

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE
INGENIERÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL LOCAL

The seal of the University of San Carlos of Guatemala is a circular emblem. It features a central figure, likely a saint or historical figure, seated on a throne. Above the figure is a crown. The seal is surrounded by Latin text: "UNIVERSITAS SAN CAROLINIENSIS" at the top, "CONSPICUA CAROLINA ACADEMIA" on the right, "COACTEMALENSIS INTER" at the bottom, and "CETERA SPES" on the left. The seal is rendered in a light gray, semi-transparent style.

DETERMINACIÓN DE VULNERABILIDAD A PÉRDIDA DE COSECHA
UTILIZANDO INDICADORES SOCIOECONÓMICOS, AMBIENTALES Y
EDÁFICOS EN LA CUENCA DEL RÍO TACÓ, CHIQUIMULA, GUATEMALA,
2018

JOSUÉ GABRIEL RAMOS SOLÍS

CHIQUIMULA, GUATEMALA, NOVIEMBRE 2020

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE
INGENIERÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL LOCAL

DETERMINACIÓN DE VULNERABILIDAD A PÉRDIDA DE COSECHA
UTILIZANDO INDICADORES SOCIOECONÓMICOS, AMBIENTALES Y
EDÁFICOS EN LA CUENCA DEL RÍO TACÓ, CHIQUIMULA, GUATEMALA,
2018

TRABAJO DE GRADUACIÓN

Sometido a consideración del Honorable Consejo Directivo

Por

JOSUÉ GABRIEL RAMOS SOLÍS

Al conferírsele el título de

INGENIERO EN GESTIÓN AMBIENTAL LOCAL

En el grado académico de

LICENCIADO

CHIQUIMULA, GUATEMALA, NOVIEMBRE 2020

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE
INGENIERÍA EN ADMINISTRACIÓN DE TIERRAS**



RECTOR
M.Sc. Ing. MURPHY OLYMPO PAIZ RECINOS

CONSEJO DIRECTIVO

Presidente:	Ing. Agr. Edwin Filiberto Coy Cordón
Representante de Profesores:	M.Sc. Mario Roberto Díaz Moscoso
Representante de Profesores:	M.Sc. Gildardo Guadalupe Arriola Mairén
Representante de Estudiantes:	A.T. Estefany Rosibel Cerna Aceituno
Representante de Estudiantes:	PEM. Elder Alberto Masters Cerritos
Secretaria:	Licda. Marjorie Azucena González Cardona

AUTORIDADES ACADÉMICAS

Coordinador Académico:	M. A. Edwin Rolando Rivera Roque
Coordinador de Carrera:	M. A. Marlon Alcides Valdez Velásquez

ORGANISMO COORDINADOR DE TRABAJOS DE GRADUACIÓN

Presidente:	M.Sc. David Horacio Estrada Jerez
Secretario:	Inga. Magda Irene Medrano Guerra
Vocal:	M.Sc. José Ramiro García Alvarez

TERNA EVALUADORA

Presidenta:	Dra. María Julia Medina Martínez
Secretario:	M.Sc. José Ramiro García Alvarez
Vocal:	M.Sc. David Horacio Estrada Jerez

Guatemala, septiembre 2020

Señores:
Consejo Directivo
Centro Universitario de Oriente
Ciudad Chiquimula

Honorables Miembros:

De conformidad con las normas establecidas por la ley orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración el trabajo de graduación titulado: **“DETERMINACIÓN DE VULNERABILIDAD A PÉRDIDA DE COSECHA UTILIZANDO INDICADORES SOCIOECONÓMICOS, AMBIENTALES Y EDÁFICOS EN LA CUENCA DEL RÍO TACÓ, CHIQUIMULA, GUATEMALA, 2018”**, como requisito previo a optar el título de Ingeniero en Gestión Ambiental Local, en el grado académico de Licenciado.

Esperando que el mismo llene los requisitos necesarios para su aprobación, me es grato suscribirme.

Atentamente:

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



Josué Gabriel Ramos Solís

Chiquimula, 22 septiembre de 2020.

Ing. Edwin Filiberto Coy Cordón

Director CUNORI

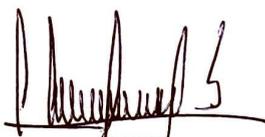
Chiquimula, Ciudad

Respetable Ingeniero Coy:

En atención a la designación efectuada por el Programa de Trabajos de Graduación de la Carrera de Gestión Ambiental Local, para asesorar al estudiante **JOSUÉ GABRIEL RAMOS SOLÍS** en el trabajo de investigación denominado **“DETERMINACIÓN DE VULNERABILIDAD A PÉRDIDA DE COSECHA UTILIZANDO INDICADORES SOCIOECONÓMICOS, AMBIENTALES Y EDÁFICOS EN LA CUENCA DEL RÍO TACÓ, CHIQUIMULA, GUATEMALA, 2018”**, tenemos el agrado de dirigirnos a usted, para informarle que se ha procedido a asesorar y orientar al sustentante, sobre el contenido de dicho trabajo.

En nuestra opinión, el trabajo presentado reúne los requisitos exigidos por las normas pertinentes; razón por la cual, recomendamos la aprobación del informe final para su discusión en el Examen General Público, previo a optar al título de Ingeniero en Gestión Ambiental Local, en el Grado Académico de Licenciado.

Atentamente,



PhD. Rodolfo Chicas

Asesor Principal



M.Sc. Fredy Coronado

Asesor Adjunto

D-TG-AT-161-2020

EL INFRASCRITO DIRECTOR DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA, POR ESTE MEDIO HACE CONSTAR QUE: Conoció el Trabajo de Graduación que efectuó el estudiante **JOSUÉ GABRIEL RAMOS SOLÍS** titulado **“DETERMINACIÓN DE VULNERABILIDAD A PÉRDIDA DE COSECHA UTILIZANDO INDICADORES SOCIOECONÓMICOS, AMBIENTALES Y EDÁFICOS EN LA CUENCA DEL RÍO TACÓ, CHIQUIMULA, GUATEMALA 2018”**, trabajo que cuenta con el aval de su Revisor y Coordinador de Trabajos de Graduación, de la carrera de Gestión Ambiental Local. Por tanto, la Dirección del CUNORI con base a las facultades que le otorga las Normas y Reglamentos de Legislación Universitaria **AUTORIZA** que el documento sea publicado como **Trabajo de Graduación** a Nivel de Licenciatura, previo a obtener el título de **INGENIERO EN GESTIÓN AMBIENTAL LOCAL**.

Se extiende la presente en la ciudad de Chiquimula, a cinco de noviembre del dos mil veinte.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Ing. Agr. Edwin Filiberto Coy Cordón
DIRECTOR
CUNORI – USAC



ACTO QUE DEDICO

- A Dios
Por darme el tesoro de la vida, por fortalecerme en cada prueba, por demostrarme que el tiempo de Dios es perfecto. A Él sea toda la gloria y honra.
- A mi madre
Argentina Solís, por ser mi pedazo de cielo en este mundo, por ser mi ejemplo de fe en Dios y de humildad, por creer en mis sueños y orar por ellos, por su apoyo en los peores y mejores momentos de mi vida, siendo un día de esos hoy. La amo inmensamente.
- A mis hermanos
Gabriela Ramos, por ser mi ejemplo de perseverancia y por sus consejos, Diego Ramos, por ser mi ejemplo de disciplina y por su apoyo incondicional, gracias por su amor conmigo. Los amo.
- A mis abuelos
Amadeo Galván (+) que en paz descansa, por ser figura paterna desde mi niñez y por enseñarme muchas cosas buenas que recordaré toda la vida. Antonia Solís, por su gran amor, por ser mi ejemplo de lealtad y amor de Dios, por cuidarme, aconsejarme y apoyarme en todo momento. Los amo.
- A mis tíos
Hermanos Galván Solís, Johana, Alan, Engel, Berta y Kristiam, por ser mi ejemplo de amor y apoyo familiar. Los quiero mucho.
- A mi familia
Julia García, por demostrarme que el que más apoya no es el que más tiene, sino el que quiere, gracias por ser tan buena conmigo, la amo mucho. Beberlyn, por sus ánimos y apoyo para terminar este proceso. A mis demás familiares, que los llevo siempre en mi corazón.
- A mis amigos
Por bendecirme con su amistad, por todos los buenos momentos compartidos y por el apoyo en momentos difíciles, gracias a todos, los quiero mucho.

AGRADECIMIENTOS ESPECIALES

- A mis asesores
- Muchas gracias Doctor Rodolfo Augusto Chicas Soto, por asesorarme en esta investigación, por fortalecer mi crecimiento profesional y por su amistad. M.Sc. Fredy Samuel Coronado López, por dedicarme tiempo en iniciar y finalizar este documento, por su valioso aporte, gracias a ustedes logré hoy esta meta.
- A mis catedráticos
- Por compartir su conocimiento a lo largo de mi carrera universitaria, de cada uno de ellos aprendí muy buenas cosas.
- Al Director
- Ing. Edwin Filiberto Coy Cordón, por revisar detalladamente este documento, con la finalidad de enriquecerlo y contribuir con mi formación profesional.
- A la Universidad
- Universidad San Carlos de Guatemala y Centro Universitario de Oriente CUNORI, por ser la casa de estudio mi alma Mater.
- A Mis Mentores
- Lic. Arturo Dardón Veliz y M.Sc. Fredy Samuel Coronado, por su valiosa y sincera amistad, por ser mis consejeros de vida, por ser mi apoyo en momentos críticos, por alegrarse por mis triunfos, toda la vida les estaré agradecido, los aprecio mucho.

ÍNDICE GENERAL

Contenido	Página
1. INTRODUCCIÓN	11
2. ANTECEDENTES	12
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	13
4. JUSTIFICACIÓN	14
5. OBJETIVOS	15
5.1 General	15
5.2 Específicos	15
6. MARCO TEÓRICO	16
6.1 Seguridad alimentaria y agricultura de subsistencia.	16
6.2 Vulnerabilidad de la agricultura familiar en el corredor seco de Guatemala.	21
6.3 Modelos de medición para determinar la vulnerabilidad de agricultura ante el cambio climático.	28
6.3.1 Aspectos de vulnerabilidad en la agricultura.	28
6.3.2 Modelo de medición para determinar la vulnerabilidad a pérdida de cosechas.	29
7. MARCO REFERENCIAL	31
8. MARCO METODOLÓGICO	37
8.1 Determinar las características socioeconómicas, edáficas y ambientales básicas para la determinación de la vulnerabilidad a la pérdida de cosechas.	37
8.1.1 Delimitación de áreas homogéneas de estudio	37
8.1.2 Determinación de variables socioeconómicas: Densidad poblacional, analfabetismo e intensidad de uso de la tierra	37
8.1.3 Determinación de variables ambientales: Altitud, Precipitación y Temperatura.	38
8.1.4 Determinación de las variables edáficas: Pendiente, Capacidad de retención de humedad, Fertilidad y Profundidad efectiva.	38
8.2 Identificar la vulnerabilidad de pérdida de cosechas en la cuenca del Río Tacó.	40
8.3 Lineamientos generales para cada nivel de vulnerabilidad para minimizar la pérdida de cosechas en la cuenca del Río Tacó.	42
9. RESULTADOS	43
9.1 Características socioeconómicas, edáficas y ambientales de la cuenca del Río Tacó.	43

9.1.1	Delimitación de áreas homogéneas de estudio.	43
9.1.2	Variables socioeconómicas: Densidad Poblacional, analfabetismo e intensidad de uso de la tierra.	44
9.1.3	Determinación de variables ambientales: Altitud, precipitación y temperatura.	47
9.1.4	Determinación de las variables edáficas: Pendiente, capacidad de retención de humedad, fertilidad y profundidad efectiva.	49
9.2	Vulnerabilidad a pérdida de cosecha en la cuenca del Río Tacó	52
9.3	Lineamientos generales para cada nivel de vulnerabilidad para minimizar la pérdida de cosechas en la cuenca del Río Tacó.	55
10.	CONCLUSIONES	58
11.	RECOMENDACIONES	59
12.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	60
13.	ANEXOS	63

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
1. Distribución de la superficie del país según cobertura y uso de la tierra de Guatemala.	19
2. Participación por sector en el PIB, 2002–2008.	27
3. Especies vegetales en la cuenca del Río Tacó	32
4. Especies forestales en la cuenca del Río Tacó	33
5. Ponderación de las variables.	41
6. Formato para lineamientos generales para reducir la pérdida de cosechas.	42
7. Agrupación de lugares poblados por áreas homogéneas.	44
8. Variables socioeconómicas en la cuenca del Río Tacó, Chiquimula.	44
9. Variables ambientales en la cuenca del Río Tacó, Chiquimula.	47
10. Variables edáficas en la cuenca del Río Tacó, Chiquimula.	49
11. Resumen de datos obtenidos por áreas homogéneas.	52
12. Ponderación de variables.	53
13. Vulnerabilidades obtenidas al aplicar el modelo matemático.	54
14. Lineamientos para reducir la pérdida de cosecha de granos básicos en áreas con vulnerabilidad media.	56
15. Lineamientos para reducir la pérdida de cosecha de granos básicos en áreas con vulnerabilidad alta.	57
16. Caracterización física y química de los suelos de la cuenca del Río Tacó.	63
17. Análisis de la fertilidad química	64
18. Análisis de la fertilidad física.	71

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Cobertura y uso de la tierra.	20
2. Mapa base del Corredor Seco de Guatemala.	21
3. Mapa de amenaza por sequía en el Corredor Seco.	22
4. Mapa de distribución de la fertilidad del suelo en el Corredor Seco.	22
5. Mapa de zonas de medios de vida del Corredor Seco.	24
6. Mapa de granos básicos del Corredor Seco.	24
7. Ponderación de parámetros y variables utilizadas para estimar la vulnerabilidad a la pérdida de cosechas en la Cuenca del Río Torjá.	30
8. Porcentaje de pobreza y pobreza extrema departamento de Chiquimula	35
9. Mapa puntos de muestreo en la Microcuenca del Río Tacó.	39
10. Mapa áreas homogéneas de la Microcuenca del Río Tacó.	43
11. Mapa densidad poblacional en la cuenca del Río Tacó	45
12. Mapa de alfabetismo en la cuenca del Río Tacó.	46
13. Mapa de intensidad de uso de la tierra en la cuenca del Río Tacó.	46
14. Mapa de altitudes en la cuenca del Río Tacó.	48
15. Mapa de intensidad precipitación en la cuenca del Río Tacó.	48
16. Mapa de temperatura anual en la cuenca del Río Tacó.	49
17. Mapa de pendientes en la cuenca del Río Tacó.	50
18. Mapa de capacidad de retención de humedad en la cuenca del Río Tacó.	51
19. Mapa de fertilidad química en la cuenca del Río Tacó.	51
20. Mapa de profundidad efectiva en la cuenca del Río Tacó.	52
21. Mapa de vulnerabilidad a pérdida de cosecha en la cuenca del Río Tacó.	54
22. Mapa de distribución de los niveles de pH de los suelos de la cuenca del Río Tacó, Chiquimula, Guatemala, 2018.	65
23. Mapa de distribución niveles de fósforo en los suelos de la cuenca	

del Río Tacó, Chiquimula, Guatemala, 2018.	66
24. Mapa de Distribución de niveles de potasio en los suelos de la cuenca del Río Tacó, Chiquimula, Guatemala, 2018.	67
25. Mapa de distribución de niveles de Calcio en los suelos de la cuenca del Río Tacó, Chiquimula, Guatemala, 2018.	68
26. Mapa de distribución de niveles de magnesio en los suelos de la cuenca del Río Tacó, Chiquimula, Guatemala, 2018.	69
27. Mapa de distribución de niveles de Materia Orgánica en los suelos de la cuenca del Río Tacó, Chiquimula, Guatemala, 2018.	70
28. Mapa de clases texturales de la cuenca del Río Tacó.	72
29. Mapa de capacidad de Uso de los suelos de la cuenca del Río Tacó, Chiquimula, Guatemala, 2019.	73
30. Mapa de distribución de usos de los suelos de la cuenca del Río Tacó, Chiquimula, Guatemala, 2018.	30

1. INTRODUCCIÓN

La economía de Guatemala depende considerablemente de la agricultura, ya que ésta representa casi una tercera parte del Producto Interno Bruto del país. La agricultura de exportación genera muchos beneficios económicos para el país, sin embargo, existe otro tipo de agricultura denominada de subsistencia. La agricultura en pequeña escala o agricultura de subsistencia se practica principalmente en el área rural, produciendo maíz y frijol para la alimentación de las familias. Dichas familias no cuentan con la tierra necesaria en cantidad y calidad para la producción comercial, lo que las hace vulnerables a las pérdidas de cosecha de granos básicos al ser estos la principal fuente de alimentación.

El cambio climático ha tenido sin duda impactos negativos en las cosechas de los últimos años, principalmente en la producción de granos básicos, ya que los periodos de sequía se han prolongado, así como las temperaturas se han incrementado, lo cual conlleva al estrés de las plantas y no se desarrollan adecuadamente, siendo la agricultura de subsistencia la más vulnerable, debido que en esta se encuentran muchas limitantes, como la disponibilidad de agua para riego y carencia de prácticas de conservación de suelos, de no lograr las cosechas familiares esperadas para abastecer el consumo anual de los hogares, se podrían encontrar en situación de inseguridad alimentaria.

La presente investigación tuvo como objetivo principal, aplicar un modelo matemático para determinar la vulnerabilidad a pérdida de cosechas, esta fue desarrollada en la cuenca del Río Tacó, municipio Chiquimula, Chiquimula, en donde se obtuvieron los datos de variables socioeconómicas, ambientales y edáficas, a través de trabajo de campo, análisis de laboratorio y análisis de bases de datos del Instituto Nacional de Estadística y capas de información geográfica del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación; se dividió el territorio de la cuenca por áreas homogéneas, siendo el área total 26.32 km², determinando que 4.82 km² del territorio presentan alta vulnerabilidad y los restantes 21.5 km², presentan vulnerabilidad media.

2. ANTECEDENTES

Guatemala es un país en el cual gran parte de la actividad económica se encuentra en el sector agrícola, debido a que el desarrollo industrial no ha logrado proveer suficientes empleos para la población, por lo que la agricultura se encuentra en las actividades que empleo generan.

En Guatemala el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación ejecuta proyectos de creación de bancos de semillas comunitarios y capacitación de los agricultores en la realización de buenas prácticas agrícolas, sin embargo dichas actividades se planifican de manera general, sin priorizar las áreas más vulnerables, por lo que la carencia de información sobre la vulnerabilidad a pérdida de cosechas limita la ejecución de proyectos que satisfagan necesidades más puntuales.

Partiendo de lo anterior, se resalta la utilidad que se le podría dar a la determinación de la vulnerabilidad a pérdida de cosechas, ya que a la fecha no se cuenta con información sobre dicha situación a nivel de cada cuenca del país, únicamente de la cuenca del Río Torjá, la cual ha sido objeto de investigación para la validación de un modelo matemático, utilizando variables que manipulan el rendimiento de las cosechas, dicha información puede ser utilizada en el proceso de planificación, principalmente en cuanto a definir la vulnerabilidad a pérdidas de cosecha, por acción de la disponibilidad del agua y otros factores inherentes al proceso productivo.

A nivel de la cuenca del Río Tacó, se carece de información sobre las áreas con vulnerabilidad a pérdida de cosechas, únicamente se ha realizado un estudio para determinar las zonas potenciales de recarga hídrica, por García (2009), sin embargo, no se tiene información base como punto de partida, para la realización de las gestiones correspondientes de los gobiernos locales y ONG para la mitigación de las bajas producciones de la agricultura de subsistencia, lo cual mejoraría considerablemente las condiciones de calidad de vida de la población rural.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Guatemala registra 52.8% de habitantes en pobreza y pobreza extrema, de los cuales el 39.8% es indígena y 13% no indígena, según el informe final de medición de metas, de los Objetivos de Desarrollo del Milenio, elaborado por la Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia –SEGEPLAN- en el año 2014 (Pozasangre y Orozco 2016). Partiendo de ello, realza la importancia de la agricultura en el país, siendo en menor parte la agricultura de mercado, la cual se dedica a la exportación de productos agrícolas producidos bajo estrictos estándares para su fácil aceptación en mercados extranjeros, sin embargo la mayor parte de la actividad agrícola es para la subsistencia de las familias en condiciones de pobreza y pobreza extrema.

El principal problema radica en que en los últimos años las tasas de pérdidas de cosechas de granos básicos se han elevado, principalmente en las áreas rurales, en donde la mayor parte de los productores no ejecutan buenas prácticas agrícolas, las cuales disminuyan la degradación de los suelos, de igual manera carecen de suministros de agua para riego de cultivos, por lo que dependen de un invierno estable para poder lograr las cosechas esperadas, viéndose en riesgo la seguridad alimentaria de las familias, afectando directamente en el incremento de las tasas de desnutrición en la población.

Pese a lo anterior se suma, la variabilidad climática que ha venido afectando en los últimos años, lo cual representa un peligro para obtención de cosechas favorables, ya que los inviernos se han visto interrumpidos por largos periodos de sequía o en caso contrario demasiadas precipitaciones en cortos periodos de tiempo, lo cual favorece la aparición de las enfermedades en los cultivos, así como la pudrición de las raíces de los mismos.

El área investigada fue la cuenca del Río Tacó, la cual comprende el municipio de Chiquimula, del departamento de Chiquimula, en dicha región la producción agrícola es prioritariamente maíz y frijol, en la cual muchos agricultores manifiestan su preocupación por la pérdida de las cosechas, ya que estos en su mayoría sobreviven de las mismas, lo cual afecta directamente la calidad de vida de sus familias.

4. JUSTIFICACIÓN

La producción de alimentos en la cuenca del Río Tacó, se desarrolla en su mayoría en el área rural, además se observa agricultura de subsistencia en suelos degradados y con mayor aptitud forestal que agrícola, en donde no se realizan buenas prácticas agrícolas, dificultando la conservación de los suelos y repercutiendo en los siguientes años en un incremento de los niveles de pobreza y pobreza extrema de las familias, ya que las producciones van en descenso y en varias ocasiones existen pérdidas totales de sus productos por las sequías, de no buscar una solución a dicha problemática, esta afectará negativamente la calidad de vida de la población, mayoritariamente en el área rural.

La presente investigación servirá para determinar la vulnerabilidad de la cuenca a la pérdida de cosechas, influenciada por las condiciones climáticas y factores socio-económicos de las comunidades que comprenden dicha cuenca, con el fin de servir de línea base para futuros proyectos y planes productivos y de desarrollo, pudiendo contemplar la vulnerabilidad del área, para tomarla en cuenta y que la misma no afecte negativamente la obtención de los fines esperados. Por ello la importancia de la investigación de interrelacionar datos de carácter cuantitativo y cualitativo de carácter social, económico y ambiental, proveyendo información necesaria, para la disminución de la degradación de los suelos de la cuenca, lo cual es indispensable para asegurar la calidad de vida de las futuras generaciones que habiten en dicha área.

En la cuenca del Río Tacó no se han realizado estudios sobre los niveles de vulnerabilidad de pérdida de cosechas, lo cual es importante a tomar en cuenta para la sostenibilidad de la agricultura de subsistencia, la cual compromete la seguridad alimentaria de los pobladores de la misma.

En dicha investigación se analizaron los factores ambientales, sociales y económicos, así mismo, un estudio de suelo a nivel de la cuenca, para determinar la disponibilidad de los elementos principales para el crecimiento y desarrollo adecuado de los cultivos.

5. OBJETIVOS

5.1 General

Determinar índice de vulnerabilidad de pérdida de cosechas en la cuenca del Río Tacó para proponer lineamientos generales de manejo que contribuyan a minimizar la problemática.

5.2 Específicos

5.2.1 Determinar las características socioeconómicas, edáficas y ambientales básicas para la determinación de la vulnerabilidad a la pérdida de cosechas.

5.2.2 Identificar la vulnerabilidad de pérdida de cosechas en la cuenca del Río Tacó.

5.2.3 Proponer lineamientos generales para cada nivel de vulnerabilidad para minimizar la pérdida de cosechas en la cuenca del Río Tacó.

6. MARCO TEÓRICO

6.1 Seguridad alimentaria y agricultura de subsistencia.

La **seguridad alimentaria** se encuentra presente cuando las personas en todo momento, tienen acceso físico, social y económico a suficientes alimentos, en buenas condiciones y nutritivos que satisfagan sus necesidades dietéticas y preferencias alimentarias, para una vida activa y saludable. Para una mejor comprensión de esta definición es necesario analizar los tres componentes claves que la conforman: la disponibilidad, acceso y utilización apropiada de los alimentos (Duro-Tamasiunas et al. 2002).

La **disponibilidad**, hace referencia a la cantidad y variedad de alimentos con que cuenta un país, región, comunidad, familia o individuo, dependiendo la misma de cuanto se produce ó importa, la existencia de vías de comunicación y transporte para su comercialización y técnicas de almacenamiento. En el nivel nacional estos datos se obtienen de hojas de balance, que sirve para evaluar las tendencias sobre déficit o superávit alimentario anuales, según las informaciones de producción-cosecha y consumo, mientras que en el nivel micro (comunidad y familia), la disponibilidad de alimentos incluye producciones locales de fruta, hierbas y otros, e inclusive los alimentos donados (Duro-Tamasiunas et al. 2002).

El **acceso** a los alimentos se refiere que además de estar disponibles, deben ser accesibles económica y socialmente a toda la población, es decir que puedan producirse o ser comprados y que el nivel educativo y de información de la población, permita tomar las decisiones más adecuadas sobre el uso y distribución intrafamiliar de los alimentos (Duro-Tamasiunas et al. 2002).

Por su parte, una apropiada **utilización** de los alimentos se refiere al conjunto de costumbres, prácticas, educación y cultura para realizar una adecuada selección y aprovechamiento de los alimentos, en condiciones higiénicas y sanitarias óptimas (Duro-Tamasiunas et al. 2002).

Existe **inseguridad alimentaria** cuando las personas carecen de acceso seguro a las cantidades suficientes de alimentos en buenas condiciones y nutritivos para el crecimiento y desarrollo normal para llevar una vida activa y saludable, entre las causas

que la provocan están la no disponibilidad de alimentos, el insuficiente poder adquisitivo y una distribución inadecuada o uso inadecuado de alimentos en el ámbito familiar (Duro-Tamasiunas et al. 2002).

Con respecto a encontrarse en estado de **vulnerabilidad alimentaria**, se considera que las personas que se encuentran permanentemente o durante períodos específicos expuestas a esta situación, inducidos por factores de tipo económicos, sociales, ambientales y emergencias por desastres, están en riesgo de convertirse en inseguras en términos de alimentos o desnutridas (Duro-Tamasiunas et al. 2002).

En ese sentido, se considera como vulnerabilidad, a esta relación de riesgo que reduce la capacidad de las personas y sus habilidades para hacer frente a crisis derivadas de distintas amenazas, que por su recurrencia e impacto producen desgaste en los medios de vida, destrucción de cultivos, pérdida de cosechas, de bienes materiales y productivos y una disminución del acceso a alimentos (Duro-Tamasiunas et al. 2002).

La persistente situación de inseguridad alimentaria en la población, evidenciada en las últimas mediciones realizadas de desnutrición crónica y aguda en el país pone de manifiesto la necesidad de una focalización geográfica de los grupos más vulnerables del país. Ante un escenario cambiante de la seguridad alimentaria derivado de la crisis económica social provocada por la caída de precios del café, la irregularidad de las lluvias asociada a fenómenos climatológicos y los efectos de largo plazo producidos por el Huracán Mitch, situaron a la crisis nutricional en el nuevo foco de preocupación y demandaron acciones urgentes (Duro-Tamasiunas et al. 2002).

Para focalizar las poblaciones con alto riesgo de inseguridad alimentaria se creó el **VAM** –Cartografía y Análisis de la Vulnerabilidad a la Inseguridad Alimentaria- de acuerdo a un Marco de Análisis Estándar para los países en donde funciona el Programa Mundial de Alimentos –PMA- cuyo objetivo es mejorar la eficiencia y la efectividad de la programación de la asistencia alimentaria, la integración del análisis al apoyo del programa de alivio de la pobreza del gobierno y su utilización en la planificación de intervenciones (Duro-Tamasiunas et al. 2002).

En función de problemas de acceso a bases de datos actualizadas, se encontró factible realizar el análisis únicamente con 8 indicadores, los cuales fueron: 3 para **amenazas climáticas** (sequía, heladas e inundaciones); 3 para estimar la **situación alimentaria y nutricional** (déficit de producción de alimento a nivel municipal, porcentaje de población en extrema pobreza por municipio y porcentaje de desnutrición crónica en escolares del primer año de primaria por municipio) y por último, 2 para estimar la **capacidad de respuesta** (densidad de carreteras por habitante por kilómetro cuadrado del municipio y tierras agrícolas disponibles como proporción de la extensión del municipio) (Duro-Tamasiunas et al. 2002).

El resultado del análisis indica que existen 109 municipios en las categorías de **Muy Alta y Alta Vulnerabilidad**, que representan el 33% de los 331 municipios del país. Estos 109 municipios se reparten en 13 departamentos de la República representando el 59% de los 22 departamentos del país (Duro-Tamasiunas et al. 2002).

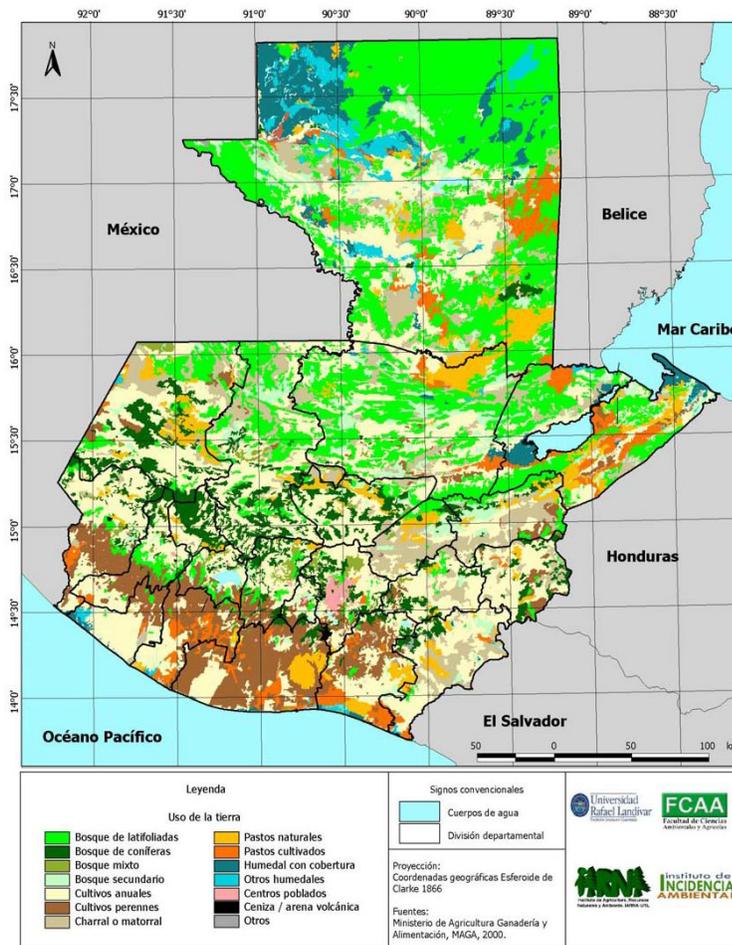
Cobertura vegetal y uso de la tierra: En general el espacio territorial guatemalteco está siendo utilizado para los siguientes tipos de usos mayores de la tierra: a) cultivos: anuales y perennes; b) pastos: naturales y cultivados; c) bosques: conífero, latifoliado y mixto, dentro del mismo grupo se incluyen el bosque secundario (arbustal) y los charrales y/o matorrales; d) humedales, con y sin cobertura boscosa; e) cuerpos de agua, incluidas aquellas áreas con embalses; f) centros poblados: áreas urbana y rural; y g) “otras áreas”, donde se incluyen áreas dedicadas a procesos de extracción de minerales, playa, rocas expuestas, etc (URL 2006).

Cuadro 1. Distribución de la superficie del país según cobertura y uso de la tierra de Guatemala.

Tipo de uso	Categoría	Porcentaje por grupo	Superficie	
			ha	%
Cultivos	Cultivos anuales	36.2	3,109,520.00	28.60
	Cultivos perennes		829,632.00	7.60
Pastos	Pastos naturales	9.8	620,287.60	5.70
	Pastos cultivados		445,698.60	4.10
Bosques	Bosque de latifoliadas	46.3	2,734,845.70	25.10
	Bosque de coníferas		698,308.80	6.40
	Bosque mixto		85,545.50	0.80
	Bosque secundario (arbustal)		520,388.90	4.80
	Charral o matorral		1,007,455.60	9.20
Humedales	Humedal con cobertura boscosa	6.3	429,242.80	4.00
	Otros humedales		253,213.40	2.30
Cuerpos de agua	Lagos, lagunas y otros (lénticos)	0.5	53,164.70	0.50
	Embalses (reservorios)		1,417.60	0.01
Centros poblados	Centros poblados	0.5	55,871.10	0.51
Otras áreas	Servicios y recreación	0.411	893.20	0.01
	Área de arena y/o playa		25,966.60	0.24
	Rocas expuestas (incluye áreas erosionadas)		9,544.60	0.09
	Coladas de ceniza y/o arean volcánica		8,683.10	0.08
	Áreas de extracción de material (canteras, minas, etc.)		711.40	0.01
TOTAL		100	10,890,391.20	100.00

Fuente: Universidad Rafael Landívar, 2006.

El Cuadro 1 y la figura 1 muestran la superficie ocupada por estas categorías de cobertura y uso de la tierra. En términos generales se observa que la producción agrícola y pecuaria ocupa el 46.0% del territorio nacional, sobresaliendo los cultivos anuales (28.6%) y que la cobertura vegetal con bosques es del 46.3%; en esta última categoría el 9.2% corresponde al “charral o matorral”, producto de la degradación del bosque original (URL 2006).



Fuente: (URL 2006).

Figura 1. Cobertura y uso de la tierra

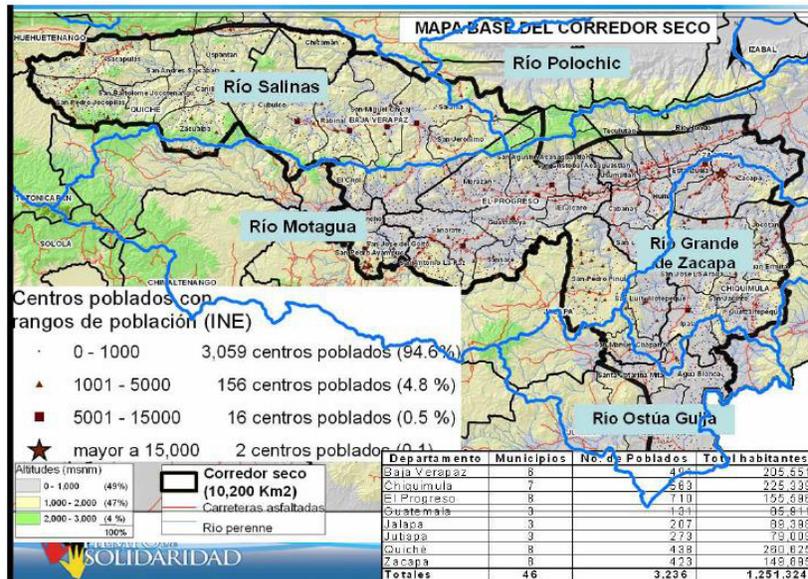
Respecto a la relación de los usos mayores de la tierra definidos y las zonas de medios de vida del país (14 zonas), se debe mencionar que las mismas están altamente intervenidas por actividades humanas como la agricultura de agro-exportación y de subsistencia, la ganadería y la ocupación de espacios para el establecimiento de centros poblados. Once zonas de vida están intervenidas en más del 50% de su territorio, ocupado por otras categorías de uso diferentes al bosque natural y entre las que se pueden mencionar el Bosque húmedo Montano (bh-M), Bosque húmedo Subtropical (bh-S(t)) y el Bosque muy húmedo Montano (bmh-M) (URL 2006).

6.2 Vulnerabilidad de la agricultura familiar en el corredor seco de Guatemala

La región conocida como “corredor seco” abarca un total de 10,200 km², en los departamentos de Quiché, Baja Verapaz, El Progreso, Guatemala, Zacapa, Chiquimula, Jalapa y Jutiapa, incluye un total de 46 municipios (MAGA 2010).

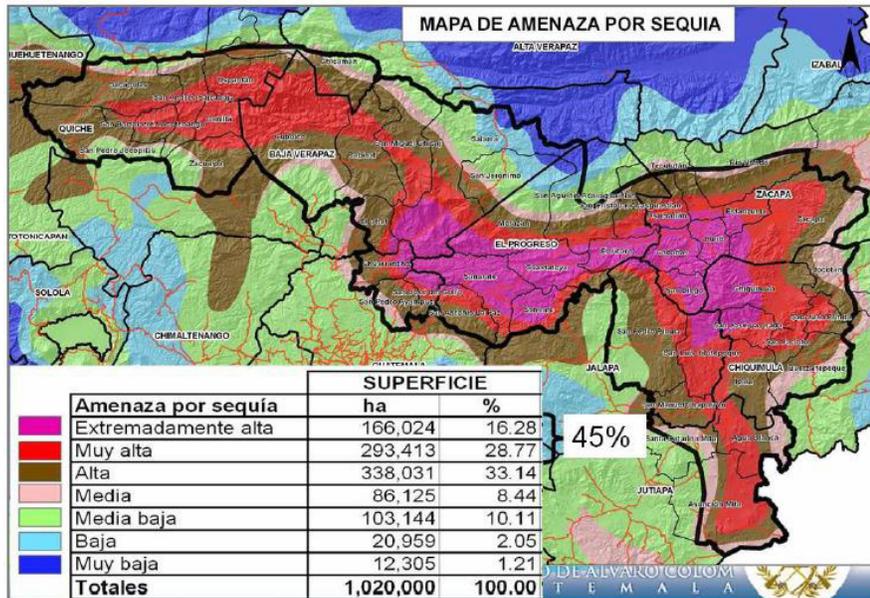
La topografía de la región es variada ya que el 49% del territorio se encuentra a menos de 1,000 metros sobre el nivel del mar y el 51% restante supera los 1,000 y llega hasta los 3,000 metros de altitud (msnm). Los territorios donde predominan los terrenos con menor altitud son El Progreso, Zacapa, Chiquimula, Jalapa y Jutiapa (MAGA 2010).

Existen tres áreas que la han superado y empiezan a elevar considerablemente su población: son las áreas de los departamentos de Chiquimula, Jalapa y Quiché. Estos aumentos de población es previsible que intensifiquen la presión sobre los recursos naturales en un futuro próximo (MAGA 2010).



Fuente: MAGA 2010.

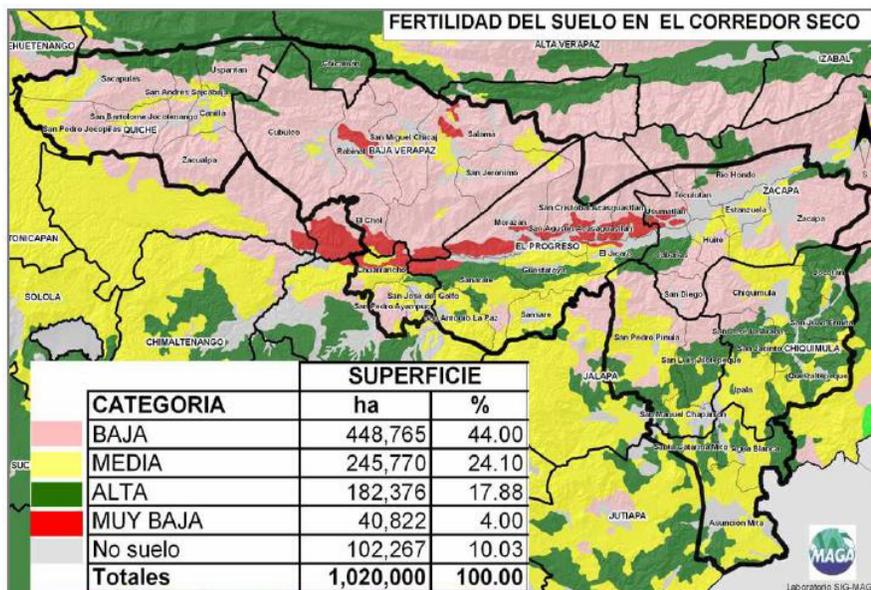
Figura 2. Mapa base del Corredor Seco de Guatemala



Fuente: MAGA 2010.

Figura 3. Mapa de amenaza por sequía en el Corredor Seco

Estas condiciones se ven definidas en el mapa de amenaza por sequía, que demuestra que el territorio de los departamentos de El Progreso, Zacapa y parte de Chiquimula posee extremadamente alta amenaza por sequía (MAGA 2010).



Fuente: MAGA 2010.

Figura 4. Mapa de distribución de la fertilidad del suelo en el Corredor Seco

Todo el corredor seco está amenazado por la sequía pero no en el mismo grado. El territorio templado (Quiché y Baja Verapaz) tiene menos riesgo que el territorio cálido (resto de los departamentos) (MAGA 2010).

Los suelos poseen limitantes: no son profundos, predomina la baja y mediana fertilidad; necesitan materia orgánica y son muy erosionables. Todo indica la necesidad de manejo y conservación de suelos. Existe una elevada red hidrográfica superficial pero la región posee un **bajo potencial de agua subterránea (por las precipitaciones escasas)**. Solo queda el 22% de cobertura forestal lo que es grave ya que afecta el ciclo hidrológico (MAGA 2010).

Caracterización Socioeconómica del Corredor Seco

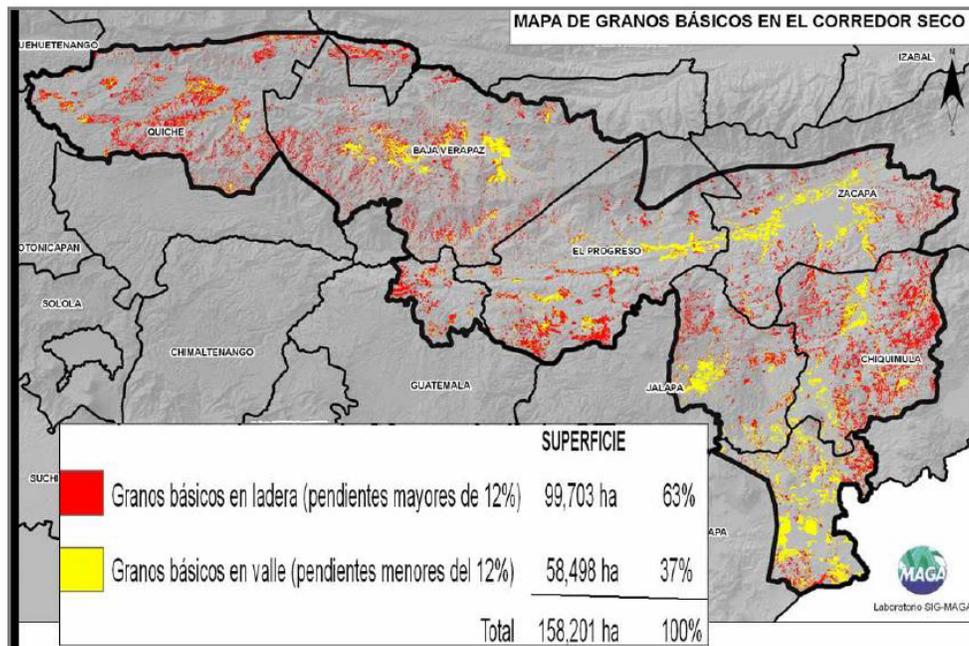
La caracterización socioeconómica se realizó estudiando las siguientes variables: “Medios de vida”, aspectos productivos, valor bruto de la producción del sector agropecuario y forestal, vulnerabilidad alimentaria y extrema pobreza (MAGA 2010).

Medios de Vida: Con este concepto nos referimos a la forma de ocupación y sus actividades de la población de la región. Como se observa en el mapa 5, la región es diversa: el departamento de Quiché y Baja Verapaz son los que más dependen de la agricultura y los recursos naturales. En los departamentos de El Progreso y Zacapa existen otros medios de ganarse la vida y las ocupaciones están fuera del sector. En la región oriental, los medios de vida están referidos a la agricultura en la producción de granos básicos (seguro de alimento anual para las familias), pero existen otros medios de ganarse la vida debido a ser un territorio fronterizo y de tránsito de mercancías (MAGA 2010).



Fuente: MAGA 2010.

Figura 5. Mapa de zonas de medios de vida del corredor seco



Fuente: MAGA 2010.

Figura 6. Mapa de granos básicos del corredor seco

Salvo los departamentos de El Progreso y Zacapa que poseen otros “medios de vida”, las poblaciones de la región viven del medio rural y de la explotación de los recursos naturales, esta situación es más determinante en los departamentos de Quiché y Baja Verapaz (MAGA 2010).

Con respecto a la producción del sector agropecuario y forestal la diversificación existente se da sobre todo en los valles y bajo riego. El cultivo de granos básicos se hace mayormente en ladera. El sector agropecuario y forestal no ha logrado desarrollar la región, de hecho los municipios están en el rango más bajo del país en generación de dinero. Esto se refleja en la Inseguridad Alimentaria y en la Pobreza Extrema. El riego ha dado mayores posibilidades ejemplo: valle San Jerónimo (sistema de estructuras basadas en ríos). Fuera de nuestro sector existen otras posibilidades: artesanías, turismo, otras actividades (MAGA 2010).

El área de cobertura del Corredor Seco, no es un territorio homogéneo, no se puede planificar como un todo. Existen cuatro territorios: a) Quiché, b) Baja Verapaz, c) El Progreso y Zacapa d) Chiquimula, Jalapa y Jutiapa (MAGA 2010).

La población es rural mayormente y de eso depende sus “medios de vida”. No se producen suficientes alimentos y la mayor parte es producción de ladera. Los suelos son erosionables y con limitaciones (MAGA 2010).

En los valles que se riegan, existe diversificación, pero no es suficiente el volumen de producción para impactar en la pobreza y reducirla (MAGA 2010).

Agricultura y cambio climático.

El incremento de la temperatura atmosférica y del mar, la reducción y la inestabilidad del régimen de lluvias y el aumento del nivel del mar, aunado a la intensificación de los fenómenos meteorológicos extremos como las sequías y los huracanes, impactarán en la producción, la infraestructura, los medios de vida, la salud y la seguridad de la población, además de que debilitarán la capacidad del ambiente para proveer recursos y servicios vitales (Mora et al. 2010).

Según el documento EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE LA AGRICULTURA, los resultados preliminares obtenidos en dicho estudio indican que el calentamiento global está teniendo ya efectos negativos sobre el sector agropecuario. El cambio climático ocasiona reducciones en los niveles de producción, en los rendimientos y en los ingresos de los agricultores guatemaltecos, que de no tomarse medidas que compensen los potenciales efectos, las pérdidas económicas podrían ser cuantiosas (Mora et al. 2010).

Al considerar las repercusiones del cambio climático sobre los índices de producción agropecuaria en su conjunto, la producción de cultivos y la producción pecuaria, los resultados indican que, en cuanto al índice de producción agropecuaria, la temperatura registrada en 2005 ha sobrepasado el nivel óptimo del sector, lo que indica que cualquier incremento marginal de la temperatura se traducirá en pérdidas económicas para el sector en su conjunto. El mismo fenómeno se presenta tanto para la producción de cultivos como para la pecuaria. Por el contrario, los efectos de la precipitación acumulada sobre los tres índices de producción son favorables e indican que los incrementos en esta variable permitirán obtener mayores niveles de producción, ya que en 2005 aún no se alcanzaba su nivel óptimo (Mora et al. 2010).

El análisis realizado sobre los cultivos de maíz y frijol revelan que, con relación al maíz, estaría por alcanzarse el nivel de temperatura que permite lograr el máximo rendimiento, es decir, aún se cuenta con cierto margen para efectuar políticas preventivas de este cultivo. La situación es diferente para el frijol, pues el ejercicio de sensibilidad efectuado indica que ya se ha rebasado la temperatura que permite alcanzar los mayores rendimientos en la producción de este cultivo, lo que indica que el cambio climático ya estaría generando pérdidas sobre su productividad. Con respecto a la precipitación, los ejercicios de sensibilidad para ambos cultivos indican que el nivel de rendimiento máximo se alcanza con niveles de precipitación inferiores a los actuales (Mora et al. 2010).

Los impactos económicos que conllevará el cambio climático sobre el sector agropecuario guatemalteco hacia el año 2100, se observa que las pérdidas podrían oscilar entre 3% y 15% del PIB (contemplando una tasa de descuento de 2%), dependiendo de la severidad del escenario climático estimado. Así, aun cuando en el

corto plazo sea posible incentivar la producción para algunos cultivos, a largo plazo los beneficios se revertirían, llegando incluso a producirse pérdidas de considerable magnitud (Mora et al. 2010).

La economía guatemalteca continúa siendo altamente dependiente de su sector agropecuario, con la sensibilidad que este sector tiene ante cambios en el clima. Esta importante relación entre el agro y el clima de Guatemala crea la necesidad de presentar un panorama de la evolución de este sector y la manera de cómo el cambio climático podría generar situaciones adversas para su desarrollo (Mora et al. 2010).

La agricultura es trascendental para el desarrollo del país, no sólo porque permite servir de suministro de alimentos básicos, sino también porque de ella dependen los ingresos de muchos hogares guatemaltecos, ya que emplea al 50% de la población económicamente activa (PEA). Por una parte, los rendimientos y productividad de las actividades productivas del agro se ven fuertemente influenciadas por fenómenos climáticos, pero también estas actividades productivas afectan al clima y al ambiente mediante la emisión de metano, la contaminación de acuíferos, la erosión, la salinización de los suelos y la deforestación para el uso de suelo agropecuario, creando mediante este proceso un grado de codependencia digno de ser considerado en la toma de decisiones de política económica que afecten al sector agropecuario (Mora et al. 2010).

La contribución del agro y el medio rural a la economía guatemalteca

Como se mencionó anteriormente, el sector agropecuario representa un sector muy importante para la economía de Guatemala; por ejemplo, para el 2008 el PIB agropecuario representó más del 13% del PIB total y si se incluye la agroindustria la cifra aumenta casi al 21% (Mora et al. 2010).

Cuadro 2. Participación por sector en el PIB, 2002–2008.

Año	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
PIB agropecuario/PIB total	14.1	14.1	14.3	14.1	13.6	13.5	13.3
PIB agroindustrial/PIB total	8.0	8.1	8.0	8.0	7.8	7.6	7.6
PIB ampliado/PIB total	22.2	22.2	22.3	22.1	21.4	21.1	20.8

Fuente: (Mora et al. 2010).

Este importante peso relativo dentro de las actividades económicas y sociales del sector, aunado a las vinculaciones con el resto de las actividades, lo hace una de las principales fuentes de crecimiento de la economía, ya que contribuye a dinamizar la industria, el comercio, el transporte y los servicios financieros. Además, es el núcleo más importante de las demás actividades rurales. Los excedentes generados en la agricultura se convierten en ahorros e inversión para otros sectores y representan una fuente importante de ingresos tributarios (Mora et al. 2010).

6.3 Modelos de medición para determinar la vulnerabilidad de agricultura ante el cambio climático.

6.3.1 Aspectos de Vulnerabilidad en la agricultura.

La agricultura es extremadamente vulnerable al cambio climático, ya que las temperaturas más altas tienen un impacto directo sobre los rendimientos de cultivos y mayores precipitaciones podrían generar más hierbas y plagas dañinas para los mismos. Por lo anterior, los cambios en los patrones de las precipitaciones a corto plazo representarían pérdidas de cosechas, y en el largo plazo, una disminución en la producción. Cabe aclarar, no obstante, que es muy probable también que genere ciertas ganancias en algunos cultivos específicos y regiones del mundo. Sin embargo, se espera que los impactos globales del cambio climático en la agricultura sean negativos, amenazando la seguridad alimentaria mundial. Es probable que las poblaciones en desarrollo, que ya son vulnerables y que surgen inseguridad alimentaria, sean las más afectadas (Cerezo 2017).

A nivel de cultivos, es posible observar que en el caso del maíz y el frijol la temperatura óptima que permitiría generar mayores rendimientos a los productores se ha rebasado, es decir, que de mantenerse los incrementos en la temperatura los rendimientos en estos cultivos sufrirían pérdidas considerables, lo anterior nos hace sugerir la intervención de los gobiernos locales con el objetivo de generar, mediante programas y proyectos, condiciones propicias para enfrentar de manera inmediata los efectos del cambio climático futuro (Cerezo 2017).

Es posible afirmar que los efectos en la producción agrícola ocasionados por el calentamiento global han sido y serán cuantiosos en varios sentidos (disminuciones notables en la producción de los cultivos, en sus rendimientos y por ende en los ingresos de la población que depende de la actividad agrícola), al ser Guatemala un país con dependencia de esta actividad económica, es muy importante señalar la trascendencia que tienen y tendrán las medidas de adaptación y mitigación al cambio climático, debido a que, de no generarlas, se podría poner en serio riesgo el desarrollo y la subsistencia principalmente de las poblaciones rurales (Cerezo 2017).

6.3.2 Modelo de medición para determinar la vulnerabilidad a pérdida de cosechas.

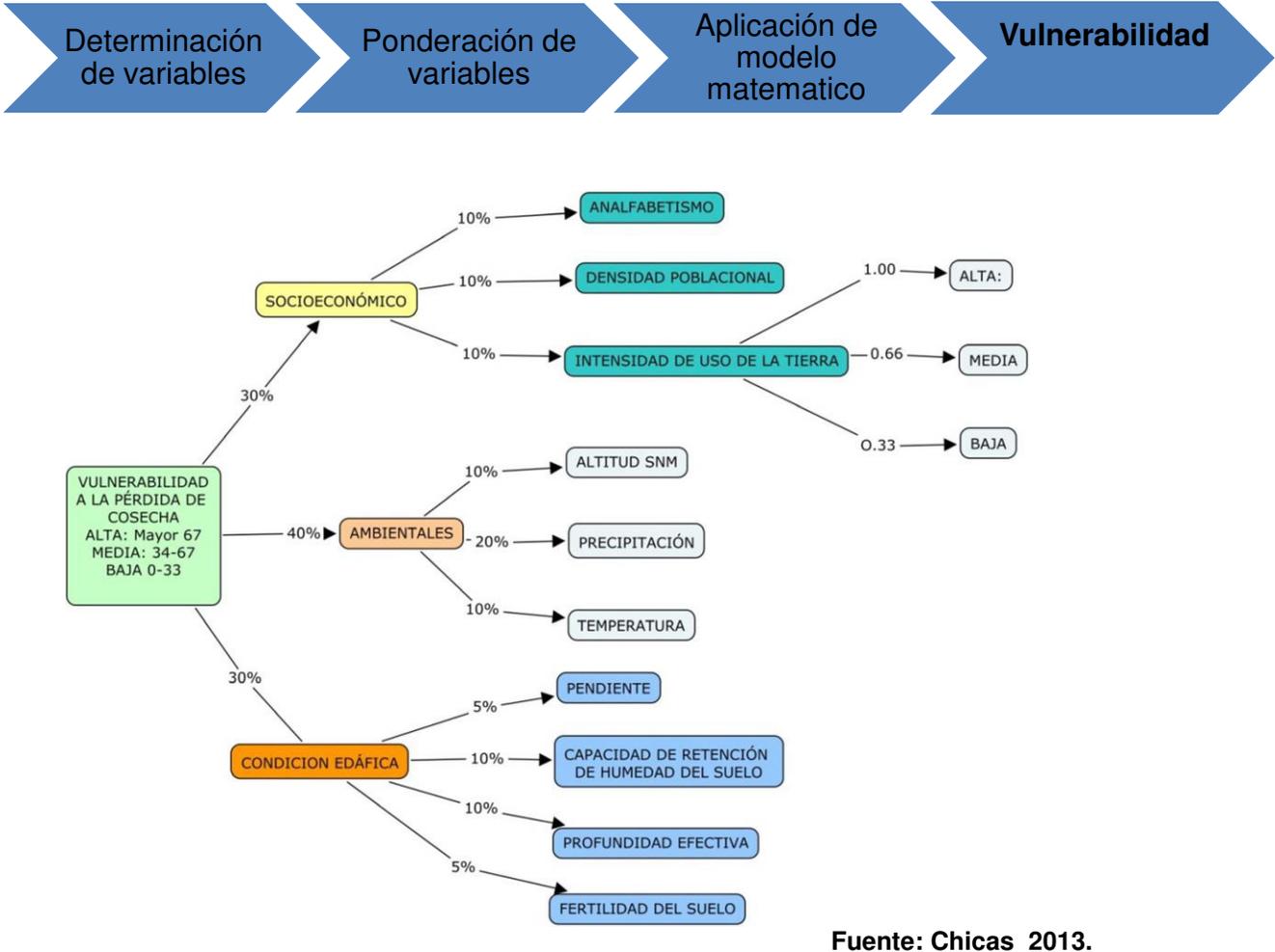
Actualmente las investigaciones para la determinación de la vulnerabilidad a pérdida de cosechas, son escasas en la región y en los medios web, sin embargo en el año 2013, Chicas desarrollo una investigación para validar un modelo matemático, que permite determinar el grado de vulnerabilidad a pérdida de cosechas.

La investigación tuvo como propósito fundamental, definir y evaluar indicadores de sostenibilidad ambiental, que permitieran mitigar la vulnerabilidad a pérdidas de cosecha, en la cuenca del Río Torjá, ubicada en el municipio de Jocotán, Chiquimula; para lo cual se aplicó un modelo metodológico que permitió establecer los indicadores más importantes que a su vez tuviesen una interacción que permitiera entender los procesos de cambio que se están manifestando en la cuenca, estos indicadores fueron de tipo socioeconómico, ambiental y edáficos, los cuales a su vez estuvieron conformados por una serie de variables, las cuales fueron analizadas y discutidas para su inclusión en el modelo, logrando al final establecer una ponderación numérica que se pudiese representar en el modelo con la finalidad de lograr establecer las categorías de vulnerabilidad de los suelos a problemas de sequía en la cuenca, efecto que provoca las pérdidas de cosecha en un buen sector de agricultores de la zona (Chicas 2013).

El modelo utilizado comprendió un análisis cuantitativo y cualitativo, dado que existen una serie de variables posibles de determinar en forma directa o bien a través de la investigación documental, mientras que otras variables de tipo social es difícil de poderlas cuantificar, pero su influencia en el modelo son determinantes. La interacción de la

población con la naturaleza es muy importante, ya que define en buena medida la conservación o bien la degradación de los recursos naturales (Chicas 2013).

Flujograma de aplicación del modelo matemático para estimar la vulnerabilidad a pérdida de cosechas.



Fuente: Chicas 2013.

Figura 7. Ponderación de parámetros y variables utilizadas para estimar la vulnerabilidad a la pérdida de cosechas en la Cuenca del Río Torjá.

El modelo establece categorías de vulnerabilidad a pérdidas de cosecha ocasionadas por sequías prolongadas, esta categorización demuestra la importancia de la humedad en las diversas actividades productivas y de seguridad alimentaria y nutricional (Chicas 2013).

7. MARCO REFERENCIAL

La cuenca del Río Tacó se encuentra en el municipio de Chiquimula, que política-administrativamente se encuentra en la mancomunidad Nor-Oriente, esto como una alianza de municipios que se encuentra con características económicas de manera que se conforma unos subsistemas. La ciudad de Chiquimula es el mayor centro poblacional de la Región Trifinio, cuenta con un alto porcentaje de equipamientos y servicios que brindan atención a las poblaciones vecinas (Municipalidad de Chiquimula 2013).

El Departamento de Chiquimula, conocido en el ámbito guatemalteco como La Perla de Oriente, se encuentra situado en la región Nor Oriental de Guatemala. Limita al norte con el departamento de Zacapa; al sur con la República de El Salvador y el departamento de Jutiapa; al este con la República de Honduras; y al oeste con los departamentos de Jalapa y Zacapa (Municipalidad de Chiquimula 2013).

La cabecera departamental de Chiquimula se encuentra a una distancia de 170 km aproximadamente, de la ciudad capital. El municipio de Chiquimula tiene una extensión territorial de 353 kilómetros cuadrados, a una latitud de 14°52'64 Norte y 89°43'46" Oeste (Municipalidad de Chiquimula 2013).

El municipio de Chiquimula tiene una cabecera municipal, 37 aldeas y 50 caseríos. Es atravesado por los siguientes ríos: Río Grande, Río Jocotán, Río San José, y Río Tacó. Tiene 42 cerros, entre ellos El Zompopero (Municipalidad de Chiquimula 2013).

Las 37 aldeas de Chiquimula son: El Barrial, El Carrizal, Conacaste, Durazno, El Guayabo, El Ingeniero, El Matasano, El Morral, El Obraje, El Palmar, El Pinalito, El Santo, El Sauce, El Sillón, Guior, La Catocha, La Laguna, La Puente, La Puerta, Las Tablas, Maraxcó, Petapilla, Plan del Guineo, Rincón de Santa Bárbara, Sabana Grande, San Antonio, San Esteban, San Miguel, Santa Bárbara, Santa Elena, Shusho Abajo, Shusho Arriba, Tacó Arriba, Tablón del Ocotol, Tierra Blanca, Vado Hondo, Vega Arriba y Xororaguá (Municipalidad de Chiquimula 2013).

Los 50 caseríos del municipio son: Aguacate, El Colocho, Limar, Limón, Pinalón, Quebrada Arriba, Morral, Nanzal, Plan del Jocote, Los Vidal, El Varal, Loma Larga, Sillón

Abajo, Las Mesas, El Pato, El Poxte, Bella Vista, Canán, El Jute, Limonal, Cimarrón, Plan del Carmelo, Plan del Jocote, Paso del Credo, Paijá, Laguneta, Tapazán, El Chilar, El LLano, El Otro Lado, Herepán, Shusho En Medio, Cuesta de San Antonio, Quebrada Los Cangrejos, Sabanetas, Vuelta del Guayacán, Ticanlú, Guayabillas, Los Ramos, Tamiz, Terreno Barroso, Las Cruces, Yerbabuena, Zarzal, Clarinero, Jicaral, La Falda, El Pinal, La Angostura, San Jorge y Magueyal (Municipalidad de Chiquimula 2013).

Zonas de Vida:

El territorio de la cuenca del Río Tacó, comprende dos zonas de vida, según el mapa de Zonas de Vida elaborado por el MAGA; el Bosque Seco Subtropical –sb-S– y el Bosque Húmedo Subtropical (templado) –bh-S(t)–. Como es muy común en el territorio guatemalteco esto ocasiona que las condiciones climáticas y los ecosistemas que se desarrollan en un área, cambien drásticamente en una extensión relativamente pequeña de terreno. El 0.6 % pertenece al Bosque Seco Subtropical, el cual ocupa la parte baja de la cuenca. Esta se caracteriza por una precipitación entre 500 y 1000 mm/año; la biotemperatura varía entre los 19 y 24 grados centígrados, además la relación de evapotranspiración potencial es de alrededor de 1.5 (García Alvarez 2009).

Las especies vegetales indicadoras de esta zona de vida se presentan en el siguiente cuadro.

Cuadro 3. Especies vegetales en la cuenca del Río Tacó.

NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN
<i>Cochlospermum vitifolium</i>	Pochote
<i>Swietenia humulis</i>	Caoba del pacífico
<i>Alvaradoa amorphoides</i>	Cola de ardilla
<i>Sabal mexicana</i>	Botán
<i>Phyllocarpus septentrionalis</i>	Guacamayo
<i>Ciba aescutifolia</i>	Ceibillo
<i>Albizzia Caribea</i>	Conacaste blanco
<i>Rhizophora mangle</i>	Mangle colorado
<i>Avicennia nitida</i>	Mangle blanco
<i>Leucaena guatemalensis</i>	Yaje

Fuente: García Alvarez 2009.

El restante 99.4 % corresponde al Bosque Húmedo Subtropical (templado), el cual presenta una precipitación de entre los 1100 y los 1349 mm/año. La biotemperatura media anual varía entre los 20 y los 26 °C; y la relación de evapotranspiración potencial es de alrededor de 1.0 (García Alvarez 2009).

Las especies forestales indicadoras de esta zona de vida se presentan en a continuación.

Cuadro 4. Especies forestales en la cuenca del Río Tacó.

NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN
<i>Pinus oocarpa</i>	Pino colorado
<i>Curatella americana</i>	Lengua de vaca
<i>Quercus spp.</i>	Roble, encino
<i>Byrsonima crassifolia</i>	Nance

Fuente: García Alvarez 2009.

Bosques

En el departamento de Chiquimula se observan claramente tres zonas de vida que se identifican por su condición topográfica según la clasificación propuesta por Holdridge en el año de 1978, siendo estas: bs-S Bosque Seco Subtropical, bh-S (t) Bosque Húmedo Subtropical Templado, bmh-S (t) Bosque Muy Húmedo Subtropical Templado, Sobresale en este departamento, la zona de vida: bosque húmedo subtropical templado. En Chiquimula se encuentran las siguientes áreas protegidas: Zona de Veda Definitiva Volcán Quezaltepeque, con una superficie aún no determinada; Área de Uso Múltiple Volcán y Laguna de Ipala, con 2.010 Ha. y la Reserva de la Biosfera Trifinio, con 8.000 Ha. Estas áreas son administradas por el Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP) (MINECO 2017).

Áreas para cultivo.

Capacidad Productiva de la Tierra Para evidenciar con que capacidad productiva de terreno se cuenta en este departamento, en Guatemala de acuerdo con el Departamento de Agricultura de Estados Unidos, existen 8 clases de clasificación de capacidad productiva de la tierra, en función de los efectos combinados del clima y las características permanentes del suelo. De estas 8 clases agrológicas la I, II, III Y IV son adecuadas para cultivos agrícolas con prácticas culturales específicas de uso y manejo;

las clases V, VI, y VII pueden dedicarse a cultivos perennes, específicamente bosques naturales o plantados; en tanto que la clase VIII se considera apta sólo para parques nacionales, recreación y para la protección del suelo y la vida silvestre. En Chiquimula predominan 3 niveles que son: El nivel VI que son tierras no cultivables, salvo para cultivos perennes y de montaña principalmente para fines forestales y pastos, con factores limitantes muy severos, con profundidad y rocosidad; de topografía ondulada ó quebrada y fuerte pendiente. El nivel VII que son tierras no cultivables, aptas solamente para fines de uso o explotación forestal, de topografía muy fuerte y quebrada con pendiente muy inclinada. El nivel VIII que son tierras no aptas para todo cultivo, aptas solo para parques nacionales, recreación y vida silvestre, y para protección de cuencas hidrográficas, con topografía muy quebrada, escarpada o playones inundables (MINECO 2017).

El área con potencial agrícola, se caracteriza por tener un alto potencial para el cultivo de café y frutales (Cítricos y aguacate), así como para los productos de consumo básico (maíz y frijol). Dichos cultivos se ubican mayormente en Camotán, Olopa, Quezaltepeque y Jocotán. La zona de vida es el bosque húmedo sub-tropical templado, con una precipitación anual promedio de 1,100 milímetros. Distribuidas de mayo a octubre; la altitud oscila entre 900 a 1,500 msnm. La Superficie cultivada y producción de café oro ha aumentado a partir de la cosecha 1990-1991 a la producción de 1993-1994, ya que pasó la superficie cultivada de 859 a 3,910 manzanas y la producción de 23,212 a 70,752 quintales de café oro. En San Juan Ermita, Jocotán y Camotán se dan los cultivos de maíz, sorgo y frutales (mango). El sistema de producción prevaleciente es el asocio maíz-sorgo en siembra de primavera. En esta área la principal fuente de mano de obra es la familiar, la producción es destinada para el auto-consumo y el uso de insumos agrícolas y de capital es limitado. También es importante destacar la producción de productos no tradicionales, tal es el caso de la producción de Piña que proviene del municipio de Quezaltepeque, de cítricos, que se cultiva en Chiquimula y San José La Arada, San Juan Ermita, Jocotán Camotán y Esquipulas. Estos productos son utilizados para el consumo interno y exportado principalmente a Centroamérica. La principal rama de actividad de la PEA total, lo representa el Sector Agrícola, con un 70.0 %, para los hombres también

dicho sector es el más importante con un 79.0 % con relación a las mujeres, la agricultura y el comercio son los principales, con el 84.4 % (MINECO 2017).

En el departamento de Chiquimula, la producción de granos básicos como frijol, este representa el 10% del total de la producción nacional, mientras que el arroz representa el 8% de la producción nacional, el maíz se cosecha solo para el comercio interno y consumo familiar en pequeñas unidades agrícolas, una parte se utiliza para intercambio con otros departamentos del país y para el mercado local (MINECO 2017).



Fuente: INE, 2014

Figura 8. Porcentaje de Pobreza y pobreza extrema departamento de Chiquimula.

Índice de pobreza.

El departamento de Chiquimula presentó en 2011, un aumento de 0.6 puntos porcentuales en el porcentaje de pobreza extrema respecto al 2006. La pobreza total, aumentó en 3.2 puntos porcentuales respecto a 2006. En 2011, Chiquimula registró una incidencia mayor de pobreza total respecto del promedio Nacional (53.7%) (INE, 2014).

Nutrición

La situación de la desnutrición crónica — retardo de talla — (DC) en niños de entre seis meses y cinco años, reportada por la Encuesta nacional de salud materno infantil (ENSMI) DE 2014 en el área del Programa se presenta en la tabla siguiente. El

departamento de Chiquimula supera en 10 puntos porcentuales el total nacional (45.6 %) y Jocotán, el de más alta prevalencia entre los cinco municipios, supera en 30 puntos la tasa nacional. El municipio de Chiquimula presentó un porcentaje de 61.6% de desnutrición crónica en niños menores de 5 años, del año 2014 (INE, 2014).

8. MARCO METODOLÓGICO

8.1 Determinar las características socioeconómicas, edáficas y ambientales básicas para la determinación de la vulnerabilidad a la pérdida de cosechas.

8.1.1 Delimitación de áreas homogéneas de estudio

La vulnerabilidad a pérdida de cosechas se realizó por áreas homogéneas de la cuenca del Río Tacó.

Las áreas homogéneas de muestreo se definieron mediante el análisis de tres variables que corresponden a los factores formadores de suelo: El relieve (equivalente a la fisiografía), el material parental (equivalente a la geología), el clima (equivalente a la zona de vida). El análisis fisiográfico, geológico y de zonas de vida, se desarrolló mediante el uso de la herramienta de geoprocésamiento del programa de ArcGIS, utilizando la información generada por el MAGA-Guatemala, en formato shapefile.

La delimitación de las áreas de homogéneas consideró los principios establecidos por la teoría del análisis de paisajes y la génesis de suelo; los cuales se pueden resumir con la siguiente premisa: “Para iguales factores formadores de suelo: relieve-unidades de paisaje-, clima-zonas de vida-, y material parental-geología-; se obtendrá igual tipo de suelo (Chicas 2013).

Área Homogénea = Unidad de Paisaje + Geología + Zonas de Vida

8.1.2 Determinación de variables socioeconómicas: Densidad poblacional, analfabetismo e intensidad de uso de la tierra

Los datos obtenidos sobre **densidad poblacional** son de las bases de datos del INE son del censo poblacional del 2002, por lo cual con cada uno de los valores se hizo una proyección para el 2019, los datos de población por lugares poblados fueron agrupados por las áreas homogéneas que lo abarcaban y fueron promediados, dichos datos fueron proyectados en un mapa utilizando la herramienta ArcGis.

La población se obtuvo mediante el promedio poblacional de las comunidades dentro de cada área homogénea.

Los datos de **analfabetismo** obtenidos de las bases de datos del INE son del censo poblacional del 2002, por lo cual con cada uno de los valores se hizo una proyección para el 2019, los datos de los lugares poblados fueron agrupados por las áreas homogéneas que lo abarcaban y fueron promediados, los resultados obtenidos se resumen se proyectaron en un mapa utilizando la herramienta ArcGis.

La variable de **intensidad de uso de la tierra**, fue obtenida a través del análisis de la información generada por el MAGA-Guatemala en formatos shapefile con la herramienta ArcGis 10.1, dicha capa fue reclasificada en tres categorías y posteriormente fue recortada por el límite de la cuenca bajo estudio, posteriormente los datos obtenidos fueron reflejados en un mapa.

8.1.3 Determinación de variables ambientales: Altitud, Precipitación y Temperatura.

Para obtener datos sobre la **altitud** se realizó un modelo de elevación digital de las altitudes de la cuenca del Río Tacó utilizando el shapefile de la base de datos del MAGA.

Para las variables **altitud, precipitación y temperatura**, se utilizó la información generada por el MAGA-Guatemala, en formato shapefile, dicha información fue reclasificada en los rangos correspondientes al modelo matemático utilizado, posteriormente se recortó la capa resultante sobre el límite de la cuenca, todo con la herramienta ArcGis 10.1, en el caso de las variables de temperatura y precipitación el dato es generalizado a nivel de cuenca, ya que el trabajo del MAGA fue en asocio con el INSIVUMEH, con los datos de las estaciones meteorológicas disponibles en la región, en la cuenca del Río Tacó, se carece de alguna estación y se necesitaría una red de estaciones en puntos claves de la cuenca para obtener un dato más exacto y especificó de las distintas áreas, posteriormente se reflejó la información obtenida mapas temáticos.

8.1.4 Determinación de las variables edáficas: Pendiente, Capacidad de Retención de humedad, Fertilidad y Profundidad efectiva.

La **pendiente** se obtuvo a través de un modelo digital de elevación (DEM) que se elaboró con la información generada por MAGA-Guatemala, esta información se analizó y se clasificó en los rangos establecidos por el modelo matemático utilizado, con la

herramienta ArcGis 10.0, la capa obtenida se recortó con el límite de la cuenca, posteriormente se reflejó en un mapa.

La **capacidad de retención de humedad y fertilidad** son variables que se obtuvieron a través de muestras de suelo compuestas, cada muestra compuesta está formada por quince submuestras distribuidas en un radio de diez metros. Posteriormente se coordinó con locales de la comunidad y líderes para la autorización y acompañamiento en la realización de muestreo.

La muestra se tomó a una profundidad de veinte centímetros y se guardó en una bolsa debidamente identificada. Para conocer la fertilidad de suelos en la cuenca se tomaron y analizaron los siguientes parámetros: pH, P₂O₅, K₂O, Ca, Mg, M.O, Conductividad, Textura, CC, PMP, CRH, Color, DA, DR, EPT. Los parámetros fueron determinados por el laboratorio de suelos del Centro Universitario de Oriente, de igual manera brindo información sobre nivel de fertilidad de cada punto muestreado, dichos datos fueron proyectados en mapas utilizando la herramienta ArcGis 10.1.

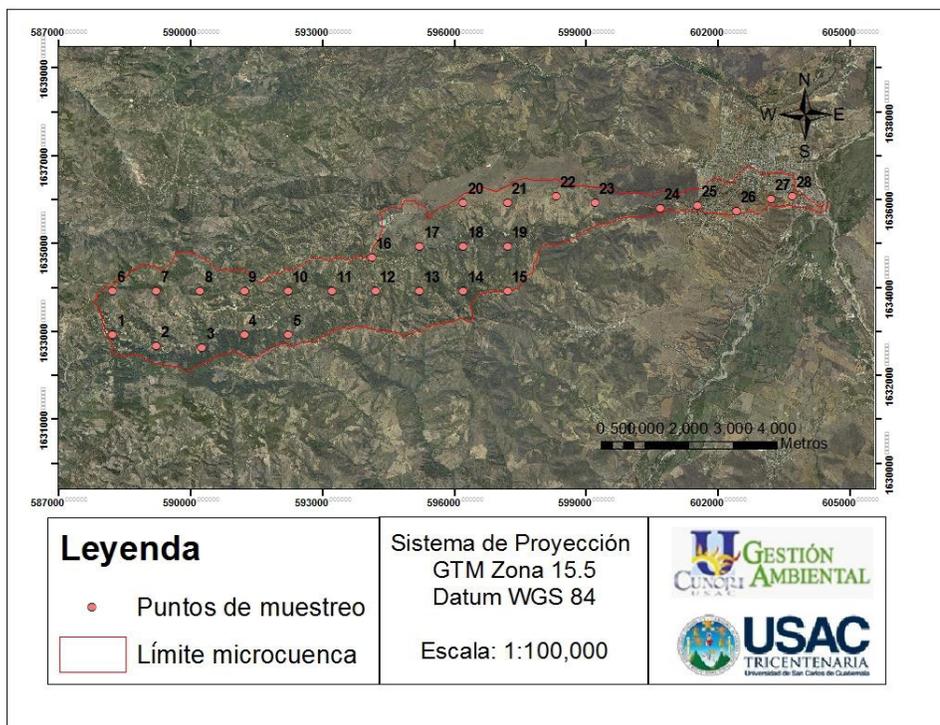


Figura 9. Mapa puntos de muestreo en la cuenca del Río Tacó.

La variable **de Profundidad efectiva** se obtuvo a través del muestreo de campo, en el cual se realizaron calicatas en 9 puntos distintos de la cuenca, los cuales fueron distribuidos a través de la metodología de unidades homogéneas de muestreo, el trabajo de campo fue posible con ayuda de herramientas de campo como una piocha, barra, pala y cuchara. En dicha actividad al igual que el muestreo de suelo, se coordinó con locales o líderes de la comunidad para obtener la autorización para acceder al terreno y poder realizar la calicata, se procedió a establecer el punto identificando la parte del terreno más representativa y se inició a perforar el agujero con ayuda de una barra, piocha y pala, llegando a la profundidad máxima de un metro con veinte centímetros. Luego de perforado se procedió a la medición de las profundidades de las diferentes capas de la tierra (horizontes), los resultados obtenidos se proyectaron en un mapa.

8.2 Identificar la vulnerabilidad de pérdida de cosechas en la cuenca del Río Tacó

Se aplicó la metodología desarrollada por Chicas 2013, quien propuso el siguiente modelo matemático para estimar el grado de vulnerabilidad a pérdida de cosechas, clasificándola en alta, media y baja. Para aplicar dicho modelo se utilizó el valor de la ponderación que se encuentra en el **cuadro 5**, a los resultados según los rangos ya establecidos, cada componente del modelo y sus variables tienen un valor relativo de importancia en una escala de uno a cien, luego se aplicó la fórmula que se presenta a continuación para obtener la vulnerabilidad de pérdida a cosecha por áreas homogéneas, los datos obtenidos se proyectaron en un mapa.

Cuadro 5. Ponderación de las variables.

Modelo para determinar la vulnerabilidad a la pérdida de cosechas, en la Cuenca del Río Tacó, Chiquimula, Guatemala.				
INDICADOR	VARIABLE	PONDERACIÓN	VALOR DE PONDERACIÓN	RANGO
SOCIO-ECONÓMICOS	EDUCACIÓN: Analfabetismo	ALTA	3	> 60 %
		MEDIA	2	20-60 %
		BAJA	1	< 20%
	POBLACIÓN: Densidad Poblacional	ALTA	3	> 61 Hab/Km ²
		MEDIA	2	40-60
		BAJA	1	<40 Hab/Km ²
	Intensidad de uso de la tierra	ALTA	3	Sobre Utilizado
		MEDIA	2	Uso Correcto
		BAJA	1	Sub uso
AMBIENTALES	ALTITUD	ALTA	3	<450 msnm
		MEDIA	2	450-1000 msnm
		BAJA	1	> 1000 msnm
	PRECIPITACIÓN PROMEDIO	ALTA	3	<450 mm
		MEDIA	2	451-600 mm
		BAJA	1	> 600 mm
	TEMPERATURA	ALTA	3	> 30 °C
		MEDIA	2	20-30 °C
		BAJA	1	< 20 °C
CONDICIÓN EDÁFICA	PENDIENTE	ALTA	3	> 30 %
		MEDIA	2	10-30 %
		BAJA	1	< 10%
	CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE HUMEDAD	ALTA	3	<8 %
		MEDIA	2	8-16 %
		BAJA	1	> 16%
	PROFUNDIDAD EFECTIVA	ALTA	3	<40 cm
		MEDIA	2	40-90 cm
		BAJA	1	> 90 cm
	FERTILIDAD	ALTA	3	Baja Fertilidad
		MEDIA	2	Fertilidad Media
		BAJA	1	Alta Fertilidad

Fuente: Chicas Soto 2013.

Para estimar la vulnerabilidad a pérdida de cosecha utilizó el siguiente modelo matemático, para lo cual se ponderan cada una de las variables.

$$V = 0.30 [0.10Dp + 0.10An + 0.10lut] + 0.40 [0.10Al + .20Pp + 0.10T] + 0.30[0.05P + 0.10Crh + 0.10Pef + 0.05Fer]$$

En donde:

V: Vulnerabilidad a pérdida de cosecha

Dp: Densidad poblacional en (Hab/Km²)

An: Analfabetismo en (%)

Iu: Intensidad de uso de la tierra (Sobre Utilizado, Uso Correcto y Sub uso)

Al: Altitud (msnm)

Pp: Precipitación Pluvial media anual (mm)

T: Temperatura media anual °C

P: Pendiente (%)

Crh: Capacidad de retención de humedad (%)

Pef: Profundidad efectiva del suelo (cm)

Fer: Fertilidad del suelo (alta, media y baja)

8.3 Lineamientos generales para cada nivel de vulnerabilidad para minimizar la pérdida de cosechas en la cuenca del Río Tacó.

Para esta propuesta utilizamos la metodología de Marco lógico propuesta por el instituto Latinoamericano y del Caribe de Planificación Económica y Social –ILPES-, dicha metodología fue utilizada también en la investigación de García 2009, en la cual se utilizó para proponer lineamientos generales para el manejo de las zonas de recarga hídrica según su potencial.

En este caso se utilizó dicho marco lógico para proponer lineamientos generales para el manejo de áreas con vulnerabilidad media y alta a pérdida de cosechas. El formato utilizado es el que se presenta en el **cuadro 6**.

Cuadro 6. Formato para lineamientos generales para reducir la pérdida de cosechas.

FIN	Vulnerabilidad	Propósito	Recomendaciones	Objetivos	Componentes/productos

9. RESULTADOS

9.1 Características socioeconómicas, edáficas y ambientales de la cuenca del Río Tacó.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos sobre las 10 variables utilizadas en este modelo matemático.

9.1.1 Delimitación de áreas homogéneas de estudio.

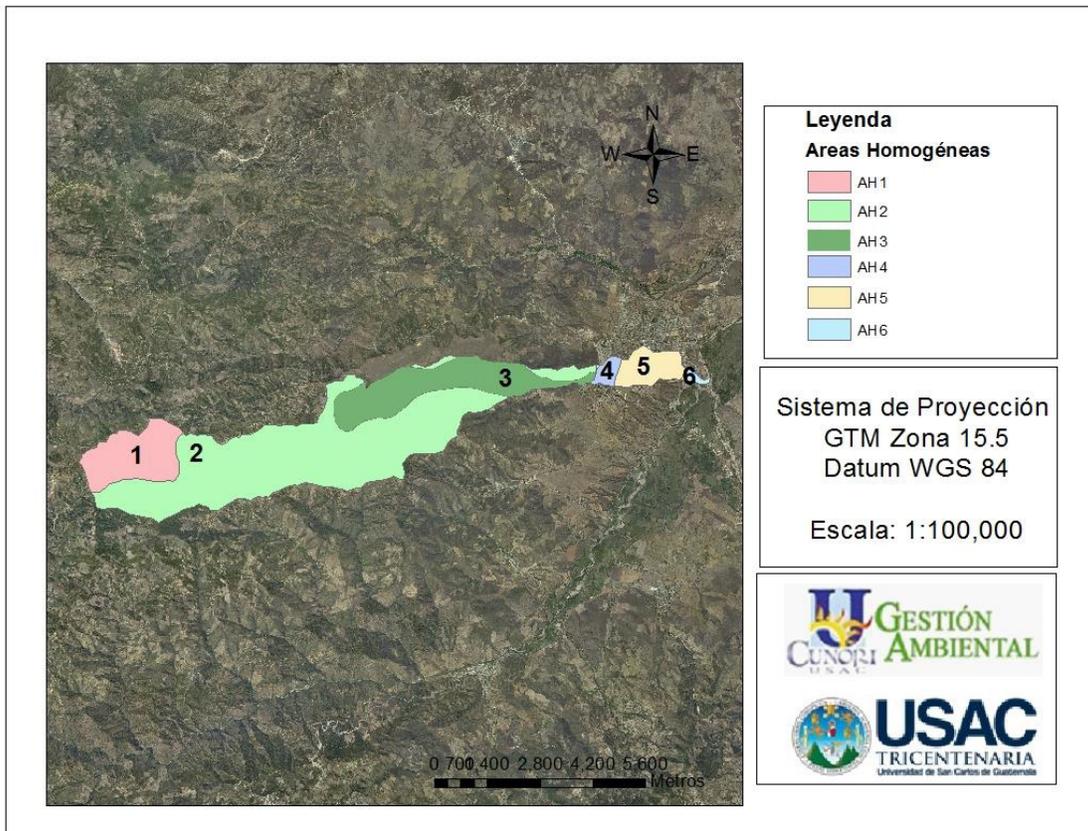


Figura 10. Mapa áreas homogéneas de la cuenca del Río Tacó.

Se identificaron 6 áreas homogéneas en la cuenca del Río Tacó, tres en la parte baja, una en la parte media y dos en la parte alta de la cuenca. En el Cuadro 7 se detalla el área homogénea y los lugares poblados.

Cuadro 7. Agrupación de lugares poblados por áreas homogéneas.

AREA HOMOGÉNEA	LUGAR POBLADO	CATEGORÍA	TOTAL POBLACIÓN 2002 INE	PROYECCIÓN POBLACIÓN 2018	Promedio
AH 1	EL CHILAR	CASERÍO	49	70	397
	TIERRA BLANCA	ALDEA	192	274	
	EL SAUCE	ALDEA	593	847	
AH 2	EL PATO	CASERÍO	235	336	286
	CARRIZAL	CASERÍO	64	91	
	LA LAGUNA	ALDEA	100	143	
	GUAYABILLAS	CASERÍO	569	813	
	TERRERO BARROSO	CASERÍO	34	49	
AH 3	TACÓ ARRIBA	ALDEA	502	717	717
AH 4	MOLINO	CIUDAD	153	219	1109
AH 5	COLONIA EL CAMINERO	CIUDAD	562	804	1109
AH 6	ZONA 6	CIUDAD	60	86	1109

9.1.2 Variables socioeconómicas: Densidad poblacional, Analfabetismo e Intensidad de uso de la tierra.

Cuadro 8. Variables socioeconómicas en la cuenca del Río Tacó, Chiquimula.

Área Homogénea	Área Km ²	Total Habitantes	Densidad Poblacional hab/km ²	% Analfabetismo	Intensidad de uso de la tierra
AH 1	3.36	397	118.30	61	Sobre Uso
AH 2	16.19	286	17.69	42	Sobre Uso
AH 3	4.82	717	148.78	53	Sobre Uso
AH 4	0.39	219	567.94	24	Uso Correcto
AH 5	1.42	804	512.94	11	Uso Correcto
AH 6	0.15	86	493.03	8	Uso Correcto

Densidad Poblacional: las áreas homogéneas 1, 3, 4, 5, 6 representan un alto nivel de densidad poblacional. Estos resultados reflejan la creciente demanda de los recursos naturales de la cuenca para satisfacer distintas necesidades de su población.

Analfabetismo: Las áreas homogéneas con menos porcentaje de analfabetismo son las 4, 5 y 6, que se encuentran a menos de dos kilómetros del centro de la ciudad.

Intensidad de uso de la tierra: Las áreas homogéneas 1, 2 y 3 se encuentran en sobre uso, siendo estas las que ocupan mayor territorio de la cuenca. Las áreas homogéneas 4, 5 y 6 se encuentran en un uso correcto.

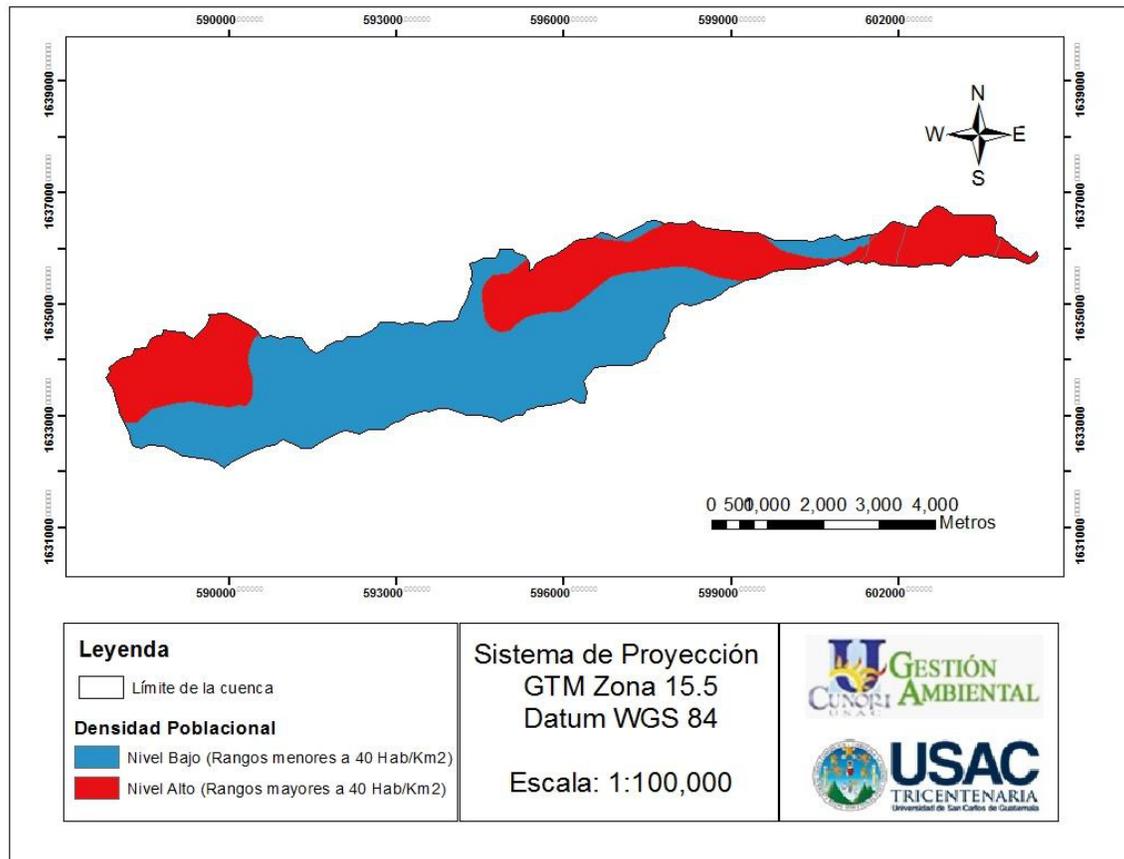


Figura 11. Mapa densidad poblacional en la cuenca del Río Tacó

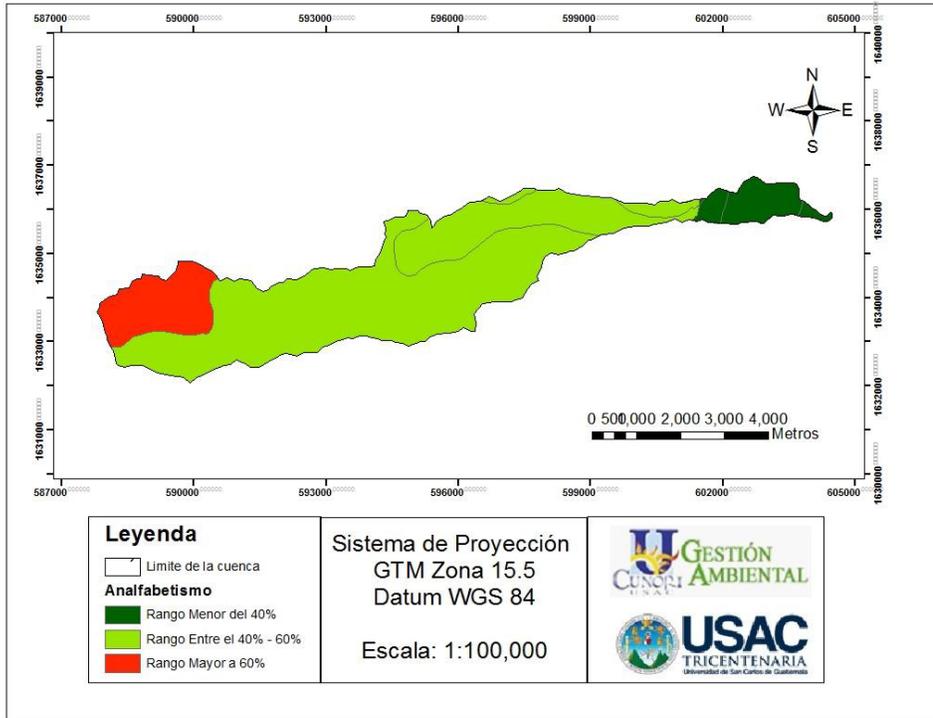


Figura 12. Mapa de alfabetismo en la cuenca del Río Tacó

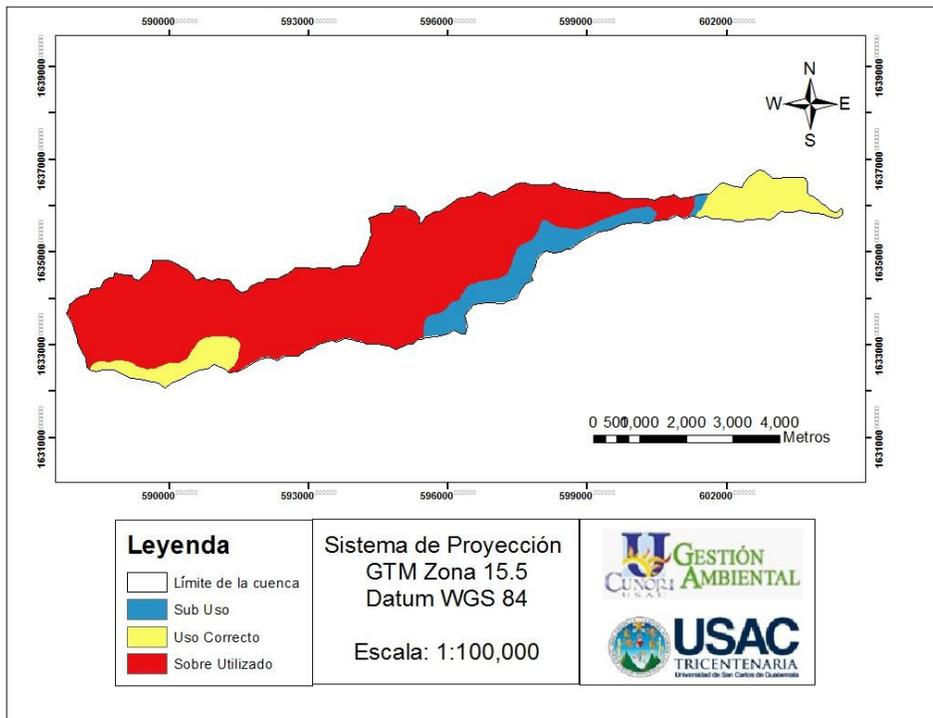


Figura 13. Mapa de intensidad de uso de la tierra en la cuenca del Río Tacó.

9.1.3 Determinación de variables ambientales: Altitud, Precipitación y Temperatura.

Cuadro 9. Variables ambientales en la cuenca del Río Tacó, Chiquimula.

Área Homogénea	Altitud	Precipitación	Temperatura
AH 1	>1000 msnm	>600 mm/año	20°C - 30°C
AH 2	450 msnm-1000 msnm	>600 mm/año	20°C - 30°C
AH 3	450 msnm-1000 msnm	>600 mm/año	20°C - 30°C
AH 4	450 msnm-1000 msnm	>600 mm/año	20°C - 30°C
AH 5	<450 msnm	>600 mm/año	20°C - 30°C
AH 6	<450 msnm	>600 mm/año	20°C - 30°C

Altitud: Los rangos predominantes de altitudes en la cuenca del Río Tacó son, rango mayores a 1000 msnm y rangos entre 450 - 1000 msnm, los rangos menores a 450 msnm únicamente se encuentran en el casco urbano de Chiquimula.

Precipitación: Según la información del MAGA toda la cuenca se encuentra en el rango de precipitaciones mayores a 600 mm/año, dicho rango es adecuado para la obtención de cosechas, sin embargo, se sabe que este dato no es exacto en todo el territorio, debido a la ausencia de una red de estaciones meteorológicas a lo largo de la cuenca.

Temperatura: El rango de temperatura anual de todas las áreas homogéneas presente en toda la cuenca del Río Tacó es de 20 – 30 grados centígrados, el cual se encuentra en un nivel medio según la ponderación de la metodología utilizada.

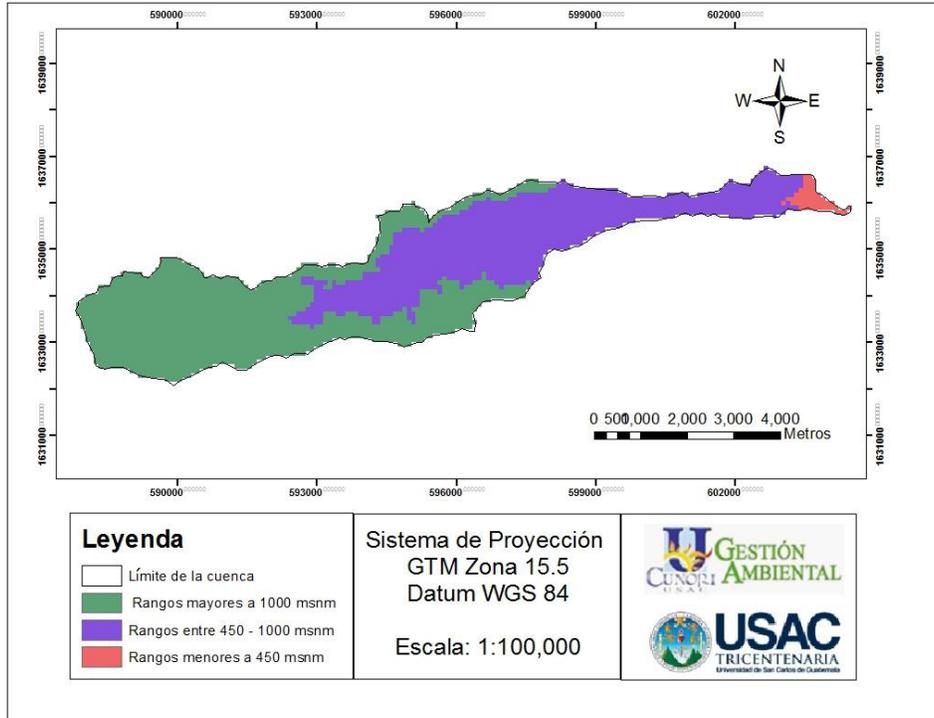


Figura 14. Mapa de altitudes en la cuenca del Río Tacó.

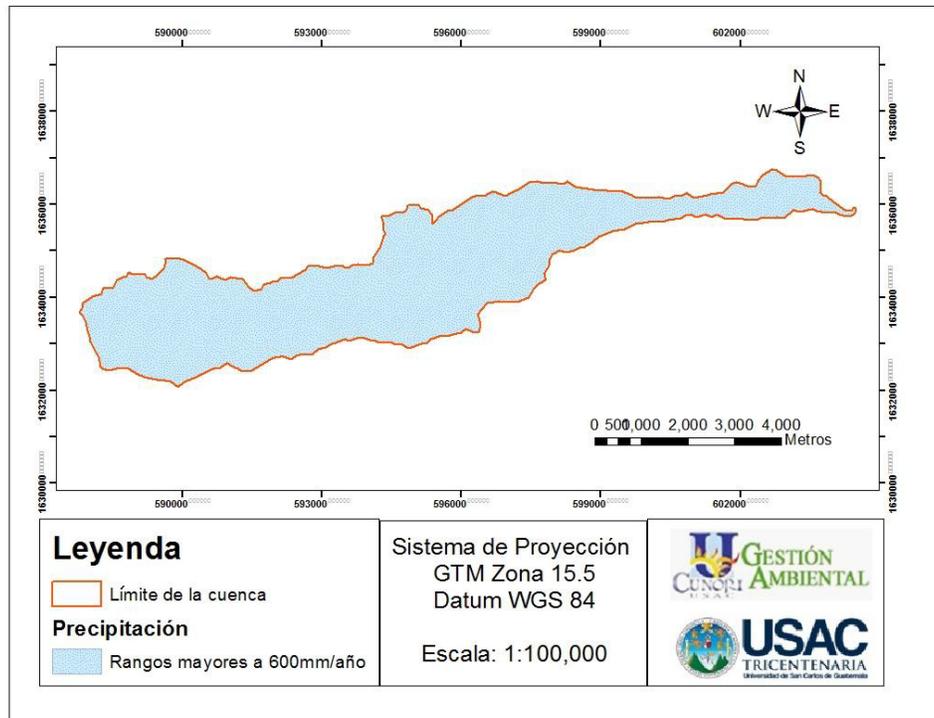


Figura 15. Mapa de intensidad Precipitación en la cuenca del Río Tacó.

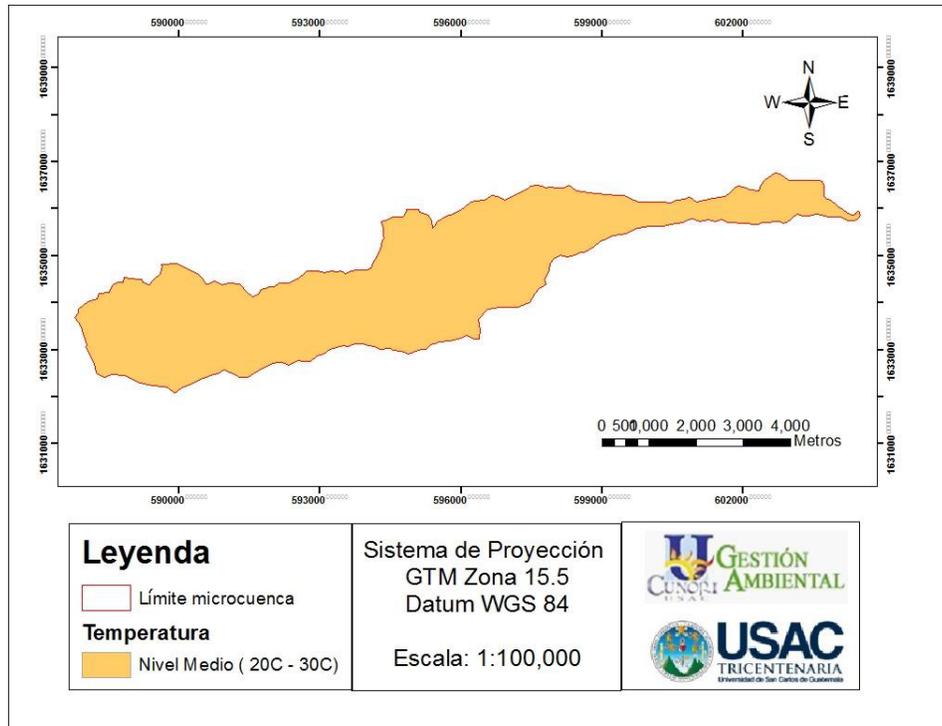


Figura 16. Mapa de temperatura anual en la cuenca del Río Tacó.

9.1.4 Determinación de las variables edáficas: Pendiente, Capacidad de retención de humedad, Fertilidad y Profundidad efectiva.

Cuadro 10. Variables edáficas en la cuenca del Río Tacó, Chiquimula.

Área homogénea	Pendiente	Capacidad de retención de humedad	Profundidad efectiva	Fertilidad
AH 1	3	2	1	2
AH 2	3	3	2	2
AH 3	3	3	2	2
AH 4	1	2	1	1
AH 5	1	2	1	2
AH 6	1	2	1	1

Pendiente: Dicho dato varia a lo largo del territorio entre los rangos de pendientes nivel adecuado (entre 20% - 30%) y nivel alto (pendiente mayor a 30%). El nivel bajo de

pendiente (pendiente menor del 20%) se encuentra en su mayoría en el casco urbano de la ciudad de Chiquimula.

Capacidad de Retención de Humedad: Las áreas homogéneas 1, 4, 5 y 6, presentan (rangos menores a 8%). Las áreas homogéneas 2 y 3 presentan (rangos entre 8% - 16%).

Profundidad Efectiva: Las áreas homogéneas 2 y 3 presentan un rango de vulnerabilidad media (entre 40 – 90 cm de profundidad) y las áreas homogéneas restantes se encuentran en un rango de vulnerabilidad baja (profundidades mayores a 90 cm).

Fertilidad: Las áreas homogéneas 4 y 6 presentan un nivel de fertilidad alto y Las áreas homogéneas 1, 2, 3 y 5 presentan un nivel de fertilidad media, la cual representa la mayoría del territorio de la cuenca.

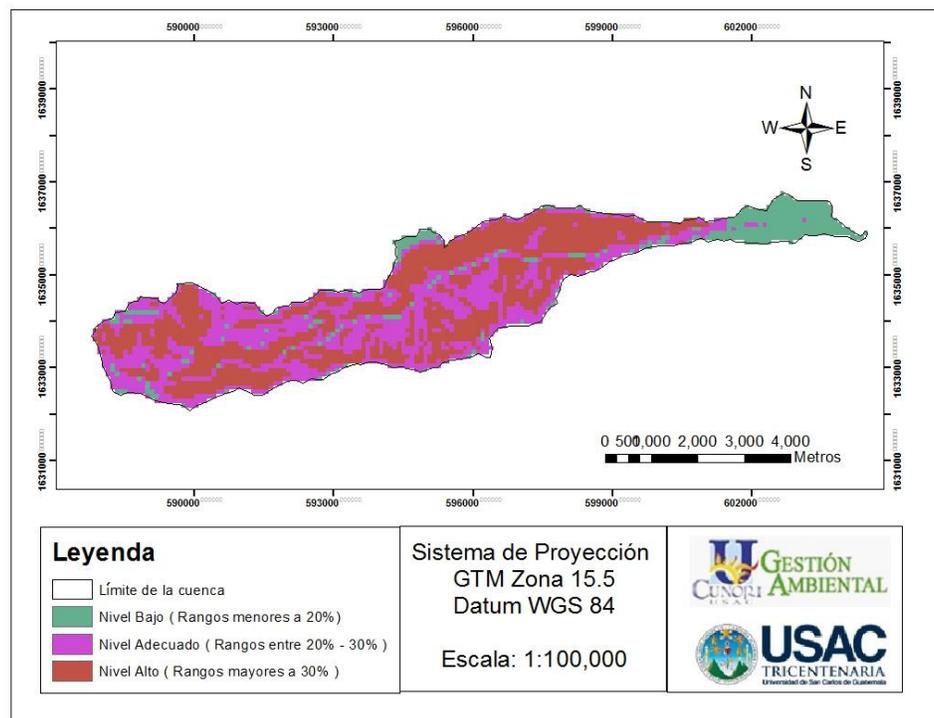


Figura 17. Mapa de pendientes en la cuenca del Río Tacó.

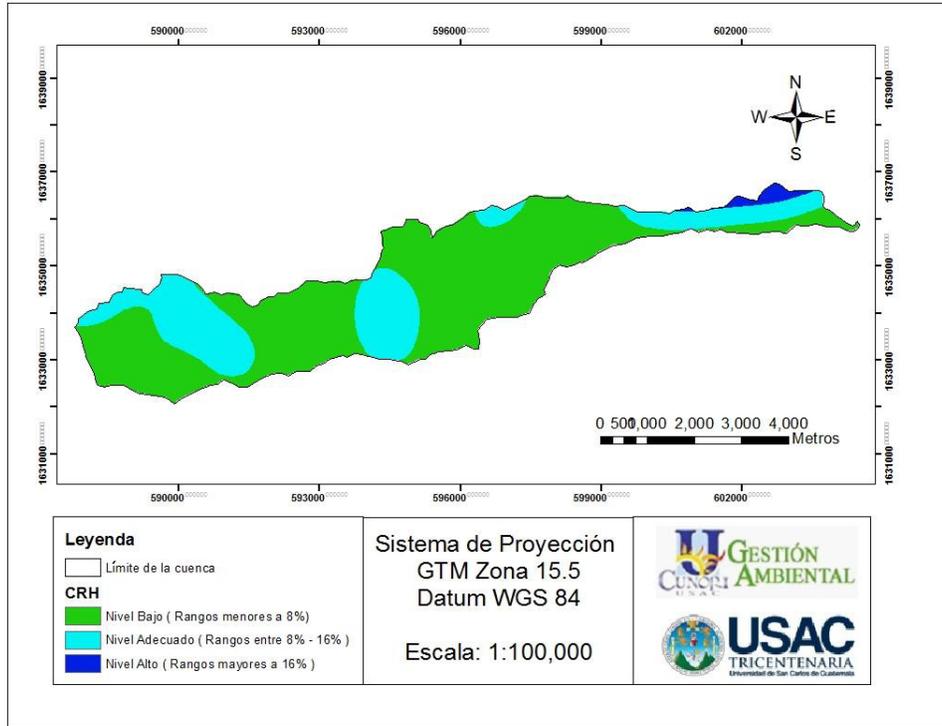


Figura 18. Mapa de capacidad de retención de humedad en la cuenca del Río Tacó

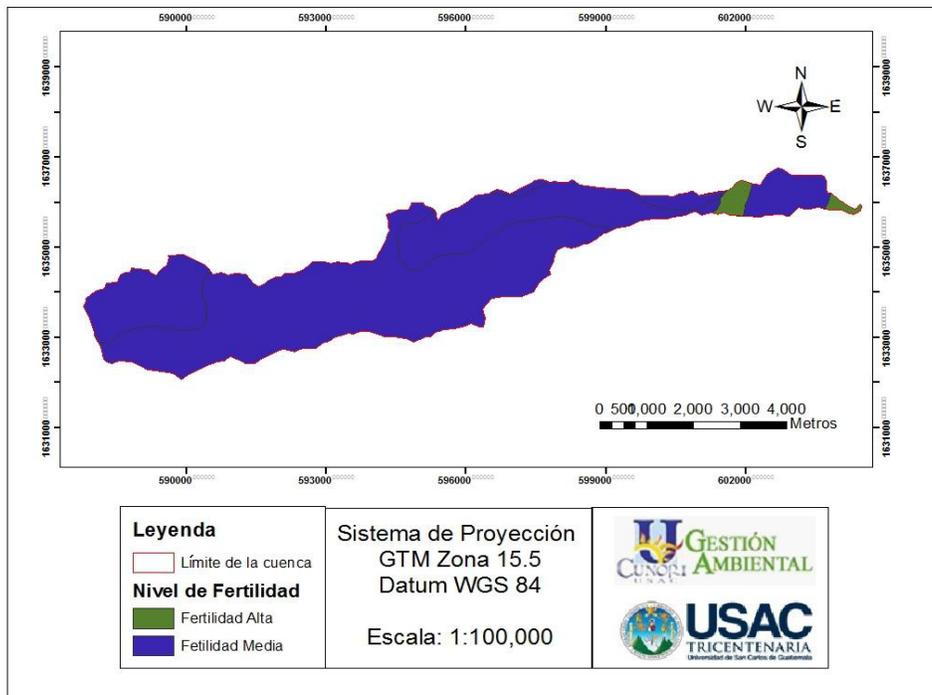


Figura 19. Mapa de fertilidad química en la cuenca del Río Tacó.

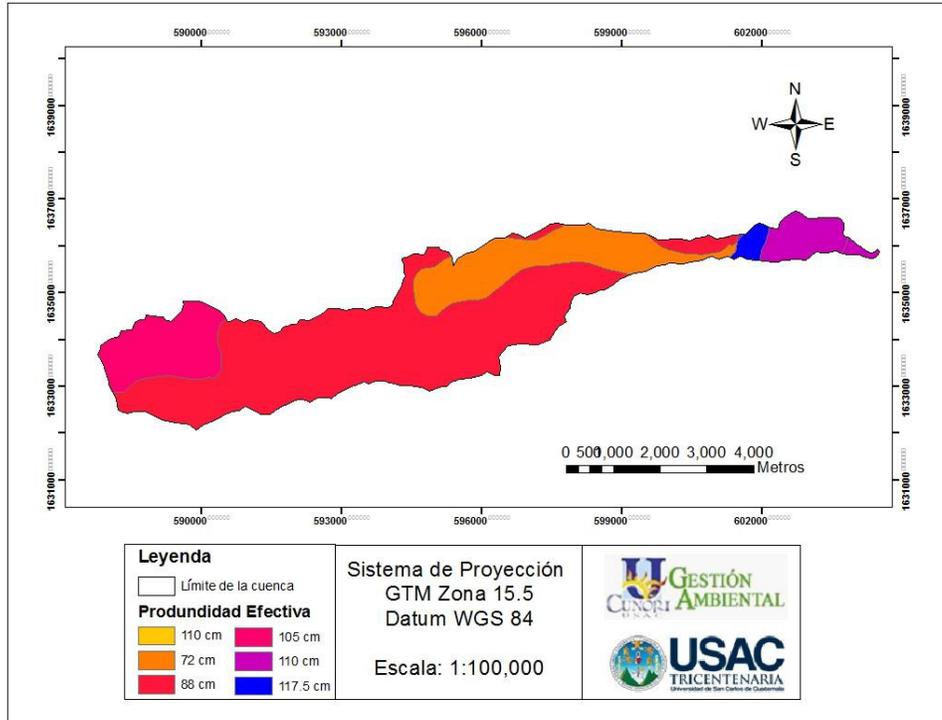


Figura 20. Mapa de profundidad efectiva en la cuenca del Río Tacó.

9.2 Vulnerabilidad a pérdida de cosecha en la cuenca del Río Tacó

Cuadro 11. Resumen de datos obtenidos por áreas homogéneas.

Áreas Homogéneas	Analfabetismo %	Densidad poblacional hab/km ²	Intensidad de uso de la tierra	Altitud (rangos)	Precipitación	Temperatura	Pendiente	Crh	Profundidad efectiva (cm)	Fertilidad del suelo
AH 1	61	118.2	Sobre utilizado	> 1000 msnm	> 600 mm	20-30 °C	> 30 %	8-16 %	105	Media
AH 2	42	17.6	Sobre utilizado	> 1000 msnm	> 600 mm	20-30 °C	> 30 %	<8 %	88	Media
AH 3	53	148.7	Sobre utilizado	450-1000 msnm	> 600 mm	20-30 °C	> 30 %	<8 %	72	Alta
AH 4	24	567.9	Uso Correcto	450-1000 msnm	> 600 mm	20-30 °C	< 10%	8-16 %	117.5	Media
AH 5	11	567.9	Uso Correcto	450-1000 msnm	> 600 mm	20-30 °C	< 10%	8-16 %	110	Media
AH 6	8	571	Uso Correcto	<450 msnm	> 600 mm	20-30 °C	< 10%	8-16 %	110	Media

Cuadro 12. Ponderación de variables.

Área Homogénea	Analfabetismo	Densidad poblacional	Intensidad de uso de la tierra	Altitud	Precipitación	Temperatura	Pendiente	Capacidad de retención de humedad del	Profundidad efectiva	Fertilidad del suelo
AH 1	3	3	3	1	1	2	3	2	1	2
AH 2	2	1	3	1	1	2	3	3	2	2
AH 3	2	3	3	2	1	2	3	3	2	2
AH 4	1	3	2	2	1	2	1	2	1	1
AH 5	1	3	2	2	1	2	1	2	1	2
AH 6	1	3	2	3	1	2	1	2	1	1

Aplicación del modelo matemático a cada área homogénea.

$$V = (0.30 [0.10Dp + 0.10An + 0.10lut] + 0.40 [0.10Al + .20Pp + 0.10T] + 0.30[0.05P + 0.10Crh + 0.10Pef + 0.05Fer])$$

$$\text{Vulnerabilidad AH 1} = 0.30 [0.10(3) + 0.10(3) + 0.10(3)] + 0.40 [0.10(1) + .20(1) + 0.10(2)] + 0.30[0.05(3) + 0.10(2) + 0.10(1) + 0.05(2)] = 63.5$$

$$\text{Vulnerabilidad AH 2} = 0.30 [0.10(1) + 0.10(2) + 0.10(3)] + 0.40 [0.10(1) + .20(1) + 0.10(2)] + 0.30[0.05(3) + 0.10(2) + 0.10(1) + 0.05(2)] = 60.5$$

$$\text{Vulnerabilidad AH 3} = 0.30 [0.10(3) + 0.10(2) + 0.10(3)] + 0.40 [0.10(2) + .20(1) + 0.10(2)] + 0.30[0.05(3) + 0.10(3) + 0.10(2) + 0.05(2)] = 70.5$$

$$\text{Vulnerabilidad AH 4} = 0.30 [0.10(3) + 0.10(1) + 0.10(2)] + 0.40 [0.10(2) + .20(1) + 0.10(2)] + 0.30[0.05(1) + 0.10(2) + 0.10(1) + 0.05(1)] = 54.0$$

$$\text{Vulnerabilidad AH 5} = 0.30 [0.10(3) + 0.10(1) + 0.10(2)] + 0.40 [0.10(2) + .20(1) + 0.10(2)] + 0.30[0.05(1) + 0.10(2) + 0.10(1) + 0.05(2)] = 55.5$$

$$\text{Vulnerabilidad AH 6} = 0.30 [0.10(3) + 0.10(1) + 0.10(2)] + 0.40 [0.10(3) + .20(1) + 0.10(2)] + 0.30[0.05(1) + 0.10(2) + 0.10(1) + 0.05(1)] = 58.0$$

Cuadro 13. Vulnerabilidades obtenidas al aplicar el modelo matemático.

Área Homogénea	Índice de Vulnerabilidad	Categoría	Km ²
AH 1	63.5	Vulnerabilidad Media	3.36
AH 2	60.5	Vulnerabilidad Media	16.19
AH 3	70.5	Vulnerabilidad Alta	4.82
AH 4	54.0	Vulnerabilidad Media	0.38
AH 5	55.5	Vulnerabilidad Media	1.42
AH 6	58.0	Vulnerabilidad Media	0.15

La información obtenida sobre el nivel de vulnerabilidad a pérdida de cosechas en la cuenca del Río Tacó fue proyectada en el siguiente mapa.

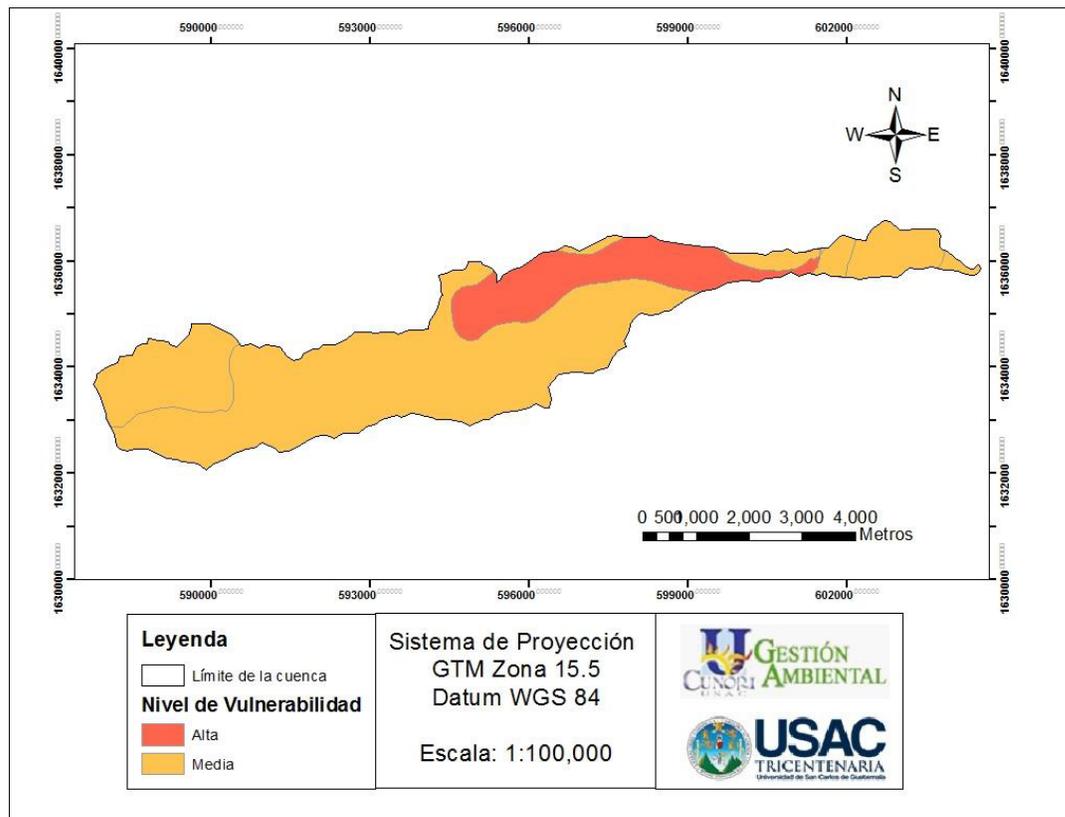


Figura 21. Mapa de vulnerabilidad a pérdida de cosecha en la cuenca del Río Tacó.

Como se puede observar en el anterior mapa, únicamente el área homogénea 3 presenta alta vulnerabilidad a pérdida de cosechas, las áreas homogéneas 1, 2, 4, 5 y 6, se encuentran en una vulnerabilidad media, la vulnerabilidad alta, la cual se encuentra únicamente en el AH3 se ve influenciada principalmente por la alta densidad poblacional, sobre uso de la tierra, y baja capacidad de retención de humedad de los suelos, según la metodología propuesta por Chicas 2013.

La vulnerabilidad media a pérdida de cosechas, se ve influenciada principalmente alta densidad poblacional, sobre uso de la tierra y pendientes muy pronunciadas.

9.3 Lineamientos generales para cada nivel de vulnerabilidad para minimizar la pérdida de cosechas en la cuenca del Río Tacó.

Los lineamientos que se proponen servirán de base para la planificación para abordar la problemática referente a la vulnerabilidad de pérdida de cosechas en las comunidades por áreas Homogéneas, siendo estos generalizados, ya que para tomar acciones que contrarresten la vulnerabilidad, es necesario profundizar en la metodología a utilizar, porque esta puede variar dependiendo de la entidad que tome acciones, estas difieren entre sí, en políticas, presupuestos y alcances, en la ejecución de sus proyectos y programas.

Cuadro 14. Lineamientos para reducir la pérdida de cosechas en áreas con vulnerabilidad media.

FIN	Vulnerabilidad	Propósito	Recomendaciones	Objetivos	Componentes/productos
Reducir la vulnerabilidad a pérdida de cosechas	Media	Fortalecer la capacidad de los agricultores para la implementación de agricultura sostenible	Implementar sistemas agroforestales	Promover la implementación de sistemas agroforestales, que permitan la sostenibilidad de la agricultura	<ol style="list-style-type: none"> 1. Áreas de producción de granos básicos, bajo sistemas agroforestales 2. Agricultores empoderados de producción agrícola, bajo sistemas agroforestales
			implementar prácticas de conservación de suelos	Reducir la vulnerabilidad de pérdida de cosechas por pendientes pronunciadas, implementando cultivos en terrazas	<ol style="list-style-type: none"> 1. Construcción de terrazas para cultivos en áreas con pendientes pronunciadas 2. Agricultores empoderados de sistemas agroforestales utilizando prácticas de cultivos en terrazas
			Fomentar el análisis de suelo previo a producción agrícola	Producir en base a la capacidad de los suelos	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sencibilización sobre la capacidad de uso de los suelos. 2. Agricultores capacitados para la toma de muestra e interpretación de los análisis de suelos. 3. Producciones en base a la capacidad de los suelos.

Cuadro 15. Lineamientos para reducir la pérdida de cosechas en áreas con vulnerabilidad alta.

FIN	Vulnerabilidad	Propósito	Recomendaciones	Objetivos	Componentes/Productos
Reducir la vulnerabilidad a pérdida de cosechas	Alta	Mejorar las condiciones de los suelos y lograr el empoderamiento por parte de los agricultores prácticas de agricultura sostenible	Implementar de sistemas agroforestales	Promover la implementación de sistemas agroforestales, que permitan la sostabilidad de la agricultura	1. Áreas de producción de granos básicos, bajo sistemas agroforestales 2. Agricultores empoderados de sistemas agroforestales
			implementar prácticas de conservación de suelos	Reducir la vulnerabilidad de pérdida de cosechas por pendientes pronunciadas, implementando cultivos en terrazas	1. Construcción de terrazas para cultivos en áreas con pendientes pronunciadas 2. Agricultores empoderados de sistemas agroforestales utilizando prácticas de cultivos en terrazas
			Sensibilización sobre la degradación de los suelos en los agricultores	Promover la recuperación y conservación de suelos	1. Grupo de agricultores capacitados y consientes de la degradación actual de los suelos. 2. Agricultores líderes, que repliquen la información adquirida en temas de conservación de suelos.
			Implementar alternativas para mejorar las condiciones del sistema de producción	Incrementar la capacidad de los agricultores para mejorar sus cosechas	1. Empoderamiento de los agricultores con técnicas de Captación de agua lluvia. 2. Agricultores capacitados para elaborar abonos orgánicos con productos locales.

10. CONCLUSIONES

1. En el componente socioeconómico las variables que más influyen en la vulnerabilidad a pérdida de cosechas, son: densidad poblacional, intensidad de uso de la tierra; en el componente edáfico, la variable que más influye es la pendiente.
2. La falta de datos climáticos, en la cuenca, limita la aplicación del modelo matemático para determinar la vulnerabilidad a pérdida de cosechas a nivel de parcelas.
3. La cuenca del Río Tacó presenta una alta vulnerabilidad a pérdida de cosechas en el 18.32% del territorio y vulnerabilidad media en el 83.68%; la vulnerabilidad media y alta, afectan directamente la seguridad alimentaria de la población, ya que las familias se dedican en su mayoría a la producción de granos básicos.
4. Los valores del índice de vulnerabilidad media se aproximan al límite de la vulnerabilidad alta en la mayoría de los casos, considerándose que puede cambiar a mediano plazo si no existen intervenciones exitosas.
5. Los lineamientos generales están orientados a mejorar las condiciones edáficas y sociales, debido a que las condiciones ambientales están fuera del control del ser humano de la mayoría de las situaciones.
6. La participación de la población de la cuenca para la priorización e implementación de los lineamientos para la reducción de la vulnerabilidad a la pérdida de cosecha, es uno de los retos más importantes al momento de implementar un plan de acción.

11. RECOMENDACIONES

1. Es el aspecto socioeconómico, el MAGA debe concientizar a la población sobre la presión que se ejerce a los sistemas de producción conforme se incrementa la densidad poblacional. Así mismo fortalecer los conocimientos y capacidades de los agricultores a través de capacitación constante y empoderamiento de buenas prácticas agrícolas.
2. El MARN debe implementar una red de estaciones climatológicas estratégicamente distribuidas, para la obtención de datos climatológicos más precisos.
3. El Maga debe priorizar proyectos de producción agrícola sostenible en las comunidades de la cuenca que presentan vulnerabilidad media y alta, promoviendo una participativa activa de la población en la recuperación del capital natural.
4. Las ONG´s deben considerar a la cuenca como un área prioritaria de intervención para la ejecución de programas y proyectos de seguridad alimentaria. Los lineamientos generales de manejo deben ser analizados y profundizados por los actores de la cuenca para la ejecución de programas y proyectos de solución a la problemática existente.

12. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Cerezo De Pasquale, M. 2017. Aspectos de vulnerabilidad en la agricultura (en línea, sitio web). p. 59. Consultado 16 ene. 2018. Disponible en <https://es.scribd.com/document/341127248/Aspectos-de-Vulnerabilidad-en-La-Agricultura>

Chicas Soto, RA. 2013. Definición y evaluación de los indicadores de sostenibilidad ambiental que permitan mitigar la vulnerabilidad a pérdidas de cosecha, de la cuenca del río Torjá, departamento de Chiquimula, Guatemala (en línea). Guatemala, FONACYT. P. 107. Consultado 16 ene. 2018. Disponible en <https://fondo.senacyt.gob.gt/portal/index.php/catalogo/15-codigo/581-32-2011-medio-ambiente>



Duro Tamasiunas, JM; Monzón Miranda, R; González, GR; Argueta Medina, JC; García GP; González, OR; Vásquez, RA. 2002. Cartografía y análisis de la vulnerabilidad a la inseguridad alimentaria en Guatemala (en línea). Guatemala, MAGA/WFP. 87 p. Consultado 20 ene. 2018. Disponible en <https://www.maga.gob.gt/download/cartografia-guate.pdf>

García Alvarez, MG. 2009. Determinación de las zonas potenciales de recarga hídrica en las subcuencas de los ríos Tacó y Shusho, municipio de Chiquimula, departamento de Chiquimula (en línea). Tesis Lic. Chiquimula, Guatemala, USAC, CUNORI. 117 p. Consultado 20 ene. 2018. Disponible en <http://www.repositorio.usac.edu.gt/2933/1/19%20A%20T-1362-690.pdf>

INE (Instituto Nacional de Estadística). 2014. Caracterización departamental Chiquimula 2013 (en línea). Guatemala. 78 p. Consultado 20 ene. 2018. Disponible en <https://www.ine.gob.gt/sistema/uploads/2015/07/20/8TWF4VjsnV7DqR0iZLLiPbep0pBWEpQ.pdf>

MAGA (Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación, Guatemala). 2010. Diagnostico a nivel macro y micro del Corredor Seco y definición de las líneas estratégicas de acción del MAGA (en línea). Guatemala, UPGGR. 37 p. Consultado 20 ene. 2018. Disponible en <https://www.maga.gob.gt/download/macro-micro.pdf>

Mineco (Ministerio de Economía). 2017. Perfil departamental de Chiquimula (en línea). Guatemala. 16 p. Consultado 20 ene. 2018. Disponible en <http://www.mineco.gob.gt/sites/default/files/chiquimula.pdf>

Mora, J; Ramírez, D; Ordaz, JL; Acosta, A; Sema, B. 2010. Guatemala: efectos del cambio climático sobre la agricultura (en línea). México, CEPAL. p. 75. Consultado 20 ene. 2018. Disponible en https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/25917/1/LCmexL963_es.pdf



Municipalidad de Chiquimula. 2013. Ficha técnica plan de ordenamiento y desarrollo territorial municipal (PODTM) junio del 2013 (en línea). Chiquimula, Guatemala, Inypsa. 219 p. Consultado 20 ene. 2018. Disponible en https://issuu.com/manconoriente/docs/ficha_tecnica_podtm_chiquimula

Órtegon, E; Pacheco, JF; Prieto, A. 2015. Metodología del marco lógico para la planificación, el seguimiento y la evaluación de proyectos y programas ILPES (en línea). Santiago de Chile, CEPAL/NU. 127 p. Consultado 20 ene. 2018. Disponible en https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/5607/S057518_es.pdf

Pocasangre, H; Orozco, A. 2016. Pobreza en Guatemala aumenta, según Segeplan (en línea). Prensa Libre, Guatemala; 11 ene. Consultado 20 ene. 2018. Disponible en <https://www.prensalibre.com/guatemala/justicia/guatemala-retrocede-en-combate-a-la-pobreza/>

URL (Universidad Rafael Landívar). 2006. Estado del uso de la tierra y ordenamiento territorial en Guatemala: documento técnico de perfil ambiental de Guatemala (en línea). Guatemala. 39 p. Consultado 20 ene. 2018. Disponible en <https://www.url.edu.gt/publicacionesurl/FileCS.ashx?Id=41032>



13. ANEXOS

Cuadro 16. Caracterización física y química de los suelos de la cuenca del Río Tacó.

No.	Parte de la cuenca	Nombre del propietario	Localización
1	Alta	Guadalupe Reyes Gómez	Tierra Blanca
2	Alta	Encarnación Gonzáles	La Catocha, Caserío El Sauce
3	Alta	Walter Gonzáles	La Catocha, Caserío El Sauce
4	Alta	Anibal Isales García	Terrero Barroso
5	Alta	Gregoria Martínez	El Filo
6	Alta	Guadalupe Reyes Gómez	Tierra Blanca
7	Alta	Luis García	El Chillar
8	Alta	Benjamín Maldonado	La Catocha, Caserío El Pato
9	Alta	Alba Cervantes	La Catocha
10	Alta	David Reyes	La Catocha
11	Alta	Leydi Osorio	El Poshte
12	Media	Efraín España	Tamíz
13	Media	Juan García	Tamíz
14	Media	Carlos Vázquez	Tamíz
15	Media	Edgar Menendez	El Magueyal
16	Media	Terreno Comunal	El Jute, Caserío la Laguna
17	Media	Edelmira Martínez	Tacó Arriba
18	Media	Carlos Aragón Barrientos	Tacó Arriba
19	Media	Freddy Orlando Menéndez	Tacó Arriba
20	Media	Freddy Orlando Menéndez	Tacó Arriba
21	Media	Gustavo Menéndez	Tacó Arriba
22	Media	Israel Ramos	Tacó Arriba
23	Media	Julio Villela Martínez	Tacó Arriba
24	Baja	Julia García	Colonia Las Brisas
25	Baja	Juventino Linares	Barrio el Molino
26	Baja	Delia Ladaverry López	El Caminero
27	Baja	Ricardo Guancin	Colonia Las Lomas
28	Baja	Rogelio Romero	Colonia Las Lomas

Fuente: Elaboración Propia 2019.

Cuadro 17. Análisis de la fertilidad química

Punto No.	pH unidades	P ₂ O ₅ ppm	K ₂ O ppm	Ca meq/100gr	Mg meq/100gr	M.O %	Conductividad
							μS/cm
1	6.94	454.08	79.9	11.4	2.2	4.13	418
2	6.66	234.57	80.56	9.44	2.26	0.96	624
3	6.86	28.09	166.63	7.11	1.78	3.44	205.4
4	6.77	216.99	185.24	15.22	2.39	3.23	333
5	6.72	194.43	213.35	14.98	1.78	2.34	497
6	6.62	65.64	194.09	12	2.37	0.96	833
7	6.97	18.36	181.23	15.42	1.41	0.76	147.2
8	6.49	509.16	227.55	18.9	2.3	2.13	642
9	6.97	504.24	135.59	18.36	2.49	0.69	258
10	7.41	429	44.95	14.12	2.26	0.55	77
11	6.97	199.44	41.96	9.97	2.17	0.83	298
12	6.5	18.97	52.69	4.44	2	1.51	204.8
13	6.62	40.35	127.8	2.3	1.9	2.2	125.4
14	6.57	234.57	34.91	12.95	1.95	0.41	211.1
15	6.98	211.98	34.48	9.06	2.12	0.34	94.3
16	6.92	49.28	95.04	2.55	1.99	2.68	126
17	6.59	88.22	110.81	16.35	2.09	2.34	433
18	6.48	504.24	277.69	16.96	2.4	2.55	1088
19	6.66	201.96	147.49	19.18	2.29	2	826
20	6.76	247.11	123.43	17.19	2.08	2.82	647
21	6.48	227.04	120.45	8.09	1.66	1.72	364
22	6.52	78.19	169.43	17.79	2.35	2.89	471
23	6.95	216.99	76.8	9.14	2.17	1.24	208.1
24	7.03	83.2	141.49	12.79	2.52	3.73	159.8
25	6.97	540.06	358.18	18.21	2.23	3.16	293
26	7.22	494.22	144.83	17.44	2.14	0.28	205
27	7.2	494.22	256.36	15.08	2.1	3.37	254
28	7.1	449.04	254.03	17.28	2.02	3.51	390
Máximo	7.41	540.06	358.18	19.18	2.52	4.13	1088.00
Media	6.82	251.20	145.61	12.99	2.12	2.03	372.61
Mínimo	6.48	18.36	34.48	2.30	1.41	0.28	77.00

Fuente: Elaboración Propia 2019.

Ph:

El rango promedio de pH de los suelos de la cuenca es de 6.82, se encuentre en el rango adecuado para el desarrollo de cultivos.

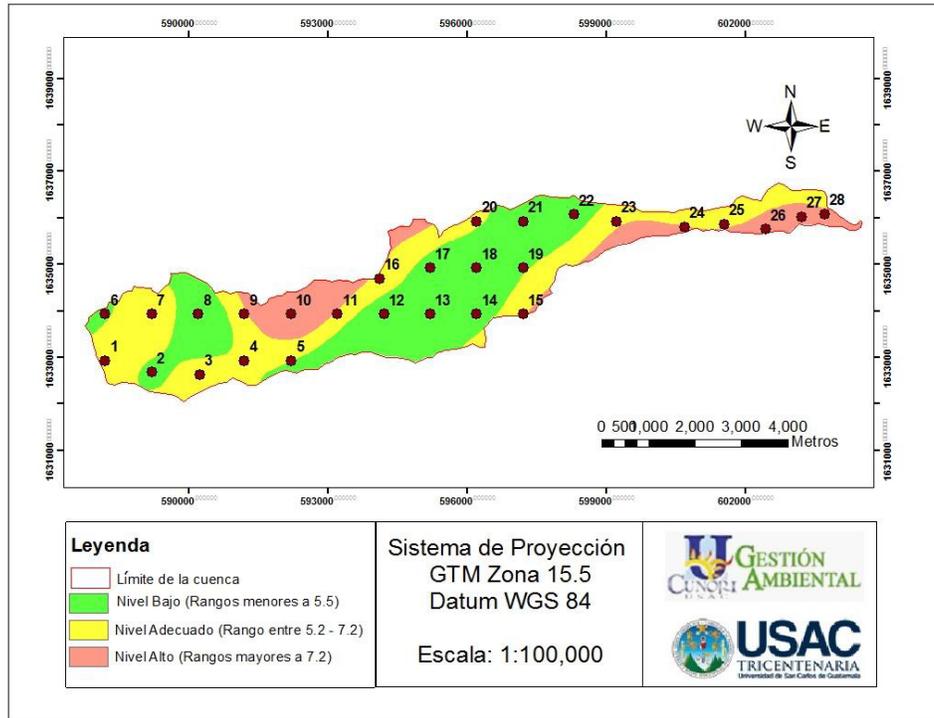


Figura 22. Mapa de distribución de los niveles de pH de los suelos de la cuenca del Río Tacó, Chiquimula, Guatemala, 2018.

Fósforo:

La micro cuenca del Río Tacó en su mayoría presenta altos niveles de fosforo en sus suelos, principalmente en la parte baja de la cuenca. Existen únicamente cuatro puntos muestreados que presentan una concentración adecuada para el desarrollo de cultivos.

Tanto en la parte alta, media y baja de la cuenca existen áreas con valores altos de fósforo posiblemente por el uso periódico de fertilizantes químicos en el cultivo de granos básicos, además de los aportes de nutrientes por la descomposición orgánica generada por dicho cultivo. El rango promedio de fosforo en la cuenca es de 251.20 ppm, por lo

cual dicho elemento se encuentra elevado, afectando el desarrollo de los cultivos.

El exceso de fósforo interviene en procesos importantes de las plantas, principalmente con la absorción de otros elementos, tales como el hierro, el manganeso y el zinc. La fertilización excesiva con fósforo es común y muchos agricultores aplican innecesariamente altas cantidades de fertilizantes de fósforo por desconocer las concentraciones de nutrientes de sus suelos, especialmente cuando se utilizan fertilizantes compuestos de NPK o cuando se acidifica el agua de riego con ácido fosfórico. La mayor parte de la cuenca es utilizada para el cultivo de granos básicos, afectando esta actividad los suelos, ya que en su mayoría se realizan fertilizaciones un previo estudio de suelos.

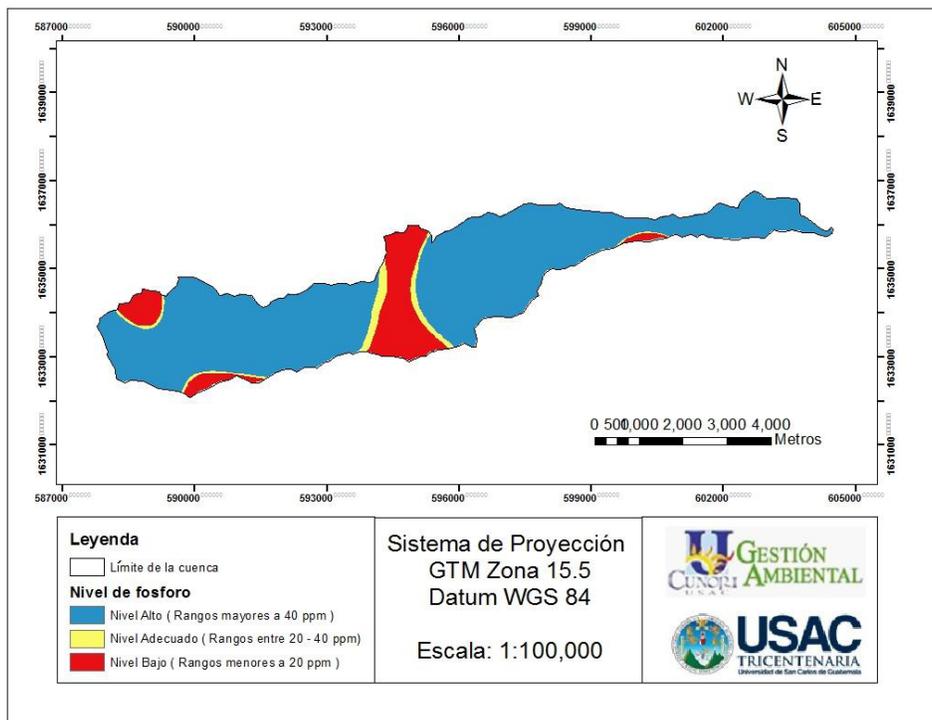


Figura 23. Mapa de distribución niveles de fósforo en los suelos de la cuenca del Río Tacó, Chiquimula, Guatemala, 2018.

Potasio:

El contenido de potasio en los suelos de la micro cuenca del Río Tacó de forma general es adecuado, sin embargo se presentan puntos 8 con niveles bajos, los cuales se encuentran en la parte alta y media de la cuenca, también 5 puntos con niveles altos de potasio, los cuales en su mayoría son en la parte baja de la cuenca, posiblemente por la aplicación de fertilizantes químicos de las áreas cultivadas con granos básicos que se encuentran en dicha zona.

El resto de la cuenca se caracteriza por valores adecuados de potasio, que se encuentran en el rango 125 y 200 ppm, siendo el promedio de K₂₀ a nivel de cuenca de 145.61 ppm lo cual favorece el desarrollo de cultivos.

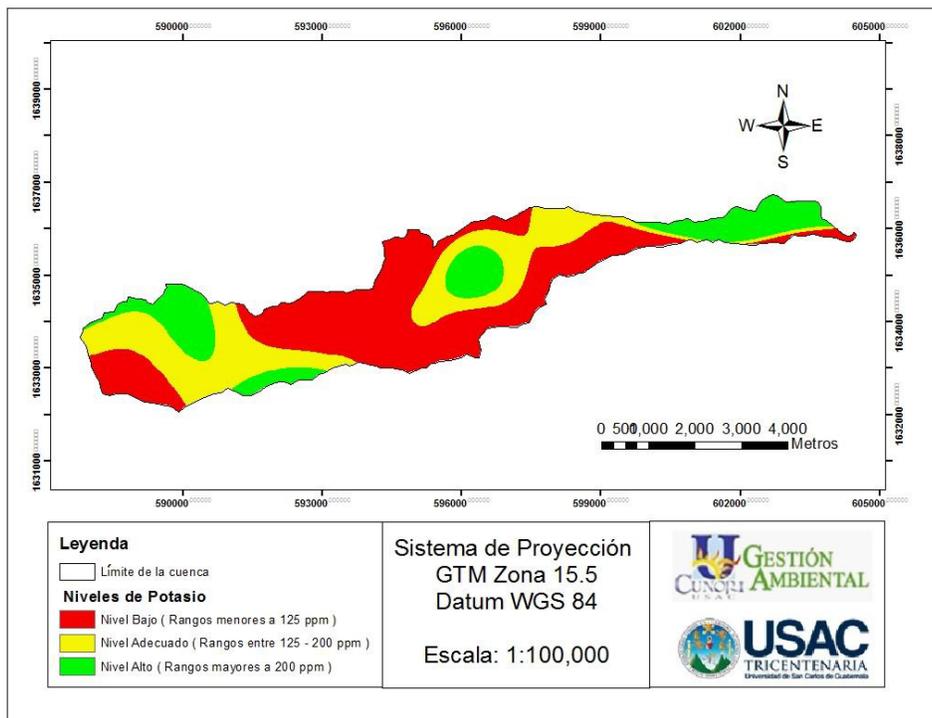


Figura 24. Mapa de Distribución de niveles de potasio en los suelos de la cuenca del Río Tacó, Chiquimula, Guatemala, 2018.

Calcio:

El rango adecuado para el desarrollo de los cultivos es 5-10 meq/100gr de Ca y en los suelos de la cuenca se presenta una media de 12.99 Ca meq/100gr, los cuales se encuentran un poco altos, afectando el desarrollo de las plantas. La mayor parte de los suelos de la cuenca presentan altos niveles de calcio, lo cual afecta el adecuado desarrollo de las plantas.

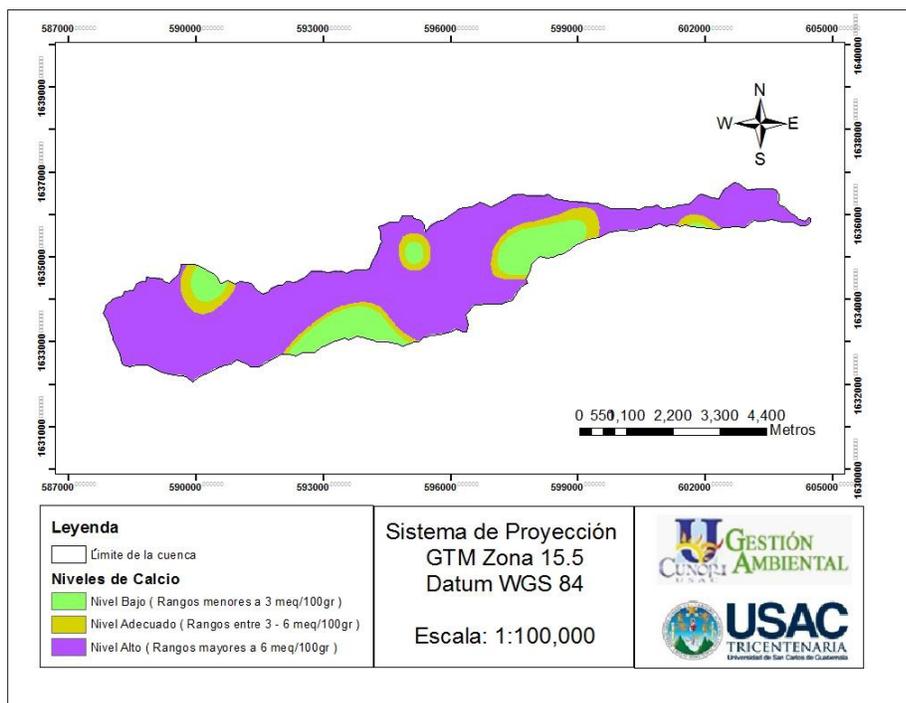


Figura 25. Mapa de distribución de niveles de Calcio en los suelos de la cuenca del Río Tacó, Chiquimula, Guatemala, 2018.

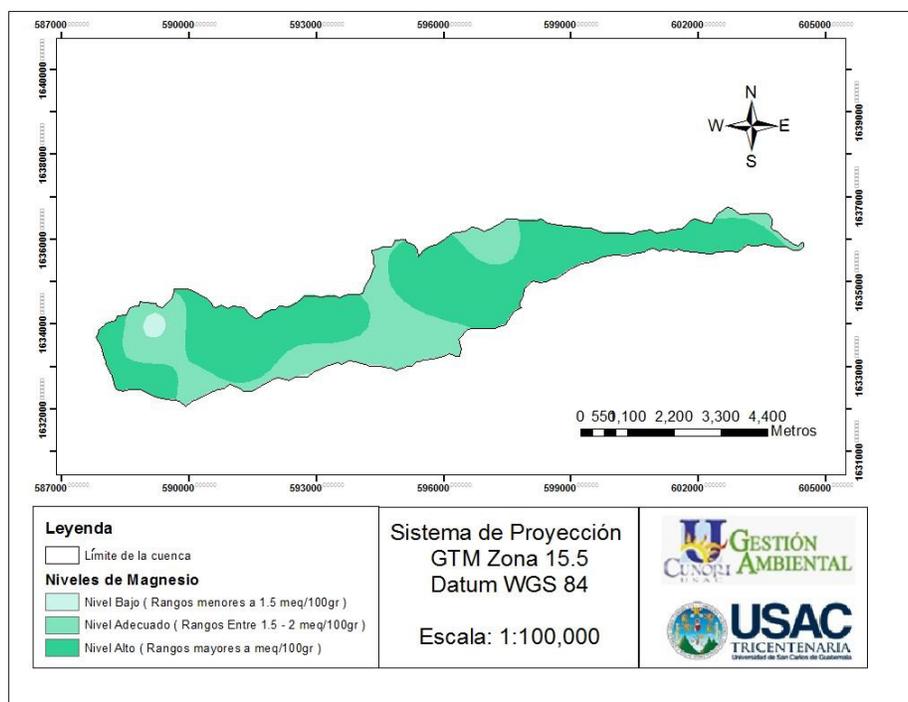


Figura 26. Mapa de distribución de niveles de magnesio en los suelos de la cuenca del Río Tacó, Chiquimula, Guatemala, 2018.

Magnesio:

La media de presencia de magnesio en los suelos de la cuenta bajo estudio es 2.12 Mg meq/100gr.

Materia orgánica:

La media de porcentaje de materia orgánica de la cuenca es de 2.03%, lo cual favorece el desarrollo de los cultivos.

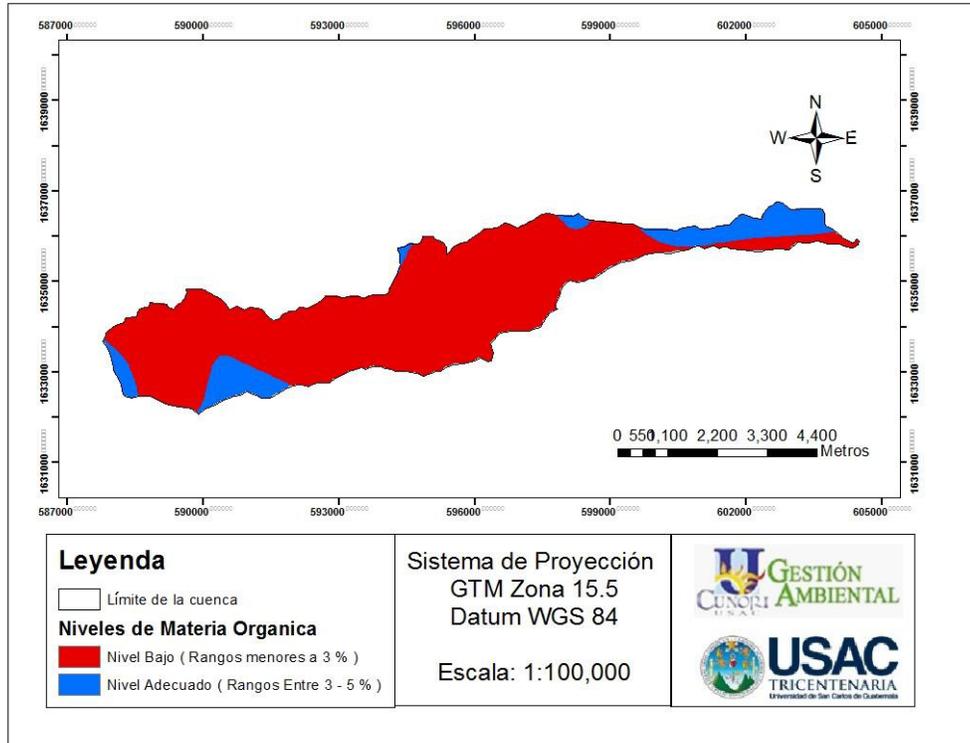


Figura 27. Mapa de distribución de niveles de Materia orgánica en los suelos de la cuenca del Río Tacó, Chiquimula, Guatemala, 2018.

Cuadro 18. Análisis de la fertilidad física.

No.	Textura			Clase Textural	CC %	PMP %	CRH %	DA cc/gr	DR cc/gr	EPT %
	% Arcilla	% Limo	% Arena							
1	20.68	25.32	54.00	Franco Arcillosa Arenosa	12.03	6.35	5.69	1.12	2.02	51.72
2	24.90	21.10	54.00	Franco Arcillosa Arenosa	14.58	7.66	6.93	1.10	1.77	37.85
3	24.90	31.65	43.45	Franco	16.16	9.69	6.47	1.21	2.37	48.95
4	24.90	31.65	43.65	Franco	19.71	10.66	9.04	1.03	2.09	50.72
5	18.57	33.76	47.67	Franco	11.50	6.22	5.29	1.33	2.37	43.88
6	18.57	35.87	45.56	Franco	17.86	9.31	8.55	1.06	2.45	56.73
7	31.23	29.54	39.23	Franco Arcillosa	17.28	9.49	7.79	1.12	2.32	51.72
8	18.57	27.98	43.45	Franco	14.33	5.35	8.98	1.19	2.35	49.36
9	14.35	40.09	45.56	Franco	15.40	7.82	7.58	1.14	2.42	52.89
10	18.57	31.65	49.78	Franco	11.25	6.48	4.77	1.16	2.25	48.44
11	18.57	29.54	71.89	Franco	9.79	4.85	4.95	1.24	2.42	48.76
12	20.68	35.87	43.45	Franco	14.14	6.09	10.05	1.17	2.26	48.23
13	20.68	37.98	41.34	Franco	13.70	5.97	7.73	1.17	1.84	36.41
14	14.35	27.43	58.22	Franco Arenosa	8.73	3.68	5.05	1.33	2.55	47.84
15	16.46	27.43	56.11	Franco Arenosa	9.79	4.01	5.78	1.36	2.47	44.94
16	14.35	21.10	64.55	Franco Arenosa	13.79	5.31	8.48	1.22	2.55	52.16
17	24.90	21.20	54.00	Franco Arcillosa Arenosa	14.76	7.83	6.93	1.13	2.30	50.87
18	14.35	21.20	64.55	Franco Arenosa	13.57	6.55	7.02	1.21	2.30	47.39
19	14.35	16.88	68.77	Franco Arenosa	12.69	6.42	6.27	1.30	2.40	45.83
20	14.35	21.10	64.55	Franco Arenosa	13.54	5.65	7.89	1.23	1.84	33.15
21	16.46	21.10	62.44	Franco Arenosa	13.19	5.33	7.87	1.28	2.51	49.00
22	39.67	27.43	32.90	Franco Arcillosa	25.96	19.02	6.94	1.09	2.25	51.56
23	20.68	16.88	62.44	Franco Arcillosa Arenosa	12.30	5.56	6.74	1.18	2.34	49.57
24	11.78	35.87	22.35	Franco	24.87	15.49	9.38	1.15	2.26	49.12
25	14.35	21.10	64.55	Franco Arenosa	16.19	7.28	8.90	1.40	2.39	41.42
26	12.24	21.10	66.66	Franco Arenosa	8.21	3.65	4.57	1.37	2.43	43.62
27	12.24	23.21	64.55	Franco Arenosa	12.97	5.52	7.44	1.32	2.75	52.00
28	10.13	23.21	66.66	Franco Arenosa	11.71	6.98	4.73	1.25	2.10	40.48
	Máximo				25.96	19.02	10.05	1.37	2.75	51.72
	Media				14.29	7.29	7.06	1.21	2.30	47.31
	Mínimo				8.21	3.65	4.57	1.03	1.77	33.15

Textura:

Según los resultados del análisis en el laboratorio de suelos, se identificaron 4 clases texturales presentes suelos, las cuales son Franco, Franco Arcillosa, Franco Arcillosa Arenosa y Franco Arenosa, siendo la textura Franco la más presente.

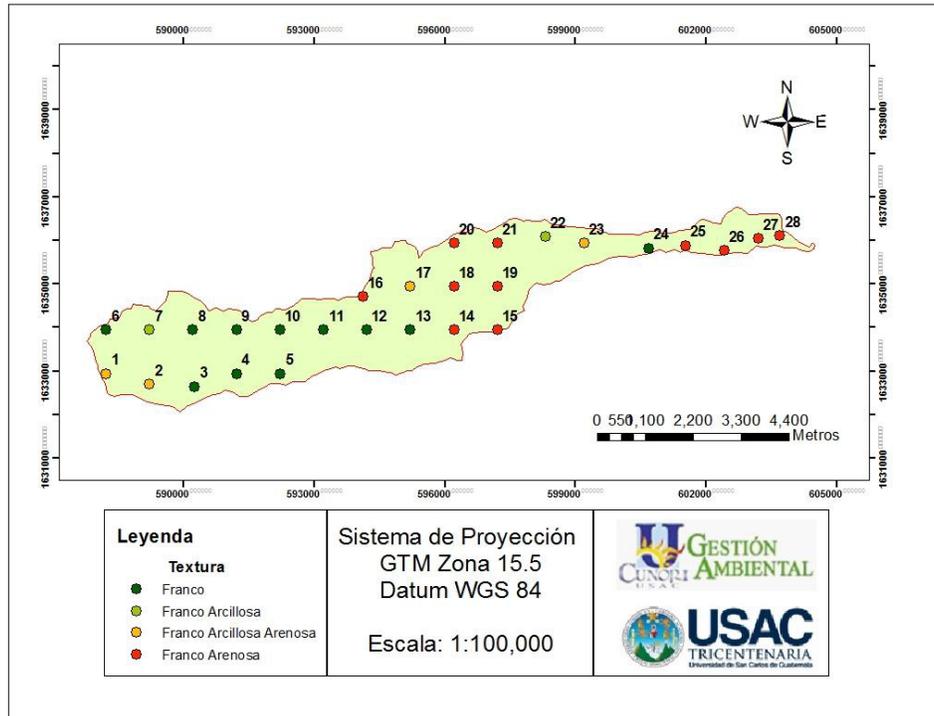


Figura 28. Mapa de clases texturales de la cuenca del Río Tacó.

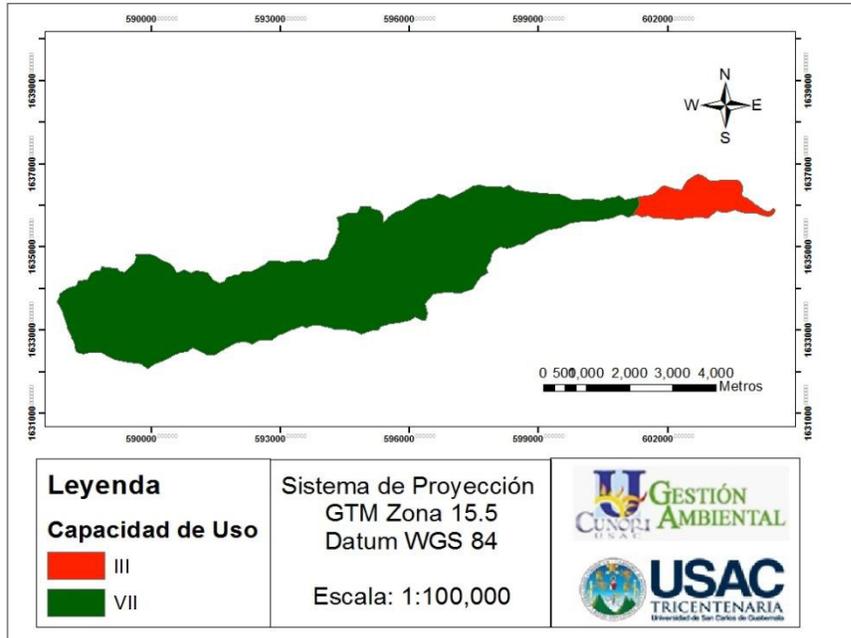


Figura 29. Mapa de capacidad de Uso de los suelos de la cuenca del Río Tacó, Chiquimula, Guatemala, 2018.

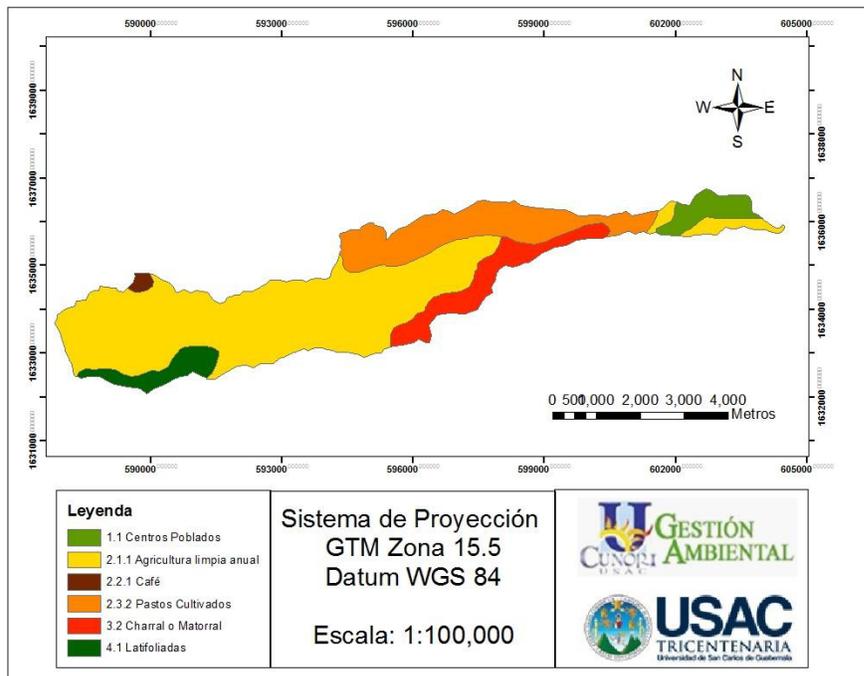


Figura 30. Mapa de distribución de usos de los suelos de la cuenca del Río Tacó, Chiquimula, Guatemala, 2018.

a. Fotografías de la fase de campo, realización de estudios de suelo utilizando calicatas.



Fotografía 1. Colonia Las Rosas.



Fotografía 2. Aldea Tierra Blanca.



Fotografía 3. Aldea Tacó Arriba.



Fotografía 4. Colonia El Caminero



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE
BIBLIOTECA
“Lic. Zoot. Edgardo Guillén R.”



**CONSTANCIA DE RECEPCION DEL TRABAJO DE GRADUACIÓN
DE**

ESTUDIANTE:

JOSUÉ GABRIEL RAMOS SOLÍS

REGISTRO ACADÉMICO:

201141742

CARRERA:

INGENIERÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL LOCAL

CON EL TÍTULO:

**Determinación de vulnerabilidad a pérdida de cosecha
utilizando indicadores socioeconómicos, ambientales y edáficos en la
cuenca del río Tacó, Chiquimula, Guatemala, 2018**

La encargada de Biblioteca del Centro Universitario de Oriente, hace constar que se recibió de forma virtual el TRABAJO DE GRADUACIÓN descrito anteriormente, por lo cual se le extiende la presente, de acuerdo al Artículo 58.8, del Punto NOVENO, DEL ACTA 37-2020, del Consejo Directivo del Centro Universitario de Oriente.

Chiquimula, 12 de noviembre de 2020.



f) _____

[sello]



[QR]