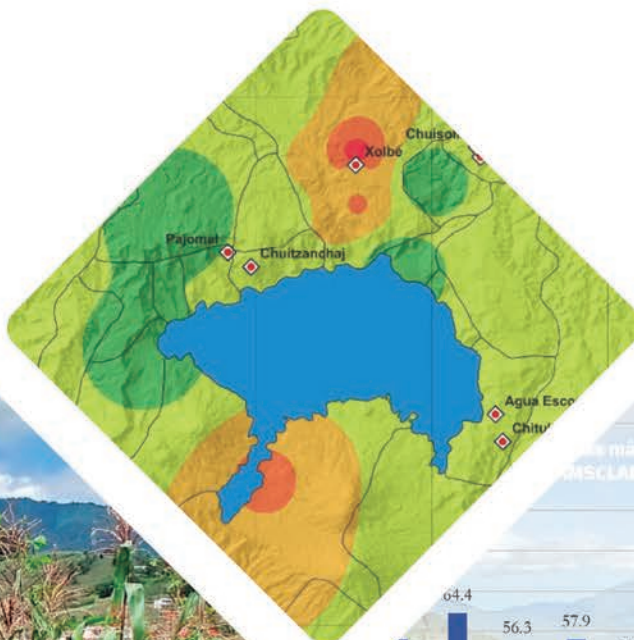


## **Análisis de vulnerabilidad climática de los medios de vida del caserío Panucá, municipio de Concepción, departamento de Sololá.**

Proyecto:  
Contribuyendo a paisajes socio-ecológicos resilientes al cambio climático para la prosperidad y nutrición familiar en Guatemala y El Salvador







Cooperación  
Española



Instituto Privado de Investigación  
sobre Cambio Climático

## **Análisis de vulnerabilidad climática de los medios de vida del caserío Panucá, municipio de Concepción, departamento de Sololá.**

---

Proyecto:  
Contribuyendo a paisajes socio-ecológicos resilientes al cambio climático para la prosperidad y nutrición familiar en Guatemala y El Salvador

**GUATEMALA, 2025**

**Autores:**

Dr. Pablo Yax López

Ing. Agr. Kevin Manolo Noriega Elías

Ing. Agr. Francisco Espinoza Marroquín

**Diseño y diagramación**

Licda. Yohana Ramírez

**Cita Bibliográfica**

Yax López, P., Noriega Elías, K. M., & Espinoza Marroquín, F. (2025). Análisis de vulnerabilidad climática de los medios de vida del caserío Panucá, municipio de Concepción, departamento de Sololá. Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático. Guatemala.

Esta publicación se generó en el marco del proyecto: Contribuyendo a paisajes socio-ecológicos resilientes al cambio climático para la prosperidad y nutrición familiar en Guatemala y El Salvador

Esta publicación cuenta con la colaboración de la Cooperación Española a través de la Agencia Española de Cooperación (AECID). El contenido de la misma es responsabilidad exclusiva del Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático. y no refleja, necesariamente, la postura de la AECID»



ISBN: 978-99939-57-17-1

ICC 2025

Todos los derechos reservados

## Índice

I. Introducción .....	11
II. Objetivos .....	13
Objetivo general: .....	13
Objetivos específicos: .....	13
III. Área de estudio .....	14
IV. Métodos y procedimientos utilizados .....	16
4.1. Delimitación o alcance territorial .....	17
4.2. Análisis de vulnerabilidad climática con enfoque participativo .....	17
4.3. Análisis del comportamiento histórico de variables meteorológicas y climáticas .....	18
V. Resultados .....	20
5.1 Análisis de vulnerabilidad climática del municipio de Concepción .....	20
5.1.1 Comportamiento climático de la zona norte de la cuenca de lago de Atitlán .....	20
5.1.1.1 Temperatura .....	20
5.1.1.2 Lluvias .....	22
5.1.1.3. Inicio de la estación lluviosa .....	25
5.1.1.4. Lluvias fuertes .....	25
5.1.1.5 Sequía/ canícula .....	29

5.1.1.6 Vientos .....	31
5.1.2. Cambios en el clima .....	34
5.1.2.1. Cambios en la lluvia .....	34
5.1.2.2. Cambios en la temperatura .....	36
5.1.2.3. Escenarios climáticos para el departamento de Sololá.....	37
5.2. Vulnerabilidad climática en el caserío Panucá, Concepción, Sololá .....	41
5.2.1. Medios de vida .....	41
5.2.2. Calendario de eventos naturales y actividades socioeconómicas cíclicas en el caserío Panucá, Concepción. ....	42
5.2.3. Identificación de amenazas y análisis de vulnerabilidad.....	44
5.3.4. Análisis de vulnerabilidad climática .....	45
VI. Discusión de resultados.....	47
6.1. Sequía.....	48
6.2. Vientos.....	49
6.3. Temperatura:.....	49
VII. Conclusiones .....	50
VIII. Referencias .....	51

## Índice de figuras

Figura 1. Ubicación del municipio de Concepción, Sololá.....	15
Figura 2. Marco metodológico empleado en el análisis de vulnerabilidad climática. ....	16
Figura 3. Gráfico de frecuencia de ocurrencia de temperatura absoluta máxima registradas en estación INSIVUMEH Santa María El Tablón, periodo 1994-2021 (FDP= Densidad de la Probabilidad; FFA= Probabilidad acumulada). ....	20
Figura 4. Gráfico de temperaturas máximas absolutas mensuales registradas en estación INSIVUMEH Santa María El Tablón, período 1993-2023. ....	21
Figura 5. Gráfico de comportamiento de la temperatura mínima absoluta mensual registrada en estación INSIVUMEH Santa María El Tablón, periodo 1993-2023. ....	21
Figura 6. Gráfico de correlación lineal de la lluvia acumulada anual entre las estaciones INSIVUMEH Labor Ovalle, Santiago Atitlán y Santa María El Tablón, periodo de referencia: 1991-2023. ....	22
Figura 7. Lluvia acumulada anual registrada en las estaciones meteorológicas del INSIVUMEH Santiago Atitlán y Santa María El Tablón, Sololá; período 1991-2023. ....	23
Figura 8. Anomalía de lluvia expresada en porcentaje del promedio anual del período 1990-2023, registrado en las estaciones de INSIVUMEH Santa María El Tablón y Santiago Atitlán .....	24
Figura 9. Gráfica de lluvia acumulada mensual registrada en la estación INSIVUMEH Santa María, El Tablón, periodo 1994-2024.....	25
Figura 10. Lluvia acumulada mensual máxima, mínima, promedio y lluvia con probabilidad de ocurrencia del 90% en estación meteorológica de INSIVUMEH Santa María, El Tablón.....	26
Figura 11. Cantidad de eventos que igualaron o superaron la lluvia acumulada mensual con probabilidad de 90% registrada en la estación meteorológica de INSIVUMEH Santa María El Tablón, período 1993-2020.....	27
Figura 12 Mapa de eventos de lluvia máxima registrada en un día en las estaciones del INSIVUMEH El Capitán, El Tablón y Santiago Atitlán, periodo 1991-2023.....	28
Figura 13 Mapa de distribución de máximos acumulados de lluvia en una hora en el departamento de Sololá. ....	29

Figura 14. Numero de eventos mensuales con lluvia menor al valor de probabilidad del 25 y 10% (seco y muy seco) y mayores al 75% y 90% (lluvioso y muy lluvioso), registrados en la estación INSIVUMEH Santa María El Tablón, periodo 1993-2020.....	30
Figura 15. Anomalía de lluvia bimestral mayo-junio, junio-julio y julio-agosto, estación Santa María, El Tablón. ....	31
Figura 16 Frecuencia acumulada de velocidad máximas del viento registrada en la estación meteorológica automática de Concepción.....	31
Figura 17 Dirección de los vientos con máxima velocidad registrada para el territorio Concepción, Sololá. ....	32
Figura 18. Mapa de velocidad y dirección de los vientos con máxima velocidad registrados en Sololá en el período 2021-2023. ....	32
Figura 19. Mapa de los vientos bajo la escala Beaufort en el municipio de Concepción, periodo 2021-2023.....	33
Figura 20. Tendencia de precipitación anual en Guatemala. ....	35
Figura 21. Tendencia de precipitación extrema anual en Guatemala.....	36
Figura 22. Temperatura promedio registrada en estación meteorológica INSIVUMEH Santa María El Tablón, Sololá, período de 1994-2023. ....	37
Figura 23. Comportamiento de cambios (diferencia a mediados del siglo comparado con el año 2000) en la temperatura máxima en el territorio del municipio de Concepción. ....	38
Figura 24. Comportamiento de cambios (diferencia a mediados del siglo) comparación de los años 2000 y 2050 en la temperatura mínima en la República de Guatemala. ....	39
Figura 25. Comportamiento de cambios (diferencia a mediados del siglo) en comparación de los años 2000-2050 en la precipitación (lluvia) acumulada anual en el territorio del municipio de Concepción, Sololá.....	40
Figura 26. Mapa de impactos históricos de amenazas climáticas/meteorológicas en el caserío Panucá. ....	44
Figura 27. Fenómenos naturales y efectos sobre los medios de vida del caserío Panucá, Concepción.....	47
Figura 28. Mapa de amenaza por deslizamiento por el método de Mora-Vahrson para el departamento de Sololá. ....	48

## Índice de cuadros

Cuadro 1. Ecuaciones de correlación y coeficientes de determinación de la lluvia anual de las estaciones meteorológicas de INSIVUMEH: Santiago Atitlán, Santa María El Tablón y Labor Ovalle.....	23
Cuadro 2 Lluvia máxima acumulada en un día durante los fenómenos meteorológicos ocurridos en el periodo 1991-2023 en Sololá.....	28
Cuadro 3. Medios de vida más importantes de caserío Panucá, Concepción.....	41
Cuadro 4. Calendario estacional para el caserío Panucá, Concepción.....	43
Cuadro 5. Matriz de vulnerabilidad perceptiva para el caserío Panucá .....	46



# I. INTRODUCCIÓN

El cambio climático es un fenómeno global de mucha relevancia a nivel mundial, especialmente, por sus múltiples efectos negativos en los diferentes sistemas socio-ecológicos en el planeta Tierra. Actualmente, se están impulsando acciones para contrarrestar sus múltiples efectos negativos en los diferentes ecosistemas, ciudades, poblaciones rurales y los sistemas productivos agrícolas (cultivos).

De acuerdo con el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático -IPCC-, (2014), el cambio climático es una variación del estado del clima, identificable (por ejemplo, mediante pruebas estadísticas) en las variaciones del valor medio o en la variabilidad de sus propiedades, que persiste durante largos periodos de tiempo, generalmente decenios o periodos más largos.

El cambio climático puede deberse a procesos internos naturales o por forzamientos externos tales como: modulaciones de los ciclos solares, erupciones volcánicas o cambios antropógenos (emisiones de gases de efecto invernadero) persistentes de la composición de la atmósfera o del uso del suelo como afirma IPCC (2014). En los últimos decenios, los cambios en el clima han causado impactos en los sistemas naturales y humanos en todos los continentes y océanos. Las evidencias de los impactos del cambio climático son más sólida y completa para los sistemas naturales.

El presente documento sintetiza los principales hallazgos de cambios en el comportamiento

de variables meteorológicas y climáticas para el territorio del departamento de Sololá y con influencia sobre el caserío Panucá, del municipio de Concepción. Entre los principales hallazgos se pueden mencionar: la tendencia de incremento de la lluvia desde el año 1979. Los años 2010 y 2005 mostraron los valores más altos de acumulados de lluvia anual, asociados con los eventos ciclónicos Agatha (2010) y Stan (2005). Por otro lado, los años con los menores valores de precipitación se asocian con el fenómeno de El Niño Oscilación Sur (ENOS), destacándose los años 2002, 2016 y 2020. Sin embargo, el acumulado de mayo de 2024 destaca con el menor acumulado de lluvia (17.6 mm) de todos los registros históricos de la zona.

A través de herramientas participativas se identificaron las zonas expuestas a las siguientes amenazas: vientos fuertes, lluvias intensas y aumento de la temperatura. En cuanto a vulnerabilidad climática de los principales medios de vida del caserío Panucá, Concepción, resaltan: agricultores, producción pecuaria (aves), tejedoras, jornaleros, comerciantes (trabajadores).

El conocimiento generado a través de este informe se convierte en una herramienta para la identificación de amenazas puntuales. Estos hallazgos deben considerarse en el diseño de estrategias de adaptación ante la variabilidad y el cambio climático, ya que en ambos pueden impactar negativamente los sistemas agroalimentarios, especialmente, aquellos más frágiles dentro del contexto del departamento de Sololá.





## II. OBJETIVOS

### Objetivo General:

Analizar la vulnerabilidad de los principales medios de vida de la población del caserío Panucá, Concepción, Sololá ante la variabilidad y el cambio climático.

### Objetivos específicos:

- 2.1. Definir y analizar el comportamiento de las principales variables climáticas/meteorológicas para el periodo 1994 - 2024.
- 2.2. Determinar las amenazas climáticas de mayor importancia para la población del territorio y sus principales medios de vida.
- 2.3. Establecer el grado de vulnerabilidad climática de los medios de vida basado en la percepción comunitaria.

### III. ÁREA DE ESTUDIO

El municipio de Concepción está ubicado en la parte norte, del departamento de Sololá, limita al norte y oeste con la cabecera departamental de Sololá, al noreste con el municipio de Chichicastenango, del departamento de Quiché; al sur con el municipio de Panajachel y al sureste con el municipio de San Andrés Semetabaj. Cuenta con una extensión territorial de 40 kilómetros cuadrados, de los cuales representan 3.77% del territorio departamental de Sololá. La altitud sobre el nivel del mar de la cabecera municipal dista de 2070 metros, y su temperatura varía de 7 °C a 23 °C considerándose este un clima templado. La distancia de la cabecera municipal a la ciudad capital es de 147 km, pasando por la ruta departamental cinco (RD-SOL 05), para posteriormente integrarse a la Ruta Nacional Uno (RN-1) y seguidamente a la ruta interamericana CA-1 Occidente. La distancia de la Cabecera municipal Concepción a la cabecera departamental de Sololá es de 7 kilómetros, pasando por la ruta departamental cinco Sololá, (RD-SOL 05), (SEGEPLAN, 2022).

Los suelos en el municipio son de origen piroclástico no consolidados (cenizas, pómez y tefra), piroclástico consolidados (tobas), clásticos gravigénicos, y clástico aluvio-coluviales, este última, área que ocupa mayoritariamente el cauce del río San

Francisco. Los órdenes de suelo encontrados son Andisol, Inceptisol y Molisol. Los suelos andisoles presentan baja densidad aparente y baja capacidad de retención de humedad y los suelos inceptisoles son suelos minerales de baja evolución pero con horizontes bien diferenciado (MAGA, 2013).

Se ubican dentro de la Zona de Vida (Sistema Holdridge, De La Cruz, 1983) denominada bosque húmedo montano bajo subtropical bh-MB cuyas especies indicadoras son encino (*Quercus* spp.), pino triste (*Pinus pseudostrobus*), pino de ocote (*Pinus montezumae*), ilamo (*Alnus jorullensis*), capulín (*Prunus capulli*), madrón de tierra fría (*Arbutus xalapensis*) y otros, la cobertura vegetal y uso de la tierra es bosque mixto y agricultura.

Según Thornthwaite (UPGGR-MAGA, 2009), el clima de la región es del tipo “semifrío húmedo”, que se caracteriza por presentar rangos de temperaturas medias anuales de 14.3 a 17.0 °C, y un rango de altitudes de 1,800 a 2,300 msnm.

**MAPA CARTOGRÁFICO DEL MUNICIPIO DE CONCEPCIÓN, DEPARTAMENTO DE SOLOLÁ**

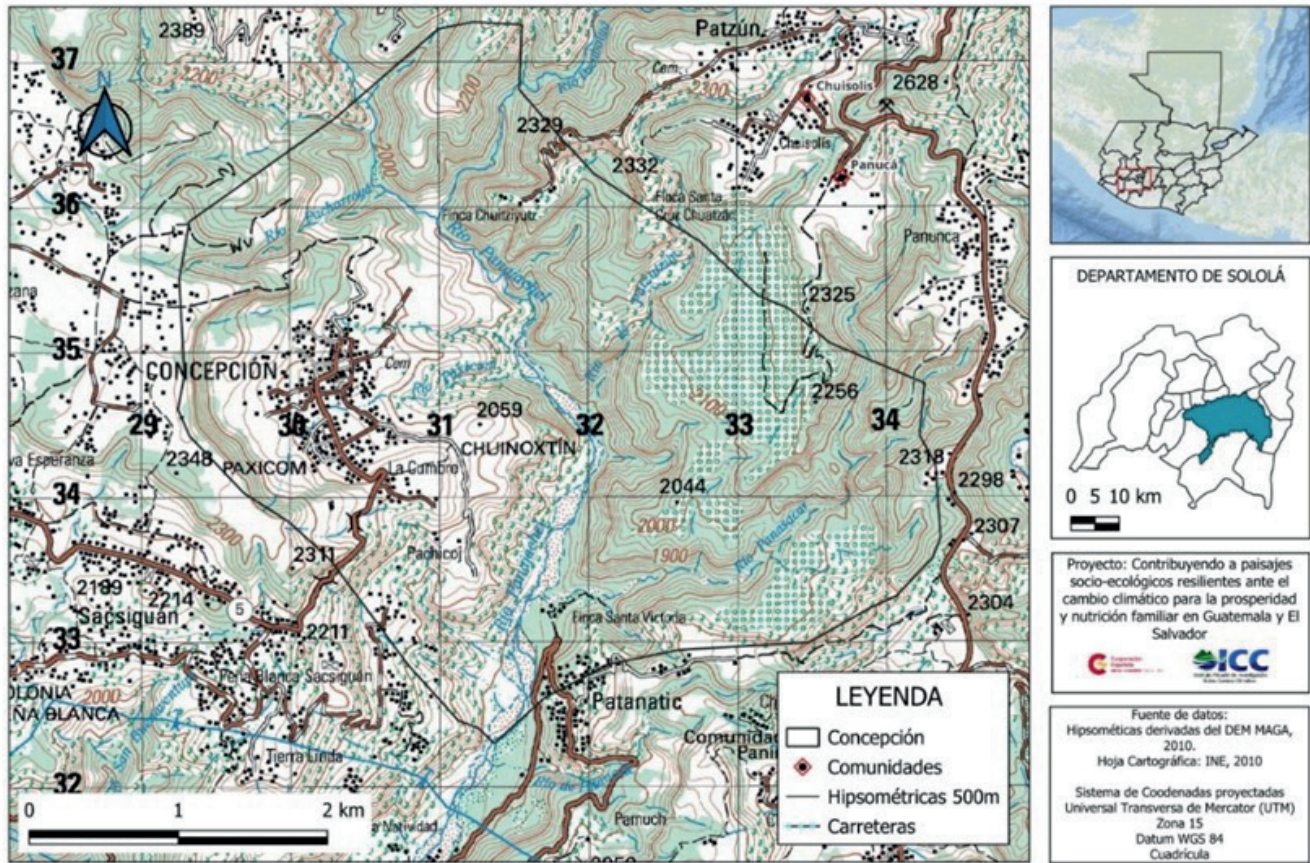


Figura 1. Ubicación del municipio de Concepción, Sololá.

## IV. MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS UTILIZADOS

Para este estudio se consideró una combinación de métodos estadísticos y técnicas participativas para recopilar y/o analizar la información meteorológica/climática, áreas de impacto de fenómenos climáticos pasados y percepción de riesgo entre otros factores.

El análisis de vulnerabilidad fue elaborado considerando los elementos que se detallan en la figura 2. Así mismo, se emplean los conceptos y definiciones del IPCC en su sexto informe (2022). Con base a dicho informe del IPCC, la amenaza es definida como el acaecimiento potencial de un fenómeno o tendencia física que pueda causar

pérdidas de vida, lesiones u otros efectos negativos. La exposición se refiere a la presencia de personas, medios de vida, especies o ecosistemas, funciones, servicios y recursos; o activos económicos, sociales o culturales en lugares y entornos que podrían verse afectados negativamente. La vulnerabilidad es conceptualizada como la propensión o predisposición que un sistema puede verse adversamente afectada, el riesgo es definido como la potencial consecuencia adversa para sistemas humanos o ecológicos, reconociendo la diversidad de valores y objetivos asociados con tales sistemas.

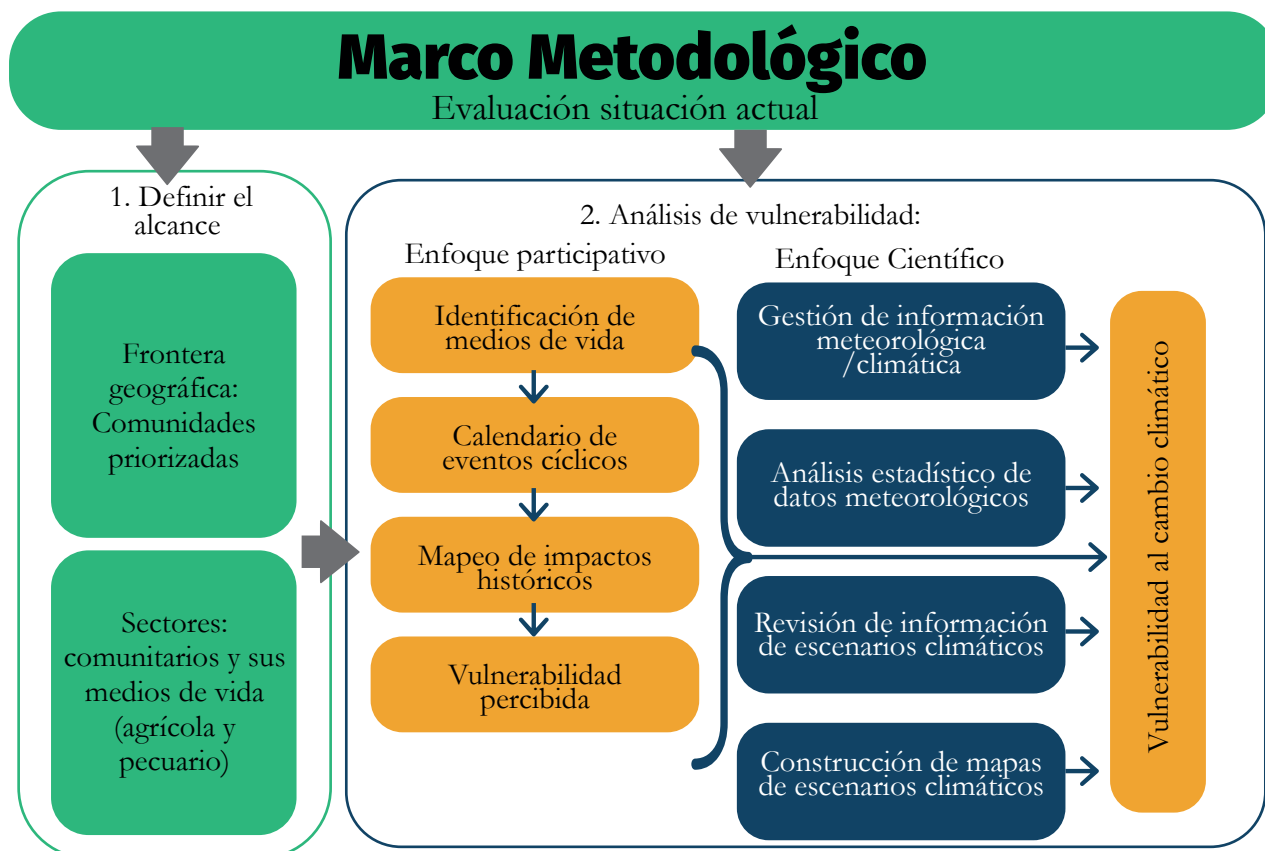


Figura 2. Marco metodológico empleado en el análisis de vulnerabilidad climática.

Uno de los primeros pasos fue la definición de la escala espacial y se basó en la delimitación de la comunidad (caserío o aldea) con función de la información proporcionada por actores locales. Entendiendo a una comunidad como un grupo de personas que se encuentran dentro de un territorio particular y comparten elementos culturales, económicos, sociales y ambientales en común. Así mismo, se priorizaron los principales medios de vida de la cual dependen las familias y población en general.

La segunda fase se basó en un enfoque participativo para sistematizar la percepción comunitaria en cuanto a la vulnerabilidad y amenazas climáticas que ha impactado históricamente en el territorio en estudio. Para ello se organizaron talleres focales y empleando distintas herramientas participativas para la evaluación de la vulnerabilidad climática a escala comunitaria. La tercera fase fue desarrollada de manera paralela a la anterior, para analizar el comportamiento del clima basándose en información meteorológica/climática disponible para el departamento de Sololá y el municipio de Concepción.

#### **4.1 Delimitación o alcance territorial**

La comunidad fue seleccionada en función de listado definido en el proyecto: Contribuyendo a paisajes socio-ecológicos resilientes ante el cambio climático para la prosperidad y nutrición familiar en Guatemala y El Salvador, priorizando comunidades con niveles altos de prevalencia de desnutrición en la población infantil. La delimitación espacial se basó en el conocimiento de los líderes comunitarios, quienes reconocen los límites territoriales de su territorio con las circunvecinas.

## **4.2. Análisis de vulnerabilidad climática con enfoque participativo**

- 4.2.1. El primer paso, consistió en la identificación de líderes comunitarios, agricultores, y la convocatoria de representantes del Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación -MAGA- y del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social -MSPAS- del municipio y otros actores sociales clave de ambos géneros.
- 4.2.2. Por medio de un taller focal se identificaron y se discutieron los diferentes medios de vida que emplean los hogares y su vulnerabilidad a través de la identificación de amenazas de índole climático y geofísicas detonadas por eventos hidrometeorológicos. Para gestionar el conocimiento sobre los medios de vida y las amenazas climáticas, se emplearon varias herramientas para la recopilación de información (matrices en papelógrafos), entre los cuales se mencionan: el calendario estacional, matriz y priorización de medios de vida, matrices de vulnerabilidad y mapeo de exposición histórica a amenazas climáticas.
- 4.2.3. Para la identificación de medios de vida de mayor relevancia dentro de la comunidad, se contó con la valoración de los participantes de manera colectiva sobre las principales actividades o medios de vida que emplean.
- 4.2.4. En cuanto a eventos o actividades agrícolas cíclicas de relevancia, se utilizó la herramienta calendario estacional, bajo la escala de meses del año natural para la identificación de los períodos de ocurrencia

de los fenómenos o el inicio y finalización de actividades relevantes.

- 4.2.5. Para el mapeo de exposición histórica de amenazas climáticas dentro de la comunidad, se construyó un croquis de la localidad, que permitió la identificación de los principales elementos de la comunidad como: áreas de vivienda, áreas de cultivos, escuela e iglesias. Así mismo, las áreas que están expuestas a amenazas o que fueron impactadas por fenómenos climáticos en el pasado.
- 4.2.6. Para la estimación de la vulnerabilidad de los principales medios de vida se empleó la matriz (cuadro) de vulnerabilidad de medios de vida y la de valoración escala de Likert de (0 a 3), donde: 0 = nulo, 1 = bajo, 2 = medio y 3 = alto. La herramienta brindó la oportunidad de la recolección de información de manera personalizada (individual) al recolectar la percepción de cada participante.
- 4.2.7. Toda la información obtenida a través de las distintas herramientas empleadas durante el taller fue compilada y organizada de manera digital utilizando hojas de cálculo de Excel entre otras herramientas.
- 4.2.8. En función de los insumos o información generada en las subsecciones anteriores, se discutió el efecto de las amenazas climáticas sobre los medios de vida y sus impactos en la seguridad alimentaria y nutricional de los hogares de la comunidad de estudio.

### **4.3. Análisis del comportamiento histórico de variables meteorológicas y climáticas.**

- 4.3.1. En función de los insumos o información generada en las subsecciones anteriores, se discutió el efecto de las amenazas climáticas sobre los medios de vida y sus impactos en la seguridad alimentaria y nutricional de los hogares de la comunidad de estudio.
- 4.3.2. Para el análisis de los datos climáticos y/o meteorológicos se requirió de un proceso de gestión/obtención de los registros de las estaciones meteorológicas del Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH) ubicadas en el departamento de Sololá como: Santiago Atitlán, Santa María El Tablón y El Capitán. Los datos correspondientes se registran a partir de 1994 hasta el año 2023. Así mismo, se gestionó información meteorológica de las estaciones que administra AMSCLAE, ANACAFE y la organización Vivamos Mejor, para el período 2016 a 2023.
- 4.3.3. Posteriormente se procedió a la revisión de datos faltantes y errores humanos en la transcripción en las bases de datos climáticos y meteorológicos. Así mismo, se verificó la continuidad y validez de los datos para luego analizarlos.
- 4.3.4. Se efectuó un análisis de temperatura a los datos de registros de máximos y mínimos absolutos y a los datos de promedio mensual. El análisis consistió en el uso de estadística descriptiva del conjunto de datos meteorológicos/climáticos para determinar las medidas de tendencia central, de dispersión y de posición. Además, se

efectuó un análisis de datos agrupados y de correlación lineal. Se efectuaron cálculos de probabilidades de ocurrencia de las distintas magnitudes para determinar la temperatura con probabilidad de ocurrencia de 10, 25, 50, 75 y 90%. El análisis de tendencia de temperatura se realizó mediante el análisis de promedio anual de temperatura, máximos y mínimos absolutos y su respectiva media móvil con periodo de 5 años.

4.3.5. Para el análisis de lluvia, se calculó las variables de estadística descriptiva para los registros mensuales y acumulados anuales, análisis de anomalía de lluvia anual y mensual, además, se determinó la magnitud de la lluvia mensual con probabilidad de ocurrencia de 10, 25, 50, 75 y 90%, con distribución Gamma generalizada extendida, ya que esta función no admite valores de cero, solo se realizó para la estación lluviosa, mayo – octubre. El análisis de tendencia de lluvia se realizó con correlación lineal y análisis de anomalías anuales. Se realizó análisis de correlación entre la anomalía de lluvia anual registrada en las estaciones INSIVUMEH Santiago Atitlán y Santa María, El Tablón con la anomalía de temperatura del Océano Pacífico en la región El Niño 3.4.

4.3.6. Para realizar el análisis del viento y lluvia diaria se utilizaron los datos de las estaciones meteorológicas de la AMSCLAE con periodo de registro desde 2021-2023. Además, se complementaron con datos de las estaciones meteorológicas de Santo Tomás Pachuj con registros desde 2019 y San Jerónimo Miramar con registros desde 2013, ambas de la Asociación Nacional de Café -ANACAFÉ-.

4.3.7. El modelamiento de la distribución espacial de las variables meteorológicas temperatura, lluvia, viento, fue con interpolación Inverso de la distancia de los valores promedio, máximos, mínimos y anomalías de las variables asociadas a la temperatura, lluvia y viento, para el análisis espacial y cartografía de los datos se empleó el software QGIS versión 3.20.3. El análisis estadístico de los datos se realizó con el software Microsoft Excel y el software InfoStat versión 2020.

4.3.8. En cuanto a los escenarios climáticos, se empleó el producto generado de la Universidad de Nebraska para Guatemala a una resolución espacial de 4 Km cuadrados. A partir de dichos insumos se elaboraron los mapas de escenarios climáticos en cuanto a temperatura máxima y promedio. Además, se proyectó la diferencia de lluvia que podría generarse para los meses de mayo, junio y julio.

# V. Resultados

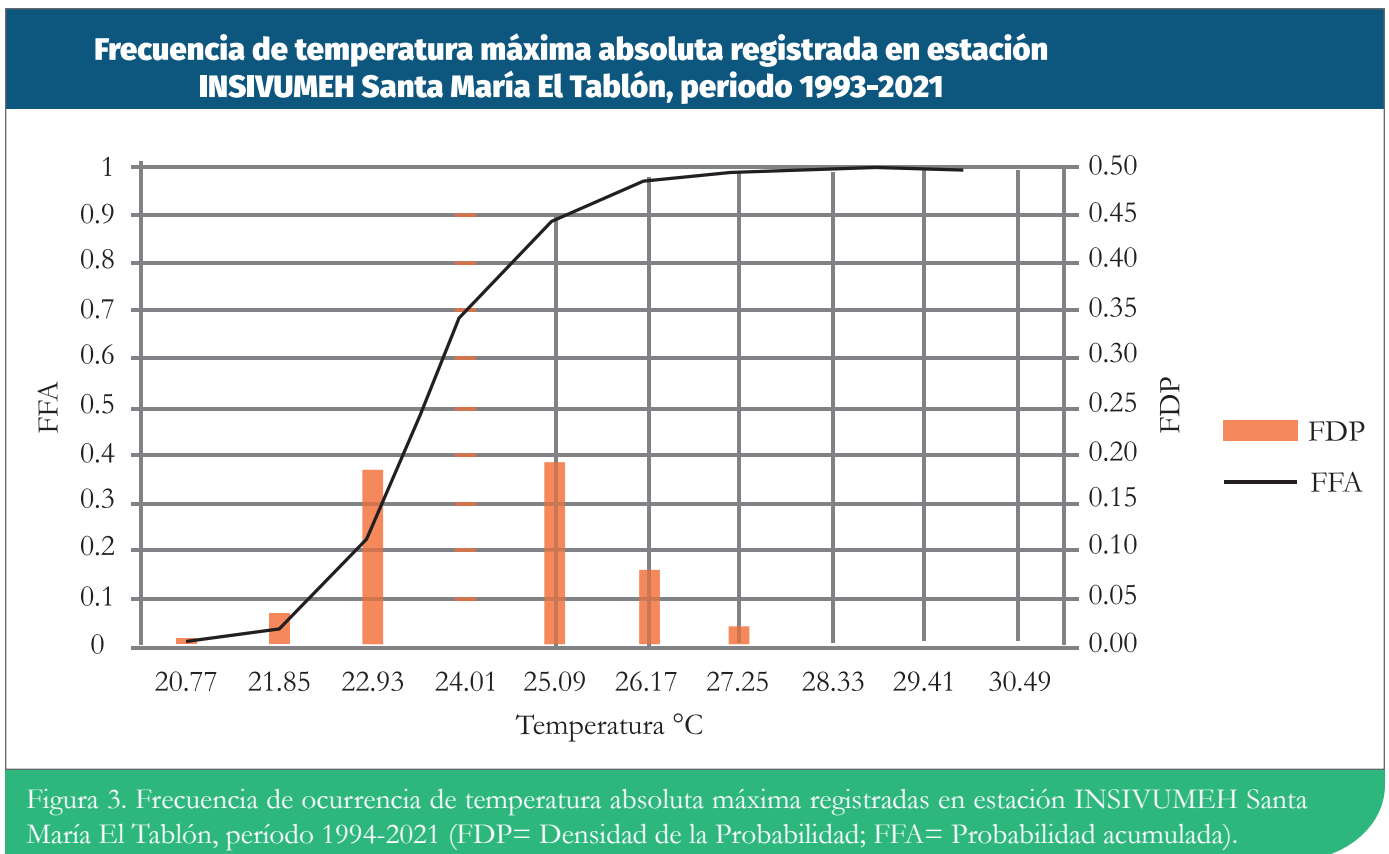
## 5.1. Análisis de vulnerabilidad climática del municipio de Concepción

### 5.1.1 Comportamiento climático de la zona norte de la cuenca de lago de Atitlán

La información climática para el departamento de Sololá empleado para el presente análisis se basa en los registros de las estaciones meteorológicas del INSIVUMEH Santiago Atitlán y Santa María El Tablón desde el año 1994.

### 5.1.1.1 Temperatura

La temperatura máxima absoluta mensual con mayor frecuencia (Figura 3), se encuentra en el rango de 22.94 a 24.0°C, con el 47.9% de los registros; mientras que un 19% de los registros de temperaturas se contabilizan entre 24.02°C y 25.09°C. Las temperaturas entre 25.1°C a 30.49°C son temperaturas extremas para el período analizado, ya que éstas superan la probabilidad empírica del 90% de los registros de temperatura.



### Comportamiento de la temperatura máxima mensual registrada en estación INSIVUMEH Santa María El Tablón, período 1993-2023

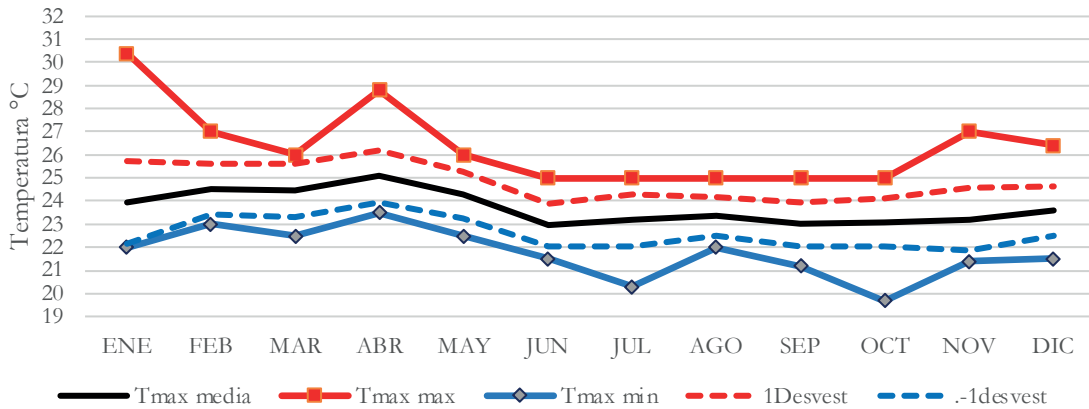


Figura 4. Temperaturas máximas absolutas mensuales registradas en estación INSIVUMEH Santa María El Tablón, período 1993-2023.

El comportamiento de la temperatura máxima mensual tiende a incrementarse desde el mes de noviembre (Figura 4) hasta alcanzar los registros más altos de temperatura en los meses de enero y abril, y descendiendo en mayo y junio. A partir de junio hasta octubre se registran los valores más bajos de temperaturas máximas durante el año. Los

valores de temperaturas máximas van desde los 19.7°C hasta los 30.5°C. La temperatura máxima representa la temperatura diurna, por lo tanto, los días más frescos se presentan en los meses de junio a octubre, mientras que, los días más calurosos se registran en el mes de noviembre a mayo (Figura 4).

### Comportamiento de la temperatura mínima mensual registrada en estación INSIVUMEH Santa María El Tablón, período 1993-2023

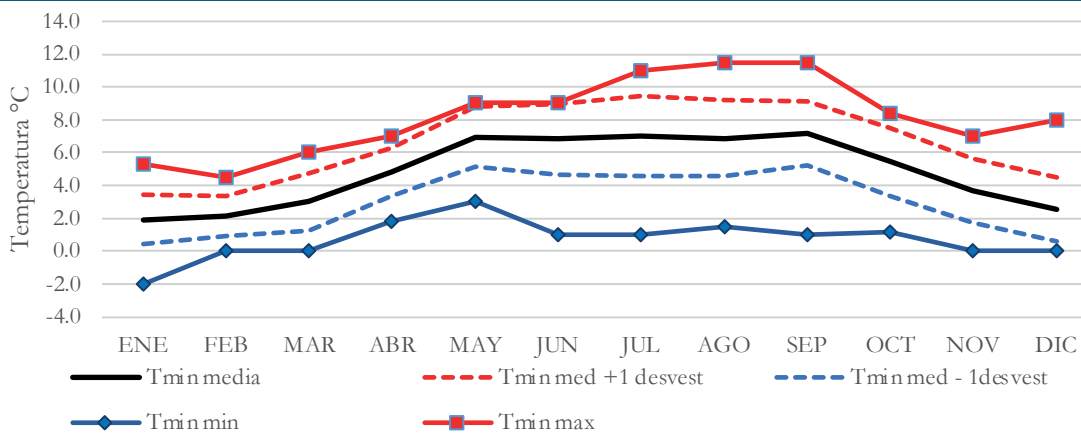


Figura 5. Comportamiento de la temperatura mínima absoluta mensual registrada en estación INSIVUMEH Santa María El Tablón, período 1993-2023.

La dinámica de la temperatura mínima durante el año es contraria al comportamiento de la temperatura máxima (Figura 5), observándose una reducción en los valores de la temperatura mínima a partir de noviembre hasta marzo y con incrementos a partir de abril. Los datos de temperaturas mínimas con valores más altos se registran desde mayo hasta septiembre. Las temperaturas mínimas representan la temperatura nocturna/madrugada, por lo tanto, las noches más frías se registran desde de noviembre hasta marzo y las noches más calurosas se registran desde abril hasta octubre. El valor promedio de los registros de temperaturas mínimas absolutas de la estación Santa María El Tablón, para el periodo 1993-2020, fue de 4.93°C.

Las temperaturas comunes o con mayor frecuencia son las que se encuentran entre las probabilidades de ocurrencia del 25 y 75%, siendo de 3.07°C y 6.79°C, respectivamente. Las temperaturas mínimas extremas son inferiores a 1.4°C y su ocurrencia está por debajo del 10% de probabilidad, mientras que

la temperatura que excede el 90% probabilidad de ocurrencia, son aquellas superiores a 8.47°C. Las noches/madrugadas frías para la zona de estudio son aquellas donde la temperatura se encuentra entre 1.4°C y 3.07°C.

### 5.1.1.2 Lluvias

Como se mencionó anteriormente, el análisis de la lluvia (precipitación) en el departamento de Sololá se efectuó utilizando datos de las estaciones de referencia Santa María, El Tablón y Santiago Atitlán. Además, se incluyó la estación de Labor Ovalle, ubicada en el departamento de Quetzaltenango.

El análisis mostró una correlación lineal positiva entre la lluvia registrada en las estaciones mencionadas, siendo más alta entre las estaciones Santiago Atitlán y Labor Ovalle (R<sup>2</sup> 0.74). La correlación entre las estaciones Santiago Atitlán y Santa María El Tablón fue moderada (R<sup>2</sup> 0.459), mientras que entre las estaciones Labor Ovalle y Santa María El Tablón, el coeficiente fue R<sup>2</sup> 0.559.

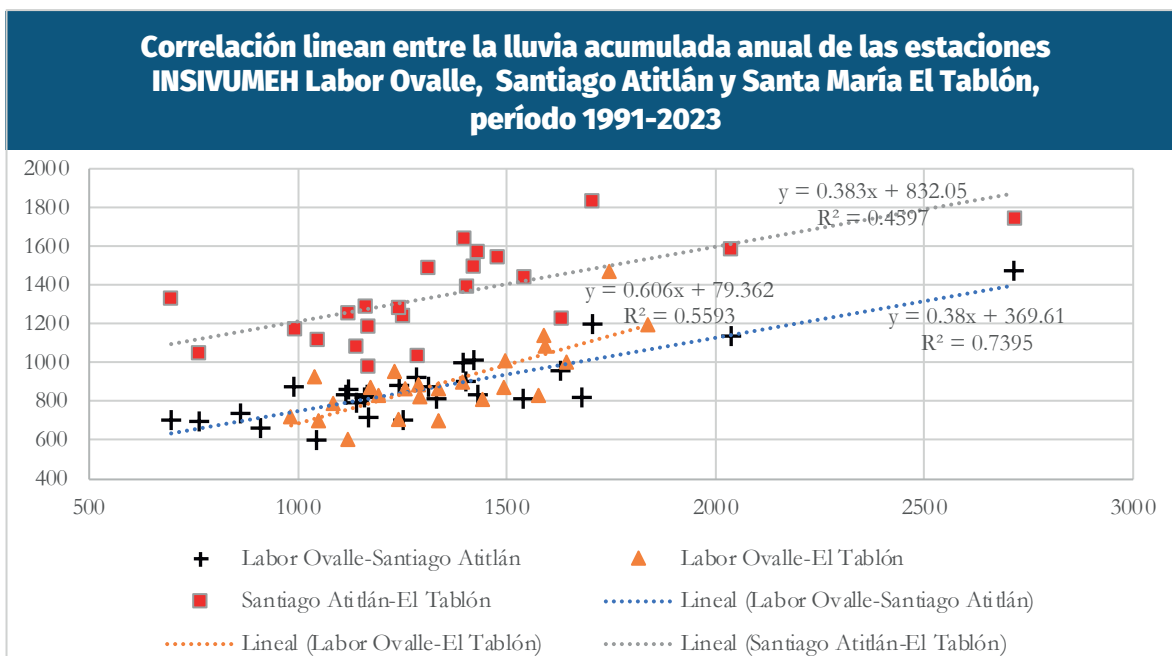


Figura 6. Correlación lineal de la lluvia acumulada anual entre las estaciones INSIVUMEH Labor Ovalle, Santiago Atitlán y Santa María El Tablón, período de referencia: 1991-2023.

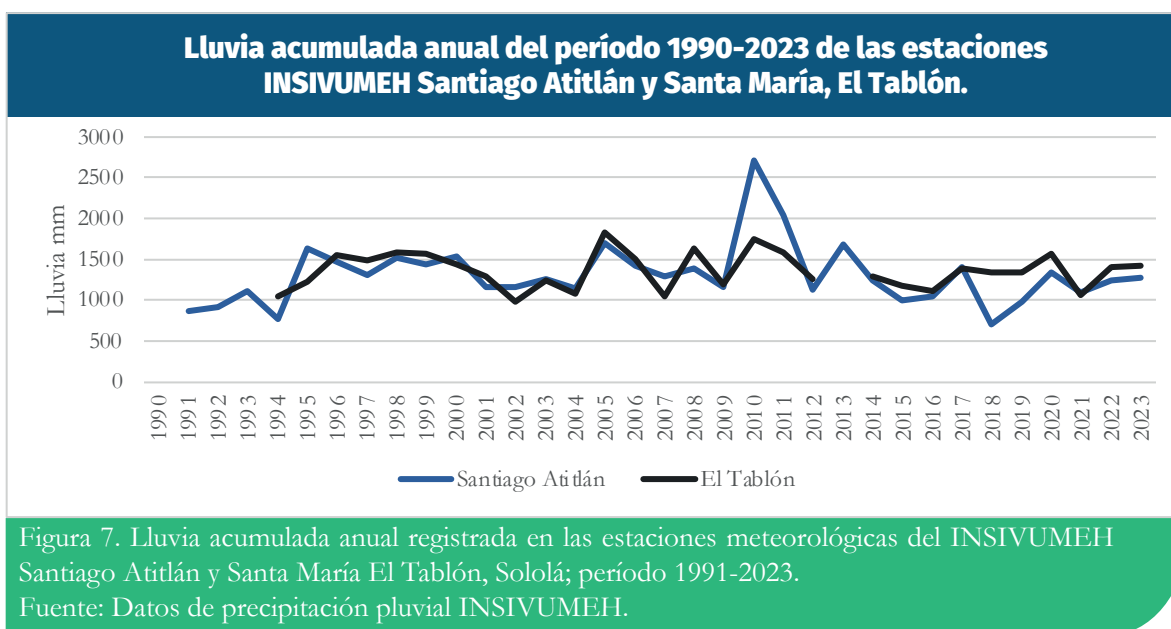
Cuadro 1. Ecuaciones de correlación y coeficientes de determinación de la lluvia anual de las estaciones meteorológicas de INSIVUMEH: Santiago Atitlán, Santa María El Tablón y Labor Ovalle.

X	Y Labor Ovalle		Y El Tablón	
	Ecuación	R <sup>2</sup>	Ecuación	R <sup>2</sup>
Santiago Atitlán	$y = 0.38x + 369.61$	0.74	$y = 0.383x + 832.05$	0.46
El Tablón	$y = 0.606x + 79.362$	0.559		

La relación entre la precipitación en la región del departamento de Sololá puede estar influenciada por el efecto climático continental. Se estimó el índice continental térmico y categoriza al clima de la zona de influencia de las tres estaciones como un clima Semicontinental. El índice continental termo pluviométrico propuesto por Del Valle, J. (1991), considera la diferencia pluviométrica entre la época lluviosa y la no lluviosa. Para los datos registrados por

las estaciones Santiago Atitlán y Labor Ovalle presentan un mayor índice continental que en el caso de Santa María El Tablón, con índices de 29.6, 16.4 y 6.9, respectivamente.

La lluvia acumulada anual registrada en el periodo 1993-2023 para la zona norte-este del departamento de Sololá (estación Santa María el Tablón) está comprendida entre 975 mm y 1837mm.



En el departamento de Sololá, la lluvia interanual varía en un 40 % con respecto al promedio anual del periodo 1990-2023, según datos de las estaciones del INSIVUMEH en Santiago Atitlán y Santa María, El Tablón. El año 2010, presentó el acumulado anual más extremo, superando en 107% el promedio anual en la estación Santiago Atitlán y el 28 % en la estación Santa María, El Tablón.

La anomalía de lluvia acumulada anual muestra cierta relación con la anomalía de temperatura del océano Pacífico en la región El Niño 3.4 (figura 8). Se observó que, cuando la anomalía

de temperatura en el océano Pacífico estuvo por debajo del promedio, la lluvia en el departamento de Sololá registró incremento. En contraste, un incremento en la temperatura oceánica se asoció con una reducción de las lluvias en la región. La correlación lineal de Pearson entre la anomalía de temperatura del océano Pacífico y la lluvia registrada en las estaciones Santiago Atitlán y Santa María fue de 0.55 y 0.52, respectivamente. Sin embargo, los coeficientes de determinación R2 fueron relativamente bajos (0.30 y 0.278), indicando una relación moderada entre ambas variables.

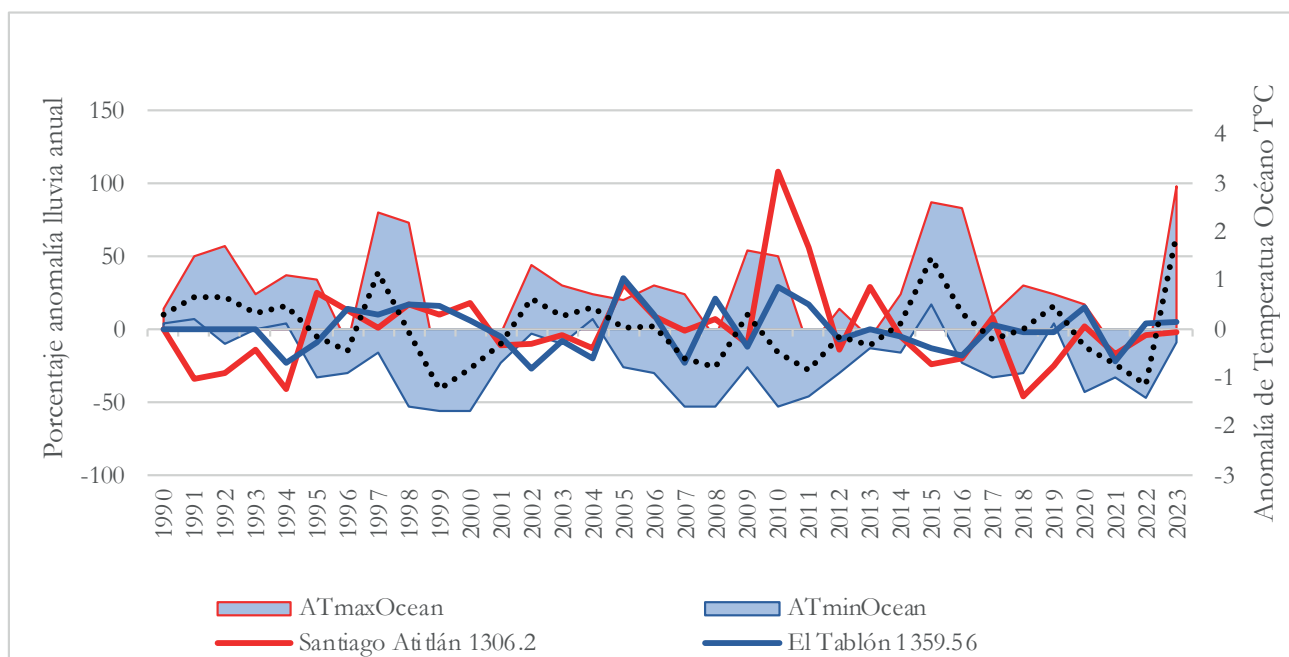


Figura 8. Anomalía de lluvia expresada en porcentaje del promedio anual del período 1990-2023, registrado en las estaciones de INSIVUMEH Santa María El Tablón y Santiago Atitlán  
Fuente: Gráfica elaborada con datos de INSIVUMEH y NOAA (2024).

La reducción de la temperatura de las aguas superficiales del océano Pacífico a menos del valor promedio alcanzando  $-0.5^{\circ}\text{C}$ , se considera como una fase fría y se cataloga como La Niña, mientras que, sí la temperatura de las aguas superficiales del océano Pacífico es superior al

promedio a más de  $0.5^{\circ}\text{C}$  se cataloga como El Niño y es la fase cálida del ENOS (CIIFEN, 2017). El efecto de cada fenómeno influye en la lluvia que se registra en el departamento de Sololá y el territorio guatemalteco en general, dado a esas teleconexiones climáticas existentes.

### 5.1.1.3. Inicio de la estación lluviosa

La estación lluviosa en el departamento de Sololá se establece en mayo, en el presente análisis se emplea el criterio de inicio de lluvia, cuando el acumulado de lluvia supera la evapotranspiración mensual (117 mm), que es la evapotranspiración promedio mensual acumulada, derivada de la evapotranspiración anual de 1,400 mm (INSIVUMEH, 2002). La ocurrencia de la lluvia en las cantidades que

supere la evapotranspiración potencial mensual se ha observado desde abril en la estación Santa María, El Tablón. Mientras que en la estación Santiago Atitlán, la lluvia ha superado la evapotranspiración mensual en el registro de 29 años con un evento en febrero, un evento en marzo y un evento en abril, estando asociados, posiblemente a los frentes fríos de la temporada invierno-primavera en el hemisferio norte.

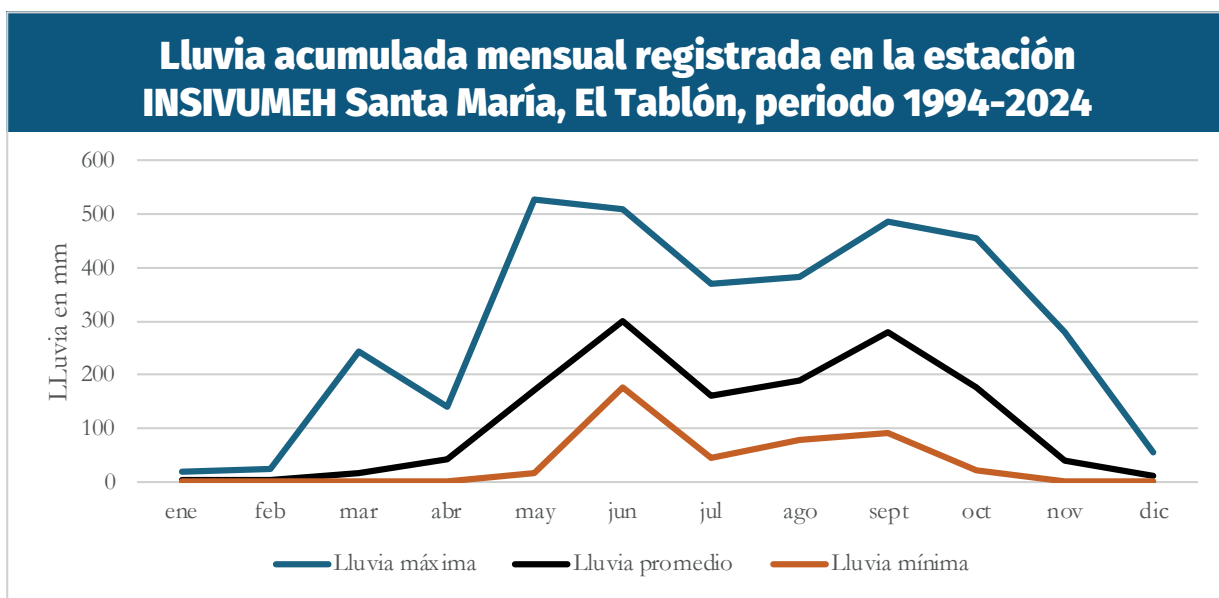


Figura 9. Gráfica de lluvia acumulada mensual registrada en la estación INSIVUMEH Santa María, El Tablón, periodo 1994-2024.

Los registros de lluvias en la estación del INISIVUMEH Santa María El Tablón en el periodo 1993-2024, mostró la ocurrencia de lluvias en los meses de enero hasta abril, sin embargo, para el mismo período (enero-abril) en otros años, donde no hubo lluvia. A partir del mes de abril la lluvia se incrementa, con promedio de 41.5 mm, los valores de lluvia normal entre las probabilidades porcentuales de 25% y 75% son de 18.1 mm y 64.9 mm, respectivamente. La cantidad máxima registrada de lluvia en el mes de abril fue de 139.8mm y la mínima de cero. Desde el mes de mayo hasta

el mes de noviembre no se registraron meses sin lluvia en el periodo de observación de 1993-2023.

### 5.1.1.4. Lluvias fuertes

En los registros mensuales de la estación Santa María El Tablón, se tienen acumulados de lluvia que han excedido los valores con probabilidad del 90%, que son eventos extremos entre los registros máximos (Figura 10). Los eventos extremos de lluvia mensual ocurrieron en mayo de 2010 con 527 mm, junio de 2005 con 469.1 mm, julio de 2011 con 368 mm, agosto de 2010

con 382 mm, septiembre de 1997 con 422.6 mm, octubre de 2019 con 456.1 y noviembre de 1998 con 279.4 mm; dichos eventos de máximos acumulados mensuales se asocian a la influencia de eventos ciclónicos tropicales, tales como: el huracán Mitch (26 de octubre y 4 de noviembre de 1998), el huracán Stan (3 y 5 de octubre de 2005); la tormenta Agatha (mayo de 2010), la depresión tropical 12E (octubre de 2011). Se han registrado otros acumulados mensuales de lluvia que han excedido el percentil 90, sin estar asociados a fenómenos ciclónicos tropicales, por ejemplo: un evento ocurrió en mayo, tres

en junio, dos en julio, tres en agosto, dos en septiembre y tres en octubre.

Los datos meteorológicos (2021 – 2024) específicos para el municipio de Concepción (AMSCLAE), registran el máximo acumulado mensual para junio de 2024 con 437.0 mm, seguido por mayo y septiembre de 2022 con 246.0 mm y 242.4 mm, respectivamente. En mayo 2024, el acumulado de lluvia fue de 8.6 mm, el valor más bajo de los registros en dicho territorio.

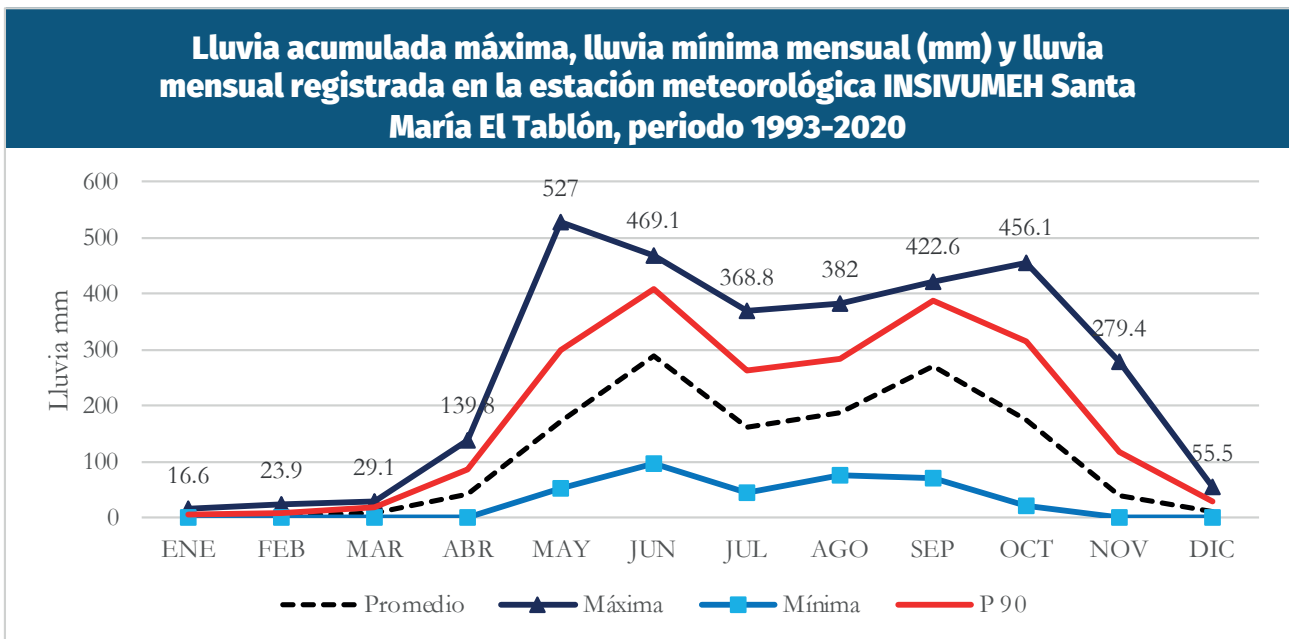


Figura 10. Lluvia acumulada mensual máxima, mínima, promedio y lluvia con probabilidad de ocurrencia del 90% en estación meteorológica de INSIVUMEH Santa María, El Tablón.

La figura 11 presenta las lluvias con mayores acumulados mensuales registradas en la estación de Santa María El Tablón. Los acumulados mensuales de lluvia se consideran extremas, cuando superan el percentil 90 de los registros

de lluvia. Para la zona norte del departamento de Sololá se registró en mayo de 2010 un acumulado de 527 mm. Seguido de 456.1 mm de lluvia acumulada en octubre de 2005.

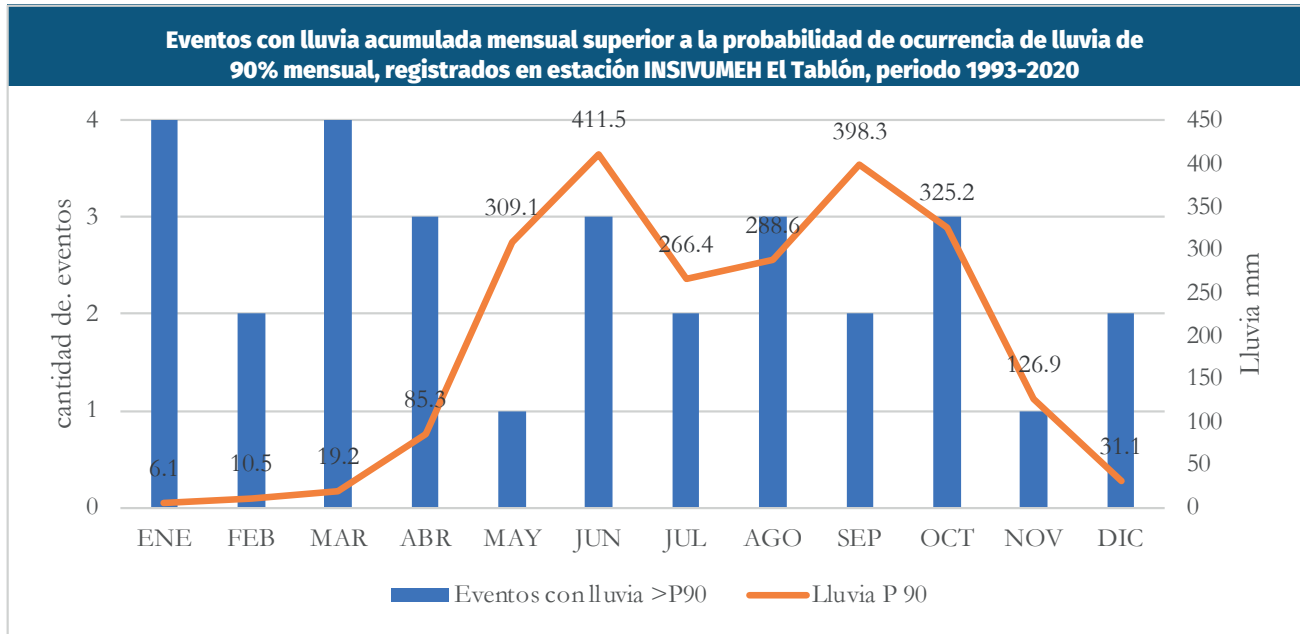


Figura 11. Cantidad de eventos que igualaron o superaron la lluvia acumulada mensual con probabilidad de 90% registrada en la estación meteorológica de INSIVUMEH Santa María El Tablón, período 1993-2020.

Los máximos acumulados mensuales, como se indicó, se asocian a fenómenos meteorológicos de gran escala, como ciclones tropicales en sus diferentes categorías, fenómenos que han tenido impacto en el departamento de Sololá, como el huracán Stan (octubre de 2005), donde la lluvia acumulada de octubre fue de 386.5 mm, que superó la probabilidad del 90% de lluvias de octubre en la estación Santa María, El Tablón. El máximo acumulado de lluvia diario para la zona norte del departamento de Sololá se registró para el 30 de mayo de 2010 con 215.8 mm debido a los efectos de la tormenta Agatha. Otros eventos significativos incluyen el 03 de junio de 2014 con 180.5 mm y el 05 de octubre de 2005 166 mm por efectos de la tormenta Stan. En cuanto a datos más recientes (2020-2024), el mayor acumulado diario fue 109.5 mm, registrado el 16 de junio de 2024, sin influencia de evento ciclónico.

Para el municipio de Concepción, el mayor acumulado en un solo día fue de 67.2 mm, registrado el 17 de junio de 2024; seguido por 63.00 mm el 27 de septiembre de 2022. Respecto a la lluvia acumulada en una hora; los valores más altos se registraron el uno de julio de 2023 y el 27 de abril de 2024, con 33.8 mm y 34.0 mm, respectivamente. Dichos acumulados se clasifican como lluvias torrenciales.

En la estación de Santiago Atitlán, la lluvia en octubre de 2005 fue de 496.1mm, superando la probabilidad del 90% (333 mm) para ese mes. Los máximos de lluvia en un día que se han registrado en el departamento de Sololá, en su mayoría asociados con fenómenos ciclónicos, siendo éstos el huracán Mitch 1998, tormenta Stan 2005, tormenta Agatha 2010, depresión tropical 12 E 2011, tormenta tropical Boris 2014 y en el año 2015 en junio y septiembre influenciados por fenómenos locales.

Cuadro 2 Lluvia máxima acumulada en un día durante los fenómenos meteorológicos ocurridos en el periodo 1991-2023 en Sololá.

Estación	Huracán MITCH 1998	Tormenta tropical STAN 2005	Tormenta tropical AGATHA 2010	Depresión tropical 12E 2011	Tormenta Tropical BORIS 2014	2015	Lluvia Máxima en un día mm
EL Capitán	252	144.6	322	95	213	116	322
EL Tablón	146	166	215	180.5	181	105	215
Santiago Atitlán	95	230	145	75.9	76	74.8	230

La figura 12 muestra la distribución espacial de las lluvias máximas registrada en un día en el territorio del departamento de Sololá. Donde

resalta que el territorio de San Lucas Tolimán y San Antonio Palopó fueron afectados por acumulados superiores a los 279 mm/día.

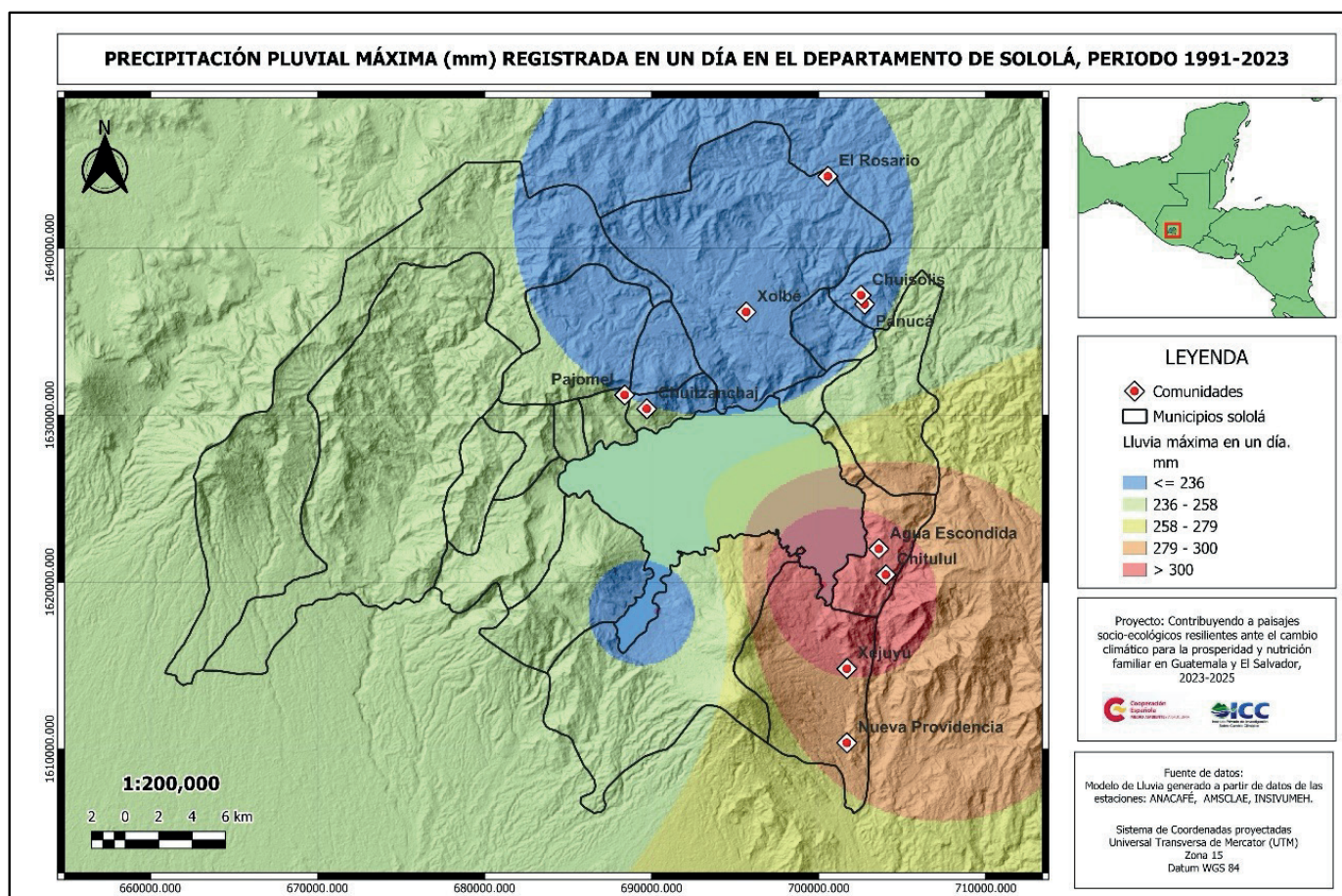


Figura 12 Mapa de eventos de lluvia máxima registrada en un día en las estaciones del INSIVUMEH El Capitán, El Tablón y Santiago Atitlán, periodo 1991-2023.

En cuanto a la distribución espacial de los máximos acumulados de lluvia durante una hora (figura 13), resalta que la zona norte del departamento de Sololá y en el municipio de

Santiago Atitlán se han presentado lluvias mayores de 60 milímetros en una hora, lluvia clasificada según la AEMET (2023) como lluvias torrenciales

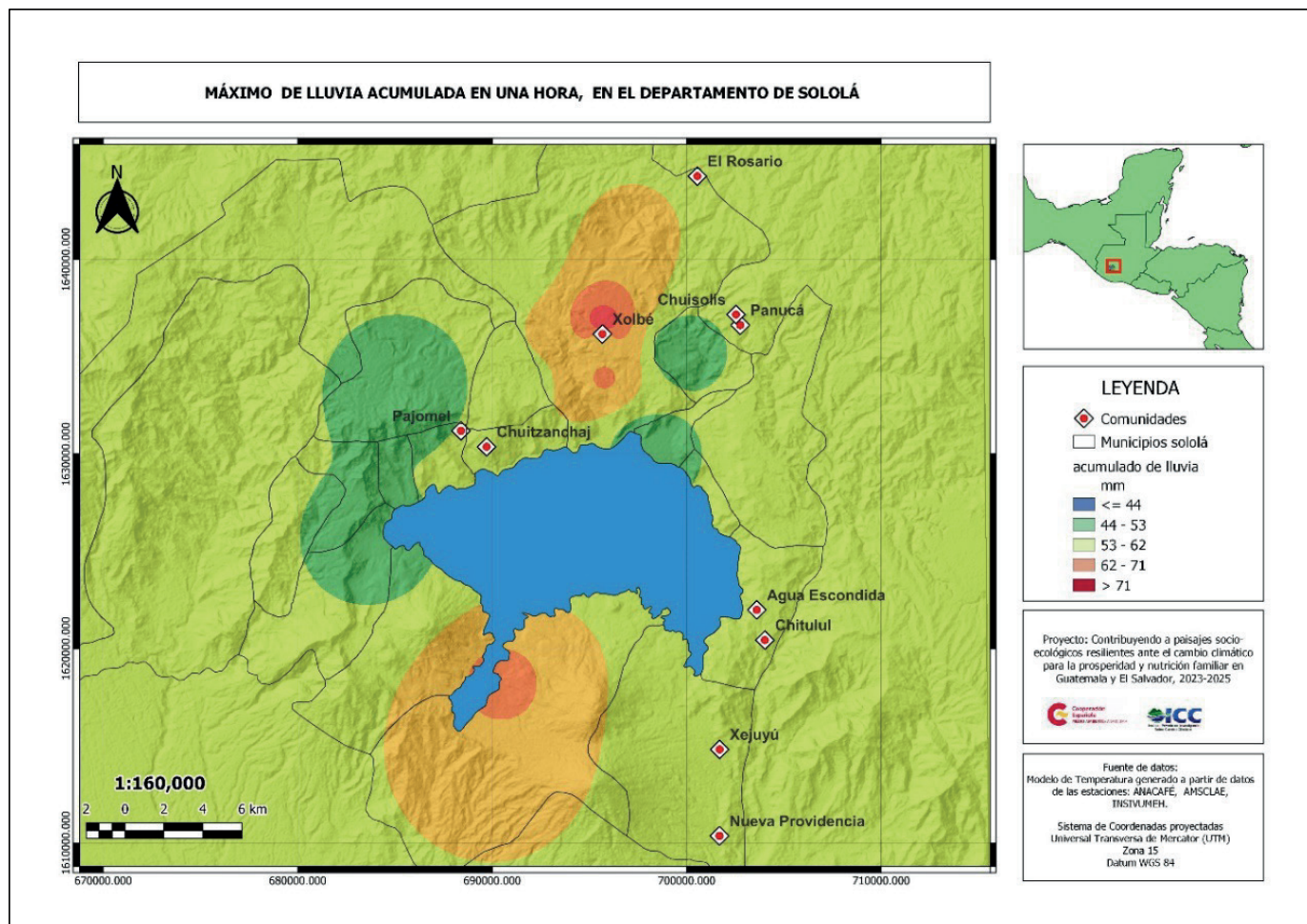


Figura 13. Mapa de distribución de máximos acumulados de lluvia en una hora en el departamento de Sololá. Fuente. Mapa elaborado con datos de INSIVUMEH, ANACAFÉ, AMSCLAE.

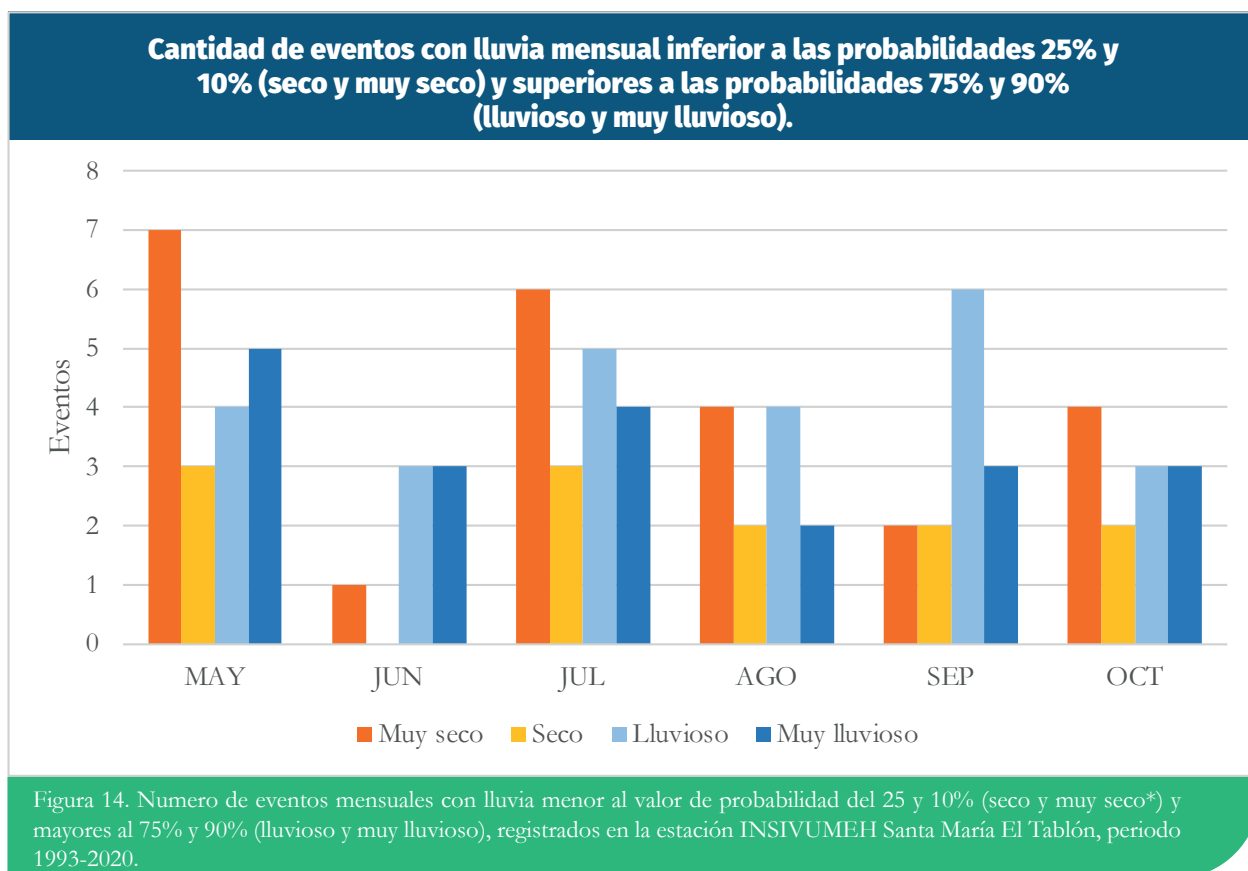
### 5.1.1.5 Sequía/ canícula

El suceso de meses donde la lluvia se encuentra entre la probabilidad de ocurrencia de 25 y 10%, considerándose como meses secos o inferiores a la probabilidad del 10%. De acuerdo con los registros, mayo y julio son los que registraron la mayor cantidad de eventos mensuales muy secos, con 7 y 6 eventos respectivamente, seguidos de los meses de agosto y octubre con 4 eventos cada uno.

Los eventos de lluvia acumulada mensual con probabilidad inferior al 10 % representan un acumulado de lluvia mensual inferior al potencial de evapotranspiración, siendo ésta de 114 mm (INSIVUMEH, 2002) para los meses de 30 días y 117.8 para los meses con 31 días. Por lo tanto, los meses de mayo y julio son los meses que más eventos categorizados como muy secos, siendo esta sequía de tipo meteorológica y agrícola.

Las sequías pueden ocurrir al inicio de la estación lluviosa, retrasándose el inicio de la lluvia o con regímenes de lluvia inferiores a los necesarios para que se desarrollen las plantas (Sequía agrícola), como en el año 2001, donde las lluvias se concentraron en cortos periodos

seguidos de semanas sin lluvia, situación que redujo la producción de maíz y frijol de secano. El año 2009 con un comportamiento similar al 2001. Para el año 2014, se presentó una canícula prolongada, iniciando en julio y que se prolongó hasta agosto, durando hasta 45 días sin lluvia.



En la figura 14, se observa la cantidad de eventos mensuales con probabilidades de ocurrencia de 10, 25, 75 y 90%. Donde los meses con lluvia con probabilidad inferior al 10%, se clasifican como muy seco. Para mayo

se registraron la mayor cantidad de eventos muy secos, seguido de julio con 6 eventos, agosto y octubre con 4 eventos cada uno, siendo los meses de mayo y julio donde se presentan las sequías agrícolas.

## Anomalia de lluvia acumulada bimestral mayo-junio, julio-agosto, estación Santa María El Tablón

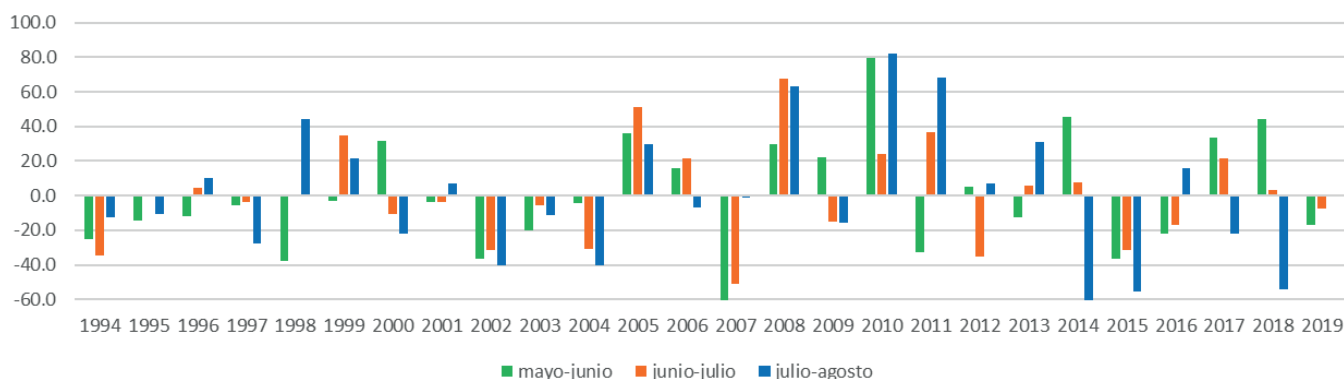


Figura 15. Anomalia de lluvia bimestral mayo-junio, junio-julio y julio-agosto, estación Santa María, El Tablón.

El análisis de la anomalía de lluvia por bimestre (Figura 15), señala los bimestres donde la lluvia fue inferior al promedio e indicando cuando estos fueron consecutivos, en este caso, se identifican los años 1994, 2002, 2004 y 2014, donde la lluvia se redujo durante los meses de mayo a agosto, también señala los años donde la lluvia fue escasa en su temporada de inicio, bimestre mayo-junio, años 1998, 2002, 2007, 2011 y 2015. Así mismo, se evidencian los meses donde ocurre la canícula, bimestre julio-agosto, donde los años más intensos fueron 2014, 2015 y 2018.

### 5.1.1.6 Vientos

El viento es definido por Ruiz, F. & Serna, J. (2020) como el movimiento horizontal del aire. Los mismos autores indican que el movimiento del aire es ocasionado por el diferencial de presión que se genera por el calentamiento desigual de la superficie terrestre y la atmósfera y por cambios altitudinales.

Los vientos con mayor frecuencia del municipio de Concepción alcanzan velocidades entre 0 y 9.7 kilómetros por hora (figura 14). La velocidad máxima del viento registrada, período 2021-2024, fue entre los 40.0 y 69.2 Km/h y con una frecuencia baja, hasta el 0.0015%.

### Frecuencia relativa de velocidades de viento en Panucá, Concepción 2021 - 2024

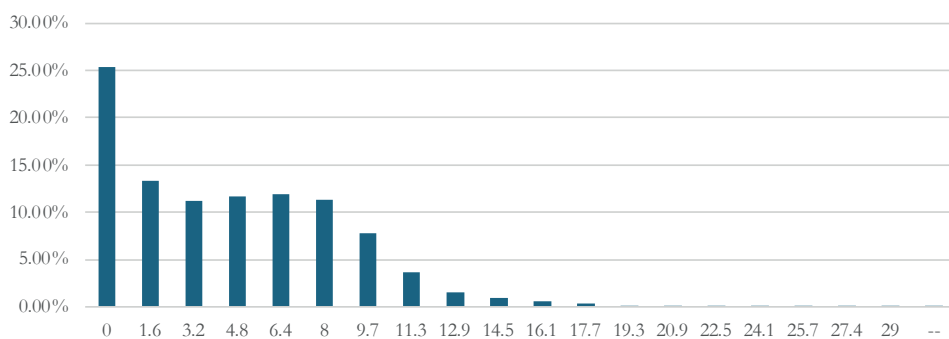


Figura 16. Frecuencia acumulada de velocidad máximas del viento registrada en la estación meteorológica automática de Concepción

Fuente: Elaborado con datos de estación AMSCLAE Concepción

Para el municipio de Concepción los vientos pueden alcanzar velocidades máximas entre 62 y 74 km/hr (Figura 18) con rumbos norte y noreste (de acuerdo con modelación) que concuerdan con los registros de la estación localizada en el municipio de Concepción, donde se han alcanzado velocidades entre 40.0 y 69.2 Km/h.

**Frecuencia relativa y dirección de eventos de vientos máximos periodo 2021-20214, estación AMSCLAE Concepción**

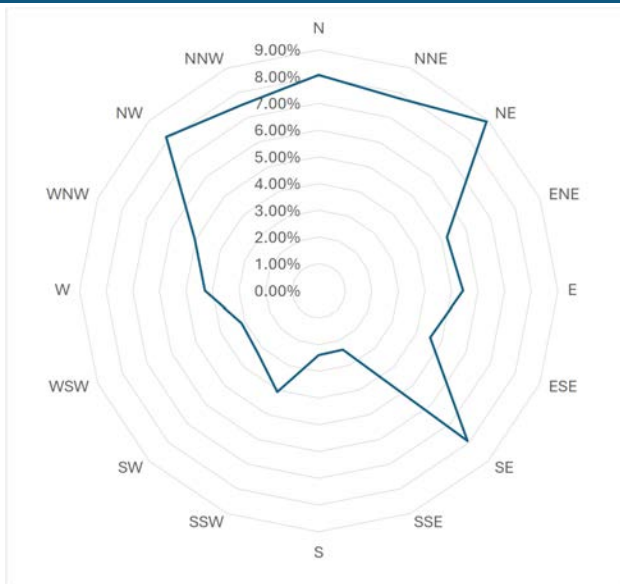


Figura 17 Dirección de los vientos con máxima velocidad registrada para el territorio Concepción, Sololá.  
Fuente: Elaborado con datos de la estación AMSCLAE Concepción.

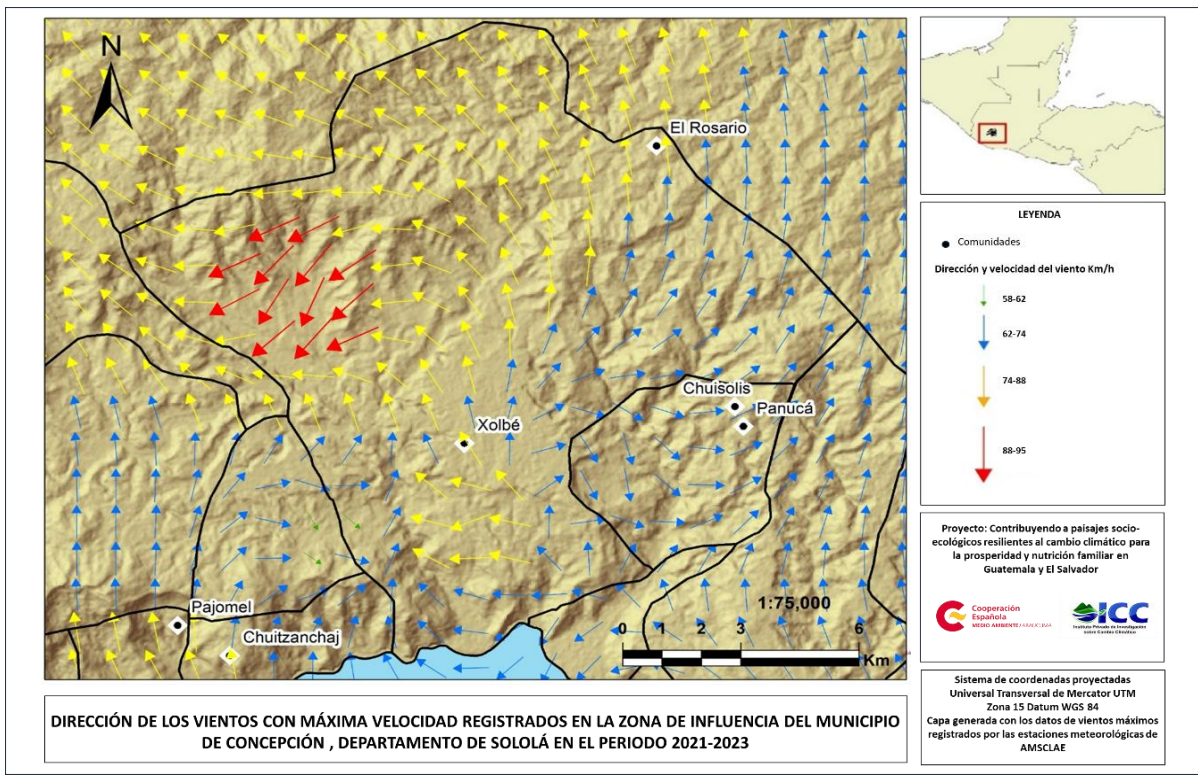


Figura 18. Mapa de velocidad y dirección de los vientos con máxima velocidad registrados en el municipio de Concepción, en el período 2021-2023.  
Fuente: Elaboración propia con datos de estaciones AMSCLAE.

La distribución del comportamiento de los vientos fuertes y su clasificación en la escala Beaufort en la zona norte del del departamento de Sololá (Figura 19), evidencian que los vientos se encuentran en la escala de 7 a 9. La escala Beaufort 7 presenta velocidades de 50-61 km/h que impide a las personas caminar contraviento, tiene la capacidad de mover árboles grandes. La categoría Beaufort 8, clasifica a los vientos con

velocidades de 62 a 74 km/h que provocan el quiebre de copas de los árboles, la locomoción de personas es difícil y tiene la capacidad de mover vehículos. La escala Beaufort 9, se refiere a vientos con velocidades de 74 a 88 km/h, que provoca daños en árboles, es imposible para las personas caminar con normalidad, provoca daños en construcciones y arrastra vehículos.

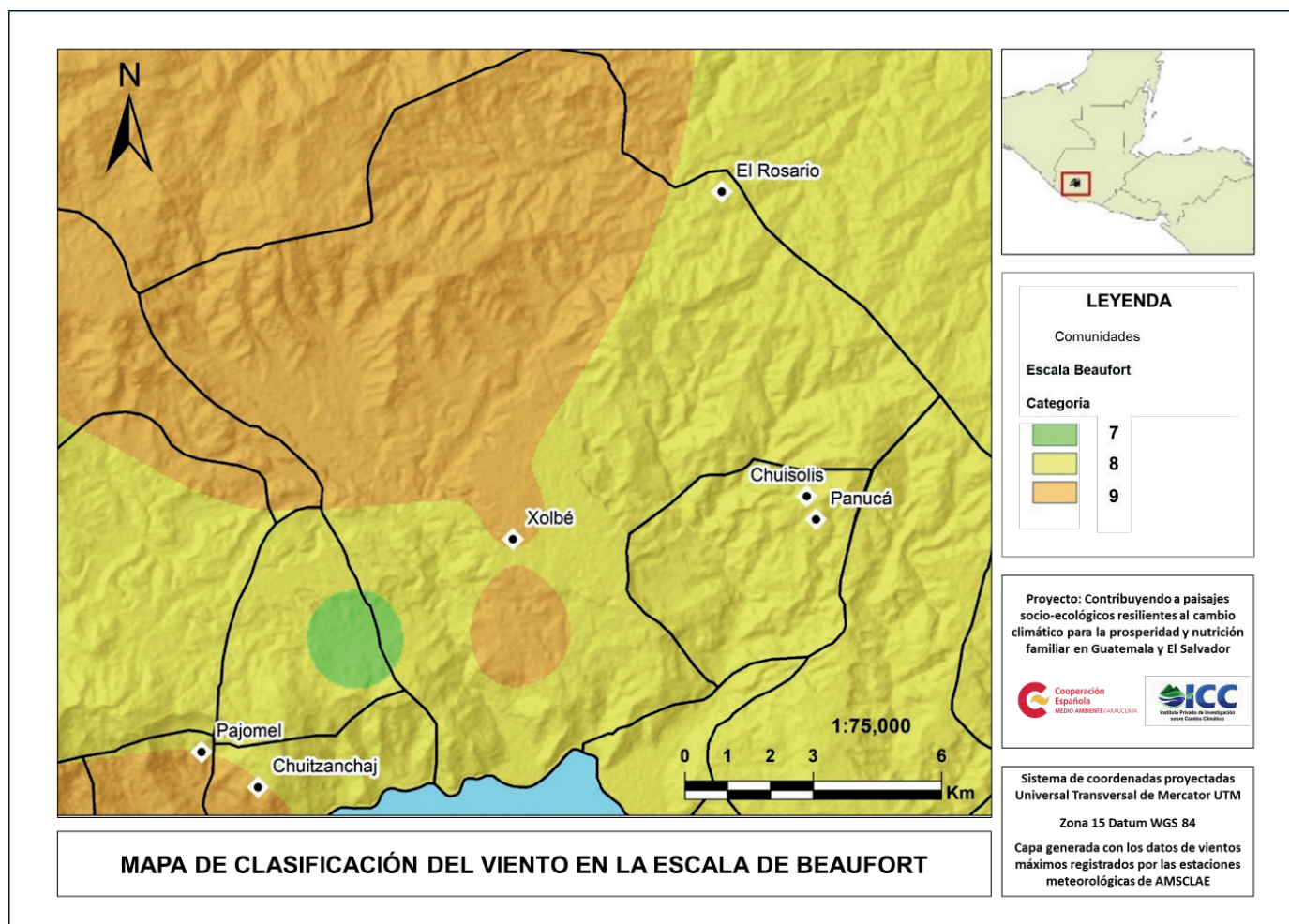


Figura 19. Mapa de los vientos bajo la escala Beaufort en el municipio de Concepción, periodo 2021-2023.

### 5.1.2. Cambios en el clima

El cambio climático supone la mayor amenaza para la población en general y los pequeños productores rurales, especialmente de las comunidades pobres y más vulnerables. Esta presión se produce a través de fenómenos meteorológicos extremos cada vez más frecuentes, como sequías, tormentas e inundaciones, así como de cambios graduales como una duración más breve de la estación húmeda y su inicio tardío, la subida del nivel del mar y el deshielo de los glaciares (FAO, FIDA, OMS, PMA y UNICEF, 2023).

IPCC (2014), define el cambio climático como la variación del estado del clima, identificable en las variaciones del valor medio o en la variabilidad de sus propiedades, que persiste durante largos períodos de tiempo, generalmente decenios o períodos más largos. El cambio climático y el calentamiento de la atmósfera, el océano y la tierra, debido a la influencia humana es inequívoco.

El rango probable de aumento total de temperatura global en superficie provocado por las actividades humanas de 1850-1900 a 2010-2019 oscila entre 0.8°C y 1.3°C. En cuanto a la lluvia (precipitación) media mundial sobre las superficies continentales haya aumentado desde 1950, con un ritmo de aumento más rápido desde la década de 1980 (IPCC, 2021). Los cambios en la biosfera terrestre desde 1979 son coherentes con el calentamiento global; las

zonas climáticas desplazados hacia los polos en ambos hemisferios. El nivel de mar global aumentó 0.20 metros entre 1901 y 2018 (IPCC, 2021).

En el contexto guatemalteco, el promedio de lluvia anual a nivel nacional ha aumentado 52 milímetros desde 1981. El 62% de las estaciones evaluadas tiene un incremento de lluvia para el período de evaluación, presentando una variación entre uno a 43%, respecto al promedio de la estación, 1981-2000, (Bardales Espinoza et al., 2019).

La temperatura media anual para Guatemala ha mostrado un incremento promedio de 0.6°C desde 1971. El comportamiento histórico de la temperatura muestra una clara tendencia al incremento en sus valores (calentamiento), condicionada por el predominio de anomalías positivas a finales de los años 80 (Bardales Espinoza et al., 2019).

#### 5.1.2.1. Cambios en la lluvia

Debido a los pocos registros históricos de variables climáticas que existe en el departamento de Sololá, se han utilizado datos de la estación de Santiago Atitlán, como referencia más cercana. De acuerdo con Guerra (2010), los registros de la estación meteorológica de Santiago Atitlán, presenta una tendencia de incremento de la cantidad de lluvias de acuerdo con los datos de 1979-2009 (Figura 20).

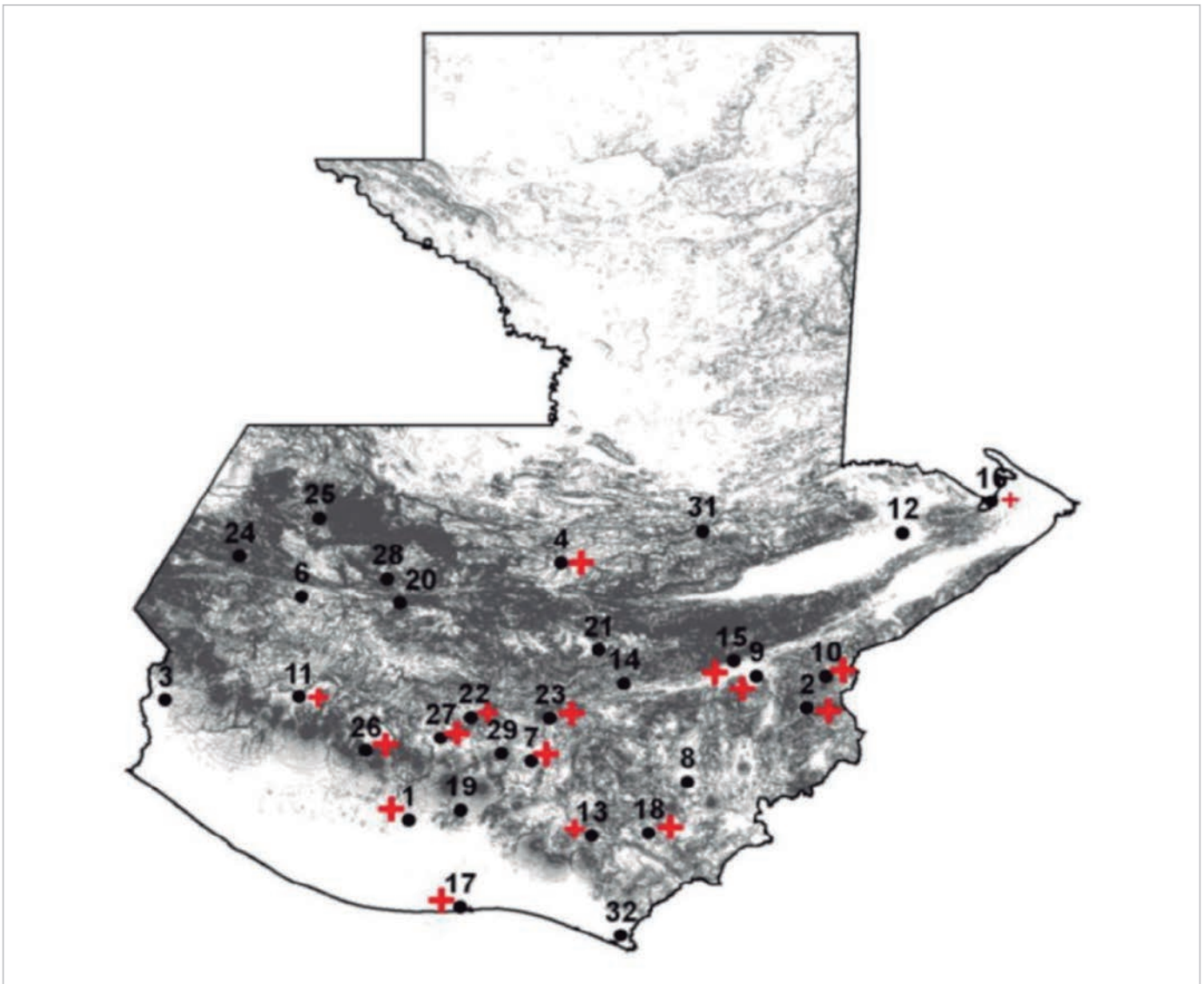


Figura 20. Tendencia de precipitación anual en Guatemala.  
Fuente: Guerra, A. 2010.

En cuanto a lluvias extremas, los registros de la estación meteorológica de Santiago Atitlán, nos revela que no existe tendencia estadística de

lluvias extremas en la zona sur del departamento de Sololá (Figura 21).

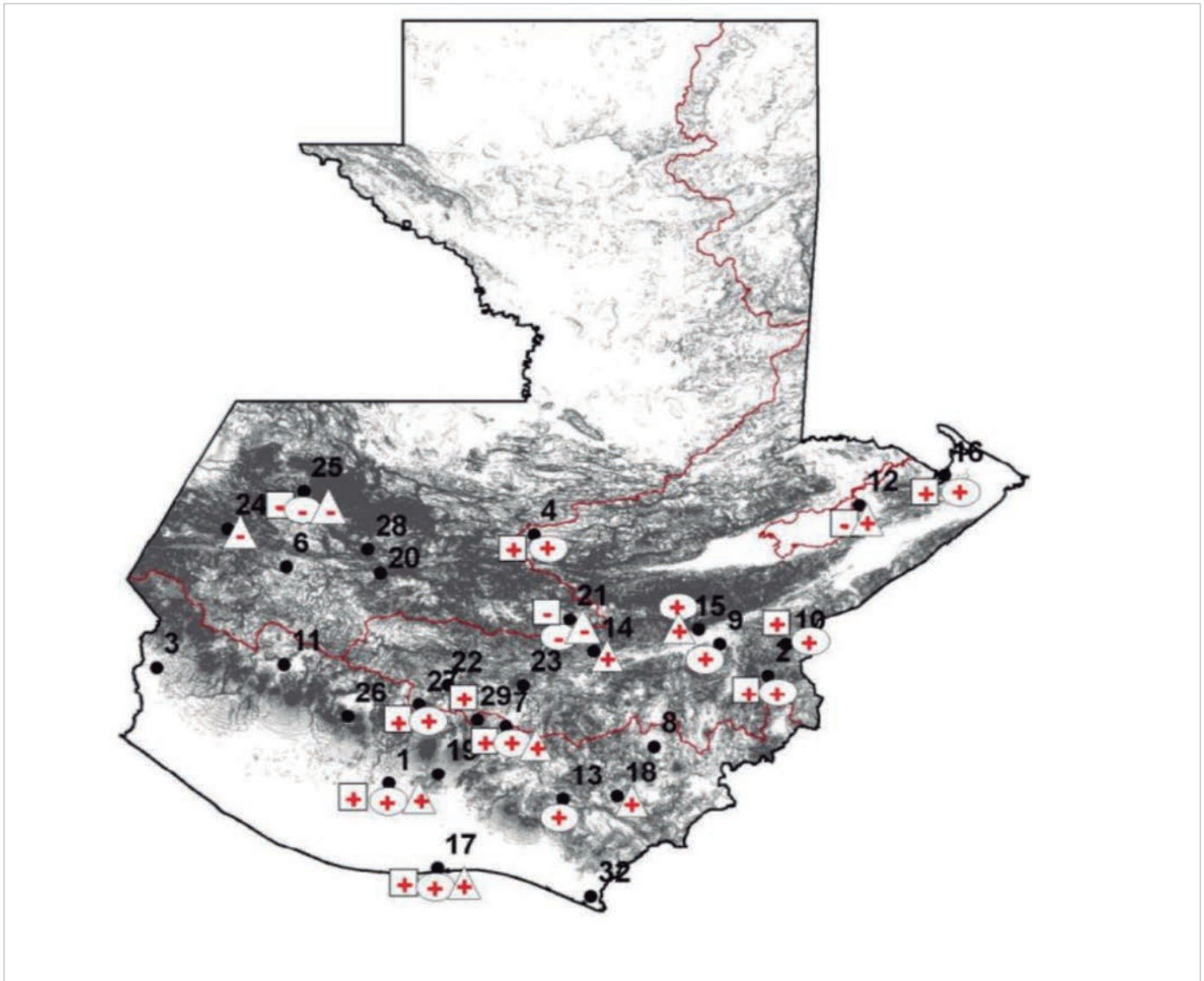


Figura 21. Tendencia de precipitación extrema anual en Guatemala  
Fuente: Guerra, A. (2010).

#### 5.1.1.2.2. Cambios en la temperatura

Los datos de temperatura de la estación de Santa María El Tablón, indican un incremento de la temperatura promedio en el período de observación de 1994-2023. El incremento más notable se registró a partir del año 2009; la tasa de incremento de la temperatura media en dicho

período fue de 0.057 grados Celsius por año (Figura 22), con coeficiente de determinación  $R^2$  de 0.66. La misma tendencia al incremento de temperatura se observa en la temperatura máximas promedio anual y temperaturas mínimas absolutas.

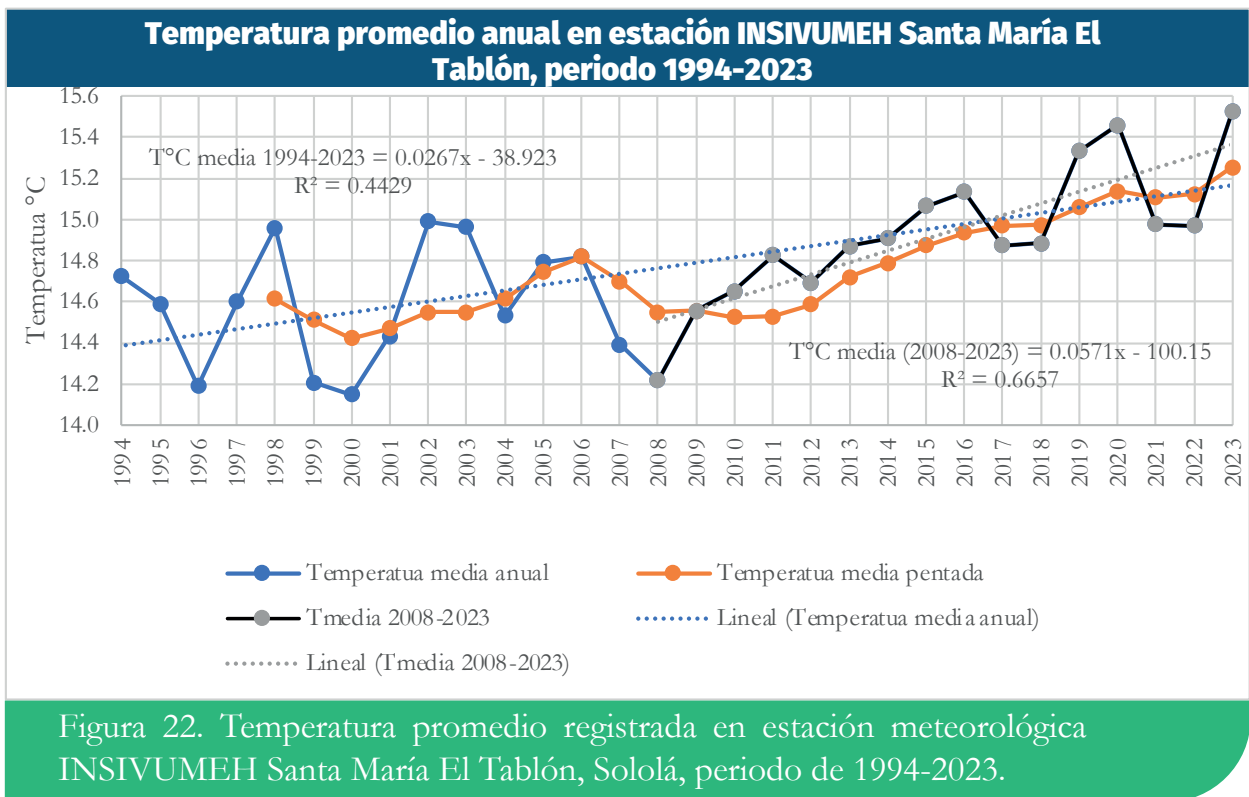


Figura 22. Temperatura promedio registrada en estación meteorológica INSIVUMEH Santa María El Tablón, Sololá, periodo de 1994-2023.

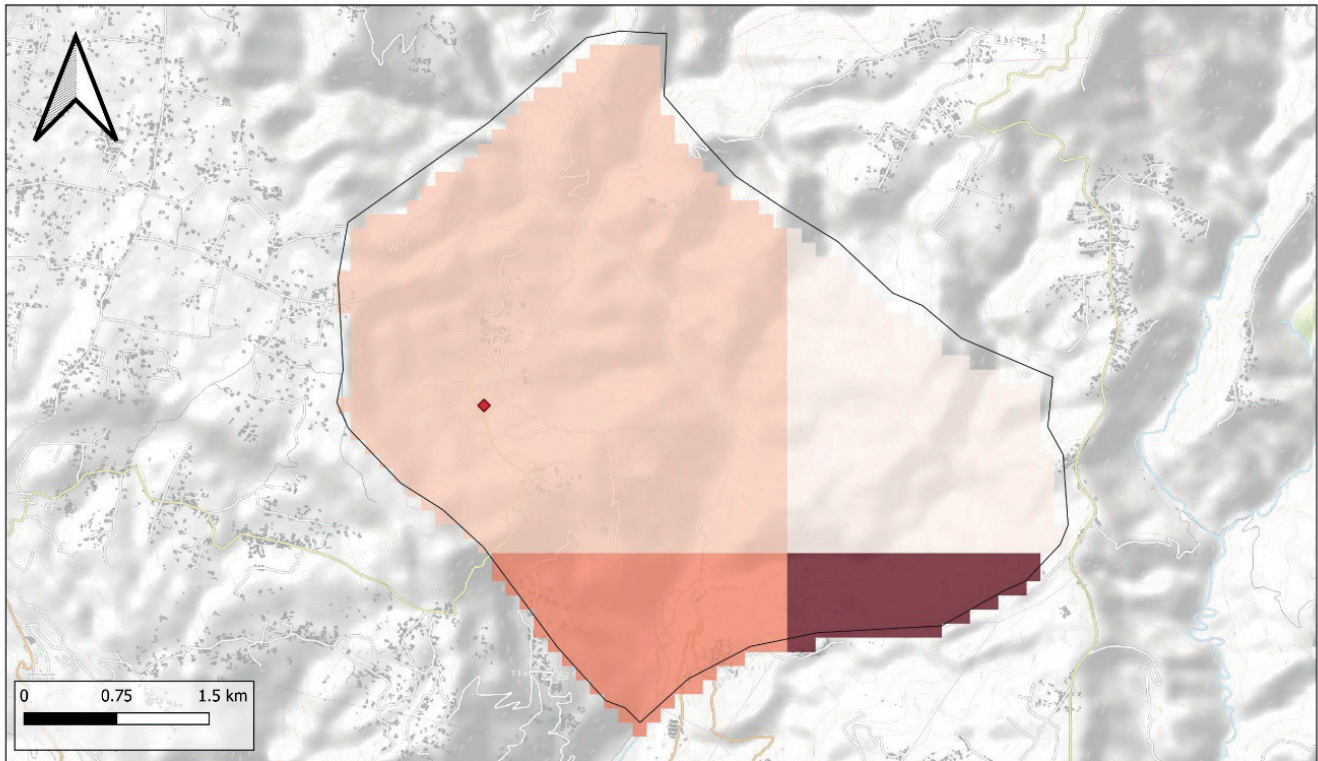
### 5.1.2.3. Escenarios climáticos para el departamento de Sololá

En cuanto a la respuesta climática a futuro en el territorio guatemalteco y del departamento de Sololá, dependerá del calentamiento mundial a raíz de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en el pasado, así como, las emisiones futuras a nivel global en conjunto con la variabilidad natural del clima (IPCC, 2014).

Los escenarios climáticos del IPCC se han construido para aportar información para la toma de decisión en un futuro cercano bajo ciertos supuestos de comportamiento socioeconómico y de emisiones GEI. De acuerdo con IPCC (2021), los escenarios son imágenes alternativas de lo que podría acontecer en el futuro y constituyen un instrumento apropiado para analizar de qué manera influirán las fuerzas determinantes en las emisiones futuras, y para evaluar el margen de incertidumbre de dicho análisis.

De acuerdo con el nuevo ciclo de informes del IPCC (AR6), existe un conjunto de cinco nuevos escenarios ilustrativos de emisiones de GEI para estudiar la respuesta climática a un abanico más amplio de futuros de gases de efecto invernadero, uso de la tierra y otros factores atmosféricos (IPCC, 2021). En estos modelos climáticos nuevos (CMIP6), considerado en el informe AR6 tiene un rango de sensibilidad climática más amplia que los escenarios CMIP5 (AR5). Dichos modelos nuevos sugieren incremento de temperaturas entre 3.3 a 5.7° Celsius para todo el planeta. Los escenarios elaborados para Guatemala, a una resolución espacial de cuatro kilómetros cuadrados, sugieren que el municipio de Concepción podría experimentar un incremento de temperatura máxima (escenario RCP8.5) entre el rango 1.73° a 1.80° Celsius. Los mayores incrementos podrían darse en la zona sur del municipio (Figura 23).

Mapa de diferencia de temperatura media para el periodo 2000-2050 en el municipio de Concepción, Sololá.



**Proyecto**  
Contribuyendo a paisajes socio-ecológicos resilientes ante el cambio climático para la prosperidad y nutrición familiar en Guatemala y El Salvador 2023-2025

**Leyenda**

- ◆ Cabecera municipal
- Municipio de Concepción
- Departamentos de Guatemala

**Diferencia de temperaturas**

- 1.805392
- 1.739853

CGS-Datum: WGS 84  
Ortofotos: MAGA 2006  
Shapefile: Limites municipales SEGEPLAN

**ICC**  
Instituto Privado de Investigación Sobre Cambio Climático

**Cooperación Española**  
MEDIO AMBIENTE/AFALUCIDA

Figura 23. Comportamiento de cambios (diferencia a mediados del siglo comparado con el año 2000) en la temperatura máxima en el territorio del municipio de Concepción.

De acuerdo con los escenarios, se proyecta que la temperatura mínima anual para el año 2050 sea más cálida comparado con los registros

del año 2010. Se espera un incremento de temperatura mínima en el rango de 1.2 a 1.3° Celsius como se observa en la figura 24.

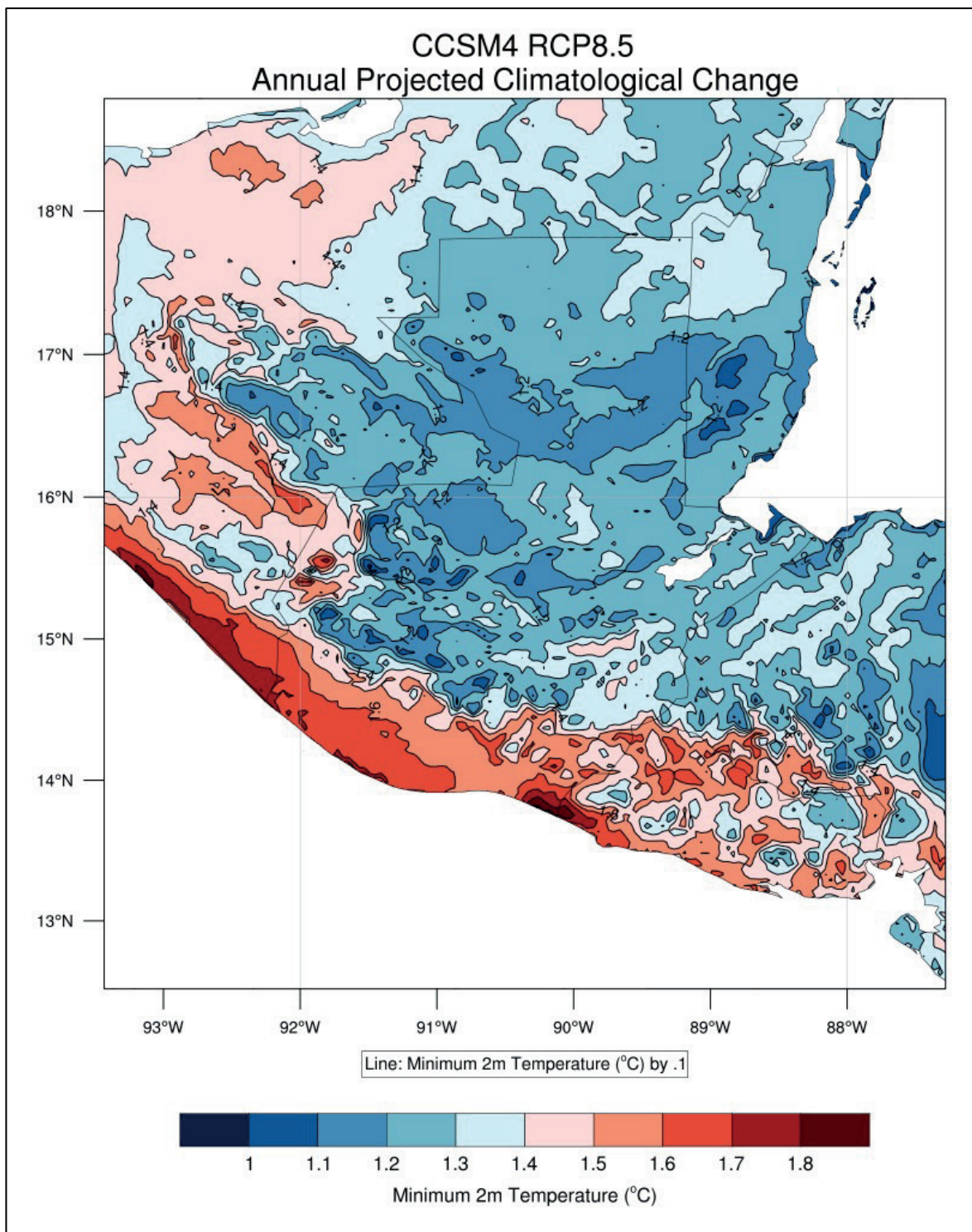


Figura 24. Comportamiento de cambios (diferencia a mediados del siglo) comparación de los años 2000-2050 en la temperatura mínima en el territorio del municipio de Concepción, departamento de Sololá, Guatemala.

En cuanto a la lluvia (precipitación), las proyecciones a mediados del siglo XXI sugieren que el acumulado anual se verá reducido alrededor de 500 milímetros para el territorio

del municipio de Concepción. Para la zona de la “boca costa” del departamento de Sololá, la reducción anual de lluvia estaría alrededor de 1,000.0 milímetros anuales (Figura 25).

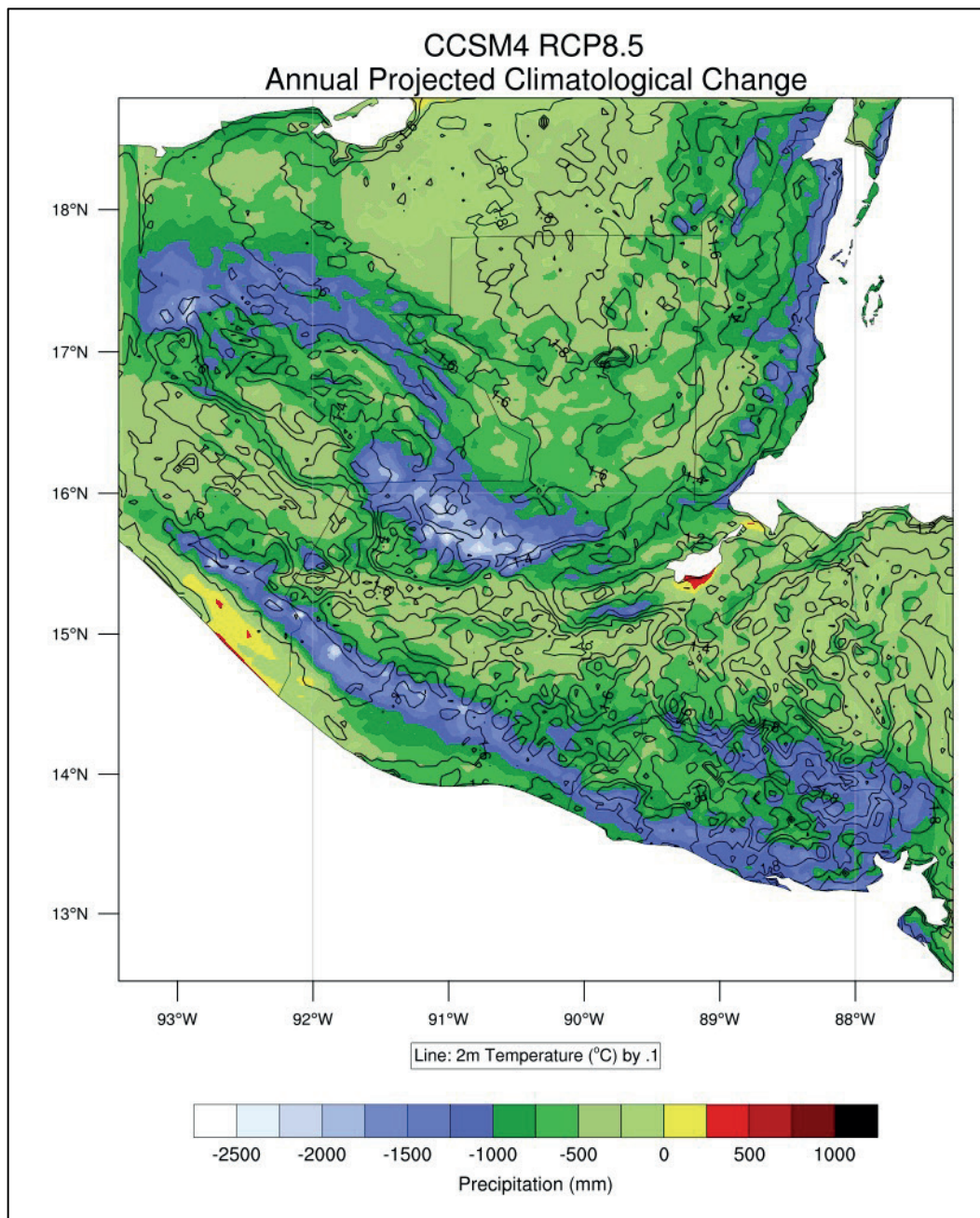


Figura 25. Comportamiento de cambios (diferencia a mediados del siglo) en comparación de los años 2000-2050 en la precipitación (lluvia) acumulada anual en el territorio del municipio de Concepción, departamento de Sololá, Guatemala.

Para Guatemala, en general, se proyecta un aumento de temperatura entre los 1 y 2° C en su mayoría, entre 2.5 a 3° C para algunos sectores en específico, para la década del 2060 al 2070, respecto a la climatología de esos años 2011-2020 (Rivera, P.F., Bardales, W.A; Ochoa W.,2019).

## 5.2. Vulnerabilidad climática en el caserío Panucá, Concepción, Sololá

La vulnerabilidad es el grado de propensión de una vivienda, caserío, ecosistema o cultivo que tiene ante diferentes amenazas climáticas. Para promover la adaptación al cambio climático, resulta necesario primero estudiar la vulnerabilidad de la comunidad que nos interesa, en este caso, del caserío Panucá. Así mismo, se indaga como han sido afectados en el pasado por las amenazas climáticas.

Panucá cuyo nombre proviene del idioma Kaqchikel Pa Uk'a' (Patzán & Ajsivinac Sián, 2011) que traducido al español significa Lugar de madroño, el cual hace referencia a que en su momento la especie *Arbustus xalapensis* era prominente, sin embargo, visualizar esta especie se ha convertido en algo poco común. Para el año 2006 Panucá se consolidó como caserío con una población de 94 habitantes y cuenta con una distribución territorial destinada para el área de cultivo y el área de vivienda.

La cobertura boscosa con el pasar de los años a través del esfuerzo conjunto de los pobladores y gobierno local, aunado a organizaciones gubernamentales y no gubernamentales, se han esforzado por la recuperación del área boscosa el cual es uno de los factores responsable de la regulación del ciclo hidrológico y el microclima local, que están siendo afectados por los efectos del cambio climático, especialmente, por el incremento de temperatura. Con base a la memoria colectiva, la percepción local hace énfasis que la temperatura ha estado incrementando.

### 5.2.1. Medios de vida

Un medio de vida comprende las posibilidades, activos (recursos materiales o sociales) y actividades necesarias para ganarse la vida DFID, (2001). Los medios de vida se pueden considerar como una serie de actividades que permiten a la población suplir sus necesidades y estas se encuentran ligadas a las condiciones topográficas y recursos naturales del entorno.

Para este cantón las actividades de mayor relevancia se identificaron a través de la aplicación de las actividades que les permiten la obtención de recursos (económicos o en especie) y que son realizadas por lo menos por uno de los miembros de la familia.

Los medios de vida que resaltaron en el caserío Panucá, se mencionaron los siguientes: agricultura, actividad pecuaria, tejedoras, jornaleros y comerciantes, cómo aparece identificado en el cuadro 3.

Cuadro 3. Medios de vida más importantes de caserío Panucá, Concepción.

No.	Medios de vida	Porcentaje de población/hogares que la aplica
1	Agricultura	100 %
2	Actividad pecuaria (aves)	100 %
3	Tejedoras	93 %
5	Jornaleros	66 %
6	Comercio	33 %

Para el caserío Panucá la agricultura es uno de los medios de vida importantes, primordialmente el cultivo de maíz y su papel en la dieta alimentaria de la población (autoconsumo). Otro medio de vida es la producción de aves de corral, que es una actividad donde las mujeres tienen un mayor aporte, porque son las que se dedican al cuidado de las aves. En tercer lugar, lo ocupa la actividad de tejedoras, debido a que la mayoría de las mujeres utilizan su indumentaria, y ellas son las encargadas de elaborarla.

Debido a que la mayoría de los residentes cuentan con cultivo de maíz, requieren de apoyo en las actividades de manejo, por tal razón la actividad de jornaleros forma parte del cuadro de medios de vida. Por último, tenemos la actividad de comercio, donde indican que algunos trabajan en negocios informales fuera del caserío

Las mujeres por lo general se dedican al bordado manual de blusas y fajas (parte de la indumentaria de mujeres), actividad que regularmente se utiliza para abastecer su propio guardarropa o el potencial comercio en los mercados locales y/o regionales. La elaboración de güipiles y fajas a través del uso del telar de cintura que es otra de las actividades de importancia, debido a que la mayoría de las mujeres utilizan la indumentaria del municipio de manera simbólica.

### 5.2.2. Calendario de eventos naturales y actividades socioeconómicas cíclicas en el caserío Panucá, Concepción.

Con el propósito de identificar fenómenos cíclicos como estrés hídrico, amenazas, enfermedades, entre otros eventos naturales o socioeconómicos en el territorio, el cuadro dos, resumen una serie de actividades y eventos particulares para el territorio del caserío Panuca.

Cuadro 4. Calendario estacional para el caserío Panucá, Concepción.

No.	Evento	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1	Siembra y cosecha de maíz												
2	Canícula												
3	Fuertes vientos												
4	Época de lluvia												
5	Enfermedades y plagas (agricultura)												
6	Enfermedades (aves)												
7	Sequía												

Una proporción de las familias de la comunidad esperan el inicio de la temporada lluviosa en mayo para la siembra de maíz. Sin embargo, existe una proporción de agricultores que siembran las dos primeras semanas de marzo a partir de la humedad disponible en el suelo y las lloviznas que ocurran, permitiendo la siembra temprana en marzo.

La cosecha la realizan en enero del siguiente año como se detalla en el cuadro 4. La cosecha de maíz se realiza en enero y febrero.

La época lluviosa inicia regularmente en mayo y finaliza noviembre, con base a la percepción de las personas, la cantidad e intensidad de las lluvias varía conforme a los meses.

En septiembre llueve bastante y provocando que las raíces del cultivo de maíz sufran de pudrición, representando pérdidas para el productor.

La temporada seca inicia en noviembre y finaliza en febrero, para esta época, disminuye el caudal de los manantiales/nacimiento y los habitantes del caserío se ven en la necesidad de racionar el agua a los hogares y tratan de almacenar una parte para su uso posterior.

Durante el ciclo del cultivo aplican fertilizante dos veces, la primera aplicación la realizan en junio y la segunda en agosto. La mayoría de las personas del caserío no siembran el maíz en asocio con el cultivo de frijol, debido al acame que se genera en las plantas maíz. El asocio con cultivo de chilacayote se ha estado abandonando debido a las dificultades en las labores de desmalezado.

Los participantes consideran que las semillas pequeñas de maíz son las que tienen un mejor desarrollo en comparación con los granos grandes. Los últimos suelen crecer en altura, pero no desarrollan una mazorca de buen tamaño. Se encontró que la mayoría de las familias incorporan el rastrojo (mulch) al suelo y otras lo queman, porque al momento de quemar el rastrojo disminuye la labor de campo.

Durante la época lluviosa, específicamente, en julio y agosto se presenta la canícula. Un fenómeno que tiene una duración aproximada de un mes. Se resaltó que el cultivo de maíz sufre estrés hídrico, se marchitan o se tornan amarillentas con consecuencias en su rendimiento.

Los fuertes vientos inician aproximadamente después del 15 de septiembre y finalizan febrero.

Durante octubre y noviembre suelen ser más fuertes, afectando los techos de las viviendas y en el cultivo de maíz provocan acame y afectando proporcionalmente la producción.

En junio, julio y agosto el cultivo de maíz se ve afectada por el gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*). Dicha plaga perfora las hojas, espiga y tallos, afectando el desarrollo y crecimiento del maíz.

Las personas mencionaron que no efectúan ningún control (químico o físico). agregaron que dicha plaga se presentó en el territorio hace 2 años aproximadamente. Otra de las plagas que afecta el cultivo de maíz, es la taltuza (*Geomyndidae*), se alimenta de las plantas de maíz y afecta más en agosto y no aplican ningún tipo de control.

En julio y agosto se presentan en algunas plantas de maíz el hongo *Ustilago maydis*, retardando el crecimiento y desarrollo de las plantas, provocando que las espigas y elotes presenten mal formaciones con tizne en la parte interior, para esto no aplican ningún control químico u orgánico.

En diciembre y enero, una considerable proporción de las aves de traspatio se mueren a causa del frío y las heladas. En marzo y abril las aves se ven afectadas por las siguientes enfermedades; coriza infecciosa (*Avibacterium paragallinarum*), que afecta las vías respiratorias, provocando inflamación facial; colera aviar (*Pasteurela multocida*), presentan síntomas de depresión, pérdida de apetito, diarrea verde amarilla, fiebre y deshidratación.

Otra enfermedad para las aves es la influenza aviar, afecta las vías respiratorias, produce tos, plumas erizadas, pérdida de apetito y diarrea.

La viruela aviar (*Variola avium*) es una enfermedad que provoca lesiones en las partes del cuerpo del ave donde no presenta plumas.

Para las tres enfermedades mencionadas, utilizan remedios caseros como: el té de limón, manzanilla, eucalipto y cebolla picada.

### 5.2.3. Identificación de amenazas y análisis de vulnerabilidad.

En este apartado se aborda el conocimiento local sobre las amenazas (eventos meteorológicos) y sus impactos en los principales medios de vida en el territorio del caserío Panucá. Basado en la experiencia de las personas y la memoria histórica colectiva, los hallazgos se discuten en los siguientes párrafos.

Las personas delimitaron las áreas específicas de los impactos de las amenazas meteorológicas o climáticas (Figura 26). Dado a las condiciones particulares de esta localidad su exposición es especial ante las siguientes amenazas

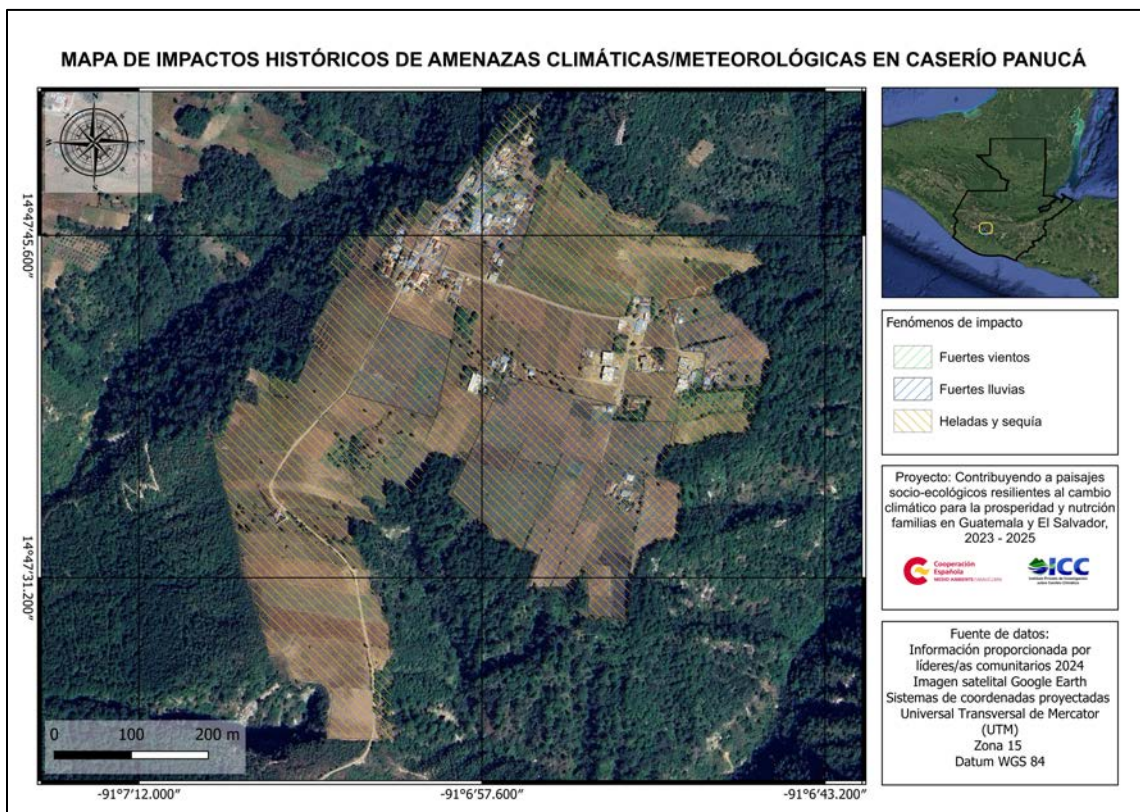


Figura 26. Mapa de impactos históricos de amenazas climáticas/meteorológicas en el caserío Panucá.

Entre los fenómenos climáticos y no climáticos que afectan al cantón se enlistan los siguientes fenómenos; fuertes vientos, heladas y sequías.

En este apartado se enlistan fenómenos no climáticos como problemas por poblaciones de aves en aumento, los fenómenos en mención encuentran remarcados en tonalidad amarilla como se visualiza en la figura 26, estos fenómenos, aunque son distintos, se encuentran agrupados considerando que su presencia se hace notar en todo el territorio del cantón, especialmente en las zonas de cultivo. Ante los fenómenos de fuertes vientos, los daños principales se enmarcan en el cultivo de maíz donde este fenómeno puede provocar acame, vinculado a dicho fenómeno la infraestructura frágil compuesta de materiales como lámina y/o adobe son los más expuestos ante las ráfagas hasta los 74 km/hora. Las heladas, aunque son fenómenos de menor recurrencia, de presentarse pueden generar impactos negativos especialmente en la actividad agrícola basada en la producción de hortalizas. La sequía por su parte limita a la producción agrícola debido a la escasez hídrica que hace que este medio dependa principalmente de la temporada lluviosa. Aunque no es una amenaza o fenómeno climático, las poblaciones de especies voladoras como *Psittacara strennus* y la especie *Quiscalus* son aves que generan pérdidas especialmente en el cultivo de maíz cuando esta alcanza madurez fisiológica en el grano lo que puede presentar pérdidas aún no cuantificadas en la cosecha local.

Dadas las condiciones del territorio cuya actividad predominante es la agricultura, las

lluvias principalmente las consideradas fuertes, tienden a generar un arrastre del material de suelo expuesto lo que genera daños en la parte sur del territorio a través del azolvamiento. Los deslizamientos, aunque no son fenómenos climáticos, pueden ser detonados por fenómenos como fuertes lluvias aunado a las masas de tierra que ingresan desde las partes más altas.

#### 5.3.4. Análisis de vulnerabilidad climática

La vulnerabilidad climática puede conceptualizarse como la 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 respuesta y adaptación (IPCC, 2014).

Las personas con base a su memoria individual de eventos o sucesos pasados, la exposición a los fenómenos (amenazas climáticas/meteorológicas) y la susceptibilidad de cada medio de vida de ser afectado por este tipo de fenómenos (cuadro 5).

La valoración de vulnerabilidad se basó en una escala de Likert que consideró cuatro niveles, siendo los siguientes:

- 3 = Nivel alto de vulnerabilidad del medio de vida
- 2 = Nivel medio de vulnerabilidad del medio de vida
- 1 = Nivel bajo de vulnerabilidad del medio de vida
- 0 = Vulnerabilidad nula del medio de vida

Cuadro 5. Matriz de vulnerabilidad perceptiva para el caserío Panucá

Medios de vida/Amenazas	Fuertes vientos	Fuertes lluvias	Heladas	Sequías	Canícula	Granizo	Aumento de temperatura
Agricultura	2.9	0.33	0.25	0.08	0.36	1.64	0.33
Actividad pecuaria (aves)	2	0.75	2	2.36	0.25	0.33	2.82
Tejedoras	2.67	2.67	1.8	0.17	2.17	0.75	0.58
Jornaleros	2.83	3	0.5	0.08	0.67	0.75	0.67
Comercio	0	0	0	0	0	0	0

Las personas destacaron el efecto del granizo, que es una forma de precipitación del agua en estado sólido, sobre la agricultura (hortalizas). Se ha observado que es un fenómeno con menos recurrencia en el territorio; sin embargo, sus efectos o daños en el área foliar de los cultivos reduce la fotosíntesis y/o en las partes aprovechables.

La actividad pecuaria (aves), se ve impactada por el incremento de temperatura (Cuadro 5). El incremento de temperatura (sensación térmica) es percibido tanto en el día, como en la noche y durante todo el año. Además, la temperatura está incrementando conforme pasan los años. Su consecuencia recae en el incremento de enfermedades virales sobre las aves de corral (Cuadro 4).

Las heladas, fenómenos con menor recurrencia en el territorio, generan temperaturas bajas que provocan efectos en las vías respiratorias de las aves de traspatio. Por otro lado, los efectos de la sequía estacional (diciembre – abril) son de mayor impacto durante marzo a abril, por el desabastecimiento de alimento (pastoreo a campo abierto). Ambos fenómenos son de relevancia para la población, por sus efectos; que podrían intensificarse a causa del cambio climático y debe considerarse como una alerta para las familias y decisores gubernamentales en el municipio de Concepción

Las actividades de tejeduría y jornalero ocupan un valor de relevancia económica para la población de Panucá, dado a su característica inmediata de obtención de dinero en corto tiempo (trabajo diario) en contraste con la agricultura que deben pasar meses para la recuperación de la inversión realizada. Con base al conocimiento local, dichos medios de vida pueden verse influenciadas negativamente por posibles cambios en los patrones de lluvias y viento lo cual puede limitar la ejecución de dicha labor.

Las actividades de comercio de la población de Panucá no se ven influenciadas negativamente por los fenómenos hidrometeorológicos. A pesar de la valoración baja o nula de vulnerabilidad, no debe despreciarse fenómenos como vientos, fuertes lluvias, tormentas eléctricas, entre otros fenómenos que pueden dañar el equipo dependiente de la electricidad y afectar las actividades.

## VI. Discusión de resultados

La percepción comunitaria de la población del caserío Panucá sobre los fenómenos naturales y sus efectos sobre cuatro principales medios de vida, resaltan los fuertes vientos, con la máxima ponderación acumulada.

Seguido por el fenómeno de fuertes lluvias que afectan a dos medios de vida.

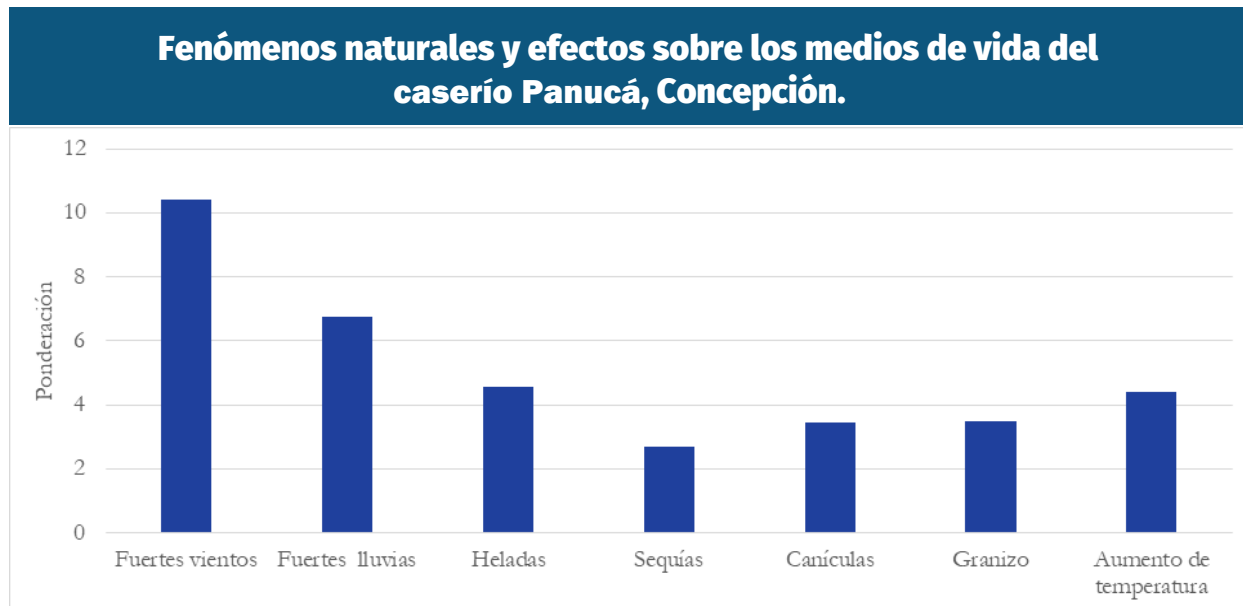


Figura 27. Fenómenos naturales y efectos sobre los medios de vida del caserío Panucá, Concepción.

Con relación a la percepción de fuertes lluvias en contraste con los registros meteorológicos en el municipio de Concepción y zonas cercanas, se ha registrado acumulados de lluvia mensual entre 240 a 437 mm principalmente en mayo, junio y septiembre. Además, la lluvia acumulada en un día entre 30 mm y 67.2 mm y episodios de lluvia en una hora entre 20 mm y 34 mm, consideradas como lluvias torrenciales. Dicho fenómeno puede aportar en la erosión de suelos agrícolas y en eventos de deslizamientos/derrumbes en el territorio.

En cuanto a la amenaza por deslizamiento (no climático, figura 28) en el caserío Panucá las personas

indicaron baja relevancia ante dicha amenaza. Sin embargo, el mapa generado con el sistema Mora-Vahrson sobre la amenaza deslizamientos clasifica a la comunidad con una valoración media a alta, lo anterior debido a las características del entorno físico, que incluye la pendiente del terreno, la geología de la zona, sismos y el tipo de suelo y otros factores externos, principalmente las lluvias, donde acumulados de lluvia mensuales superiores a 250 mm probablemente incrementan el riesgo. Como se ha indicado previamente, los valores de lluvia extrema en un mes han sido de 527 mm durante la tormenta Agatha en mayo de 2010 (Estación Santa María, El Tablón).

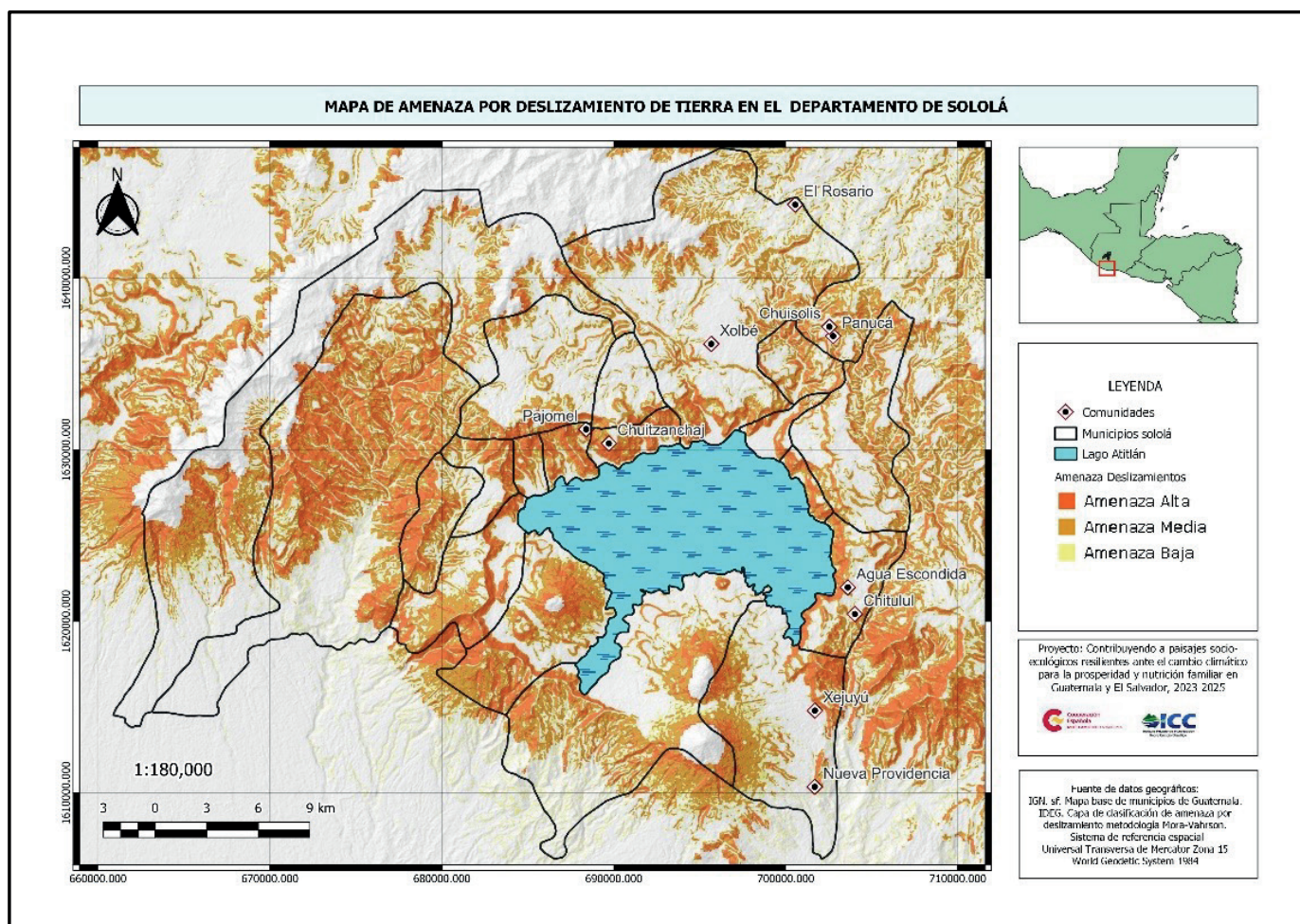


Figura 28. Mapa de amenaza por deslizamiento por el método de Mora-Vahrson para el departamento de Sololá.

### 6.1. Sequía

Los meses donde la cantidad de lluvia ha sido menor de lo habitual (entre la probabilidad de 25 a 10%) y se presentan con poca frecuencia se consideran como meses secos. Por ejemplo, se han observado en el territorio de Sololá meses con muy baja cantidad (acumulado) de lluvia, que sólo ocurre solo una vez a cada cuatro años, y en otros casos, una vez cada diez años. Durante la temporada de lluvias, los meses que más veces registraron poca lluvia fueron mayo y julio con siete y seis ocasiones, respectivamente. Luego siguen agosto y octubre con cuatro ocasiones cada uno. Dichos meses con poca lluvia, no logran superar el potencial de

evapotranspiración de 114 mm (INSIVUMEH, 2002) para los meses de 30 días y 117.8 mm para los meses con 31 días. De acuerdo con lo anterior, los meses de mayo y julio acumularon más eventos categorizados como muy secos, siendo esta sequía de tipo meteorológica y agrícola.

Las sequías pueden ocurrir al inicio de la estación lluviosa, retrasándose el inicio de la lluvia o con regímenes de lluvia inferiores a los necesarios para que se desarrollen las plantas (Sequía agrícola), como lo ocurrido en el año 2001, donde las lluvias se concentraron en cortos periodos seguidos de semanas sin lluvia, situación que redujo la

producción de maíz y frijol de secano. El año 2009 con un comportamiento similar al 2001. La sequía agrícola según Ponvert-Delisle, D. (2016) es la combinación de la cantidad de lluvia, su distribución, el agua almacenada en el suelo y la evaporación que causan disminución considerable en el rendimiento de los cultivos, Valiente, O. (2001) indica que es la disminución de la disponibilidad del agua en el suelo que permitan el desarrollo de un cultivo en cualquier etapa de su fenología.

Otra definición de sequía, es la disminución de los recursos hídricos durante un periodo suficientemente prolongado, que afecta determinada región y que trae consecuencias socioeconómicas adversas (CRC-OSA.CIIFEN, 2025). Las sequías se clasifican según la disciplina que analice el fenómeno, Valiente, O. (2001) hace un análisis de las definiciones sobre las sequías, indicando que la clasificación de Wilhite & Glantz (1985) es la más completa, esta clasificación agrupa las sequías en meteorológicas, hidrológica, agrícola y económica. Para el año 2014, se presentó una canícula prolongada, iniciando en julio y que se prolongó hasta agosto, durando hasta 45 días sin lluvia.

El atraso del inicio de la estación lluviosa afecta directamente al cantón, debido a que la fuente de agua de uso común es un nacimiento/manantial, y ésta reduce su caudal a finales de abril y generando limitaciones al acceso constante al agua para consumo humano o para uso doméstico. La vulnerabilidad percibida por canícula y sequía para la comunidad Panucá es valorada entre media y alta ante la canícula y la sequía (el rezago en el inicio de la época lluviosa), respectivamente. Con consecuencias para la agricultura y la seguridad alimentaria. Para el caso del caserío Panucá los efectos de la canícula fue valorada como nula sobre la agricultura (percepción). Al igual que la sequía (entendida, como la intensidad de la época seca), se confirmó que su afectación es nula.

## 6.2. Vientos

El análisis de los datos de ocurrencia de vientos con máximas velocidades coincide con la percepción comunitaria sobre los meses en que el viento alcanza las máximas velocidades o más fuertes; sin embargo, el análisis indica que también se registraron vientos fuertes en abril y julio, y las menores velocidades del viento se registraron en los meses de mayo a septiembre.

## 6.3. Temperatura:

La percepción comunitaria destaca un aumento de la temperatura (sensación térmica), que concuerda con los registros de la estación INSIVUMEH Santa María, El Tablón, que señala que la temperatura media se ha incrementado a partir del año 2009, a razón de  $0.064^{\circ}\text{C}$  por año.

Las condiciones de temperatura podrían afectar la producción de aguacate Hass. Salazar (2002), indica que temperaturas inferiores a  $15^{\circ}\text{C}$  con duración de 10 horas al día inducen la floración fuerte en aguacate Hass, temperaturas de  $24^{\circ}\text{C}$  en el día y  $19^{\circ}\text{C}$  durante la noche, con fotoperiodo de 12 horas o una temperatura mínima constante mayor de  $20^{\circ}\text{C}$  no producen inflorescencia en Aguacate Hass (Salazar, 2002). Las condiciones de temperatura mínima estimulan la iniciación floral, mientras que temperaturas mayores a  $25^{\circ}\text{C}$  en el día y  $20^{\circ}\text{C}$  en la noche detiene o revierte el proceso floral (Salazar, 2002).

## VII. Conclusiones

La temperatura máxima incrementa a partir de noviembre hasta mayo, pero disminuyen cuando comienza la temporada de lluvias y sigue disminuyendo en los meses siguientes. Los días más calurosos (temperatura máxima) se registran entre enero y abril, con temperaturas que van desde 19.7°C hasta los 30.5°C. Las temperaturas máximas absolutas con mayor frecuencia se encuentran entre los 23°C hasta los 24 °C, mientras que las temperaturas superiores a 25°C a 30.4°C son poco comunes y se consideran muy altas para la región, ya que ocurren en menos del 10% de los datos.

La dinámica de la temperatura mínima sigue un patrón opuesto a la temperatura máxima. Es decir, las noches y madrugadas más frías ocurren entre noviembre y marzo. Mientras que muestra un patrón de incremento a partir de abril y alcanzan sus niveles más altos entre mayo y septiembre. Durante el período 1993-2020, la temperatura mínima promedio para la región fue de 4.93°C. Las temperaturas (mínimas) con mayor frecuencia se registraron entre 3.07°C y 6.79°C.

Durante el periodo 1994-2023, la temperatura media para el territorio norte del departamento de Sololá mostró un incremento, que se vuelve más significativo a partir de 200. Dicha tendencia coincide con los modelos predictivos de temperatura para el departamento de Sololá, que muestran una proyección al incremento.

Para la zona norte del departamento de Sololá, el acumulado de lluvia presenta una variabilidad anual entre el rango de 975 y 1,837 mm. Se observó un incremento de las lluvias cuando ocurre el fenómeno de la Niña (fase fría del ENOS),

provocando que para algunos años los acumulados de lluvia superaron el promedio (1993-2023). Por el contrario, cuando se presenta la fase de El Niño (fase cálida), las lluvias disminuyen y los acumulados anuales son menores al promedio, sin embargo, depende mucho de la intensidad del ENOS.

Mayo, julio, agosto y octubre fueron los meses que registraron más ocasiones de menor acumulado de lluvia mensual. El papel de la lluvia es clave durante estos meses por el ciclo agrícola de secano (dependiente de las lluvias) y una reducción en el acumulado puede provocar pérdidas por estrés hídrico.

Los vientos con mayor frecuencia en el municipio de Concepción alcanzan velocidades entre 0 y 9.7 kilómetros/hora, y las velocidades máximas del viento que se ha registrado (2021-2024) alcanzan los 69.2 km/h.

En cuanto a cambios en el clima, resalta el incremento de temperatura promedio anual a partir del año 2009 (0.057°C/año), concordando con la percepción comunitaria, manifestada como la existencia de más calor (sensación térmica) en la actualidad.

La agricultura del caserío Panucá es muy vulnerable ante los fuertes vientos y lluvias, que generan impactos en el rendimiento de los principales cultivos.

La producción pecuaria de aves de corral es afectada por enfermedades influenciadas por diferentes fenómenos meteorológicos.

## VIII. Referencias

Agencia Estatal de Meteorología (AEMET). (2023). Manual de uso de términos meteorológicos. [https://www.aemet.es/documentos/es/conocermas/recursos\\_en\\_linea/publicaciones\\_y\\_estudios/publicaciones/Manual\\_de\\_uso\\_de\\_terminos\\_met\\_2023/Manual\\_de\\_uso\\_de\\_terminos\\_met\\_2023.pdf](https://www.aemet.es/documentos/es/conocermas/recursos_en_linea/publicaciones_y_estudios/publicaciones/Manual_de_uso_de_terminos_met_2023/Manual_de_uso_de_terminos_met_2023.pdf)

---

Bardales Espinoza, W. A., Castañón, C., & Herrera Herrera, J. L. (2019). Clima de Guatemala, tendencias observadas e índices de cambio climático. En E. J. Castellanos, A. Paiz-Estévez, J. Escribá, M. Rosales-Alconero, & A. Santizo (Eds.), Primer reporte de evaluación del conocimiento sobre cambio climático en Guatemala. (pp. 20–39). Guatemala: Editorial Universitaria UVG.

---

Centro Internacional para la Investigación del Fenómeno de El Niño (CIIFEN) (2017). El Niño 2015-16: evolución, vulnerabilidad e impactos en Latinoamérica, p 1-38

---

Centro Regional del Clima para el Oeste de Sudamérica (CRC-OC-CIIFEN) (2025). Monitor Regional de Sequías. <https://crc-osa.ciifen.org/monitor-sequias-osa/>

---

CONRED. 2001. Un Mapa de Riesgo de Guatemala para la Sequía del 2,001. <https://www.unisdr.org/2003/campaign/english/Others/Guatemala.doc>

---

Del Valle, J. (1991). Propuesta de un índice climático para evaluar la continentalidad termopluviométrica. Lucas Mallada. 3. 129-135. <https://www.divulgameteo.es/fotos/meteoroteca/Propuesta-índice-climático.pdf>

---

Department for International Development (DFID) (2001). Sustainable livelihoods

guidance sheets. <https://www.livelihoodscentre.org/documents/114097690/114438878/Sustainable+livelihoods+guidance+sheets.pdf/594e5ea6-99a9-2a4e-f288cbb4ae4bea8b?t=1569512091877>

---

Di Rienzo J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M., Robledo C.W. InfoStat versión 2020. Centro de Transferencia InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>

---

FAO, FIDA, OMS, PMA y UNICEF. 2022. El estado de la seguridad alimentaria y la nutrición en el mundo 2022. Adaptación de las políticas alimentarias y agrícolas para hacer las dietas saludables más asequibles. Roma, FAO. <https://doi.org/10.4060/cc0639es>

---

Instituto Geográfico Nacional (IGN). (2016). Mapa de división política administrativa de la República de Guatemala [mapa digital]. Guatemala.

---

Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH). (2002). Evapotranspiración promedio anual. Atlas climatológico. República de Guatemala. [https://insivumeh.gob.gt/hidrologia/ATLAS\\_HIDROMETEOROLOGICO/Atlas\\_Climatologico/etp.jpg](https://insivumeh.gob.gt/hidrologia/ATLAS_HIDROMETEOROLOGICO/Atlas_Climatologico/etp.jpg)

---

Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH). (2018). Curvas de intensidad, duración y frecuencia (idf) para la república de Guatemala.

---

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2014). CAMBIO CLIMÁTICO 2014 Informe de síntesis. <https://www.ipcc.ch/site/>

assets/uploads/2018/02/SYR\_AR5\_FINAL\_full\_es.pdf

---

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2021). Annex VII: Glossary. <https://doi.org/10.1017/9781009157896.022>

---

Lavado, W. & Espinoza, J. (2014). Impactos de El Niño y La Niña en las lluvias del Perú (1965-2007). *Rev. bras. meteorol.* 29 (2) • Jun 2014. <https://doi.org/10.1590/S0102-77862014000200003>

---

Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación. (2006). Modelo de elevación digital de la República de Guatemala. Píxel 15×15 m [mapa digital]. Guatemala.

---

Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación (MAGA) (2013). Estudio Semidetallado de los Suelos del Departamento de Sololá, Guatemala. <https://www.maga.gob.gt/wp-content/uploads/pdf/suelos/solola1.pdf>

---

National Aeronautics and Space Administration (NASA) CATHALAC. (2010). Capa de Amenaza deslizamientos metodología Mora-Vahrson. <http://ideg.segeplan.gob.gt/geoserver/wms?service=wms>

---

National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). (2024) Historical El Niño /La Niña episodes (1950-present). [https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis\\_monitoring/ensostuff/ONI\\_v5.php](https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_v5.php)

---

Ponvert-Delisle Batista, Dámaso R. (2016). Algunas consideraciones sobre el comportamiento de la sequía agrícola en la agricultura de Cuba y el uso de imágenes por satélites en su evaluación. *Cultivos Tropicales*, 37(3), 22-41. <https://dx.doi.org/http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.1.4591.3843>

---

RELIEF. 2014. Guatemala: Reporte de Situación No. 1 Sequía (al 28/08/2014). <https://reliefweb.int/report/guatemala/guatemala-reporte-de-situacion-no-1-sequia-al-28-08-2014>

Rivera, P. F., Bardales Espinoza, W. A., & Ochoa, W. (2019). Escenarios futuros de cambio climático para Guatemala. En E. J. Castellanos, A. Paiz-Estévez, J. Escribá, M. Rosales-Alconero, & A. Santizo (Eds.), *Primer reporte de evaluación del conocimiento sobre cambio climático en Guatemala*. (pp. 40–61). Guatemala: Editorial Universitaria UVG.

---

Salazar-Garcia, Samuel; Lovatt, C. J. (2002). Flowering of avocado (*Persea americana* Mill.). I. Inflorescence and flower development.

---

*Revista Chapingo Serie Horticultura* 8(1): 71-75, 2002. [https://www.researchgate.net/publication/262262780\\_Flowering\\_of\\_avocado\\_Persea\\_americana\\_Mill\\_I\\_Inflorescence\\_and\\_flower\\_development](https://www.researchgate.net/publication/262262780_Flowering_of_avocado_Persea_americana_Mill_I_Inflorescence_and_flower_development)

---

Secretaría General de Planificación y Programación de la Presidencia en Guatemala (SEGEPLAN) (2022). Plan de Desarrollo Municipal y Ordenamiento Territorial Sololá. [https://portal.segeplan.gob.gt/segeplan/wp-content/uploads/2022/09/0701\\_PDM\\_OT\\_SOLOLA.pdf](https://portal.segeplan.gob.gt/segeplan/wp-content/uploads/2022/09/0701_PDM_OT_SOLOLA.pdf)

---

Stats Kingdom (31/05/2024). Prueba Shapiro-Wilk. <https://www.statskingdom.com/shapiro-wilk-test-calculator.html>

---

Valiente, Ó.M. (2001). Sequía: definiciones, tipologías y métodos de cuantificación. *Investigaciones Geográficas (España)*, (26), 59-80. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=111741>

---



**Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático**

[www.icc.org.gt](http://www.icc.org.gt)

Contacto: [pyax@icc.org.gt](mailto:pyax@icc.org.gt)

Teléfono: +502 7828 - 1048