

**UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR**  
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS  
LICENCIATURA EN CIENCIAS AMBIENTALES CON ÉNFASIS EN GESTIÓN AMBIENTAL

DETERMINACIÓN DE LA TEMPORALIDAD CLIMÁTICA EN FUNCIÓN DE UNIDADES  
CLIMÁTICAS MENSUALES EN GUATEMALA  
TESIS DE GRADO

**KAREN LISSETTE ECHEVERRIA DAVILA**  
CARNET 11257-12

GUATEMALA DE LA ASUNCIÓN, JULIO DE 2017  
CAMPUS CENTRAL

**UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR**

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

LICENCIATURA EN CIENCIAS AMBIENTALES CON ÉNFASIS EN GESTIÓN AMBIENTAL

DETERMINACIÓN DE LA TEMPORALIDAD CLIMÁTICA EN FUNCIÓN DE UNIDADES  
CLIMÁTICAS MENSUALES EN GUATEMALA

TESIS DE GRADO

TRABAJO PRESENTADO AL CONSEJO DE LA FACULTAD DE  
CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

POR

**KAREN LISSETTE ECHEVERRIA DAVILA**

PREVIO A CONFERÍRSELE

EL TÍTULO DE INGENIERA AMBIENTAL EN EL GRADO ACADÉMICO DE LICENCIADA

GUATEMALA DE LA ASUNCIÓN, JULIO DE 2017

CAMPUS CENTRAL

## **AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR**

RECTOR: P. MARCO TULIO MARTINEZ SALAZAR, S. J.

VICERRECTORA ACADÉMICA: DRA. MARTA LUCRECIA MÉNDEZ GONZÁLEZ DE PENEDO

VICERRECTOR DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN: ING. JOSÉ JUVENTINO GÁLVEZ RUANO

VICERRECTOR DE INTEGRACIÓN UNIVERSITARIA: P. JULIO ENRIQUE MOREIRA CHAVARRÍA, S. J.

VICERRECTOR ADMINISTRATIVO: LIC. ARIEL RIVERA IRÍAS

SECRETARIA GENERAL: LIC. FABIOLA DE LA LUZ PADILLA BELTRANENA DE LORENZANA

## **AUTORIDADES DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS**

DECANO: DR. ADOLFO OTTONIEL MONTERROSO RIVAS

VICEDECANA: LIC. ANNA CRISTINA BAILEY HERNÁNDEZ

SECRETARIO: MGTR. LUIS MOISES PEÑATE MUNGUÍA

DIRECTOR DE CARRERA: MGTR. JULIO ROBERTO GARCÍA MORÁN

## **NOMBRE DEL ASESOR DE TRABAJO DE GRADUACIÓN**

ING. GERÓNIMO ESTUARDO PÉREZ IRUNGARAY

## **TERNA QUE PRACTICÓ LA EVALUACIÓN**

MGTR. PEDRO ARNULFO PINEDA COTZOJAY

MGTR. VIRGINIA MOSQUERA SALLES

ING. MANUEL RODRIGO SALAZAR RECINOS

Guatemala 14 de julio de 2017

Consejo de Facultad  
Ciencias Ambientales y Agrícolas  
Presente.

Distinguidos Miembros del Consejo:

Por este medio hago constar que he asesorado el trabajo de graduación de la estudiante Karen Lissette Echeverría Dávila, que se identifica con carné 11257-12, titulado "Determinación de la temporalidad climática en Guatemala, en función de unidades climáticas mensuales; para analizar la distribución de paisajes hortícolas a lo largo del año", el cual considero cumple con los requisitos establecidos por facultad previo a su autorización de impresión.

Atentamente,



Mgtr. Gerónimo Estuardo Pérez Irungaray

Colegiado No. 2185

Cod. URL 16403



**Orden de Impresión**

De acuerdo a la aprobación de la Evaluación del Trabajo de Graduación en la variante Tesis de Grado de la estudiante KAREN LISSETTE ECHEVERRIA DAVILA, Carnet 11257-12 en la carrera LICENCIATURA EN CIENCIAS AMBIENTALES CON ÉNFASIS EN GESTIÓN AMBIENTAL, del Campus Central, que consta en el Acta No. 06109-2017 de fecha 7 de julio de 2017, se autoriza la impresión digital del trabajo titulado:

**DETERMINACIÓN DE LA TEMPORALIDAD CLIMÁTICA EN FUNCIÓN DE UNIDADES CLIMÁTICAS MENSUALES EN GUATEMALA**

Previo a conferirsele el título de INGENIERA AMBIENTAL en el grado académico de LICENCIADA.

Dado en la ciudad de Guatemala de la Asunción, a los 12 días del mes de julio del año 2017.



**MGTR. LUIS MOISES PEÑATE MUNGUÍA, SECRETARIO  
CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS  
Universidad Rafael Landívar**

## AGRADECIMIENTOS

A:

Dios, por darme la vida y permitirme estudiar esta carrera, la cual es parte de su plan perfecto. Por darme las capacidades y fuerzas para culminar esta etapa de mi vida.

Mis padres, por su apoyo incondicional, darme la oportunidad de estudiar y prepararme como mujer para enfrentar la vida.

Mis hermanos, porque le dan sentido a mi vida, por apoyarme en mis decisiones, aconsejarme y ser la mejor compañía.

Universidad Rafael Landívar, por ser mi *alma máter*, mi hogar durante cinco años y por su visión holística. Por permitirme pertenecer a la Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas donde sus miembros me formaron y extendieron mi visión de la vida.

Mi asesor, Mgtr. Gerónimo Pérez, porque sin usted esta investigación no habría sido posible. Por enseñarme cada día, tanto a nivel profesional como personal; por estar siempre disponible para resolver mis dudas y guiarme durante este proceso.

Ing. Pedro Pineda e Ing. Marco Tulio Aceituno, por su ayuda en el análisis estadístico de esta investigación, por brindarme su tiempo y apoyarme con su conocimiento.

Unidad de información estratégica para la investigación y proyección, por recibirme en sus instalaciones de una manera acogedora, hacerme sentir en confianza y por su disposición para ayudarme en cualquier momento.

Instituto de investigación y proyección sobre ambiente natural y sociedad (Iarna), por la información y datos proporcionados.

Mis amigos, por su apoyo y ser una agradable compañía durante este proceso.

## DEDICATORIA

A Dios:

Porque esta investigación es parte del propósito que Él tiene para mi vida, es un reflejo de su creación y de lo perfecta que es la naturaleza.

A mis padres:

Esta investigación es un fruto de mi preparación como Ingeniera Ambiental y con este logro los honro por su apoyo durante mi preparación, tanto personal como profesional.

A mis hermanos:

Porque son personas fundamentales en mi vida y los amo.

A mi asesor:

Porque es el mejor ejemplo de un asesor de tesis, esta investigación es un producto más de su buena asesoría y lo buen maestro que es.

A Guatemala:

Porque es un aporte que hago para que nuestra realidad ambiental, social y económica mejore y porque sueño con que algún día sea una nación en paz y con mejor calidad de vida.

# ÍNDICE

RESUMEN .....	I
SUMMARY .....	II
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	4
2.1 ANTECEDENTES .....	4
2.2 MARCO CONCEPTUAL.....	6
2.2.1 <i>Clima</i> .....	6
A. Elementos del clima .....	9
a. Temperatura .....	9
b. Precipitación .....	11
c. Humedad .....	13
B. Clasificaciones climáticas.....	14
a. Sistema de clasificación climático de Köppen .....	15
b. Sistema de clasificación climático de Thornthwaite.....	17
c. Sistema de clasificación climático de Strahler .....	18
C. Unidad climática.....	18
2.2.2 <i>Climas, ecosistemas y paisajes</i> .....	20
A. Paisaje .....	20
a. Paisaje agrícola de hortalizas .....	23
2.2.3 <i>Análisis clúster</i> .....	24
A. Método de Ward .....	27
a. Prueba de chi cuadrado .....	27
2.3 MARCO REFERENCIAL .....	28
2.3.1 <i>Descripción de Guatemala</i> .....	28
A. Clima en Guatemala .....	29
a. Unidades climáticas de Guatemala, sistema de clasificación Iarna/URL-Franco.....	39
B. Paisaje de hortalizas en Guatemala .....	41
2.3.2 <i>Relación con otros estudios</i> .....	43



III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	44
3.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA .....	44
3.2 JUSTIFICACIÓN .....	45
IV. OBJETIVOS.....	47
4.1 OBJETIVO GENERAL.....	47
4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	47
V. HIPÓTESIS.....	47
VI. METODOLOGÍA .....	48
6.1 AMBIENTE.....	48
6.2 SUJETOS Y/O UNIDADES DE ANÁLISIS .....	48
6.3 TIPO DE INVESTIGACIÓN .....	49
6.4 INSTRUMENTO .....	49
6.5 PROCEDIMIENTO .....	50
6.5.1 <i>Fase de gabinete inicial</i> .....	50
A. Creación de unidades climáticas mensuales en el territorio de Guatemala ...	50
a. Mapas de variables climáticas .....	50
b. Mapas de unidades climáticas mensuales .....	53
6.5.2 <i>Fase de gabinete media</i> .....	54
A. Comprobación de la temporalidad climática en Guatemala.....	54
a. Análisis estadístico .....	54
b. Mapas de temporalidad climática.....	56
6.5.3 <i>Fase de gabinete final</i> .....	58
A. Distribución de los paisajes de hortalizas en función de la temporalidad climática .....	58
6.6 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN .....	61
VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	63
7.1 UNIDADES CLIMÁTICAS DEL TERRITORIO DE GUATEMALA .....	63
7.1.1 <i>Descripción climática mensual</i> .....	66
A. Enero .....	66

B. Febrero .....	67
C. Marzo.....	68
D. Abril .....	70
E. Mayo.....	71
F. Junio .....	72
G. Julio .....	74
H. Agosto.....	75
I. Septiembre .....	76
J. Octubre .....	78
K. Noviembre .....	79
L. Diciembre.....	81
7.2 TEMPORALIDAD CLIMÁTICA EN GUATEMALA .....	84
7.2.1 <i>Temporalidad lluviosa</i> .....	85
7.2.2 <i>Temporalidad seca</i> .....	89
A. Temporalidad seca cálida .....	89
B. Temporalidad seca fría .....	92
7.2.3 <i>Comparación de temporalidades</i> .....	95
A. Temporalidad lluviosa .....	95
B. Temporalidad seca.....	96
a. Temporalidad seca cálida .....	96
b. Temporalidad seca fría .....	97
7.3 DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DE PAISAJES HORTÍCOLAS.....	100
7.3.1 <i>Temporalidad lluviosa</i> .....	100
A. Distribución de hortalizas del grupo A .....	101
B. Distribución de hortalizas del grupo B .....	102
C. Distribución de hortalizas del grupo C.....	104
D. Distribución de hortalizas del grupo D .....	105
7.3.2 <i>Temporalidad seca cálida</i> .....	107
A. Distribución de hortalizas del grupo E .....	107
7.3.3 <i>Temporalidad seca fría</i> .....	108
A. Distribución de hortalizas del grupo F .....	108

B. Distribución de hortalizas del grupo G.....	110
C. Distribución de hortalizas del grupo H.....	111
VIII. CONCLUSIONES .....	114
IX. RECOMENDACIONES .....	116
X. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	117
XI. ANEXOS.....	124

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Factores y elementos del clima.....	8
Cuadro 2. Codificación secundaria de características climáticas según el sistema de clasificación de Köppen.....	16
Cuadro 3. Síntesis de la clasificación climática de Thornthwaite. ....	17
Cuadro 4. Ejemplos de hortalizas clasificadas según la parte de la planta a la que pertenecen. ....	24
Cuadro 5. División de regiones climáticas de Guatemala con base en Insivumeh.....	29
Cuadro 6. Clasificación de climas de Guatemala con base en el sistema de Köppen. ..	31
Cuadro 7. Clasificación climática para Guatemala con base en Thornthwaite. ....	34
Cuadro 8. Síntesis de clasificación de zonas de vida de Holdridge para Guatemala con base en De la Cruz.....	36
Cuadro 9. Clasificación de rangos de temperatura con base en L. Holdridge.....	51
Cuadro 10. Clasificación de rangos de precipitación. ....	51
Cuadro 11. Clasificación de zonas lluviosas y no lluviosas. ....	52
Cuadro 12. Clasificación de rangos de humedad con base en L. Holdridge. ....	53
Cuadro 13. Descripción de posición y factor de cada variable para la generación de mapas de unidades climáticas mensuales. ....	54
Cuadro 14. Ejemplo de matriz de datos de N individuos y n variables para la aplicación de análisis clúster.....	55
Cuadro 15. Clasificación de rangos de precipitación temporalidad lluviosa. ....	57
Cuadro 16. Clasificación de rangos de precipitación temporalidad seca. ....	57
Cuadro 17. Descripción de posición y factor de cada variable para la generación de mapas de temporalidad climática. ....	58
Cuadro 18. Matriz de requerimientos climáticos e identificación de códigos de temperatura y precipitación potenciales para el cultivo de hortalizas en la temporalidad lluviosa.....	59
Cuadro 19. Matriz de requerimientos climáticos e identificación de códigos de temperatura y precipitación potenciales para el cultivo de hortalizas en la temporalidad seca cálida.....	60

Cuadro 20. Matriz de requerimientos climáticos e identificación de códigos de temperatura y precipitación potenciales para el cultivo de hortalizas en la temporalidad seca fría. ....	60
Cuadro 21. Unidades climáticas resultantes.....	63
Cuadro 22. Unidades climáticas identificadas en el mes de enero. ....	67
Cuadro 23. Unidades climáticas identificadas en el mes de febrero. ....	68
Cuadro 24. Unidades climáticas identificadas en el mes de marzo. ....	69
Cuadro 25. Unidades climáticas identificadas en el mes de abril. ....	71
Cuadro 26. Unidades climáticas identificadas en el mes de mayo.....	72
Cuadro 27. Unidades climáticas identificadas en el mes de junio.....	73
Cuadro 28. Unidades climáticas identificadas en el mes de julio. ....	75
Cuadro 29. Unidades climáticas identificadas en el mes de agosto.....	76
Cuadro 30. Unidades climáticas identificadas en el mes de septiembre.....	77
Cuadro 31. Unidades climáticas identificadas en el mes de octubre. ....	79
Cuadro 32. Unidades climáticas identificadas en el mes de noviembre.....	80
Cuadro 33. Unidades climáticas identificadas en el mes de diciembre. ....	82
Cuadro 34. Unidades climáticas identificadas en la temporada lluviosa. ....	86
Cuadro 35. Unidades climáticas identificadas en la temporalidad seca cálida.....	89
Cuadro 36. Unidades climáticas identificadas en la temporalidad seca fría.....	92
Cuadro 37. Comparación de unidades climáticas más grandes en extensión territorial durante la temporalidad lluviosa. ....	95
Cuadro 38. Comparación de unidades climáticas más grandes en extensión territorial durante la temporalidad seca cálida. ....	97
Cuadro 39. Comparación de unidades climáticas más grandes en extensión territorial durante la temporalidad seca fría. ....	98
Cuadro 40. Unidades climáticas que forman la distribución de hortalizas del grupo A.	101
Cuadro 41. Unidades climáticas que forman la distribución de hortalizas del grupo B.	103
Cuadro 42. Unidades climáticas que forman la distribución de hortalizas del grupo C. ....	104
Cuadro 43. Unidades climáticas que forman la distribución de hortalizas del grupo D. ....	106

Cuadro 44. Unidad climática que forma la distribución de hortalizas del grupo E.....	107
Cuadro 45. Unidades climáticas que forman la distribución de hortalizas del grupo F.	109
Cuadro 46. Unidad climática que forma la distribución de hortalizas del grupo G.....	110
Cuadro 47. Unidad climática que forma la distribución de hortalizas del grupo H.....	112
Cuadro 48. Requerimientos climáticos y ciclo vegetativo de hortalizas principales de Guatemala. ....	124
Cuadro 49. Cuadro completo de unidades climáticas identificadas en el mes de enero. ....	125
Cuadro 50. Cuadro completo de unidades climáticas identificadas en el mes de febrero. ....	127
Cuadro 51. Cuadro completo de unidades climáticas identificadas en el mes de marzo. ....	129
Cuadro 52. Cuadro completo de unidades climáticas identificadas en el mes de abril. ....	131
Cuadro 53. Cuadro completo de unidades climáticas identificadas en el mes de mayo. ....	134
Cuadro 54. Cuadro completo de unidades climáticas identificadas en el mes de junio. ....	138
Cuadro 55. Cuadro completo de unidades climáticas identificadas en el mes de julio.	140
Cuadro 56. Cuadro completo de unidades climáticas identificadas en el mes de agosto. ....	143
Cuadro 57. Cuadro completo de unidades climáticas identificadas en el mes de septiembre. ....	146
Cuadro 58. Cuadro completo de unidades climáticas identificadas en el mes de octubre. ....	149
Cuadro 59. Cuadro completo de unidades climáticas identificadas en el mes de noviembre. ....	152
Cuadro 60. Cuadro completo de unidades climáticas identificadas en el mes de diciembre. ....	156
Cuadro 61. Cuadro completo de unidades climáticas identificadas en la temporalidad lluviosa. ....	159

Cuadro 62. Cuadro completo de unidades climáticas identificadas en la temporalidad seca cálida. ....	161
Cuadro 63. Cuadro completo de unidades climáticas identificadas en la temporalidad seca fría. ....	162
Cuadro 64. Resultados de las unidades climáticas potenciales como base de agrupación de hortalizas de la temporalidad lluviosa. ....	163
Cuadro 65. Resultados de las unidades climáticas potenciales como base de agrupación de hortalizas de la temporalidad seca cálida. ....	164
Cuadro 66. Resultados de las unidades climáticas potenciales como base de agrupación de hortalizas de la temporalidad seca fría. ....	165
Cuadro 67. Grupos de distribución potencial de hortalizas de las tres temporalidades climáticas. ....	165

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Jerarquía de clasificación fisiográfica del terreno. ....	19
Figura 2. Mapa de clasificación climática de Köppen para Guatemala. ....	33
Figura 3. Mapa de clasificación climática de Thornthwaite para Guatemala. ....	35
Figura 4. Mapa de ecosistemas de Guatemala basado en el sistema de clasificación de zonas de vida de Holdridge. ....	38
Figura 5. Mapa de clasificación climática anual para Guatemala. ....	40
Figura 6. Mapa de distribución de hortalizas en base al Mapa de Cobertura Vegetal y Uso de la Tierra generado por el MAGA en el 2010. ....	42
Figura 7. Dendrograma resultante del análisis estadístico clúster. ....	84
Figura 8. Distribución de unidades climáticas de la temporalidad lluviosa. ....	86
Figura 9. Mapa de unidades climáticas que se presentan durante la temporalidad lluviosa en Guatemala. ....	88
Figura 10. Distribución de unidades climáticas de la temporalidad seca cálida. ....	90
Figura 11. Mapa de unidades climáticas que se presentan durante la temporalidad seca cálida en Guatemala. ....	91
Figura 12. Distribución de unidades climáticas de la temporalidad seca fría. ....	93
Figura 13. Mapa de unidades climáticas que se presentan durante la temporalidad seca fría en Guatemala. ....	94
Figura 14. Gráfica de comparación de unidades climáticas más grandes en extensión territorial durante la temporalidad lluviosa. ....	96
Figura 15. Gráfica de comparación de unidades climáticas más grandes en extensión territorial durante la seca cálida. ....	97
Figura 16. Gráfica de comparación de unidades climáticas más grandes en extensión territorial durante la seca fría. ....	99
Figura 17. Mapa de distribución potencial de hortalizas del grupo A. ....	102
Figura 18. Mapa de distribución potencial de hortalizas del grupo B. ....	103
Figura 19. Mapa de distribución potencial de hortalizas del grupo C. ....	105
Figura 20. Mapa de distribución potencial de hortalizas del grupo D. ....	106
Figura 21. Mapa de distribución potencial de hortalizas del grupo E. ....	108



Figura 24. Mapa de distribución potencial de hortalizas del grupo F. ....	109
Figura 25. Mapa de distribución potencial de hortalizas del grupo G.....	111
Figura 26. Mapa de distribución potencial de hortalizas del grupo H.....	112

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Cuadro 48. Requerimientos climáticos y ciclo vegetativo de hortalizas principales de Guatemala.....	124
Anexo 2. Cuadro 49. Cuadro completo de unidades climáticas identificadas en el mes de enero.....	125
Anexo 3. Cuadro 50. Cuadro completo de unidades climáticas identificadas en el mes de febrero.....	127
Anexo 4. Cuadro 51. Cuadro completo de unidades climáticas identificadas en el mes de marzo.....	129
Anexo 5. Cuadro 52. Cuadro completo de unidades climáticas identificadas en el mes de abril.....	131
Anexo 6. Cuadro 53. Cuadro completo de unidades climáticas identificadas en el mes de mayo.....	134
Anexo 7. Cuadro 54. Cuadro completo de unidades climáticas identificadas en el mes de junio.....	138
Anexo 8. Cuadro 55. Cuadro completo de unidades climáticas identificadas en el mes de julio.....	140
Anexo 9. Cuadro 56. Cuadro completo de unidades climáticas identificadas en el mes de agosto.....	143
Anexo 10. Cuadro 57. Cuadro completo de unidades climáticas identificadas en el mes de septiembre.....	146
Anexo 11. Cuadro 58. Cuadro completo de unidades climáticas identificadas en el mes de octubre.....	149
Anexo 12. Cuadro 59. Cuadro completo de unidades climáticas identificadas en el mes de noviembre.....	152
Anexo 13. Cuadro 60. Cuadro completo de unidades climáticas identificadas en el mes de diciembre.....	156
Anexo 14. Cuadro 61. Cuadro completo de unidades climáticas identificadas en la temporalidad lluviosa.....	159

Anexo 15. Cuadro 62. Cuadro completo de unidades climáticas identificadas en la temporalidad seca cálida.....	161
Anexo 16. Cuadro 63. Cuadro completo de unidades climáticas identificadas en la temporalidad seca fría.....	162
Anexo 17. Cuadro 64. Resultados de las unidades climáticas potenciales como base de agrupación de hortalizas de la temporalidad lluviosa. ....	163
Anexo 18. Cuadro 65. Resultados de las unidades climáticas potenciales como base de agrupación de hortalizas de la temporalidad seca cálida.....	164
Anexo 19. Cuadro 66. Resultados de las unidades climáticas potenciales como base de agrupación de hortalizas de la temporalidad seca fría.....	165
Anexo 20. Cuadro 67. Grupos de distribución potencial de hortalizas de las tres temporalidades climáticas. ....	165

## **Determinación de la temporalidad climática en función de unidades climáticas mensuales en Guatemala**

### **RESUMEN**

El objetivo de este estudio fue determinar la temporalidad climática de Guatemala en función de unidades climáticas mensuales. La metodología consistió en tres fases: a) creación de mapas de unidades climáticas mensuales b) aplicación de un análisis clúster a los mapas de unidades climáticas mensuales y creación de mapas de temporalidad climática c) demostrar la utilidad de los mapas de temporalidad climática para analizar la distribución de paisajes hortícolas a lo largo del año. La información se generó a partir de las variables de temperatura y precipitación mensuales del país extraídas de la base de datos *WorldClim*; posteriormente mediante el software *ArcGis®* se calcularon las variables de zonas lluviosas y húmedas y se realizaron todos los procedimientos de análisis geográfico; y para el análisis clúster se utilizó el programa *IMB SPSS®*. Los principales resultados fueron que se demostró estadísticamente que en el país se presentan tres temporalidades climáticas: temporalidad lluviosa, seca cálida y seca fría; y que en base a estas temporalidades la distribución de hortalizas puede variar a lo largo del año, lo que demuestra que estos cultivos se pueden desarrollar en otras áreas diferentes a las áreas donde se cultivan actualmente. Se concluyó que los meses del año se pueden agrupar según sus características climáticas y que los cambios que presenta el país en función del clima influye en la composición de los ecosistemas y por lo tanto permite identificar áreas potenciales para el desarrollo de nuevo paisajes acorde a sus características climáticas.

## **Determining Guatemalan climate temporality based on monthly climate units**

### **SUMMARY**

The aim of this study was determining the Guatemalan climate temporality based on monthly climate units. The methodology consisted on three phases a) map creation of monthly climate units b) the implementation of cluster analysis to the maps of monthly climate units and the creation of climate temporality maps c) the demonstration of usefulness of the climate temporality maps in order to analyze the distribution of horticultural landscapes along the year. The information was generated from monthly temperature and precipitation variables of the country drawn from the data base of WorldClim; subsequently the variables of rainy and humid zones were calculated and all the geographic analysis procedures were carried through the software ArcGis®; and the program IMB SPSS® was used for the cluster analysis. The main results proved that statistically in the country three climate temporalities are presented, rainy temporality, warm dry and cold dry; based on these temporalities the distribution of horticultural may vary along the year, this proves that this crops can be develop in different areas from the ones that are currently grown. The findings resulting are that the months of the year can be cluster according to their climate characteristics and the changes that the country presents based on climate affects the ecosystems composition and therefore allows to identify potential areas to the develop of new landscapes consistent with their climate characteristics.

## I. INTRODUCCIÓN

Guatemala es un país que cuenta con una diversidad de climas a lo largo del año y en todo el territorio. Anteriormente las clasificaciones climáticas que se utilizaban para determinar el clima de Guatemala se basaba en la aplicación de los grandes sistemas de clasificación climática generados a una escala mundial y que con el tiempo se fueron utilizando para determinar el clima específico de un país, tal es el caso de los sistemas de Köppen, Thornthwaite y Strahler; de acuerdo a estos sistemas se ha definido por mucho tiempo el clima que ocurre en Guatemala, sin embargo no demuestran la diversidad climática que en realidad existe.

El estudio realizado por Franco (2015) demostró que existe una gran diversidad climática en el país, en el mismo se lograron identificar 54 unidades climáticas a lo largo del año en todo el territorio de Guatemala, lo cual permite tener una visión más amplia de la complejidad climática que se da en el país y no como anteriormente se planteaba con los otros sistemas utilizados, en los que se reportaban entre 6 y 13 unidades climáticas que marcaban el clima anualmente en todo el territorio. Esto limitaba la perspectiva de la diversidad de ecosistemas y paisajes en función del clima. Al tener una cantidad más específica de unidades climáticas se pueden identificar áreas con condiciones homogéneas de clima que inciden directamente en la composición biofísica, ecológica y paisajística de esos territorios.

El clima se origina de la interacción de diferentes factores biofísicos y geográficos (Carreto, González, & Villavicencio, 2000) que generan ciertas condiciones ambientales en un territorio y que sirve para determinar la estructura y composición de los ecosistemas en un área en particular (Holdridge, 1979). Los ecosistemas juegan un papel importante en la composición, estructura y función de los paisajes y los servicios que estos brindan (Thackway & Specht, 2015).

Los paisajes son espacios geográficos que tienen límites y están compuestos por elementos (Contreras, 2005), ya sean bióticos, abióticos o la combinación de ambos,

donde el resultado de la interacción de estos elementos permite determinar el tipo de paisaje y al mismo tiempo cuál es su estado (Busquets & Cortina, 2009). Si se sabe cuál es el estado del paisaje se puede entender cómo están funcionando los ecosistemas, lo cual da un indicio sobre sus condiciones ecológicas (Delgado, 2010). Un paisaje es una perspectiva integral de un área y su entorno. La relación del clima y los paisajes es que estos se pueden describir en función de sus características climáticas homogéneas (Serrato, 2009), por lo que las unidades climáticas permiten identificar el potencial desarrollo de los paisajes de un territorio.

Se sabe que el clima es dinámico y cambia constantemente durante el año, para Guatemala, según el Instituto de investigación y proyección sobre ambiente natural y sociedad - IARNA (2004), se marcan tres temporadas climáticas: cálida, lluviosa y fría; sin embargo no existen documentos científicos que demuestren y respalden que así sean los cambios estacionales en Guatemala. Por lo que esta investigación se centró en determinar esta temporalidad climática que se marca en el país en función de unidades climáticas mensuales pero más allá de definir qué periodos estacionales se presentan, tiene un enfoque más integral y es el de entender cómo estas unidades climáticas, que a la vez constituyen paisajes, cambian durante el año; con lo cual se puede saber qué potencial de uso tienen a lo largo del año, y con ello mejorar el uso de la tierra y en general, de los recursos naturales.

La importancia de contar con un estudio sobre la distribución de los paisajes con enfoque ambiental (pero sobre todo climático), es que por no existir este tipo de información en el país, además de que no se tiene una idea concreta de lo que es un paisaje; viene a sentar las bases para la generación de información de base, que es trascendental para la gestión ambiental. Si se entiende cómo se distribuyen los paisajes agrícolas en función de la temporalidad climática se puede generar nuevas alternativas para desarrollar el potencial de uso de un paisaje y de igual manera, mantener una conservación y sostenibilidad en los paisajes que finalmente permite tener un uso adecuado de los recursos naturales.

A partir de estos vacíos de información que existen en el país surgió la necesidad de generar esta investigación, para la cual se generaron mapas climáticos mensuales, posteriormente se les aplicó un análisis estadístico clúster del cual se pudieron generar tres mapas de temporalidad climática. Finalmente, se demostró la aplicación de los mapas de temporalidad climática en base a cómo estos pudieron determinar la distribución de nuevas áreas potenciales para el desarrollo de paisajes agrícolas, principalmente las hortalizas, las cuales son un cultivo de importancia nacional debido a sus propiedades nutricionales, así como su potencial agrícola; y cómo la incorporación de nuevas áreas para el desarrollo de estos paisajes pueden ser un impulsor en las economías a nivel local y nacional.

Por lo tanto es un estudio pionero en el campo del clima y paisajes a nivel nacional y es un instrumento para estar más cerca de los ideales del desarrollo sostenible, mejorar la gestión ambiental del país e incrementar la calidad de vida de la población.



## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1 ANTECEDENTES

El Instituto de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (Insivumeh) es el ente técnico y científico encargado de la medición, monitoreo y recolección de datos de los elementos y factores atmosféricos, geofísicos e hidrológicos en Guatemala, con el fin de proveer asesoramiento e información a los diferentes sectores públicos y privados del país para sus actividades de planificación, productivas o de cualquier índole de interés que requieran este tipo de información. Este centro cuenta con 57 estaciones meteorológicas en el país, sin embargo, no todas las estaciones registran todos los parámetros climáticos debido a limitaciones institucionales e incluso, hasta el abandono de algunas. A partir de los datos que se recopilan de estas estaciones se han creado base de datos climatológicos para el país desde 1970 (Insivumeh, 2015).

Según esta entidad, el clima de Guatemala se clasifica en seis regiones, las cuales son: planicies del norte, franja transversal del norte, meseta y altiplanos, bocacosta, planicie costera del pacífico y zona oriental. Cada una de estas regiones tienen características climáticas similares y su descripción se basa en el Sistema de Clasificación Climática de Thornthwaite (Iarna-URL, 2004).

Guatemala se ubica, dentro de una de las grandes zonas climáticas de la Tierra, en la franja de los climas cálidos con predominio de temperaturas elevadas y clima tropical estacional (Iarna, 2011). En base al Perfil Ambiental publicado en el año 2004, se determinó que los cambios estacionales en Guatemala se daban principalmente por “la circulación zonal del viento en la tropósfera y estratósfera inferior y por la zona intertropical de convergencia” (p. 195) por lo tanto los fenómenos meteorológicos como superficies frontales, perturbaciones tropicales y ondas atmosféricas influyen en el clima del país. Como resultado de estos se puede caracterizar la fenomenología climática de la región y se determinan tres periodos estacionales, los cuales se describen a continuación tal y como se presentan en el Perfil Ambiental (2004):

- a) Temporada fría o de “nortes”: se extiende de diciembre a febrero, donde se dan de 3 a 4 olas de frío promedio durante cada mes; el mes de enero presenta la mayor probabilidad de registro de la ola más fría.
  
- b) Temporada cálida o de olas de calor: se da entre los meses de marzo y abril; los periodos más intensos y prolongados de calor se registran al final de la temporada cediendo gradualmente con la transición a la época de lluvias.
  
- c) Temporada de lluvias: inicia tempranamente en la boca costa suroccidental en la segunda quincena de abril, posteriormente se registra un proceso de generalización hacia la meseta central en la segunda quincena de mayo y tardíamente a las regiones del Caribe y Petén en la primera quincena de junio. Las lluvias reducen del 10 al 20 de julio y del 5 al 15 de agosto, a estos fenómenos se les denomina canículas. La finalización de esta temporada no está completamente definida en las regiones del norte ya que se registran lluvias promovidas por la temporada de frío (Iarna-URL, 2004, p. 195).

Diferentes sistemas de clasificación climática se han aplicado para Guatemala, definiendo así diferentes unidades climáticas existentes en el país. Los sistemas más utilizados han sido los de Wladimir Köppen y Charles Thornthwaite; además se ha utilizado la metodología de zonas de vida de Leslie Holdridge para determinar la distribución de ecosistemas basados en variables climáticas. Según el Consejo Nacional de Áreas Protegidas (Conap) estos sistemas no reflejan la distribución real, ni contribuyen a la comprensión de la diversidad de los ecosistemas en el país (Conap, 2008).

En el año 2015 se publicó una tesis de grado realizada por Gabriela Franco, y apoyada por el Iarna, en la cual se generó un nuevo mapa climático anual para Guatemala, desarrollado a partir de una nueva propuesta de clasificación presentada por esta tesis. En la misma se unificaron las variables de temperatura media anual, precipitación total anual, distribución mensual de la precipitación y la humedad; como resultado se obtuvieron 54 unidades climáticas distribuidas en el territorio guatemalteco, las cuales

brindan datos para poder identificar la ubicación y extensión de los ecosistemas naturales y productivos; de igual manera contribuyó a tener un estudio más específico sobre los climas de Guatemala y demostrar que los sistemas de clasificación climática utilizados anteriormente no reflejaban realmente la diversidad de climas que se presentan en el país (Franco, 2015).

Para la generación del Mapa Climático Anual para Guatemala se utilizaron los datos de las variables climáticas de precipitación y temperatura disponibles del periodo de 1950 al 2000 de la base climatológica mundial *World Clim* ya que ésta, en comparación con la base de datos climatológicos que tiene Insivumeh, presenta uniformidad cartográfica y tiene una resolución espacial aproximada de 1 km<sup>2</sup> por pixel para cada uno de los mapas de las variables climáticas. En cuanto a los datos climatológicos de Insivumeh para las variables de precipitación y temperatura, tienen resoluciones que difieren considerablemente entre sí y por lo tanto, esto incide significativamente en los resultados de generación de mapas (Franco, 2015).

## **2.2 MARCO CONCEPTUAL**

### **2.2.1 Clima**

Para entender el clima, primero se debe establecer cuál es la diferencia entre éste y el tiempo atmosférico, los cuales son términos muy relacionados:

- El tiempo atmosférico es estudiado por la meteorología y establece cuál es el estado de la atmósfera en un corto periodo de tiempo y en un punto específico (Oliver & Hidore, 2002). Este puede cambiar en minutos, horas o días (Zúñiga & Crespo, 2010).
- El clima es estudiado por la climatología y determina las condiciones atmosféricas durante periodos largos de tiempo, ya sean años, décadas o más. Por ende, el clima da una visión más extensa sobre las condiciones atmosféricas de un lugar específico, de una región o de todo el mundo, ya que congrega y analiza los tiempos durante un amplio periodo de tiempo (Oliver & Hidore, 2002).

Por consiguiente, se puede definir al clima como “el estado medio del tiempo o como un análisis de los valores medios del tiempo durante periodos que pueden ser desde meses hasta millones de años; el periodo normal de medición del clima según la Organización Meteorológica Mundial es de 30 años” (IPCC, 2001, p. 177).

Rohli y Vega (2015) definen al clima como el estado de la atmósfera de un lugar determinado en un periodo de tiempo y su alcance de estudio es más extenso en comparación al objeto de estudio de la meteorología; por ende, el punto principal del clima es estudiar los procesos de la atmósfera para entender sus patrones a largo plazo e identificar sus consecuencias.

Otros autores concretan que “el clima es la suma de los fenómenos meteorológicos que caracterizan el estado medio de la atmósfera en un punto de la superficie terrestre” para esto es necesario tener los datos de los fenómenos meteorológicos en un lapso mayor o igual a 30 años (Carreto, González, & Villavicencio, 2000, p. 123). Existen tres propiedades de los datos del clima que se utilizan para medir el estado de la atmósfera en un tiempo determinado con el fin de poder comparar las condiciones atmosféricas de un periodo de tiempo similar en el pasado, estas propiedades son los normales, extremos y frecuentes.

- Los normales del clima se refieren a las condiciones promedio del tiempo en un lugar determinado, estos proveen una idea de qué condiciones meteorológicas se pueden esperar durante un año.
- Los extremos describen los máximos y mínimos que las variables atmosféricas pueden alcanzar en un lugar determinado y tiempo determinado.
- Las frecuencias se refiere a la tasa de incidencia de un fenómeno en particular en un lugar determinado durante un periodo de tiempo significativo, estas permiten prever acciones para la gestión del riesgo, en ingeniería o en la agricultura (Rohli & Vega, 2015).

El clima no solamente depende de los procesos que se dan en la atmósfera sino que está muy relacionado con todos los sistemas que hay en la Tierra, es decir, con la criósfera, litósfera, biósfera e hidrósfera, ya que las interacciones que se dan entre estos provocan los cambios que se dan a largo plazo en el clima. En la actualidad el componente antrópico se considera un factor influyente en las variaciones climáticas (Rohli & Vega, 2015). Debido a que cada uno de estos sistemas tiene sus propias estructuras e interacciones, y con el transcurso del tiempo las influencias que tienen entre ellos son más visibles tras el análisis y observación de sus cambios durante un periodo largo de tiempo.

Los análisis del clima se basan en factores y elementos que lo componen, los cuales se presentan enlistados en el *Cuadro 1*.

Cuadro 1. Factores y elementos del clima.

Componente	Tipo	Descripción
Factores del clima	Cósmicos	Radiación solar
	Geográficos	Latitud
		Distancia al mar
		Corrientes marinas
		Altitud
		Vegetación
Elementos del clima	Termodinámicos	Temperatura
		Presión
		Vientos
	Acuosos	Humedad
		Precipitación
		Nubosidad

(Carreto, González, & Villavicencio, 2000, p. 124)

Según se puede observar en el *Cuadro 1*, los factores del clima modifican los valores o resultados de los elementos del clima, estos se dividen en dos categorías que son: los cósmicos, donde sus valores se determinan por la energía solar que se irradia al planeta;

y los factores geográficos que son determinados, como bien lo describe su nombre, por la geografía de un territorio.

Los elementos del clima se describen a continuación.

## **A. Elementos del clima**

Son propiedades o condiciones de la atmósfera que determinan el estado físico del clima o del tiempo en un lugar y momento determinado. Estos dependen e influyen de las variaciones que hay en los factores del clima.

En esta investigación se describirán los elementos del clima pertinentes al estudio, los cuales son: temperatura, precipitación y humedad.

### **a. Temperatura**

La temperatura mide la cantidad de energía térmica que hay sobre la superficie terrestre y es una función de la radiación neta que se absorbe en un lugar específico (Oliver & Hidore, 2002). La radiación solar que llega a la Tierra es principalmente de onda corta, a esta le ocurren varios procesos como ser reflectada, dispersada o absorbida por la atmósfera, los primeros dos procesos no sufren de transformaciones significativas en comparación con aquella radiación que es absorbida. La radiación absorbida se transforma a una energía de onda larga que se manifiesta como calor (Gliessman, 2002).

Al igual que la atmósfera, la superficie terrestre también refleja y absorbe la radiación solar de onda corta que recibe; esta energía lumínica de onda corta se transforma en energía calórica de onda larga, a este proceso se le denomina insolación. El calor resultante de la insolación puede volver a irradiarse a la atmósfera o se almacena en la superficie, y así sucesivamente (Gliessman, 2002).

Durante estos procesos de rebote que tiene la energía calórica una parte de esta se queda atrapada en la superficie terrestre y esto provoca que se mantenga relativamente alta su temperatura, en comparación con la atmósfera y exterior del planeta. La

temperatura de la superficie terrestre varía durante el día y la noche, de un lugar a otro y durante las estaciones del año. Siempre se mantiene un equilibrio entre la energía calórica de la superficie terrestre y la atmósfera con la energía calórica que sale de la tierra; sin embargo en las últimas décadas este equilibrio se ha desbalanceado por las causas del calentamiento global (Gliessman, 2002).

Las variaciones latitudinales a nivel global son la causa principal de los cambios de temperaturas ya que conforme un país está más lejos del Ecuador disminuye la intensidad de la radiación solar por unidad de superficie. En cuanto a las variaciones altitudinales, sin importar a qué latitud se encuentre un territorio conforme aumenta la altitud la temperatura disminuye, según Holdridge (1979) aproximadamente por cada 100 metros de elevación la temperatura ambiente disminuye 0.6 °C, esto puede variar en áreas donde descienden más las nubes lo cual disminuye aún más la temperatura porque no limita el traspaso de la radiación solar (Gliessman, 2002).

La temperatura de la superficie terrestre también cambia acorde a las variaciones estacionales, ya que estas se van dando conforme a la orientación de la Tierra en relación con el sol resultado de los giros que realiza sobre su propio eje inclinado. Mientras la ubicación de un lugar es más lejos del Ecuador el grado de variación estacional en la temperatura promedio aumenta (Gliessman, 2002).

Por otro lado, el mar es un regulador de las temperaturas de las masas continentales ya que en las épocas de verano las grandes masas de agua (océanos) absorben más energía, entonces su proceso de evaporación se intensifica y reduce la temperatura del aire en las costas, a distancias más adentro de la masa continental la temperatura es más alta. Lo contrario ocurre en la época de invierno, donde los océanos absorben más energía calórica y vuelven más cálida la temperatura de las costas en comparación de las ubicadas en el interior de la masa continental. También los océanos, por medio de sus corrientes marinas, crean un ciclo de temperatura donde transportan calor a zonas más frías y viceversa. A estos procesos se les denomina influencia marítima (Gliessman, 2002).

De igual manera existe, principalmente a nivel local, cambios de temperatura debido a la variación topográfica y la orientación de las pendientes. Las cadenas montañosas y valles crean microclimas debido a las corrientes de aire, humedad y evaporación (Gliessman, 2002). La medición de la temperatura puede ser en grados Kelvin, Fahrenheit o centígrados; la escala que se utiliza frecuentemente a nivel mundial es en grados centígrados (°C) (Carreto, González, & Villavicencio, 2000).

### **b. Precipitación**

Se le denomina al agua que se precipita en forma de lluvias, nevadas y granizadas sobre la Tierra (Carreto, González, & Villavicencio, 2000). La precipitación es parte del ciclo hidrológico, proceso en el cual se transporta agua de la superficie terrestre hacia la atmósfera y viceversa continuamente. Tras ocurrir la evaporación y evapotranspiración de las plantas, el agua en estado gaseoso se condensa ya que se excede el 100% de humedad relativa. Las gotas de agua formadas se acumulan en la atmósfera hasta formar nubes, cuando éstas se vuelven muy pesadas y chocan entre sí ocurre la precipitación (Gliessman, 2002). Esta se mide en milímetros (mm), a través de un pluviómetro (Brenes & Saborío, 1995).

Los tipos de precipitación varían conforme a la latitud, época del año, temperatura, topografía y el movimiento de las masas de aire. Estos son:

- Lluvia convectiva: ocurre cuando hay alta radiación solar y calienta el aire cercano a la superficie, el cual proviene de un lugar distante como un lago, golfo u océano y está cargado de humedad, lo cual ocasiona que suba rápidamente, se enfríe y se condense.
- Lluvia orográfica: ocurre cuando una masa de aire cargada de humedad colisiona con una cadena montañosa y la fuerza a subir a niveles más altos de la atmósfera por lo tanto la humedad se condensa y se precipita. Este tipo de precipitación juega un papel importante en el reabastecimiento de las corrientes superficiales de agua y acuíferos.



- Lluvia ciclónica: se relaciona con las áreas de baja presión atmosférica que se forman en el océano, donde el aire húmedo se calienta y eleva creando este sistema de baja presión. El aire que asciende posteriormente se enfría y forma la precipitación, esta vuelve a caer sobre la superficie del océano donde gana más humedad y las corrientes de aire del sistema aumentan continuamente y empiezan a girar en sentido contrario de las manecillas del reloj alrededor del área de baja presión y todo el sistema empieza a trasladarse (Gliessman, 2002).

Existen patrones de precipitación que cambian para cada región de la Tierra, estos son importantes ya que nos brindan datos de cantidad total de precipitación y su distribución en un año típico; intensidad y duración de los eventos, y regularidad y predictibilidad de los patrones de precipitación los cuales sirven para la previsión en actividades agrícolas, fenómenos naturales o cualquier otra actividad antrópica (Gliessman, 2002). A continuación se definen las facetas de los patrones de lluvia:

- Precipitación total anual promedio: se refiere a la cantidad total de precipitación promedio (a lo largo de varios años) que cae en un área durante un año, este dato nos provee un indicador sobre la humedad del clima en el área. Desde el punto de vista ecológico es importante conocer la variabilidad de la precipitación que se da en los diferentes años, para posteriormente poder compararlos. De igual manera nos permite observar si se presentan extremos en un año (sequías, precipitación cercana a la normal o un año excesivamente húmedo).
- Distribución y periodicidad: es la distribución de la precipitación durante un año y si existe algún punto máximo en el que esta ocurre.
- Intensidad y duración: se refiere a la cantidad absoluta de lluvia en un periodo prolongado de tiempo; esta faceta es importante a nivel ecológico ya que no es lo mismo que caiga cierta cantidad de precipitación en una hora a que esa misma

cantidad se distribuya en veinticuatro horas, ambas situaciones tienen diferentes impactos ecológicos.

- Disponibilidad: se refiere a la humedad del suelo que queda tras la precipitación. Qué tanto de la precipitación queda disponible.
- Predictibilidad: ya que cada región cuenta con un grado de variabilidad en su patrón de precipitación esta puede ser predecible o no. A mayor variabilidad menor es la predictibilidad de lluvia para cualquier época (Gliessman, 2002).

### **c. Humedad**

La humedad relativa es la cantidad de vapor de agua en el aire. El vapor de agua existe en la atmósfera en estado líquido o gaseoso y esto depende de la temperatura; cuando la temperatura del aire disminuye, la cantidad de agua que puede ser retenida en forma de vapor también decrece. Por lo tanto, esta dependencia de la temperatura, provoca que la humedad se calcule, generalmente, como relativa y no como absoluta. La humedad relativa es la relación entre el contenido de vapor de agua del aire y la cantidad de vapor de agua que el aire puede retener a cierta temperatura (Gliessman, 2002).

El punto de rocío se da cuando la cantidad absoluta de vapor de agua es alta y la temperatura disminuye, lo cual lleva a que la humedad relativa adquiera un valor de 100%, por lo tanto el vapor de agua se condensa en forma de gotas (Gliessman, 2002).

La relación que tiene la temperatura y humedad son un factor importante en la determinación de la estructura de los ecosistemas (Gliessman, 2002). De igual manera que los demás elementos climáticos, la humedad varía conforme la distribución geográfica, ya que es influida por la altitud, distribución de la tierra y mares, corrientes oceánicas, presión atmosférica, altura y vegetación (Ledesma, 2000).

El vapor de agua que cae a la superficie terrestre por condensación (lluvia) o congelación (nieve) es filtrada al suelo y regresa a la atmósfera por la evapotranspiración de las

plantas y el suelo o directamente por evaporación de los cuerpos de agua. La evapotranspiración es la suma total del agua que se evapora por el suelo y por la transpiración de los vegetales que están sobre él, esta se puede medir en cm o mm (Ledesma, 2000).

En base a los estudios realizados por Charles Thornthwaite, se determinó que la precipitación estaba íntimamente relacionada con la evaporación y evapotranspiración; he ahí donde radica su sistema de clasificación climática basado en ciertos índices hídricos, de aridez y variaciones de humedad. Ecológicamente estos datos son importantes ya que se pueden evaluar las necesidades de riego que requieren ciertos cultivos o cuánta agua es necesaria para la conservación y desarrollo de las plantas (Ledesma, 2000).

La relación de evapotranspiración potencial y precipitación, resulta en el balance hídrico de un área mensualmente, estacionalmente o anualmente. Si el valor de esta relación es positivo hay un superávit de agua, si es negativo hay un déficit y si es cero significa que la precipitación es igual a la evapotranspiración potencial (Ledesma, 2000). Holdridge (1979) establece provincias de humedad, según la disponibilidad de agua en el ecosistema, logrando con ello poder obtener un balance hídrico, indicando el déficit o superávit de agua dentro de un ecosistema en particular.

## **B. Clasificaciones climáticas**

Los climas se pueden identificar y analizar en diferentes lugares, desde escalas muy reducidas hasta una escala a nivel global. Las clasificaciones climáticas son metodologías que han surgido para categorizar los diferentes climas que se dan en la Tierra, estos brindan datos a nivel de macro, meso y microclimas; conforme disminuye la escala, las clasificaciones climáticas se vuelven más complejas. Estas clasificaciones se han relacionado con los elementos de la biósfera ya que los elementos del clima están estrechamente vinculados a los cambios de la vegetación, suelos y ecosistemas (Alonso,

2000). A continuación se presentan los sistemas de clasificación climáticos más conocidos y utilizados:

#### **a. Sistema de clasificación climático de Köppen**

Tras varios estudios en el siglo XIX, se había determinado que lugares con condiciones climáticas parecidas tenían vegetación similar, ya que varios ecologistas y botánicos habían estudiado estos patrones. No es hasta finales del siglo XIX y principios del siglo XX que el botánico Wladimir Köppen relaciona mapas de distribución geográfica de la vegetación como indicador para crear un sistema de clasificación climática (Bonan, 2016), ya que él analizó que el mismo valor promedio de los elementos climáticos que separaban dos biomas también tenía que separar dos tipos de clima (Rohli & Vega, 2015).

Este sistema se basa principalmente en la distribución de la vegetación en un área, ya que Köppen descubrió que la mayoría de la vegetación estudiada respondía directamente a factores y elementos climáticos, especialmente a la temperatura y variación de la humedad (Rohli & Vega, 2015). Para las clasificaciones climáticas de este sistema se utilizaron las variables de temperatura media mensual, precipitación media mensual y temperatura media anual y ciertas plantas seleccionadas.

Köppen analizó la transición entre dos biomas y posteriormente utilizó datos de temperatura y precipitación con modelos matemáticos para definir los límites del clima que existía entre esos dos biomas. Como resultado de este proceso identificó cinco principales zonas climáticas globales y de la combinación de estas con variables de patrones de lluvia y tipo de vegetación se generaron clasificaciones más específicas (Rohli & Vega, 2015).

Según el sistema, las cinco zonas climáticas que se encuentran a nivel global se identifican con letra mayúscula y estas son:

- Zona A: son aquellas áreas con climas tropicales donde la temperatura media mensual en todos los meses es superior a los 18°C; y la precipitación es mayor a los 750 mm anuales, así que no excede a la evaporación.
- Zona B: son aquellas áreas con climas secos y donde la evaporación excede a la precipitación.
- Zona C: lugares con climas de latitudes medias, por lo tanto son climas templados húmedos, donde la temperatura media mensual del mes más cálidos es superior a los 18°C y la temperatura del más frío es inferior a 0°C.
- Zona D: lugares con clima frío o boreal, la temperatura media del mes más cálido es superior a los 10°C y la temperatura del mes más frío es inferior a los 0°C.
- Zona E: áreas con clima polar, la temperatura media del mes más cálido es inferior a 10°C y la temperatura media del mes más frío es inferior a los 0°C (Carreto, González, & Villavicencio, 2000).

Cada zona principal se divide en subcategorías al relacionarlos con otras variables, como las lluvias, temperatura y la vegetación. Se les designa esta codificación para obtener las características climáticas en segundo grado, en el *Cuadro 2* se puede observar esta dicha codificación.

Cuadro 2. Codificación secundaria de características climáticas según el sistema de clasificación de Köppen.

Lluvias		Vegetación	
Símbolo	Características	Símbolo	Características
F	Todo el año	W	Desértica
x'	Escasas todo el año	S	Estepario
W	Durante el verano	T	Tundra
S	Durante el invierno	F	Hielos perpetuos
M	De monzón	B	De montaña

(Carreto, González, & Villavicencio, 2000, p. 126)

Posteriormente, cada una de las zonas principales, puede contar con una tercera codificación, que provee datos más específicos de la temperatura que brinda mayor detalle del clima.

## b. Sistema de clasificación climático de Thornthwaite

Durante las décadas de 1930 y 1940 Charles Warren Thornthwaite desarrolló un sistema climático muy preciso, ya que él pensaba que el clima se podía clasificar en base a las interacciones de la temperatura y la cantidad de humedad disponible. Por lo que Thornthwaite creó índices específicos para cuantificar los componentes climáticos necesarios, es así como surge el índice de humedad el cual se basa en la cantidad de precipitación y la evapotranspiración potencial de un área (Rohli & Vega, 2015).

Al inicio Thornthwaite no tomaba en cuenta la evapotranspiración y solamente a evaporación como elementos importantes para la clasificación climática, sin embargo se dio cuenta que ambos se complementaban para determinar la humedad de un territorio (Oliver & Hidore, 2002). Por lo tanto, este sistema clasifica al clima por elementos que afectan al suelo y a las plantas.

Los nombres de las categorías de esta clasificación se basa en: la humedad, la cual se representa por letras mayúsculas y su variación estacional en letras minúsculas; eficacia térmica presentada con letras mayúsculas y comilla; y la concentración estival que se presenta con letra minúscula con comilla (Córdova, 2002). En el *Cuadro 3* se puede observar una síntesis de la clasificación climática de Thornthwaite.

Cuadro 3. Síntesis de la clasificación climática de Thornthwaite.

Provincia Humedad	Vegetación	Índice de P/E y T/E	Provincia Temperatura
A muy Húmedo	Bosque lluvioso	> 128	A' Tropical
B Húmedo	Bosque	64 – 127	B' Mesotermal
C Subhúmedo	Pradera	32 – 63	C' Microtermal
D Semiárido	Estepa	16 – 31	D' Taiga
E Árido	Desierto	< 16	E' Tundra F' Helada

(Córdova, 2002, p. 119)

### **c. Sistema de clasificación climático de Strahler**

Este sistema fue desarrollado por Arthur Strahler y es más simple que los dos anteriores, ya que se basa en la situación de los manantiales de las masas de aire, frentes y centros de acción (Alonso, 2000). Por lo tanto surgen tres grandes grupos climáticos principales:

- Grupo I: Comprende los climas determinados por masas de aire tropicales, incluyendo las regiones generadoras de estas masas de aire. Controladas por elementos subtropicales de alta presión como las regiones de escasa precipitación y por la depresión ecuatorial. Incluye los climas Af, Am, Aw, BWh, BSh, BWh y Cwa de la clasificación de Köppen (Alonso, 2000).
- Grupo II: Es una zona frontal polar que se caracteriza por la intensa interacción entre masas de aire de diferente naturaleza; se da cuando las masas de aire tropical se desplazan hacia el polo convergen con las de aire polar que se desplaza hacia el Ecuador originando torbellinos que se mueven al este. Comprende los climas BWk, BWh, BSk, BShCfa, Cfb, Cfc, Csa, Csb, Dfa, Dfb, Dwa y Dwb de la clasificación de Köppen (Alonso, 2000).
- Grupo III: las masas de aire polar y ártico determinan el clima, incluye regiones generadoras de masas de aire continental polar. Comprende los climas Dfc, Dfd, Dwd, ET y EF de la clasificación de Köppen (Alonso, 2000).

Este sistema no se ha utilizado para definir la diversidad climática de Guatemala.

### **C. Unidad climática**

La palabra unidad significa propiedad de todo ser, en virtud de la cual no puede dividirse sin que su esencia se destruya o altere. Y la palabra climática es aquello perteneciente o relativo al clima (RAE, 2016). Por lo tanto el concepto unidad climática es la combinación de los elementos climáticos que crean un ambiente característico sobre los elementos de un territorio.

En base a la definición de Serrato Álvarez (2009) la unidad climática “comprende aquellas tierras cuya temperatura promedio anual y humedad disponible son lo suficientemente homogéneas como para reflejarse en un origen específico de los suelos, así como en la estructura, y en las especies vegetales y la ocupación del espacio geográfico a través del uso de la tierra” (p. 190).

Esta definición surge del estudio de clasificación fisiográfica del terreno creada por el Centro de Investigación y Desarrollo en Información Geográfica (CIAF) en 1997 la cual se ha aplicado a otros países de Latinoamérica. Según Villota, autor de esta clasificación, es importante conocer la fisiografía de un país de manera jerárquica (*Figura 1*) con el fin de comprender los diferentes niveles fisiográficos en los que se pueden analizar un área de terreno, y así crear planes de ordenamiento territorial o de manejo de cuencas para mejorar el uso de los recursos naturales. A continuación se presenta una síntesis de esta clasificación fisiográfica la cual permite visualizar la magnitud o extensión de lo que abarca una unidad climática.

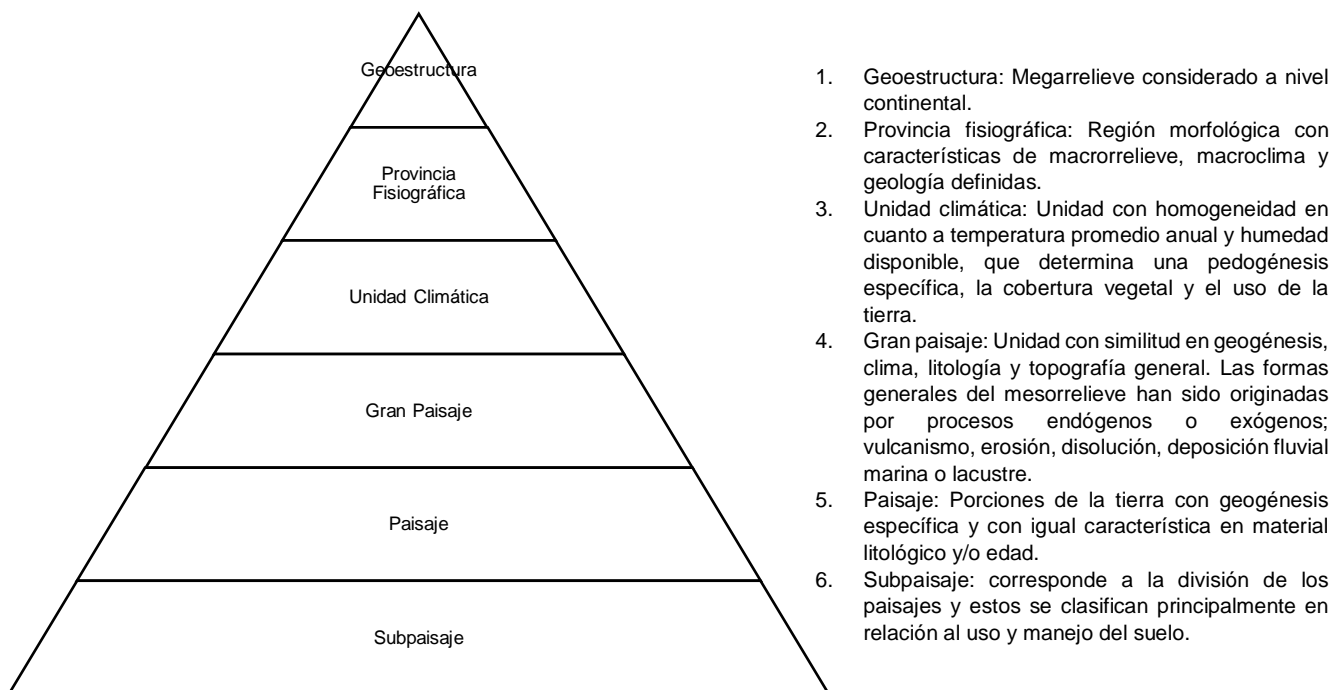


Figura 1. Jerarquía de clasificación fisiográfica del terreno.  
(Serrato, 2009)



Para el establecimiento de unidades climáticas de un territorio se puede utilizar cualquier sistema de clasificación climática (Serrato, 2009).

### **2.2.2 Climas, ecosistemas y paisajes**

Se ha comprobado que el clima, la meteorología y la composición atmosférica determinan la estructura y funcionamiento de los ecosistemas, de igual manera las comunidades de flora y fauna, los ecosistemas y sus procesos biológicos, físicos y químicos influyen en el estado de la atmósfera. En la actualidad ha surgido un marco de estudio interdisciplinario que combina los aspectos de la ecología y la climatología; y ha determinado que los cambios en los ecosistemas terrestres a través de las dinámicas naturales y los usos de la tierra por el ser humano son factores claves para determinar el clima de la Tierra (Bonan, 2016).

#### **A. Paisaje**

Inicialmente entre los años 1600 y 1900 el término paisaje se utilizaba para referirse a la apariencia de un área en el medio de una obra de arte, sin embargo para el siglo XX el concepto empezó a adquirir definiciones más académicas y comenzó a utilizarse en disciplinas como la antropología, historia, arqueología y geografía (Contreras, 2005).

Contreras (2005) cita a varios autores que definen al paisaje como “una porción de tierra o territorio que puede ser comprendida en una sola mirada, incluyendo todos los objetos, especialmente su aspecto pictórico” o es “el segmento de la tierra situado entre el ojo del observador y su horizonte” (p. 59). Delgado (2010) cita que el paisaje es “un término polisémico que se refiere a aspecto de un área, al conjunto de los objetos que crean esa apariencia y a la propia zona” y “que este puede ofrecer indicios sobre las condiciones ecológicas de un área determinada” (p. 81 y 82).

Por otro lado Busquets y Cortina (2009) utilizan la definición de paisaje establecido por el Convenio Europeo del Paisaje, la cual es: “cualquier parte del territorio tal como la percibe la población, cuyo carácter sea el resultado de la acción y la interacción de factores

naturales y/o humanos” (p. 3). Y Serrato (2009) lo define como “porciones tridimensionales de la superficie terrestre, resultantes de una misma geogénesis y pueden ser descritos en términos de iguales características climáticas, morfológicas, de material litológico y edad, en la que se espera una alta homogeneidad edáfica, de cobertura vegetal o un uso de la tierra similar” (p. 200).

Lo que se ha observado que tienen en común todas las definiciones de paisaje es que cambia la escala física de quien observa al paisaje, que este es un territorio que tiene límites y el nivel de análisis está centrado en lo que se ve inmediatamente. Otros autores han determinado que todas las personas tienen acceso al paisaje como parte del entorno y despierta emociones y reacciones. Esto indica que el paisaje induce a tener criterios subjetivos y objetivos, ya que la primera es cómo se le percibe a este y la segunda es el estado real en que este se ve (Contreras, 2005).

Como resultado se obtiene que la estructura de un paisaje es compleja, adaptable, dinámica, se auto-organiza, es un sistema jerárquico y está en constante transformación (Ingegnoli, 2015); la temporalidad es un aspecto importante de los paisajes, ya que, aunque pareciera que está estable, se encuentra en continuo cambio y este dinamismo permite no solo reconstruir los antecedentes sino que también identificar la continuidad de la transformación del paisaje (Contreras, 2005). Esta transformación también es característica de los ecosistemas por lo tanto he ahí su estrecha relación; según el estudio de Peng *et al.* (2015), indican que los paisajes son unidades geoespaciales compuestas por diferentes mosaicos de ecosistemas que interactúan entre sí, por lo que la salud de estos reflejan el estado de los paisajes; paisajes alterados por las actividades humanas pueden presentar pérdidas de biodiversidad y ecosistemas (Harvey & Sáenz, 2007).

Existen cuatro ramas en las cuales se pueden dividir los paisajes:

a) Predominancia de elementos antropogénicos

Abarca desde los paisajes naturales, semi naturales, semi agrícolas, agrícolas, rurales, suburbanos y urbanos industriales. Otra forma de ordenar estos paisajes

es desde naturales, naturales con mínima influencia humana, semi naturales (combinación de los primeros dos, después que ocurre un abandono del ser humano); biótico antropogénico (creado artificialmente y depende de mantenimiento); y tecnopaisajes (paisajes con dominancia de elementos industriales, económicos y actividades culturales) (Ingegnoli, 2015).

b) Criterios fitosociológicos

Se clasifican en base a las asociaciones de vegetación que conforman un territorio, se realiza en dos fases: a) registro de todas las asociaciones de plantas pertinentes del paisaje en porcentaje b) registrar la presencia de todos los elementos dominantes del paisaje. De la presencia de la mayoría de elementos se define el tipo de paisaje (Ingegnoli, 2015).

c) Factores jerárquicos

Se basa en clasificar los paisajes en una jerarquía descendente según su estructura, de componentes generales a específicos, estos son: por zonas climáticas (climas principales de la biosfera), regiones climáticas (climas más específicos), cinturones de vegetación (unidades bioclimáticas), unidades geomorfológicas (e.g. estructura del suelo en áreas locales) e influencias humanas (campos de cultivos, carreteras, adentamientos, etc...) (Ingegnoli, 2015).

Tras esta primera fase de clasificación jerárquica es posible encontrar distintas configuraciones de los paisajes, estos pueden ser: regulares (distancias uniformes entre elementos), agregados (conjunto de elementos predominantes como grandes parches de campos), lineales (se orientan a una dirección en particular como un valle, río o carretera) y espacialmente vinculados (asociaciones características de elementos como poblaciones y jardines) (Ingegnoli, 2015).

#### d) Criterios de paisajes integrados

Se refiere a la clasificación de los paisajes en base a sus funciones. Estos pueden ser:

- Función residencial: brinda un territorio para asentamientos humanos y los servicios básicos para las poblaciones humanas, así como la transmisión de cultura y tradiciones.
- Función productiva: recursos naturales de un territorio para producir bienes y servicios para que se pueda desarrollar la vida.
- Función de protección y conservación: se da en paisajes naturales cuando los ecosistemas se auto protegen ante amenazas o riesgos; en paisajes antropogénicos son las barreras para evitar daños a las actividades humanas.
- Función excretora: es la capacidad de amortiguar, autorregulación y resiliencia de un paisaje.
- Función de resistencia: se componen de elementos de alta estabilidad, e.g. parches de bosque maduro, los cuales desempeñan un papel regulador en el paisaje. De igual manera otros elementos ecosistémicos pueden ejercer esta función al presentarse condiciones ambientales perturbadoras en el paisaje.
- Función de fuentes: relacionado con el potencial de expansión de los centros humanos (Ingegnoli, 2015).

#### a. Paisaje agrícola de hortalizas

Los paisajes agrícolas de hortalizas son el resultado de las interacciones ecosistémicas de los territorios donde se desarrolla la agricultura de hortalizas para producir bienes provenientes de estos cultivos (Lefebvre *et al.*, 2015). Las hortalizas son un grupo amplio de plantas comestibles que se cultivan en huertas y tienen características muy variables entre ellas; tienen un rápido ciclo de vegetación, se pueden cultivar en pequeñas extensiones, son productos perecederos y sirven para la alimentación humana en su estado natural, cocinadas o mediante un proceso de industrialización.

Son plantas anuales, bianuales o perennes; se pueden clasificar de acuerdo a la parte de la planta a la que pertenecen y la cual se consume (hojas, raíces, tubérculo o tallo

subterráneo, bulbos, fruto y flor) (*Cuadro 4*); presentan un alto contenido de agua, entre el 70% y el 95%; su duración tras ser cosechadas es corta por lo que se deben almacenar a temperaturas más bajas que las ambientales (Orellana, 2012).

Cuadro 4. Ejemplos de hortalizas clasificadas según la parte de la planta a la que pertenecen.

Parte de planta	Hortaliza
Hojas	Espinaca, acelga, lechuga, col, berros
Raíces	Zanahorias, remolacha, nabo, jengibre
Tubérculos o tallos subterráneos	Papa, camote, yuca
Bulbos	Cebolla, ajo
Fruto	Pepino, calabaza, jitomate, chile
Flores	Flor de calabaza
Tallos	Espárragos, apio, nopal
Inflorescencias y capullos de flor	Brócoli, coliflor, alcachofa
Brotes	Coles de bruselas

(de Flores, González, & Torre, 2004, p. 185)

### 2.2.3 Análisis clúster

Análisis clúster o análisis de conglomerados, es una técnica estadística que permite determinar las relaciones que existen entre un número de variables basados en las características similares que estas tengan, por lo que clasifica y tiene como función “representar una realidad que no se consigue visualizar, una realidad cuya representación original es multidimensional y es imposible que se pueda ver en su estado puro” (Llopis, 2013, p. 1) es decir que es un método que clasifica para crear subpoblaciones o subgrupos. Este análisis permite clasificar a un conjunto de individuos en grupos homogéneos, por lo que define grupos ante un conjunto grande de variables (Álvarez, 1995). Estos grupos son desconocidos a priori y son precisamente lo que se quiere determinar (Universidad de Valencia, 2016).

Fundamentalmente trata de resolver esta problemática: “Dado un conjunto de individuos (de  $N$  elementos) caracterizados por la información de  $n$  variables, se plantea el reto de

ser capaces de clasificarlos de manera que los individuos pertenecientes a un grupo (clúster) (y siempre con respecto a la información disponible) sean tan similares entre sí como sea posible, siendo los distintos grupos entre ellos tan disimilares como sea posible” pretendiendo crear grupos asignando a los distintos individuos algún criterio de homogeneidad (Universidad de Valencia, 2016, p. 2).

Para obtener una clasificación adecuada de los individuos se deben determinar lo similares o disimilares que son entre sí en función de sus representaciones en el espacio de las variables, por lo tanto, existen índices de similaridad y disimilaridad. Estos son indicadores que se basan en coeficientes de correlación, datos de posesión o en la distancia, esta última indica que, los individuos se consideran vectores en el espacio de las variables por lo que la distancia entre los individuos indicará un alto grado de disimilaridad entre ellos, ya sea en relación a un cierto número de características cuantitativas y/o cualitativas (Universidad de Valencia, 2016). Existen varios criterios como indicadores de disimilaridad entre individuos, los más utilizados son basados en distancias y estos son:

a) Distancia euclídea

Una distancia es euclidiana cuando “existe un espacio vectorial de dimensión igual o inferior a la dimensión del espacio de las variables en el que se pueda representar a los individuos por puntos cuya distancia euclídea ordinaria coincida con la distancia utilizada” (p. 16) esta se refiere a la distancia entre dos puntos en un espacio bidimensional. Es el criterio más conocido y utilizado; es recomendable cuando las variables sean homogéneas y estén medidas en unidades similares y/o cuando se desconozca la matriz de varianzas (Universidad de Valencia, 2016).

b) Distancia euclídea normalizada

Es similar a la anterior sin embargo se utiliza como valores de partida los valores de las variables cambiados de escala a la desviación típica de las variables. Se utiliza una matriz diagonal con las varianzas en su diagonal principal y ceros en el resto de sus elementos (Universidad de Valencia, 2016).

c) Distancia de Mahalanobis

Se utiliza la inversa de la matriz de varianzas. Su ventaja en comparación con la distancia euclídea es que es invariante ante los cambios de escala y por lo tanto no depende de las unidades de medida (Universidad de Valencia, 2016).

Al haber aplicado un análisis clúster se pueden obtener distintas clasificaciones, las cuales son:

a) Clasificación aglomerativa o divisiva

De manera aglomerativa indica que genera grupos de forma ascendente donde los individuos se van fusionando progresivamente. Y de manera divisiva indica que genera grupos de forma descendente por lo que se parte de un conjunto de individuos conglomerados y sucesivamente se va subdividiendo en grupos más pequeños (Universidad de Valencia, 2016).

b) Clasificación jerárquica o no jerárquica

De manera jerárquica indica que los grupos se van fusionando o subdividiendo sucesivamente siguiendo una relación o jerarquía, la homogeneidad decrece cuando se van haciendo grupos más amplios. De manera no jerárquica indica que se forman grupos homogéneos sin establecer relaciones entre ellos (Universidad de Valencia, 2016).

c) Clasificación monotética o politética

De manera monotética indica que está basada en una característica muy relevante, la forma de agrupar es divisiva, ya que se separa entre individuos que la tienen e individuos que no la tienen. De manera politética se basa en un gran número de características y no se exige que todos los miembros de un conglomerado posean todas las características pero que sí tengan cierta homogeneidad entre ellas (Universidad de Valencia, 2016).

La clasificación jerárquica ha sido la más desarrollada y utilizada; al haber aplicado este tipo de clasificación la información se analiza a partir del criterio de definición de la

distancia entre clústers; entre este se encuentran los métodos de distancia mínima, de distancia máxima, de la media, del centroide, de la mediana, de Ward, entre otros. La diferencia entre estos métodos son los criterios de distancia que utilizan para agrupar a los individuos, unos crean agrupaciones basadas en los valores que tienen distancias mínimas entre ellos así como otros utilizan las distancias entre los centroides de cada individuo o grupo (Universidad de Valencia, 2016).

### **A. Método de Ward**

El método de Ward es uno de los más utilizados para el análisis clúster y este consiste que en cada paso de la construcción del árbol, se unen los dos grupos cuya unión suponga el menor incremento de varianza (Grande & Abascal, 2005) de esta forma tiene tendencia a formar clústers más compactos y de igual tamaño y forma (Universidad de Granada, 2015); esto se debe ya que Ward propuso que la pérdida de información que se produce al integrar los distintos individuos en clústers puede medirse a través de la suma total de los cuadrados de las desviaciones entre cada punto (individuo) y la medida del clúster en el que se integra y de esta forma no distorsionar los datos originales (Universidad de Valencia, 2014).

#### **a. Prueba de chi cuadrado**

La prueba de chi-cuadrado es una prueba de hipótesis que compara la distribución observada de los datos con una distribución esperada de los datos. Existen varios tipos de pruebas chi-cuadrado:

- Bondad de ajuste: este análisis se utiliza para probar qué tan bien una muestra de datos categóricos se ajusta a una distribución teórica.
- Prueba de asociación: esta prueba se utiliza para determinar si una variable está asociada a otra variable.
- Prueba de independencia: esta prueba se utiliza para determinar si el valor observado de una variable depende del valor observado de otra variable (Minitab, 2016).



## **2.3 MARCO REFERENCIAL**

### **2.3.1 Descripción de Guatemala**

La República de Guatemala se encuentra en la parte norte del istmo centroamericano al sur del Trópico de Cáncer en la franja tropical. Tiene una superficie territorial de 108,889 km<sup>2</sup>; limita al norte y oeste con México, al sur con el océano Pacífico, al este con Belice y el Golfo de Honduras y al sureste con Honduras y El Salvador (MARN, 2009).

El relieve del país es en un 60% montañoso, ya que cadenas montañosas como la Sierra Madre y Los Cuchumatanes se extienden a lo ancho del país, así como una cadena de 38 volcanes. Esto lo convierte en un país volcánico y por ende expuesto a sismos y erupciones volcánicas. La altitud del país varía desde el nivel del mar hasta aproximadamente 4,211 msnm. Esta variación altitudinal y la distribución del relieve han influido en las variaciones fisiográficas (geológicas, topográficas, climáticas, edáficas) que se dan en el país (MARN, 2009).

Con base en estas variaciones fisiográficas, Guatemala se divide en siete regiones naturales:

- Tierras de la Llanura Costera del Pacífico: franja desde la frontera con México hasta la frontera con El Salvador, limita al norte con las Tierras Volcánicas de la Bocacosta y al sur con el océano Pacífico.
- Tierras Volcánicas de la Bocacosta: franja que limita al sur con las Tierras de la Llanura Costera del Pacífico y al norte con las Tierras Altas Volcánicas.
- Tierras Altas Volcánicas: es el altiplano del país y comprende la parte occidental y central del país.
- Tierras Metamórficas: en el sur está comprendida de tierras altas volcánicas y en el norte de tierras de materiales calizos; la Sierra de las Minas, Sierra de Chuacús y las Montañas del Mico forman gran parte de esta región.
- Tierras Calizas Altas del Norte: abarca la Sierra de los Cuchumatanes que son formaciones de material sedimentario y tienen una altitud de hasta 3,600 msnm.

- Tierras Calizas Bajas del Norte: comprende todo el departamento de Petén y parte norte de Alta Verapaz.
- Tierras de las Llanuras de inundación del Norte: incluye la parte baja de la cuenca del Polochic-Río Dulce y Motagua (MARN, 2009).

### A. Clima en Guatemala

La variabilidad climática en Guatemala se da debido a la complejidad de la superficie territorial, ya que su ubicación geográfica, relieve, topografía y los regímenes de vientos húmedos del mar Caribe, el océano Pacífico y Golfo de México provocan una diversidad de climas a lo largo del país (MARN, 2009).

Los fenómenos meteorológicos como la circulación zonal del viento en la tropósfera y estratósfera inferior y la Zona de Convergencia Intertropical influyen en el clima de Guatemala y otros fenómenos como las superficies frontales, perturbaciones tropicales y ondas atmosféricas influyen temporalmente. En base a los registros de estos fenómenos se ha establecido que en el país se marcan tres periodos estacionales que son la temporada fría o de nortes, temporada cálida o de olas de calor y la temporada de lluvias (Iarna-URL, 2003).

De acuerdo al Insivumeh citado por el Iarna (Iarna-URL, 2004) el clima de Guatemala se divide en seis regiones climáticas, las cuales están descritas en base al sistema de Thornthwaite y se presentan en el *Cuadro 5*:

Cuadro 5. División de regiones climáticas de Guatemala con base en Insivumeh.

Región Climática	Descripción
Planicies del Norte	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Comprende las planicies de Petén y la región norte de Huehuetenango, Quiché, Alta Verapaz e Izabal.</li> <li>-Elevación entre 0 a 300 msnm.</li> <li>-Precipitación más intensa entre junio a octubre. Región muy lluviosa durante todo el año.</li> <li>-Temperatura entre 20°C a 30°C.</li> </ul>

---

	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Climas cálidos, muy húmedos, húmedos y semisecos, no tienen estación seca definida.</li> <li>-Vegetación: bosque y selva.</li> </ul>
Franja Transversal del Norte	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Comprende la ladera de Sierra de Los Cuchumatanes, Chamá y Sierra de las Minas; departamento de Huehuetenango, Quiché, Alta Verapaz y Cuenca del Río Polochic.</li> <li>-Elevación entre 300 a 1,400 msnm.</li> <li>-Precipitación más intensa entre junio a octubre. Región muy lluviosa.</li> <li>-Temperatura desciende conforme aumenta la elevación.</li> <li>-Climas cálidos, sin estación seca definida, semicálidos y húmedos.</li> <li>-Vegetación: bosque muy húmedo.</li> </ul>
Meseta y Altiplanos	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Comprende departamentos de Huehuetenango, Quiché, San Marcos, Quetzaltenango, Totonicapán, Sololá, Chimaltenango, Guatemala y parte de Jalapa y las Verapaces.</li> <li>-Elevación mayor o igual a 1,400 msnm.</li> <li>-Lluvias no intensas, registros más altos entre mayo a octubre. Puede ser deficitaria en función de la temperatura, algunos puntos de esta región tienen los valores más bajos de precipitación en el país.</li> <li>-Climas templados, semifríos, semicálidos, húmedos y semisecos con invierno seco.</li> </ul>
Bocacosta	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Comprende desde los departamentos de San Marcos hasta Jutiapa.</li> <li>-Elevaciones desde 300 a 1,400 msnm.</li> <li>-Presenta los valores de precipitación más altos del país, la intensidad máxima se da entre junio a septiembre.</li> <li>-La temperatura aumenta conforme se desciende al litoral del Pacífico.</li> <li>-Clima es semicálido sin estación fría definida, muy húmedo, sin estación seca definida.</li> <li>-Vegetación: selva.</li> </ul>

---

Planicie Costera del Pacífico	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Se extiende desde los departamentos de San Marcos hasta Jutiapa.</li> <li>-Elevación entre 0 a 300 msnm.</li> <li>-La precipitación disminuye conforme se acerca al litoral del pacífico y hay deficiencia en la mayoría del año.</li> <li>-Temperaturas altas.</li> <li>-Climas cálidos sin estación fría definida, húmedos e invierno seco o semiseco.</li> <li>-Vegetación: bosque a pastizal.</li> </ul>
Zona Oriental	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Comprende los departamentos de Zacapa, El Progreso, Jalapa, Jutiapa y Chiquimula.</li> <li>-Elevación menor o igual a 1,400 msnm.</li> <li>-Existe deficiencia de lluvia, se registran los valores más bajos de precipitación con déficit la mayor parte del año.</li> <li>-Presenta los valores de temperatura más altos del país.</li> <li>-Climas cálidos con inviernos secos a semisecos.</li> <li>-Vegetación: pastizal.</li> </ul>

Elaboración propia con base en (Iarna-URL, 2004)

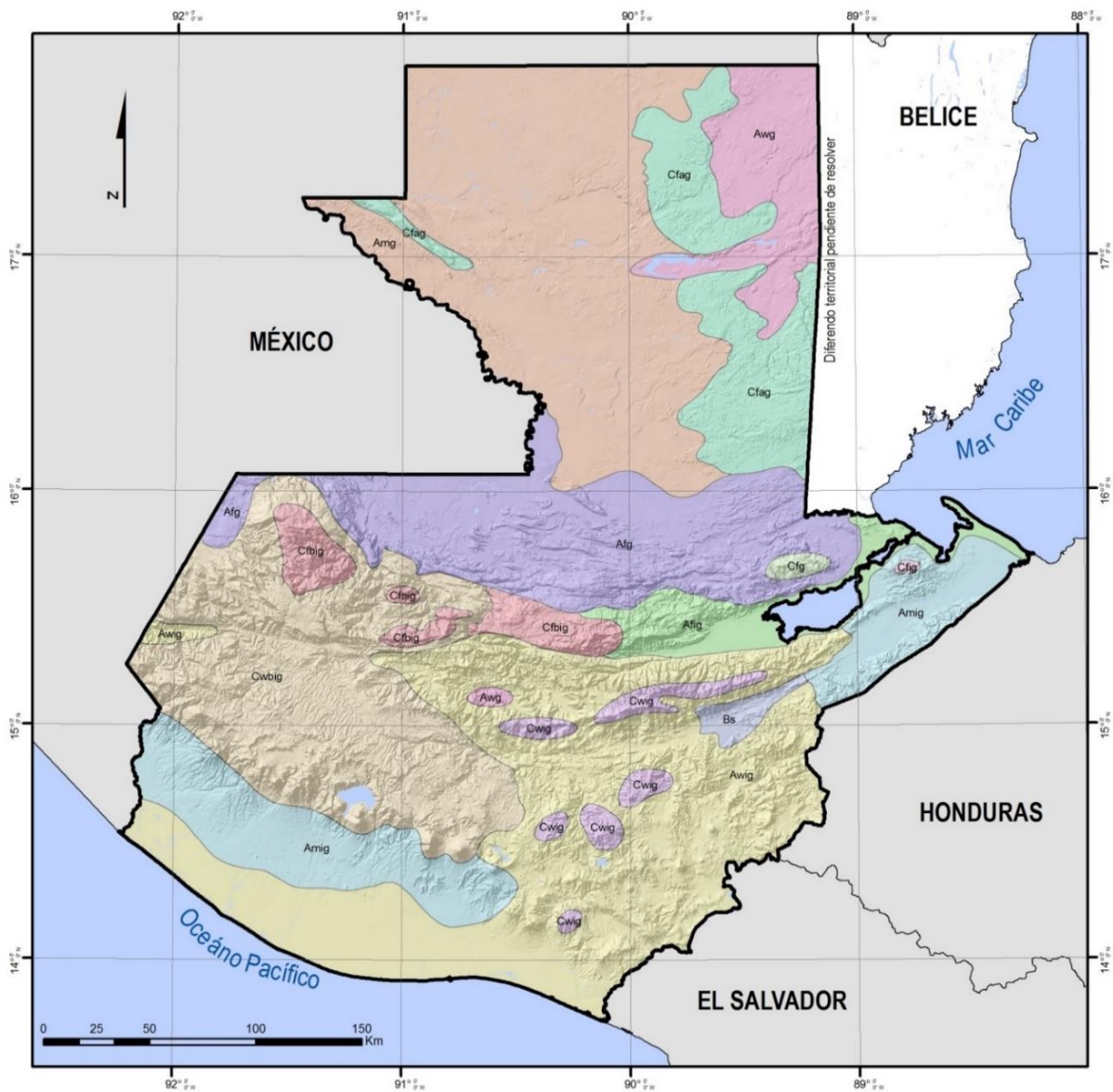
Según el sistema de Köppen, también citado por Iarna (Iarna-URL, 2003) Guatemala cuenta con los siguientes climas descritos en el *Cuadro 6*:

Cuadro 6. Clasificación de climas de Guatemala con base en el sistema de Köppen.

Tipo de clima	Clasificación del clima
Af	Caliente húmedo con lluvias abundantes durante todo el año. La precipitación y temperatura permanecen altas durante todo el año.
Am	Caliente húmedo con lluvias abundantes en verano, con influencia de monzón.
Aw	Caliente húmedo con lluvias en verano. Debe haber, por lo menos un mes con precipitación media menor a 60 milímetros.
Bs	Clima seco, en lo que la evaporación excede a la precipitación. Son semiáridos o esteparios.
Cf	Templado húmedo sin estación seca bien definida (con lluvias uniformemente repartidas).
Cw	Templado subhúmedo con lluvias en verano.

(Iarna-URL, 2003)

El mapa elaborado por el Sistema de Información Geográfica del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (SIG-MAGA, 2001) en base al sistema de Köppen presenta 13 unidades climáticas (*Figura 2*). Se puede observar que los nombres de las zonas climáticas tienen la letra g, la cual se refiere a “la marcha de la temperatura tipo Ganges que significa que el mes más caliente del año es anterior al solsticio de verano, que se presenta en abril o mayo” (Vidal, 2007, p. 205).



<b>Leyenda</b>				Proyección del mapa impreso: Coordenadas geográficas, Esferoide de Clarke, 1866	
Cuerpo de agua	Afg	Awig	Cfig		
	Afig	Bs	Cwbig		
	Amg	Cfag	Cwig		
	Amig	Cfbig			
	Awg	Cfg			
				Fuente: Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA, 2001)	
				Elaborado por: Gabriela Franco, con colaboración de SIG IARNA Guatemala, junio de 2015	

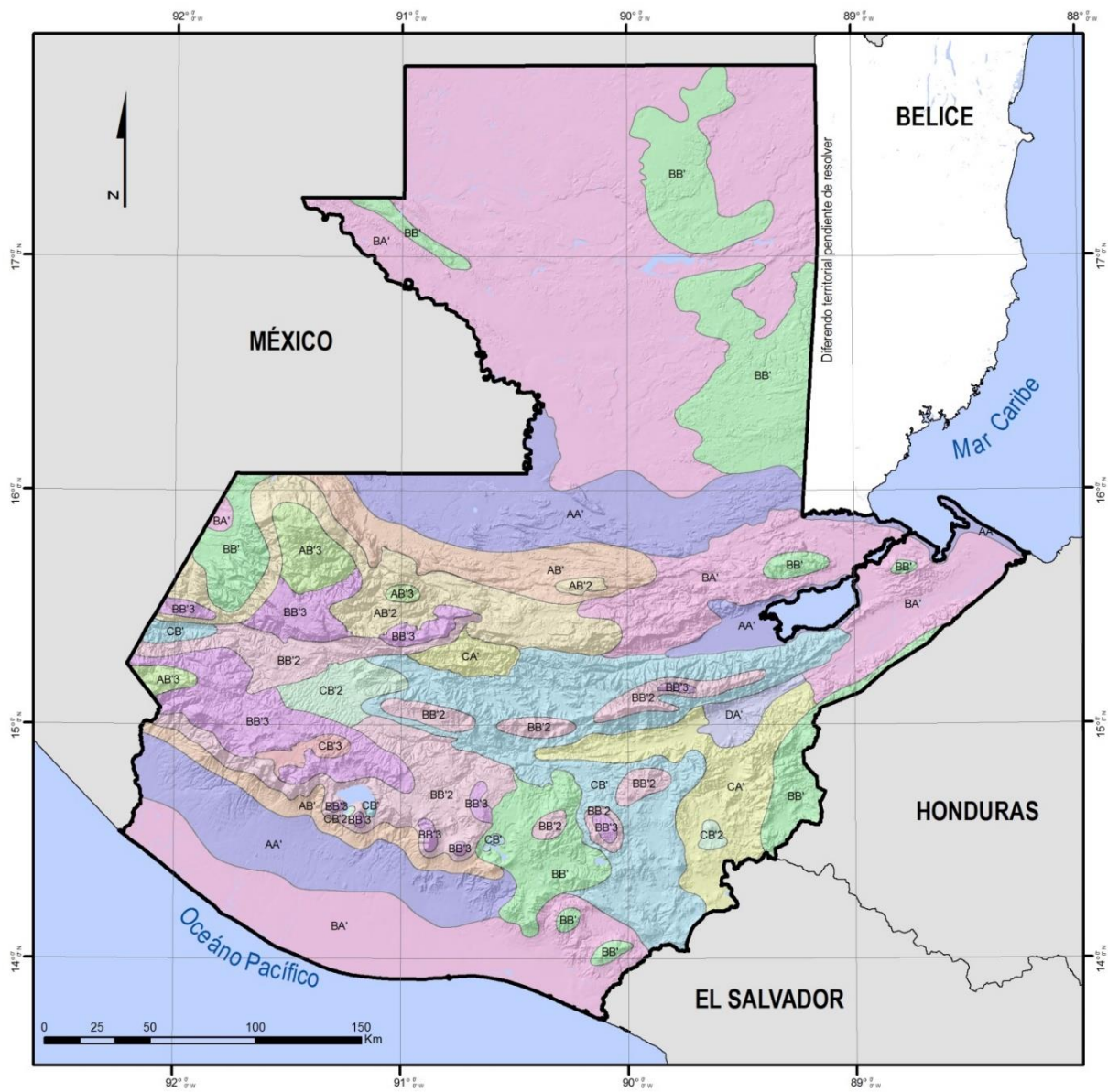
Figura 2. Mapa de clasificación climática de Köppen para Guatemala. (SIG-MAGA, 2001)

El sistema de clasificación climática de Thornthwaite divide al país en 13 zonas climáticas, en el *Cuadro 7* se presentan dichas zonas y en la *Figura 3* se presenta un mapa de su distribución.

Cuadro 7. Clasificación climática para Guatemala con base en Thornthwaite.

Símbolo	Jerarquía de Humedad	Jerarquía de Temperatura	Vegetación Natural Característica
AA'	Muy húmedo	Cálido	Selva
AB'	Muy húmedo	Semicálido	Selva
AB'2	Muy húmedo	Templado	Selva
AB'3	Muy húmedo	Semi-frío	Selva
BA'	Húmedo	Cálido	Bosque
BB'	Húmedo	Semi-cálido	Bosque
BB'2	Húmedo	Templado	Bosque
BB'3	Húmedo	Semi-frío	Bosque
CA'	Semi-seco	Cálido	Pastizal
CB'	Semi-seco	Semi-cálido	Pastizal
CB'2	Semi-seco	Templado	Pastizal
CB'3	Semi-seco	Semi-frío	Pastizal
DA'	Seco	Cálido	Estepa

(Iarna-URL, 2003, p. 25)

















<b>Leyenda</b>  Cuerpo de agua		 AA'  AB'  AB'2  AB'3  BA'	 BB'  BB'2  BB'3  CA'  CB'	 CB'2  CB'3  DA'	Proyección del mapa impreso: Coordenadas geográficas, Esferoide de Clarke, 1866  Fuente: Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA, 2001)  Elaborado por: Gabriela Franco, con colaboración de SIG IARNA Guatemala, junio de 2015
--	--	---	---	---	---

Figura 3. Mapa de clasificación climática de Thornthwaite para Guatemala. (SIG-MAGA, 2001)



En 1981 René De la Cruz desarrolló el estudio de clasificación de zonas de vida en Guatemala, el cual se denominó “Clasificación de Zonas de Vida de Guatemala a nivel de reconocimiento”, en donde aplicó el sistema de clasificación de zonas de vida de Holdridge y en el que se obtuvo como resultado 14 zonas de vida (*Cuadro 8*).

Cuadro 8. Síntesis de clasificación de zonas de vida de Holdridge para Guatemala con base en De la Cruz.

Nombre zona de vida	Denominación	Extensión	
		Km <sup>2</sup>	%
Bosque Húmedo Montano Subtropical	bh-M	88	0.08
Bosque Húmedo Montano Bajo	bH-MB	9,769	8.98
Bosque Húmedo Subtropical Cálido	bh-S(c)	27,000	24.81
Bosque Húmedo Subtropical Templado	bh-S(t)	12,320	11.32
Bosque muy Húmedo Montano Subtropical	bmh-M	1,040	0.96
Bosque muy Húmedo Montano Bajo Subtropical	Bmh-MB	5,512	5.07
Bosque muy Húmedo Subtropical Cálido	Bmh-S(c)	40,700	37.41
Bosque muy Húmedo Subtropical Frío	Bmh-S(f)	2,584	2.38
Bosque muy Húmedo Tropical	Bmh-T	2,636	2.42
Bosque Pluvial Montano Bajo Subtropical	Bp-MB	908	0.83
Bosque Pluvial Subtropical	Bp-S	1,144	1.05
Bosque Seco Tropical	Bs-T	216	0.20
Bosque Seco Subtropical	Bs-S	3,964	3.64
Monte Espinoso Subtropical	Me-S	928	0.85

(Iarna-URL, 2004)

Treinta años después de los estudios de De la Cruz el Iarna realizó un estudio científico con la intención de actualizar las zonas de vida y ecosistemas de Guatemala, este estudio fue denominado “Clasificación de ecosistemas de Guatemala basada en el sistema de

zonas de vida de Holdridge”. Como resultados se obtuvieron 13 ecosistemas, mostrando diferencias en la denominación de algunas zonas de vida e incorporaron 2 zonas nuevas, con respecto al estudio de De la Cruz. Una de las diferencias trascendentales entre los dos mapas es que el nuevo realizado por el Iarna, define a todas las zonas presentes en el país como tropicales, mientras que el estudio previo tan solo 2 de las 14 zonas eran tropicales, el resto (que además representaba más del 97% del país) eran definidas como subtropicales. El nuevo mapa se presenta en la *Figura 4*. (URL-Iarna, 2015)

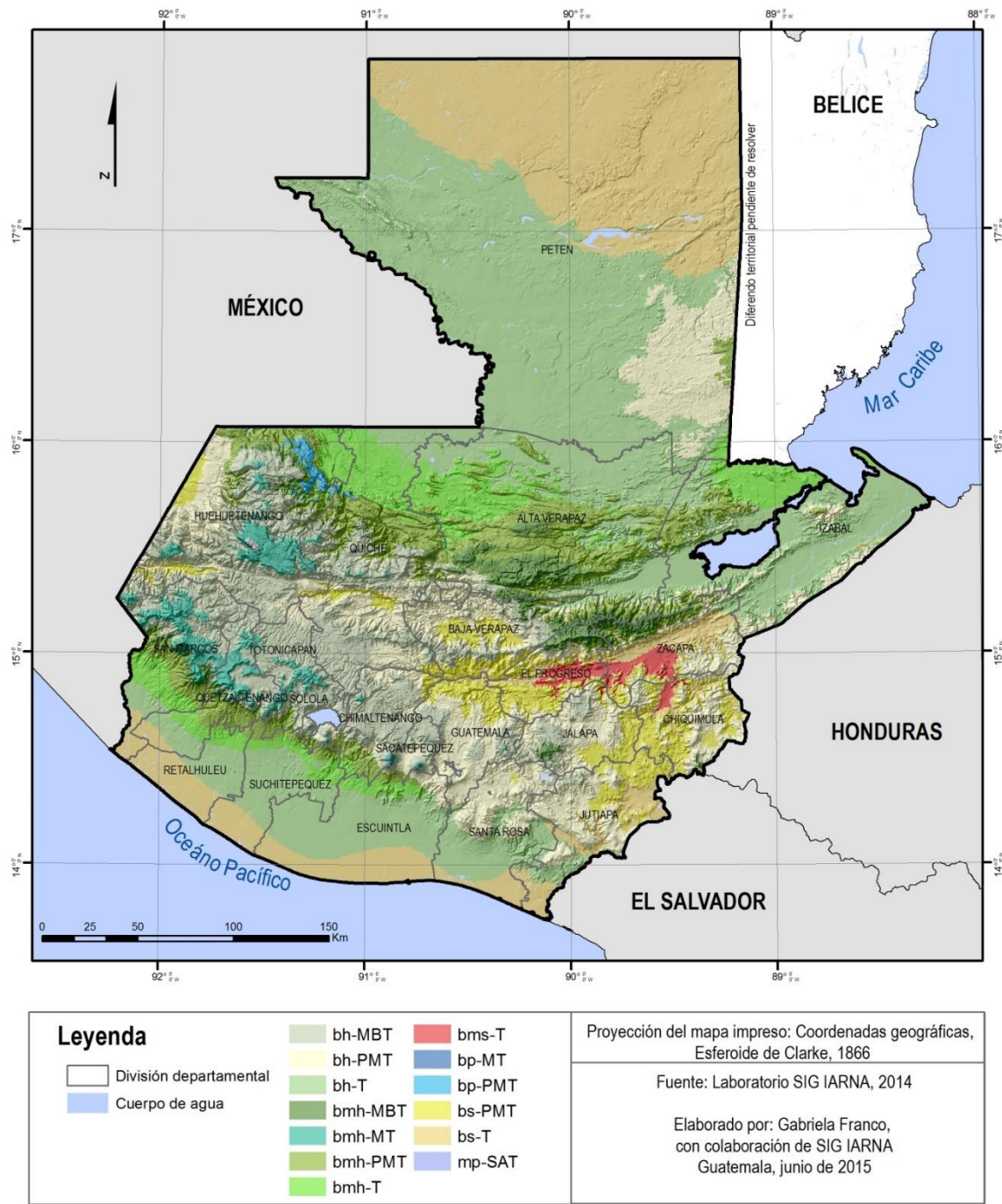


Figura 4. Mapa de ecosistemas de Guatemala basado en el sistema de clasificación de zonas de vida de Holdridge. (URL-Iarna, 2015)

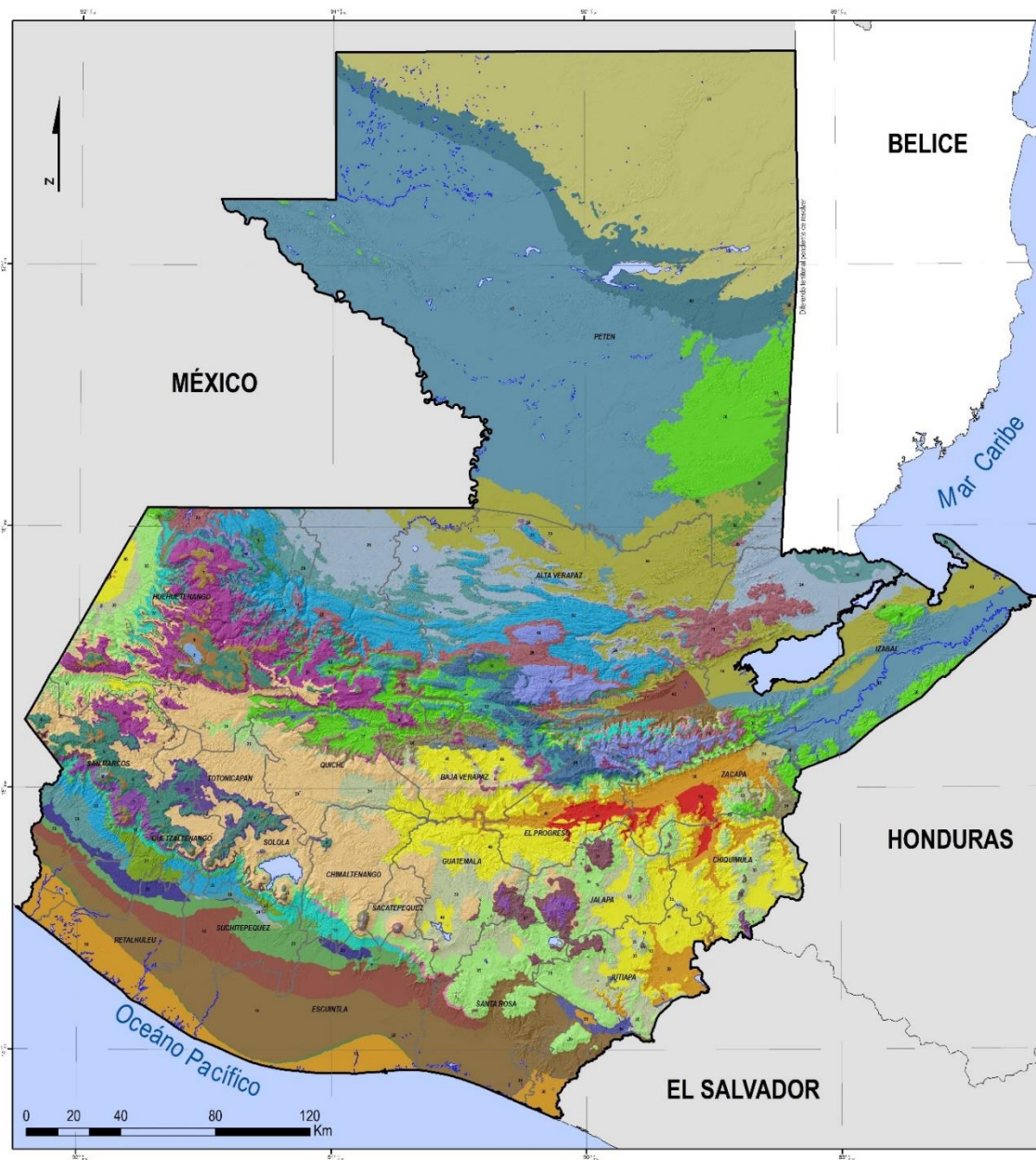
### **a. Unidades climáticas de Guatemala, sistema de clasificación Iarna/URL-Franco**

Este sistema de clasificación climática fue desarrollado por Gabriela Franco y Iarna/URL en el año 2015 específicamente para el territorio de Guatemala. Esta clasificación se basó en unidades climáticas, las cuales se formaron a partir de la combinación de las variables de temperatura media anual, precipitación total anual, distribución mensual de la precipitación y humedad. Dichas variables se describen a continuación:

- Temperatura media anual: es la variable que representa la media de temperatura que se da en el año; presenta los rangos de temperatura muy fría, fría, templada fresca, templada cálida y cálida.
- Precipitación total anual: es la variable que representa la sumatoria de total de las precipitaciones que se dan en el año; presenta rangos de precipitación baja, media, alta y muy alta.
- Distribución mensual de la precipitación: esta variable representa zonas que presentan lluvia durante 6 meses y zonas que presentan lluvia durante más de 6 meses del año.
- Humedad: que se generó a partir de la variable de temperatura media anual para calcular la evapotranspiración potencial y posteriormente para relacionarla con la precipitación total anual; con el fin de obtener provincias de humedad anuales clasificadas según el sistema de zonas de vida de Holdridge.

Este sistema de clasificación identificó que en el país ocurren anualmente 54 unidades climáticas, distribuidas según su provincia de humedad. Cada unidad climática permite diferenciar áreas con condiciones climáticas propias para el desarrollo de vegetación natural o sistemas productivos.

En la *Figura 5* se presenta la clasificación climática anual para Guatemala generada por este sistema.



## UNIDADES CLIMÁTICAS DE GUATEMALA

### Leyenda

División departamental	Cuerpo de agua	
<b>Provincia súper húmeda</b>	(19) Mh/Tc/Lla/>6m	(38) H/Tc/Lla/>6m
(01) Sh/Mf/Llm/6m	(20) Mh/Tc/Lla/>6m	(39) H/C/Llb/6m
(02) Sh/F/Llm/6m	(21) Mh/Tc/Llma/6m	(40) H/C/Llb/>6m
(03) Sh/F/Llm/>6m	(22) Mh/Tc/Llma/>6m	(41) H/C/Llm/6m
(04) Sh/F/Lla/>6m	(23) Mh/C/Lla/6m	(42) H/C/Llm/>6m
(05) Sh/Tc/Llma/>6m	(24) Mh/C/Lla/>6m	(43) H/C/Lla/6m
	(25) Mh/C/Llma/6m	(44) H/C/Lla/>6m
<b>Provincia muy húmeda</b>	(26) Mh/C/Llma/>6m	
(06) Mh/F/Llb/6m		<b>Provincia seca</b>
(07) Mh/F/Llb/>6m		(45) S/Tf/Llb/6m
(08) Mh/F/Llm/6m		(46) S/Tc/Llb/6m
(09) Mh/F/Llm/>6m	<b>Provincia húmeda</b>	(47) S/Tc/Llb/>6m
(10) Mh/F/Lla/>6m	(27) H/F/Llb/6m	(48) S/Tc/Llm/6m
(11) Mh/Tf/Llb/6m	(28) H/F/Llb/>6m	(49) S/Tc/Llm/>6m
(12) Mh/Tf/Llb/>6m	(29) H/Tf/Llb/6m	(50) S/C/Llb/6m
(13) Mh/Tf/Llm/6m	(30) H/Tf/Llb/>6m	(51) S/C/Llb/>6m
(14) Mh/Tf/Llm/>6m	(31) H/Tf/Llm/6m	(52) S/C/Llm/6m
(15) Mh/Tf/Lla/6m	(32) H/Tf/Llm/>6m	
(16) Mh/Tf/Lla/>6m	(33) H/Tc/Llb/6m	<b>Provincia muy seca</b>
(17) Mh/Tc/Llm/6m	(34) H/Tc/Llb/>6m	(53) Ms/Tc/Llb/6m
(18) Mh/Tc/Llm/>6m	(35) H/Tc/Llm/6m	(54) Ms/C/Llb/6m
	(36) H/Tc/Llm/>6m	
	(37) H/Tc/Lla/6m	

Provincias de humedad: Sh = Super húmedo Mh = Muy húmedo H = Húmedo S = Seco Ms = Muy seco  
 Grandes unidades de temperatura: Mf = Muy frío (< 6 °C) F = Frio (6-12 °C) Tf = Templado fresco (12-18 °C) Tc = Templado cálido (18-24 °C) C = Cálido (> 24 °C)  
 Grandes unidades de precipitación: Lib = Lluvia baja (460-1600 mm) Lim = Lluvia media (1600-2400 mm) Lla = Lluvia alta (2400-3600 mm) Llma = Lluvia muy alta (> 3600 mm)

Grandes unidades de distribución de lluvia:  
 6m = Lluvia durante 6 meses  
 >6m = Lluvia durante más de 6 meses

Por ejemplo:  
 Sh/Mf/Llm/6m = Provincia súper húmeda con clima muy frío y precipitación media durante 6 meses.

Proyección del mapa impreso: Coordenadas geográficas,  
 Esferoide de Clarke, 1866

Fuente: Base de Datos  
 Climatológica WorldClim (Hijmans, et. al., 2005)

Elaborado por: Gabriela Franco, con colaboración de SIG IARNA  
 Guatemala, octubre de 2015

Figura 5. Mapa de clasificación climática anual para Guatemala. (Franco, 2015)

## **B. Paisaje de hortalizas en Guatemala**

En Guatemala se cultivan especies de hortalizas que tienen diferente grado de domesticación (desde silvestres a cultivadas). Tienen un potencial alimenticio grande, por lo que el aprovechamiento de estas podría ampliar la base alimenticia en el país, mejorar la seguridad alimentaria y aumentar el valor nutritivo de las dietas de las familias guatemaltecas. La situación de las hortalizas en el país es que están siendo subutilizadas ya que existe un desconocimiento de sus propiedades, falta de información agronómica y variedades que permitan producir volúmenes que satisfagan la demanda interna y externa; por otro lado, las hortalizas se pueden adaptar a zonas donde otros cultivos no se desarrollan, algunas soportan sequías y plagas y una ventaja es que se pueden producir en pequeñas extensiones de tierra, lo cual beneficia a pequeños productores agrícolas (Orellana, 2012).

Por otro lado, la subutilización de las hortalizas radica en la falta de atención por parte del Estado en cuanto a la importancia que tiene la producción de estos cultivos para impulsar las economías locales y nacional y la falta de evaluación de la potencialidad de expansión de la horticultura (Iarna-URL, 2006). El mal estado de la infraestructura vial en las áreas donde se cultivan las hortalizas provoca que no exista una adecuada comercialización de insumos para producción, ni compra de los productos ya que esto afecta el costo de transporte y, en sí, dificulta la compra de las hortalizas (Iarna-URL, 2008).

Actualmente los paisajes de hortalizas se ubican principalmente en el altiplano guatemalteco ya que es el área donde mayormente se cultivan estas plantas, como se puede observar en la *Figura 6*.

Entre las principales hortalizas que se cultivan en el país se encuentran la cebolla, repollo, remolacha, brócoli, ajo, zanahoria, arveja china, lechuga y coliflor (ICTA, 1983) (Iarna-URL, 2006).

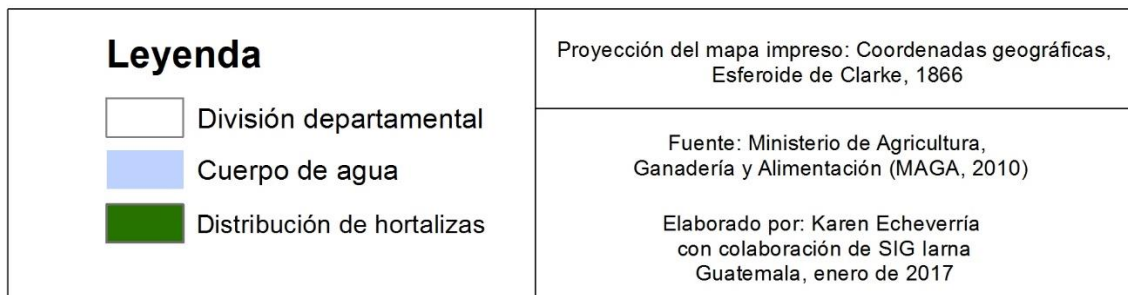


Figura 6. Mapa de distribución de hortalizas en base al Mapa de Cobertura Vegetal y Uso de la Tierra generado por el MAGA en el 2010. (MAGA, 2015)

### **2.3.2 Relación con otros estudios**

Esta investigación científica es la continuación de la tesis de grado realizada por Franco (2015) mencionada en el inciso a del apartado 2.3.1 la cual creó un sistema de clasificación climática anual, donde se determinó que en el país se pueden presentar 54 unidades climáticas anualmente y se concluyó que existe una diversidad climática amplia en el país en comparación con los sistemas de clasificación que se venían utilizando anteriormente. La primera parte de la metodología de esta investigación se basó en la metodología de Franco (2015) sin embargo el análisis se realizó a nivel mensual y se aplicaron procesos estadísticos para determinar cómo cambian las unidades climáticas a lo largo del año.

El análisis clúster se ha utilizado para diversos estudios con enfoques en el clima en diversas partes del mundo, sin embargo no se ha encontrado un estudio similar en el cual se haya utilizado esta técnica estadística para determinar la temporalidad climática de un lugar. Por lo tanto este estudio es pionero en el campo de la determinación de la temporalidad climática y del estudio del paisaje con enfoque ambiental en Guatemala.



### III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

#### 3.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

En la actualidad no existe información científica para Guatemala que demuestre la temporalidad climática, es decir que evidencie las estaciones que se marcan a lo largo del año, ya que la información que se tiene sobre estos datos han sido determinados por las características similares que han presentado las mediciones climáticas a través de los años. De cierta forma la población ha tenido la percepción de la existencia de las temporadas climáticas y por ende aseguran que las estaciones que se marcan para Guatemala son: seca/cálida, cálida/lluviosa y fría, sin saber que un conocimiento más específico sobre la temporalidad climática podría mejorar sus condiciones de vida.

El clima es un componente importante dentro de los sistemas ecológicos ya que este influye directamente en el comportamiento de los organismos de un ecosistema, y las interacciones entre los elementos de este generan las transformaciones de los paisajes. Un paisaje es una unidad de estudio compleja, ya que el estado de éste refleja cómo está funcionando un ecosistema. Por lo tanto, se entiende que donde se presenta una unidad climática específica se genera un paisaje, ya que el clima crea condiciones similares para un territorio y éste permite que el paisaje se desarrolle en condiciones homogéneas.

La problemática planteada en este estudio radica en dos fundamentos principales:

- En la falta de información de la distribución geográfica de la temporalidad climática a nivel nacional lo cual puede influir en la sub y sobre utilización de la tierra, que a la vez provoca la degradación de los recursos naturales.
- En que no existe información sobre los paisajes en Guatemala con fines de estudio ambientales, por lo tanto, se pierden oportunidades de desarrollo de paisajes por no saber la distribución de las unidades climáticas y las variaciones de estas a lo largo del año.

### 3.2 JUSTIFICACIÓN

Guatemala es un país que cuenta con diversos climas que varían durante todo el año, esto se debe a la ubicación geográfica del país y las influencias significativas de los elementos y factores climáticos, el conjunto de estos y su variación anual definen una serie de unidades climáticas a lo largo y ancho de todo el país. Las variables climáticas, como temperatura, humedad y precipitación, inciden en la transformación de los ecosistemas los cuales tienen un papel importante en la composición, estructura y función de un paisaje, así como de los servicios que brindan (Thackway & Specht, 2015). En Guatemala no se le ha dado la importancia a la conservación y el manejo sostenible de los paisajes debido a que es un campo poco desarrollado e investigado, por otro lado no existen una serie de mapas que demuestre la temporalidad climática del país y por ende cómo esta puede influir en la distribución de los paisajes a lo largo del año.

Las transformaciones de los paisajes tienen una importancia ecológica debido a los impactos que provocan en el comportamiento de las especies de flora y fauna (Shen, Sakai, & Kaji, 2013) y sus rendimientos en el componente biofísico. A través de mapas de temporalidad climática se pueden conocer los cambios cruciales que se van dando en los paisajes dentro de un tiempo determinado a partir de la distribución de las unidades climáticas. Y estas herramientas permitirían determinar qué actividades agrícolas, pecuarias, forestales o cualquier uso de la tierra pueden ser óptimas para realizar dentro de un territorio en las distintas épocas del año, con el fin de prever la perturbación que estas tendrán en el ambiente y crear estrategias de sostenibilidad ambiental para mantener la integridad y función de los ecosistemas a nivel paisajístico (Thackway & Specht, 2015).

El manejo de los paisajes genera ecosistemas sanos y más resilientes, ya sea ante los efectos del cambio climático (Oosterzee, Dale, & Preece, 2014) o cualquier amenaza que se presente dentro del sistema, disminuyendo así la vulnerabilidad ante sus impactos, prolongando la productividad agrícola, pecuaria y forestal, mejorando la calidad de vida de los habitantes y garantizando los bienes y servicios que los recursos naturales nos brindan.

La aplicación de los mapas de temporalidad climática que se presenta en esta investigación se enfoca en cómo estos pueden determinar la distribución e incorporar nuevas áreas potenciales para el desarrollo y producción de un cultivo de importancia nacional como lo son las hortalizas. Estudios realizados por el Iarna-URL (2006) han demostrado que las hortalizas son cultivos que pueden impulsar la economía del país debido a que tienen un potencial para incidir en la reducción de la pobreza, porque el crecimiento agrícola en este sector podría ser un motor de desarrollo rural ya que generaría empleo y por lo tanto dinamizaría la economía local de las poblaciones rurales, son cultivos que se pueden desarrollar en minifundios (pequeñas extensiones de tierras) por lo tanto beneficia a pequeños agricultores, el periodo de desarrollo del cultivo es corto y tienen alta demanda de consumo en el interior como en el exterior del país.

Por otro lado, tienen diversas características nutricionales las cuales podrían ampliar la base alimenticia de la población guatemalteca, ya que tienen altos contenidos de energía, proteínas, vitaminas, minerales y fibra; los órganos de consumo de la planta son variados y se pueden consumir en diferentes estados (desde crudas hasta cocinadas). Es un cultivo subutilizado a lo ancho del territorio nacional debido a la falta de información agronómica y ambiental para su desarrollo, así como la falta de evaluación de la potencialidad de expansión de la horticultura (Orellana, 2012).

El sector público podría utilizar esta herramienta para procesos de ordenamiento territorial y para orientar políticas de una mejor manera tomando como base el criterio del clima. De igual manera lo presentado en esta investigación científica puede ser útil para la toma de decisiones del sector privado.

Por lo anteriormente descrito se consideró de mucha importancia llevar a cabo la investigación aquí planteada; no solo porque brinda información para su uso posterior sino porque es una investigación pionera en el campo del clima y paisaje.

## **IV. OBJETIVOS**

### **4.1 OBJETIVO GENERAL**

Determinar la temporalidad climática de Guatemala en función de unidades climáticas mensuales para analizar la distribución de paisajes hortícolas a lo largo del año.

### **4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Elaborar mapas de unidades climáticas mensuales a partir de las variables climáticas de temperatura y precipitación en el territorio de Guatemala.
- Determinar la temporalidad climática en Guatemala a partir de agrupaciones de unidades climáticas mensuales para clasificarlas por sus características similares.
- Establecer la distribución potencial de los paisajes hortícolas en función de los mapas de temporalidad climática obtenidos.

## **V. HIPÓTESIS**

- Los meses del año se pueden agrupar según sus características climáticas similares.
- Las variaciones de las unidades climáticas a lo largo del año influyen en la distribución de los paisajes hortícolas en Guatemala.

## VI. METODOLOGÍA

### 6.1 AMBIENTE

El proceso de la investigación se llevó a cabo en las instalaciones del Instituto de investigación y proyección sobre ambiente natural y sociedad (Iarna) y la Unidad de Información Estratégica para la Investigación y Proyección (UIE), entes que pertenecen a la Vicerrectoría de Investigación y Proyección de la Universidad Rafael Landívar. El Iarna proporcionó las herramientas e instrumentos para generar los mapas climáticos y el análisis clúster a realizar. El periodo en que se desarrolló la investigación fue en los meses de agosto del año 2016 a febrero del año 2017.

### 6.2 SUJETOS Y/O UNIDADES DE ANÁLISIS

Las unidades de análisis en las que se basó el estudio fueron los meses del año, debido a que en este periodo de tiempo se generó la primera etapa de mapas, para que posteriormente se pudieran analizar estadísticamente. La segunda unidad de análisis fue el territorio de Guatemala ya que a esta escala se realizó el estudio.

Las variables de análisis fueron la precipitación, temperatura y humedad mensuales, de las cuales se generaron los mapas mensuales de unidades climáticas. Estos datos fueron extraídos de la base de datos climatológica *World Clim*<sup>1</sup> la cual cuenta con un registro histórico promedio desde los años 1950 a 2000. Los datos que esta plataforma brinda presentan uniformidad cartográfica, por lo tanto el tamaño de los pixeles son iguales, lo cual benefició los resultados de la investigación. La segunda variable de análisis fueron los paisajes hortícolas, ya que estos surgieron de la variabilidad de las unidades climáticas que se identificaron.

---

<sup>1</sup> World Clim es una plataforma digital donde se almacena una base de datos climáticos globales en forma de capas con una resolución espacial de aproximadamente 1 kilómetro cuadrado. Estos datos pueden utilizarse para la generación de mapas y modelado espacial en programas computacionales de sistemas de información geográfica (SIG) u otros similares. (Hijmans *et al.*, 2005)

### 6.3 TIPO DE INVESTIGACIÓN

El diseño de la investigación es descriptiva ya que se basó en recolectar datos, generar información y describir detalladamente cómo se manifiestan las temporalidades climáticas en Guatemala, la distribución de los paisajes y sus funciones influidos por el clima, a lo largo del año (Gómez, 2006). La investigación se dividió en cuatro etapas:

1. Exploración y revisión documental sobre información climática en Guatemala y conceptos generales de la investigación.
2. Establecimiento de unidades climáticas mensuales en el territorio de Guatemala.
3. Determinación de la temporalidad climática en Guatemala con base en un análisis estadístico clúster.
4. Identificación de la distribución de los paisajes hortícolas en función de las unidades climáticas que surgieron de los mapas de temporalidad.

### 6.4 INSTRUMENTO

- a) Se utilizaron las variables de precipitación y temperatura mensuales de la base de datos *World Clim* con las cuales se generaron mapas clasificados en función de rangos de las variables mencionadas. El programa que se utilizó para la generación de mapas y análisis de las unidades climáticas mensuales fue *ArcGIS®*<sup>2</sup>.
- b) Para el análisis estadístico clúster se utilizó el software *IMB SPSS®*<sup>3</sup>, el cual realizó funciones estadísticas mediante los datos obtenidos de los mapas mensuales.

---

<sup>2</sup> ArcGIS® es una plataforma especializada en sistemas de información geográfica que tiene un amplio conjunto de funciones y herramientas para crear, visualizar, analizar, resumir, interpretar y comparar mapas; realizar análisis espaciales; crear y administrar datos geográficos; y comandos para compartir resultados. (Esri, 2016)

<sup>3</sup> IMB SPSS® es un software de analítica predictiva que realiza procesos completos de análisis y elaboración de informes estadísticos; modelado predictivo y minería de datos; gestión e implementación de decisiones; y análisis de big data, con el fin de proveer datos para la toma de decisiones controladas y mejorar los resultados dentro del campo de investigación en el que se utilice. (IBM, 2016)

c) La identificación de los paisajes hortícolas se realizó por medio de *ArcGIS®*, donde se utilizaron los mapas de temporalidad climática generados en la fase de gabinete media.

## 6.5 PROCEDIMIENTO

### 6.5.1 Fase de gabinete inicial

#### A. Creación de unidades climáticas mensuales en el territorio de Guatemala

##### a. Mapas de variables climáticas

Se utilizaron los valores mensuales de temperatura y precipitación de Guatemala disponibles en la base de datos *WorldClim* para generar mapas mensuales de cada una de las variables. Para esta fase del estudio se utilizó la metodología empleada por Franco (2015), con la diferencia que en esta investigación se realizaron los mapas climáticos para cada uno de los meses del año.

##### i. Temperatura mensual

Se utilizaron los valores mensuales de temperatura para cada mes del año en formato ráster generados por la base de datos *WorldClim*; a partir de estos datos se generó un mapa de temperatura mensual clasificado en rangos de temperatura. La clasificación en rangos se realizó mediante la función *Classify* del programa *ArcGis®* tomando como base los valores que se presentan en el *Cuadro 9*. Posteriormente se hizo una reclasificación asignándole a cada rango el código que se muestra en la tercera columna del mismo cuadro.

La clasificación de las unidades de temperatura se basó principalmente en la propuesta por Leslie Holdridge (1978) en su estudio de zonas de vida, la cual fue aplicada por Franco (2015). Se utilizaron los nombres de cada categoría de acuerdo al estudio de Franco (2015):

Cuadro 9. Clasificación de rangos de temperatura con base en L. Holdridge.

Rango de temperatura (°C)	Categoría	Código
< 6	Muy frío	1
6 – 12	Frío	2
12 – 18	Templado fresco	3
18 – 24	Templado cálido	4
> 24	Cálido	5

Elaboración propia con base en Franco (2015)

ii. Precipitación mensual

Se utilizaron los valores mensuales de precipitación para cada mes del año en formato ráster generados por la base de datos *WorldClim*; a partir de estos datos se generó un mapa de precipitación mensual<sup>4</sup> clasificado en rangos de precipitación. La clasificación en rangos también se realizó mediante la función *Classify* del programa *ArcGis®*, tomando como base los valores que fueron propuestos por Franco (2015).

Debido a que los rangos de precipitación descritos por Franco (2015) correspondían a los valores anuales, estos se dividieron dentro de 12 para obtener categorías de clasificación de precipitación que abarcaban los valores de precipitación mensuales. En el *Cuadro 10* se muestran los rangos de precipitación utilizados. Posteriormente se hizo una reclasificación asignándole a cada rango el código que se muestra en la tercera columna del mismo cuadro.

Cuadro 10. Clasificación de rangos de precipitación.

Rango de precipitación (mm)	Categoría	Código
< 133.33	Región de lluvia baja	1
133.33 – 200	Región de lluvia media	2
200 – 300	Región de lluvia alta	3
> 300	Región de lluvia muy alta	4

Elaboración propia con base en Franco (2015)

<sup>4</sup> Durante el proceso se determinó que se presentaba un error en todos los píxeles con valor de cero, por tal razón se asignó un valor mínimo arbitrario de 0.01 a todos esos píxeles, solo para que ya no se presentara ningún error.



### iii. Distribución de la precipitación

Con base en la metodología de Franco (2015) se utilizó el factor del 5% de la precipitación total (suma de las precipitaciones de todos los meses) para determinar la distribución de la precipitación, en esta metodología se determinó que los valores iguales o mayores al 5% de la precipitación total se consideraban como zonas lluviosas. Por lo que se estableció una condicional en la herramienta de *Raster Calculator* de *ArcGis®* para que se les asignara a las zonas con valores de precipitación igual o mayor al 5% un valor de 1 y a las zonas menores al 5% un valor de 2; de esta manera se crearon mapas con zonas lluviosas y no lluviosas respectivamente para cada mes, en el *Cuadro 11* se presenta la clasificación de dichas zonas.

Cuadro 11. Clasificación de zonas lluviosas y no lluviosas.

Rango	Categoría	Código
1	Zona lluviosa	1
2	Zona no lluviosa	2

Elaboración propia con base en Franco (2015)

### iv. Humedad

Con base en el concepto de humedad propuesto por Holdridge (1978), se generó un mapa con los valores de evapotranspiración potencial. Inicialmente se empleó la fórmula propuesta por Holdridge (1978):  $ETP = T^{\circ} * 58.93$ ; para lo cual se utilizó el mapa de temperatura de cada mes y haciendo uso de la herramienta de *Raster Calculator* en *ArcGis®* se multiplicaron los valores de temperatura media mensual por la constante 58.93. Los valores resultantes se dividieron dentro de 12 para obtener una evapotranspiración mensual ya que la fórmula originalmente representa un valor anual. De esta manera se obtuvo un mapa de evapotranspiración potencial por cada mes.

Posteriormente, con la misma herramienta en *ArcGis®* los valores de cada mapa de ETP mensual se dividieron dentro de los valores de los mapas de precipitación mensual (ETP/PP) obteniendo los mapas de humedad para cada mes.

Los valores de humedad para cada mes se clasificaron mediante la función *Classify* en la opción de propiedades del ráster, utilizando los rangos que se muestran en el *Cuadro 12*. Tras la clasificación se utilizó la herramienta *Reclassify* y a cada rango se le asignó el código de reclasificación respectivo mostrado en la tercera columna del mismo cuadro.

La categorización de las provincias de humedad se determinó con base en los nombres propuestos por Holdridge (1978).

Cuadro 12. Clasificación de rangos de humedad con base en L. Holdridge.

Relación ETP/pp	Clasificación	Código
0.125 – 0.25	Súper húmeda	1
0.25 – 0.5	Muy húmeda	2
0.5 – 1	Húmeda	3
1 – 2	Seca	4
2 – 4	Muy seca	5

Elaboración propia con base en Franco (2015)

### **b. Mapas de unidades climáticas mensuales**

Para la creación de los mapas de unidades climáticas mensuales se unieron los distintos mapas de cada una de las variables climáticas para cada mes, mediante un proceso de álgebra de mapas con el programa *ArcGis®*. Para ellos se utilizaron los códigos de la tercera columna del *Cuadro 9*, *Cuadro 10*, *Cuadro 11* y *Cuadro 12*; a cada variable se le asignó una posición y factor de multiplicación con el fin de que cada una se pudiera identificar al momento de hacer el mapa de unidades climáticas para cada mes. Con la herramienta de *Raster Calculator* se determinó una expresión donde cada mapa de las variables del mes correspondiente se multiplicó por el factor asignado en el *Cuadro 13*, para finalmente sumar todas las variables y de esta manera obtener los mapas de unidades climáticas mensuales.

Cuadro 13. Descripción de posición y factor de cada variable para la generación de mapas de unidades climáticas mensuales.

Posición	Factor	Variable
Millares	1,000	Humedad
Centenas	100	Temperatura
Decenas	10	Precipitación
Unidades	1	Distribución de la precipitación

Elaboración propia con base en Franco (2015)

Finalmente se realizaron cuantificaciones de las distintas variables, como de las unidades climáticas obtenidas para determinar sus extensiones y porcentajes, tanto a nivel nacional, como departamental.

## 6.5.2 Fase de gabinete media

### A. Comprobación de la temporalidad climática en Guatemala

#### a. Análisis estadístico

Para la comprobación y determinación de la temporalidad climática en Guatemala se utilizó el software estadístico *IMB SPSS®* con el cual se pudo realizar el análisis de la información de los valores de cada uno de los mapas de unidades climáticas mensuales obtenidos en el apartado 6.5.1.

Se ingresaron los valores de los píxeles de cada mapa mensual, es decir los valores de cada píxel organizados en una tabla, y se aplicó un análisis clúster, el cual tuvo como objetivo agrupar las variables. A continuación se detallan las etapas que se realizaron para el análisis clúster:

- a) Se identificaron los individuos a agrupar, en este caso fueron los mapas climáticos mensuales; cada mapa mensual estaba caracterizado por la información de más de 12 millones de valores, cada píxel representaba el valor de una unidad

climática<sup>5</sup>. Por lo tanto, las unidades a clasificar fueron los meses del año y las variables de clasificación fueron las unidades climáticas de cada mes.

- b) Se realizó una matriz de datos en el programa *ArcGis®*, para lo cual se utilizó la herramienta *Raster to points* derivada de las Herramientas de Conversión para generar un mapa de puntos a partir del mapa de unidades climáticas del mes de enero, el mapa de puntos generó una tabla de atributos identificando cada pixel del mapa y el valor de la unidad climática respectiva para cada pixel. Para agregar los 11 meses restantes a la tabla generada, se utilizó la herramienta *Extract Multi Values to Points* derivada de las Herramientas de Análisis Espacial. La matriz obtenida se ejemplifica en el *Cuadro 14*.

Cuadro 14. Ejemplo de matriz de datos de N individuos y n variables para la aplicación de análisis clúster.

Pixel	Ene	Feb	Mar	...	Dic
1	(valor)	(valor)	(valor)	(valor)	(valor)
2	(valor)	(valor)	(valor)	(valor)	(valor)
3	(valor)	(valor)	(valor)	(valor)	(valor)
⋮	(valor)	(valor)	(valor)	(valor)	(valor)
> 12,000,000 ...	(valor)	(valor)	(valor)	(valor)	(valor)

Elaboración propia

- c) Se seleccionó el software estadístico *IMB SPSS®* donde se ingresó la matriz del inciso anterior para que llevara a cabo el algoritmo de clasificación.
- d) Se seleccionó como método de conglomeración el Método de Ward.
- e) Se estableció el criterio de similaridad a utilizar, en este caso se utilizó la medida para recuentos por medio de la prueba de chi-cuadrado.

<sup>5</sup> Cada píxel tenía una resolución espacial de 100 × 100 m.

- f) Se especificó la estructura gráfica que representó la agrupación de los individuos, para lo cual se seleccionó el dendrograma.

Finalmente, se aplicó el análisis clúster con las propiedades seleccionadas en los incisos anteriores.

## **b. Mapas de temporalidad climática**

Se crearon mapas de unidades climáticas para cada temporalidad resultante del análisis clúster, para esta etapa se replicó el procedimiento del apartado 6.5.1. A continuación se detallan los procesos realizados:

- a) Para generar un mapa de unidades climáticas para cada temporalidad se calcularon las variables<sup>6</sup> de temperatura, precipitación y humedad de cada temporada climática. Por lo que el primer paso fue identificar los meses que constituían a cada temporada climática.
- b) Para la variable de temperatura se utilizaron los valores mensuales de temperatura, en formato ráster generados por la base de datos *WorldClim*, de los meses que componían cada temporada; con el *Raster Calculator* de *ArcGis®* se calculó el promedio de los mismos. Posteriormente los rangos de los valores se reclasificaron asignándoles el código que se muestra en la tercera columna del *Cuadro 9*.
- c) Para el cálculo de la variable de precipitación se utilizaron los valores mensuales de precipitación, en formato ráster generados por la base de datos *WorldClim*, de los meses que componían cada temporalidad climática; con el *Raster Calculator* de *ArcGis®* se sumaron los valores para obtener la precipitación total de cada temporada. Posteriormente se clasificaron en rangos de precipitación creados para cada temporada y estos se reclasificaron asignándoles el código que se

---

<sup>6</sup> En esta fase ya no se utilizó la variable de distribución de la precipitación, porque esta variable cualitativa se pudo descartar a partir del análisis clúster en el que se identificó cuáles meses son lluviosos y cuáles son secos.

muestra en la tercera columna del *Cuadro 15* y *Cuadro 16*. Para obtener categorías de clasificación de precipitación que abarcaban los valores de precipitación de la temporalidad lluviosa se dividieron los rangos de precipitación descritos por Franco (2015) dentro de 2 y para las temporalidades secas se dividieron dentro de 4 cada uno.

Cuadro 15. Clasificación de rangos de precipitación temporalidad lluviosa.

Categoría	Rango de Precipitación (mm)	Código
Región de lluvia baja	230-800	1
Región de lluvia media	800-1200	2
Región de lluvia alta	1200-1800	3
Región de lluvia muy alta	>1800	4

Elaboración propia

Cuadro 16. Clasificación de rangos de precipitación temporalidad seca.

Categoría	Rango de Precipitación (mm)	Código
Región de lluvia baja	115-400	1
Región de lluvia media	400-600	2
Región de lluvia alta	600-900	3
Región de lluvia muy alta	>900	4

Elaboración propia

d) Para el cálculo de la variable de humedad, primero se calculó la evapotranspiración potencial<sup>7</sup> de cada temporalidad a partir de la temperatura

<sup>7</sup> Al igual que en el inciso iv del apartado 6.5.1, se empleó la fórmula propuesta por Holdridge (1978):  $ETP = T^{\circ} * 58.93$  y los valores resultantes de este cálculo se dividieron dentro de 2 para obtener una evapotranspiración de la temporalidad lluviosa y dentro de 4 para obtener una evapotranspiración de cada una de las dos temporalidades secas. La fórmula original de Holdridge, establece que se debe usar la Biotemperatura ( $T^{\circ}_{Bio}$ ), sin embargo en el estudio del larna, se pudo determinar que para Guatemala,  $T^{\circ} = T^{\circ}_{Bio}$  (Iarna-URL, 2015)

generada en el inciso b; posteriormente los valores de evapotranspiración se dividieron dentro de los valores de precipitación de la temporalidad correspondiente. Los rangos de los valores se reclasificaron asignándoles el código que se muestra en la tercera columna del *Cuadro 12*.

- e) Para la creación de los mapas de unidades climáticas de cada temporalidad se unieron los mapas de cada una de las variables climáticas generadas en los incisos anteriores. A los códigos de reclasificación se les asignó su respectiva posición y factor de multiplicación con respecto al *Cuadro 17* y finalmente se sumaron todas las variables.

Cuadro 17. Descripción de posición y factor de cada variable para la generación de mapas de temporalidad climática.

Posición	Factor	Variable
Centenas	100	Humedad
Decenas	10	Temperatura
Unidades	1	Precipitación

Elaboración propia con base en Franco (2015)

### 6.5.3 Fase de gabinete final

#### A. Distribución de los paisajes de hortalizas en función de la temporalidad climática

Para determinar la distribución de los paisajes hortícolas a lo largo del año en Guatemala en función de la temporalidad climática se realizó el siguiente proceso:

a) Se hizo una matriz por cada temporalidad (*Cuadro 18, Cuadro 19 y Cuadro 20*) donde se colocaron las hortalizas<sup>8</sup> en análisis; sus requerimientos teóricos de temperatura y precipitación; y los códigos de los rangos de temperatura y precipitación del *Cuadro 9, Cuadro 15 y Cuadro 16* que abarcaban dichos requerimientos, para luego identificar a qué unidades climáticas pertenecían y proponerlas como unidades climáticas potenciales para el cultivo de esas hortalizas.

Cuadro 18. Matriz de requerimientos climáticos e identificación de códigos de temperatura y precipitación potenciales para el cultivo de hortalizas en la temporalidad lluviosa.

Hortaliza	Requerimientos T° (°C)	Requerimientos pp (mm)	Rango T°	Rango pp
Cebolla	16 – 22	650 – 1,300	3,4	1,2,3
Repollo	16 – 20	650 – 1,400	3,4	1,2,3
Remolacha	15 – 21	750 – 1,500	3,4	1,2,3
Brócoli	15 - 18	800 – 1,600	3	2,3
Ajo	16 – 21	750 – 1,600	3,4	1,2,3
Zanahoria	14 – 18	850 - 1,500	3	2,3
Arveja china	15 – 19	1,100-1,800	3,4	2,3
Lechuga	15 – 18	1,100 – 2,000	3	2,3,4
Coliflor	14 – 18	650 – 1,400	3	1,2,3

Elaboración propia con base en CATIE-ESPRED/ MAGA (2001)

<sup>8</sup> El conjunto de hortalizas a las que se refiere esta investigación está compuesto por: cebolla, repollo, remolacha, brócoli, ajo, zanahoria, arveja china, lechuga y coliflor. Sus requerimientos climáticos se encuentran en el Anexo 1.



Cuadro 19. Matriz de requerimientos climáticos e identificación de códigos de temperatura y precipitación potenciales para el cultivo de hortalizas en la temporalidad seca cálida.

Hortaliza	Requerimientos T° (°C)	Requerimientos pp (mm)	Rango T°	Rango pp
Cebolla	16 – 22	650 – 1,300	3,4	3,4
Repollo	16 – 20	650 – 1,400	3,4	3,4
Remolacha	15 – 21	750 – 1,500	3,4	3,4
Brócoli	15 - 18	800 – 1,600	3	3,4
Ajo	16 – 21	750 – 1,600	3,4	3,4
Zanahoria	14 – 18	850 - 1,500	3	3,4
Arveja china	15 – 19	1,100-1,800	3,4	4
Lechuga	15 – 18	1,100 – 2,000	3	4
Coliflor	14 – 18	650 – 1,400	3	3,4

Elaboración propia con base en CATIE-ESPREDDE/MAGA (2001)

Cuadro 20. Matriz de requerimientos climáticos e identificación de códigos de temperatura y precipitación potenciales para el cultivo de hortalizas en la temporalidad seca fría.

Hortaliza	Requerimientos T° (°C)	Requerimientos pp (mm)	Rango T°	Rango pp
Cebolla	16 – 22	650 – 1,300	3,4	3,4
Repollo	16 – 20	650 – 1,400	3,4	3,4
Remolacha	15 – 21	750 – 1,500	3,4	3,4
Brócoli	15 - 18	800 – 1,600	3	3,4
Ajo	16 – 21	750 – 1,600	3,4	3,4
Zanahoria	14 – 18	850 - 1,500	3	3,4

Arveja china	15 – 19	1,100-1,800	3,4	4
Lechuga	15 – 18	1,100 – 2,000	3	4
Coliflor	14 – 18	650 – 1,400	3	3,4

Elaboración propia con base en CATIE-ESPREDE/MAGA (2001)

- b) Se identificaron los rangos de temperatura y precipitación requeridas por hortaliza y las unidades climáticas de la temporalidad que incluían esos rangos. Para la temporalidad seca, para algunos grupos de hortalizas, el criterio de selección de unidades climáticas potenciales se basó solamente en el rango de temperatura ya que la precipitación es muy baja durante esta época y por lo tanto no se daban áreas potenciales para los cultivos con riego natural. Se estableció que para las áreas identificadas bajo el criterio de temperatura deben cultivarse bajo riego artificial.
- c) Al identificar las unidades climáticas potenciales de distribución para cada hortaliza, se notó que algunas hortalizas compartían las mismas unidades climáticas durante la temporalidad, por lo que se agruparon y así surgieron los grupos de distribución potencial de hortalizas.
- d) A partir del análisis de la matriz se generaron mapas en *ArcGIS®* donde se identificaron las unidades climáticas potenciales de cada temporalidad para cultivar cada hortaliza analizada.

## 6.6 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

La temporalidad climática para Guatemala se determinó a partir del análisis clúster y la generación de los mapas, los cuales brindaron la información para poder describir las características principales y las unidades climáticas que componían cada temporalidad.

En cuanto a la distribución de los paisajes de hortalizas en el país, la información de los mapas de temporalidad climática permitió la identificación de los nuevos lugares potenciales para el desarrollo de hortalizas, por lo que se compararon las áreas donde actualmente se cultivan hortalizas y en qué áreas son potenciales para que la población pueda diversificar sus medios de vida por medio de la horticultura a lo largo del año. De igual manera se recomendó la práctica del cultivo de hortalizas en función a la temporalidad climática como una alternativa de adaptación al cambio climático en áreas donde existan amenazas por inseguridad alimentaria, plagas u otros efectos donde la resistencia de estos cultivos y su valor nutricional provean una mejor opción para la subsistencia de la población guatemalteca.

## VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 7.1 UNIDADES CLIMÁTICAS DEL TERRITORIO DE GUATEMALA

Se obtuvieron 64 unidades climáticas en total a lo largo de los doce meses del año. En comparación con la investigación de Franco (2015) se presentaron 18 unidades climáticas nuevas las cuales no ocurren en el mapa anual que ella realizó, lo cual implica que en total, en el país se pueden presentar 72 unidades climáticas diferentes; esta variación se puede dar debido a que en la escala presentada del mapa anual se tuvieron que depurar unidades climáticas que no tenían una extensión territorial significativa, sin embargo al generar un mapa climático por mes estas unidades climáticas son más representativas.<sup>9</sup>

Cada unidad climática se identificó con cuatro dígitos, los cuales resultaron de la condicional aplicada en la metodología. En el *Cuadro 21* se identifican las unidades climáticas que se presentan a lo largo del año. En ese cuadro, la columna de Código representa el número de clasificación de cada variable y la posición que tomó al aplicarle el factor de multiplicación; el nombre fue asignado en función de las categorías que representaban los rangos de cada variable.

Es importante resaltar que para la variable de distribución de la precipitación, se tomó el criterio descrito en la metodología (presencia de lluvia superior al 5% de la lluvia total anual), por lo que una zona no lluviosa no implica un área que no presenta precipitación sino que indica un área con menos milímetros de lluvia que un área lluviosa.

Cuadro 21. Unidades climáticas resultantes.

Número de unidad climática	Código	Nombre
1	1112	Súper húmedo/Muy frío/De lluvia baja/Zona no lluviosa
2	1131	Súper húmedo/Muy frío/De lluvia alta/Zona lluviosa

<sup>9</sup> Los mapas de unidades climáticas de cada mes están disponibles en la base de datos de la Unidad de Información Estratégica para la Investigación y Proyección de la Universidad Rafael Landívar.

Número de unidad climática	Código	Nombre
3	1141	Súper húmedo/Muy frío/De lluvia muy alta/Zona lluviosa
4	1221	Súper húmedo/Frío/De lluvia media/Zona lluviosa
5	1231	Súper húmedo/Frío/De lluvia alta/Zona lluviosa
6	1241	Súper húmedo/Frío/De lluvia muy alta/Zona lluviosa
7	1331	Súper húmedo/Templado fresco/De lluvia alta/Zona lluviosa
8	1341	Súper húmedo/Templado fresco/De lluvia muy alta/Zona lluviosa
9	1441	Súper húmedo/Templado cálido/De lluvia muy alta/Zona lluviosa
10	1541	Súper húmedo/Cálido/De lluvia muy alta/Zona lluviosa
11	2112	Muy húmedo/Muy frío/De lluvia baja/Zona no lluviosa
12	2211	Muy húmedo/Frío/De lluvia baja/Zona lluviosa
13	2212	Muy húmedo/Frío/De lluvia baja/Zona no lluviosa
14	2221	Muy húmedo/Frío/De lluvia media/Zona lluviosa
15	2231	Muy húmedo/Frío/De lluvia alta/Zona lluviosa
16	2311	Muy húmedo/Templado fresco/De lluvia baja/Zona lluviosa
17	2312	Muy húmedo/Templado fresco/De lluvia baja/Zona no lluviosa
18	2321	Muy húmedo/Templado fresco/De lluvia media/Zona lluviosa
19	2322	Muy húmedo/Templado fresco/De lluvia media/Zona no lluviosa
20	2331	Muy húmedo/Templado fresco/De lluvia alta/Zona lluviosa
21	2332	Muy húmedo/Templado fresco/De lluvia alta/Zona no lluviosa
22	2341	Muy húmedo/Templado fresco/De lluvia muy alta/Zona lluviosa
23	2421	Muy húmedo/Templado cálido/De lluvia media/Zona lluviosa
24	2422	Muy húmedo/Templado cálido/De lluvia media/Zona no lluviosa
25	2431	Muy húmedo/Templado cálido/De lluvia alta/Zona lluviosa
26	2432	Muy húmedo/Templado cálido/De lluvia alta/Zona no lluviosa
27	2441	Muy húmedo/Templado cálido/De lluvia muy alta/Zona lluviosa
28	2531	Muy húmedo/Cálido/De lluvia alta/Zona lluviosa
29	2541	Muy húmedo/Cálido/De lluvia muy alta/Zona lluviosa
30	3112	Húmedo/Muy frío/De lluvia baja/Zona no lluviosa
31	3211	Húmedo/Frío/De lluvia baja/Zona lluviosa
32	3212	Húmedo/Frío/De lluvia baja/Zona no lluviosa
33	3311	Húmedo/Templado fresco/De lluvia baja/Zona lluviosa
34	3312	Húmedo/Templado fresco/De lluvia baja/Zona no lluviosa
35	3321	Húmedo/Templado fresco/De lluvia media/Zona lluviosa
36	3322	Húmedo/Templado fresco/De lluvia media/Zona no lluviosa
37	3411	Húmedo/Templado cálido/De lluvia baja/Zona lluviosa

Número de unidad climática	Código	Nombre
38	3412	Húmedo/Templado cálido/De lluvia baja/Zona no lluviosa
39	3421	Húmedo/Templado cálido/De lluvia media/Zona lluviosa
40	3422	Húmedo/Templado cálido/De lluvia media/Zona no lluviosa
41	3431	Húmedo/Templado cálido/De lluvia alta/Zona lluviosa
42	3432	Húmedo/Templado cálido/De lluvia alta/Zona no lluviosa
43	3511	Húmedo/Cálido/De lluvia baja/Zona lluviosa
44	3512	Húmedo/Cálido/De lluvia baja/Zona no lluviosa
45	3521	Húmedo/Cálido/De lluvia media/Zona lluviosa
46	3522	Húmedo/Cálido/De lluvia media/Zona no lluviosa
47	3531	Húmedo/Cálido/De lluvia alta/Zona lluviosa
48	3532	Húmedo/Cálido/De lluvia alta/Zona no lluviosa
49	4112	Seco/Muy frío/De lluvia baja/Zona no lluviosa
50	4212	Seco/Frío/De lluvia baja/Zona no lluviosa
51	4311	Seco/Templado fresco/De lluvia baja/Zona lluviosa
52	4312	Seco/Templado fresco/De lluvia baja/Zona no lluviosa
53	4411	Seco/Templado cálido/De lluvia baja/Zona lluviosa
54	4412	Seco/Templado cálido/De lluvia baja/Zona no lluviosa
55	4511	Seco/Cálido/De lluvia baja/Zona lluviosa
56	4512	Seco/Cálido/De lluvia baja/Zona no lluviosa
57	4521	Seco/Cálido/De lluvia media/Zona lluviosa
58	4522	Seco/Cálido/De lluvia media/Zona no lluviosa
59	5112	Muy seco/Muy frío/De lluvia baja/Zona no lluviosa
60	5212	Muy seco/Frío/De lluvia baja/Zona no lluviosa
61	5312	Muy seco/Templado fresco/De lluvia baja/Zona no lluviosa
62	5412	Muy seco/Templado cálido/De lluvia baja/Zona no lluviosa
63	5511	Muy seco/Cálido/De lluvia baja/Zona lluviosa
64	5512	Muy seco/Cálido/De lluvia baja/Zona no lluviosa

Elaboración propia

## 7.1.1 Descripción climática mensual

### A. Enero

En el mes de enero se identificaron 35 unidades climáticas. La unidad climática que tiene mayor representatividad en este mes es la muy seca con clima templado cálido de precipitación baja y representa una zona no lluviosa (5412), cuenta con una extensión territorial de 3,280,373 ha (30.33% del territorio nacional) y se encuentra presente en todos los departamentos del país. Se puede observar que en las unidades climáticas identificadas en este mes la humedad ocurre desde muy húmeda a muy seca dejando afuera el rango súper húmedo, esto debido a que la precipitación es muy baja. Se presentan los cinco niveles de clasificación de temperatura, en la precipitación no hay áreas con lluvias muy altas y en la distribución de la precipitación predominan las zonas no lluviosas, como se explica anteriormente esto no significa que sean áreas que no presenten precipitación si no que no llegan a un umbral de precipitación que las pueda clasificar como zonas lluviosas.

El departamento que presenta una mayor cantidad de unidades climáticas durante este mes es Alta Verapaz, con 22 en total, siendo la mayor unidad la húmeda con clima templado cálido de precipitación baja y representa una zona no lluviosa (3412), constituye el 27.78% del total de ese departamento.

En el *Cuadro 22*, se presentan parte de las unidades climáticas que caracterizan el mes de enero, en el cual se muestra su extensión, así como los departamentos en los que se encuentran. Referirse al *Anexo 2* para visualizar el cuadro completo, en el cual se presentan todas las unidades climáticas identificadas en este mes.

Cuadro 22. Unidades climáticas identificadas en el mes de enero.

Número de unidad climática	Código	Nombre	Extensión territorial (ha)	Departamentos <sup>10</sup> donde se encuentra presente
11	2112	Muy húmedo/Muy frío/De lluvia baja/Zona no lluviosa	93	SAM
18	2321	Muy húmedo/Templado fresco/De lluvia media/Zona lluviosa	10,889	ALV
19	2322	Muy húmedo/Templado fresco/De lluvia media/Zona no lluviosa	7,183	ALV, HUE y QUI
21	2332	Muy húmedo/Templado fresco/De lluvia alta/Zona no lluviosa	965	HUE y QUI
23	2421	Muy húmedo/Templado cálido/De lluvia media/Zona lluviosa	3,646	ALV

Elaboración propia

## B. Febrero

En el mes de febrero se identificaron 23 unidades climáticas. La unidad climática que tiene mayor representatividad en este mes es la muy seca con clima templado cálido de precipitación baja y representa una zona no lluviosa (5412), esta cuenta con una extensión territorial de 3,266,958 ha (30.21% del territorio nacional) y se presenta en todos los departamentos. Se puede observar que en las unidades climáticas identificadas en este mes, la humedad se presenta desde muy húmeda a muy seca dejando afuera el rango súper húmedo, esto debido a que la precipitación es muy baja. Ocurren los cinco niveles de clasificación de temperatura, en la precipitación no existen áreas con lluvias muy altas y en la distribución de la precipitación predominan las zonas no lluviosas con 22 de las 23 unidades climáticas.

<sup>10</sup> Alta Verapaz = ALV, Baja Verapaz = BAV, Chimaltenango = CHI, Chiquimula = CHQ, El Progreso = ELP, Escuintla = ESC, Guatemala = GUA, Huehuetenango = HUE, Izabal = IZA, Jalapa = JAL, Jutiapa = JUT, Petén = PET, Quetzaltenango = QUE, Quiché = QUI, Retalhuleu = RET, Sacatepéquez = SAC, San Marcos = SAM, Santa Rosa = SAR, Sololá = SOL, Suchitepéquez = SUC, Totonicapán = TOT, Zacapa = ZAC



El departamento que presenta una mayor cantidad de unidades climáticas durante este mes es Alta Verapaz, con 16 en total, siendo la mayor unidad la seca con clima templado cálido de precipitación baja y representa una zona no lluviosa (4412), constituye el 39.69% del total de ese departamento.

En el *Cuadro 23*, se presentan parte de las unidades climáticas que caracterizan el mes de febrero, en el cual se muestra su extensión, así como los departamentos en los que se encuentran. Referirse al *Anexo 3* para visualizar el cuadro completo, en el cual se presentan todas las unidades climáticas identificadas en este mes.

**Cuadro 23.** Unidades climáticas identificadas en el mes de febrero.

Número de unidad climática	Código	Nombre	Extensión territorial (ha)	Departamentos donde se encuentra presente
11	2112	Muy húmedo/Muy frío/De lluvia baja/Zona no lluviosa	4	SAM
24	2422	Muy húmedo/Templado cálido/De lluvia media/Zona no lluviosa	121	ALV y HUE
26	2432	Muy húmedo/Templado cálido/De lluvia alta/Zona no lluviosa	1,647	ALV
30	3112	Húmedo/Muy frío/De lluvia baja/Zona no lluviosa	1,914	CHI, HUE, SAC y SAM
32	3212	Húmedo/Frío/De lluvia baja/Zona no lluviosa	17,527	ALV, BAV, ELP, IZA y ZAC

Elaboración propia

### **C. Marzo**

En el mes de marzo se identificaron 20 unidades climáticas y a la vez es el mes que presenta la menor cantidad de unidades climáticas a lo largo del año. La unidad climática que tiene mayor representatividad en este mes es la muy seca con clima cálido de precipitación baja y representa una zona no lluviosa (5512), esta cuenta con una

extensión territorial de 4,554,820 ha (42.11% del territorio nacional) abarcando parte de los departamentos de Huehuetenango, Quiché, Izabal, Alta Verapaz, Baja Verapaz, Guatemala y Jalapa; y la mayor parte del departamento de Petén, todo el corredor seco y la parte sur del país. Se puede observar que en las unidades climáticas identificadas en este mes la humedad se presenta desde muy húmeda a muy seca dejando afuera el rango súper húmedo, esto también debido a que la precipitación es muy baja. Ocurren los cinco niveles de clasificación de temperatura, en la precipitación no existen áreas con lluvias muy altas y en la distribución de la precipitación 18 de las 20 unidades climáticas representan zonas no lluviosas.

El departamento que presenta una mayor cantidad de unidades climáticas durante este mes es San Marcos, con 14 en total, siendo la mayor unidad la muy seca con clima templado fresco de precipitación baja y representa una zona no lluviosa (5312), constituye el 29.55% del total de ese departamento.

En el *Cuadro 24*, se presentan parte de las unidades climáticas que caracterizan el mes de marzo, en el cual se muestra su extensión, así como los departamentos en los que se encuentran. Referirse al *Anexo 4* para visualizar el cuadro completo, en el cual se presentan todas las unidades climáticas identificadas en este mes.

Cuadro 24. Unidades climáticas identificadas en el mes de marzo.

Número de unidad climática	Código	Nombre	Extensión territorial (ha)	Departamentos donde se encuentra presente
11	2112	Muy húmedo/Muy frío/De lluvia baja/Zona no lluviosa	23	SAM
30	3112	Húmedo/Muy frío/De lluvia baja/Zona no lluviosa	416	CHI, HUE, SAC y SAM
32	3212	Húmedo/Frío/De lluvia baja/Zona no lluviosa	5,430	ALV, BAV, CHI, HUE, SAM y ZAC
34	3312	Húmedo/Templado fresco/De lluvia baja/Zona no lluviosa	69,763	ALV, BAV y ZAC

Número de unidad climática	Código	Nombre	Extensión territorial (ha)	Departamentos donde se encuentra presente
38	3412	Húmedo/Templado cálido/De lluvia baja/Zona no lluviosa	180,036	ALV, HUE, QUI y SAM

Elaboración propia

#### **D. Abril**

En el mes de abril se identificaron 29 unidades climáticas. La unidad climática que tiene mayor representatividad en este mes es la muy seca con clima cálido de precipitación baja y representa una zona no lluviosa (5512), cuenta con una extensión territorial de 4,890,196 ha (45.21% del territorio nacional) abarcando la mayor parte en los departamentos de Huehuetenango, Baja Verapaz, Alta Verapaz, Izabal y Jalapa; y todo el corredor seco, mayor parte del departamento de Chiquimula y toda la zona costera del pacífico. Se puede observar que en las unidades climáticas identificadas en este mes la humedad se da desde muy húmeda a muy seca dejando afuera el rango súper húmedo, esto debido a que la precipitación es muy baja. Se presentan los cinco niveles de clasificación de temperatura, en la precipitación no existen áreas con lluvias muy altas y en la distribución de la precipitación predominan las zonas no lluviosas con 18 de las 29 unidades climáticas.

El departamento que presenta una mayor cantidad de unidades climáticas durante este mes es San Marcos, con 24 en total, siendo la mayor unidad la seca con clima templado fresco de precipitación baja y representa una zona no lluviosa (4312), representa el 20.70% del total de ese departamento.

En el *Cuadro 25*, se presentan parte de las unidades climáticas que caracterizan el mes de abril, en el cual se muestra su extensión, así como los departamentos en los que se encuentran. Referirse al *Anexo 5* para visualizar el cuadro completo, en el cual se presentan todas las unidades climáticas identificadas en este mes.

Cuadro 25. Unidades climáticas identificadas en el mes de abril.

Número de unidad climática	Código	Nombre	Extensión territorial (ha)	Departamentos donde se encuentra presente
11	2112	Muy húmedo/Muy frío/De lluvia baja/Zona no lluviosa	156	SAM
13	2212	Muy húmedo/Frío/De lluvia baja/Zona no lluviosa	6,411	SAC, CHI, SAM y HUE
25	2431	Muy húmedo/Templado cálido/De lluvia alta/Zona lluviosa	10,139	SAM
28	2531	Muy húmedo/Cálido/De lluvia alta/Zona lluviosa	23,105	SAM
31	3211	Húmedo/Frío/De lluvia baja/Zona lluviosa	25,648	SAM, QUI y HUE

Elaboración propia

### E. Mayo

En el mes de mayo se identificaron 37 unidades climáticas. La unidad climática que tiene mayor representatividad en este mes es la húmeda con clima cálido de precipitación media y representa una zona lluviosa (3521), cuenta con una extensión territorial de 3,048,154 ha (28.18% del territorio nacional) abarcando parte de los departamentos de Petén, Huehuetenango, Quiché, Baja Verapaz, Alta Verapaz, Izabal, Zacapa, El progreso, Chiquimula, Jutiapa, Chimaltenango, Guatemala, Escuintla, Santa Rosa, Suchitepéquez, Retalhuleu, Quetzaltenango y San Marcos. Se puede observar que en las unidades climáticas identificadas en este mes empiezan a presentarse los cinco rangos de humedad, esto debido a que la precipitación es muy alta. Ocurren los cinco niveles de clasificación de temperatura, se empieza a presentar los cuatro rangos de precipitación y en la distribución de la precipitación predominan las zonas lluviosas con 28 de las 37 unidades climáticas.

Los departamentos que presentan una mayor cantidad de unidades climáticas durante este mes son Huehuetenango y San Marcos, con 23 en total cada uno. Para Huehuetenango la mayor unidad es la húmeda con clima templado fresco de precipitación baja y representa una zona lluviosa (3311), constituye el 25.70% del total de ese departamento. Para San Marcos la mayor unidad es la muy húmeda con clima templado fresco de precipitación media y representa una zona lluviosa (2321), constituye el 25.50% del total de ese departamento.

En el *Cuadro 26*, se presentan parte de las unidades climáticas que caracterizan el mes de mayo, en el cual se muestra su extensión, así como los departamentos en los que se encuentran. Referirse al *Anexo 6* para visualizar el cuadro completo, en el cual se presentan todas las unidades climáticas identificadas en este mes.

**Cuadro 26. Unidades climáticas identificadas en el mes de mayo.**

Número de unidad climática	Código	Nombre	Extensión territorial (ha)	Departamentos donde se encuentra presente
2	1131	Súper húmedo/Muy frío/De lluvia alta/Zona lluviosa	104	SAM
4	1221	Súper húmedo /Frío/De lluvia media/Zona lluviosa	13,187	TOT, SAM y HUE
5	1231	Súper húmedo /Frío/De lluvia alta/Zona lluviosa	3,918	ELP, ZAC, ESC, QUE, SOL, CHI, SAC y SAM
9	1441	Súper húmedo /Templado cálido/De lluvia muy alta/Zona lluviosa	25,054	RET, SOL, SUC, QUE y SAM
10	1541	Súper húmedo/Cálido/De lluvia muy alta/Zona lluviosa	16,737	SAM

Elaboración propia

## **F. Junio**

En el mes de junio se identificaron 22 unidades climáticas. La unidad climática que tiene mayor representatividad en este mes es la húmeda con clima cálido de precipitación alta

y representa una zona lluviosa (3531), cuenta con una extensión territorial de 2,837,614 ha (26.24% del territorio nacional) abarcando la mayor parte del departamento de Petén y parte de los departamentos de Izabal, Baja Verapaz, El Progreso, Zacapa, Chiquimula, Jutiapa, Jalapa, Guatemala, Escuintla, Suchitepéquez, Retalhuleu y San Marcos. Se puede observar que en las unidades climáticas identificadas en este mes la humedad se presenta desde súper húmeda a seca dejando de existir el rango muy seco, ocurren los cinco niveles de clasificación de temperatura, se presentan los cuatro rangos de precipitación y en la distribución de la precipitación todas las unidades climáticas tienen la característica de ser zonas lluviosas.

El departamento que presenta una mayor cantidad de unidades climáticas durante este mes es El Progreso, con 15 en total, siendo la mayor unidad la húmeda con clima cálido de precipitación media y representa una zona lluviosa (3521), constituye el 37.57% del total de ese departamento.

En el *Cuadro 27*, se presentan parte de las unidades climáticas que caracterizan el mes de junio, en el cual se muestra su extensión, así como los departamentos en los que se encuentran. Referirse al *Anexo 7* para visualizar el cuadro completo, en el cual se presentan todas las unidades climáticas identificadas en este mes.

Cuadro 27. Unidades climáticas identificadas en el mes de junio.

Número de unidad climática	Código	Nombre	Extensión territorial (ha)	Departamentos donde se encuentra presente
3	1141	Súper húmedo/Muy frío/De lluvia muy alta/Zona lluviosa	102	SAM
5	1231	Súper húmedo /Frío/De lluvia alta/Zona lluviosa	134,417	CHI, QUI, SOL, TOT, QUE, SAM y HUE
6	1241	Súper húmedo/Frío/De lluvia muy alta/Zonal lluviosa	4,827	ALV, BAV, QUE, SOL, ELP, ZAC, ESC, SAM, CHI y SAC
7	1331	Súper húmedo/Templado fresco/De lluvia alta/Zona lluviosa	68,045	SUC, TOT, BAV, SOL, CHI, QUI, QUE, HUE y SAM

Número de unidad climática	Código	Nombre	Extensión territorial (ha)	Departamentos donde se encuentra presente
8	1341	Súper húmedo/Templado fresco/De lluvia muy alta/Zona lluviosa	202,431	SUC, ESC, HUE, IZA, SOL, CHQ, CHI, SAR, SAC, QUE, JUT, GUA, BAV, ZAC, ELP, SAM, JAL y ALV

Elaboración propia

### G. Julio

En el mes de julio se identificaron 30 unidades climáticas. La unidad climática que tiene mayor representatividad en este mes es la húmeda con clima cálido de precipitación media y representa una zona lluviosa (3521), cuenta con una extensión territorial de 1,986,410 ha (18.37% del territorio nacional) presentándose principalmente los departamentos de Quetzaltenango, Suchitepéquez, San Marcos, Chimaltenango, El Progreso, Petén, Izabal, Zacapa, Chiquimula, Baja Verapaz, Jutiapa, Jalapa, Huehuetenango, Santa Rosa, Quiché, Guatemala y Retalhuleu. Se puede observar que en las unidades climáticas identificadas en este mes la humedad se presenta desde Súper húmeda a seca sin presentarse el rango muy seco, ocurren los cinco niveles de clasificación de temperatura, se presentan los cuatro rangos de precipitación y en la distribución de la precipitación todas las unidades climáticas tienen la característica de ser zonas lluviosas.

Los departamentos que presentan una mayor cantidad de unidades climáticas durante este mes son Quiché, Huehuetenango y San Marcos, con 20 en total cada uno. Para Quiché la mayor unidad es la muy húmeda con clima cálido de precipitación muy alta y representa una zona lluviosa (2541), constituye el 17.55% del total de ese departamento. Para Huehuetenango y San Marcos la mayor unidad es la muy húmeda con clima templado fresco de precipitación media y representa una zona lluviosa (2321); para Huehuetenango constituye el 19.16% del total de ese departamento y para San Marcos constituye el 28.98% del total de ese departamento.

En el *Cuadro 28*, se presentan parte de las unidades climáticas que caracterizan el mes de julio, en el cual se muestra su extensión, así como los departamentos en los que se encuentran. Referirse al *Anexo 8* para visualizar el cuadro completo, en el cual se presentan todas las unidades climáticas identificadas en este mes.

**Cuadro 28.** Unidades climáticas identificadas en el mes de julio.

Número de unidad climática	Código	Nombre	Extensión territorial (ha)	Departamentos donde se encuentra presente
2	1131	Súper húmedo/Muy frío/De lluvia alta/Zona lluviosa	125	SAM
4	1221	súper húmedo /Frío/De lluvia media/Zona lluviosa	7,894	SOL, QUE, SAM, TOT, QUI y HUE
5	1231	Súper húmedo /Frío/De lluvia alta/Zona lluviosa	31,414	QUI, ESC, SOL, QUE, TOT, CHI, SAC, SAM y HUE
6	1241	Súper húmedo/Frío/De lluvia muy alta/Zonal lluviosa	1,361	ALV, BAV, ELP y ZAC
7	1331	Súper húmedo/Templado fresco/De lluvia alta/Zona lluviosa	5,166	ALV, BAV, ELP, ESC, SAC, CHQ, GUA, SAM y JAL

Elaboración propia

## H. Agosto

En el mes de agosto se identificaron 31 unidades climáticas. La unidad climática que tiene mayor representatividad en este mes es la húmeda con clima cálido de precipitación alta y representa una zona lluviosa (3531), cuenta con una extensión territorial de 1,963,329 ha (18.15% del territorio nacional) presentándose en los departamentos de Quetzaltenango, Suchitepéquez, San Marcos, Escuintla, El Progreso, Petén, Izabal, Zacapa, Chiquimula, Baja Verapaz, Alta Verapaz, Jutiapa, Huehuetenango, Santa Rosa, Quiché y Retalhuleu. Se puede observar que en las unidades climáticas identificadas en este mes la humedad abarca desde el rango muy húmedo y vuelve a aparecer el rango muy seco, se presentan los cinco niveles de clasificación de temperatura, ocurren los cuatro rangos de precipitación y en la distribución de la precipitación todas las unidades climáticas tienen la característica de ser zonas lluviosas.



El departamento de Quiché presenta la mayor cantidad de unidades climáticas durante este mes, con 22 en total, siendo la mayor unidad la muy húmeda con clima cálido de precipitación muy alta y representa una zona lluviosa (2541), constituye el 24.54% del total de ese departamento.

En el *Cuadro 29*, se presentan parte de las unidades climáticas que caracterizan el mes de agosto, en el cual se muestra su extensión, así como los departamentos en los que se encuentran. Referirse al *Anexo 9* para visualizar el cuadro completo, en el cual se presentan todas las unidades climáticas identificadas en este mes.

Cuadro 29. Unidades climáticas identificadas en el mes de agosto.

Número de unidad climática	Código	Nombre	Extensión territorial (ha)	Departamentos donde se encuentra presente
2	1131	Súper húmedo/Muy frío/De lluvia alta/Zona lluviosa	71	SAM
3	1141	Súper húmedo/Muy frío/De lluvia muy alta/Zona lluviosa	87	SAM
4	1221	Súper húmedo /Frío/De lluvia media/Zona lluviosa	52	HUE
5	1231	Súper húmedo /Frío/De lluvia alta/Zona lluviosa	90,545	QUE, SUC, TOT, SAC, SAM, CHI, SOL, ESC, HUE y QUI
6	1241	Súper húmedo/Frío/De lluvia muy alta/Zonal lluviosa	1,629	SAC, CHI, ESC, ELP, ZAC, BAV y ALV

Elaboración propia

## I. Septiembre

En el mes de septiembre se identificaron 23 unidades climáticas. La unidad climática que tiene mayor representatividad en este mes es la muy húmeda con clima cálido de precipitación muy alta y representa una zona lluviosa (2541), cuenta con una extensión territorial de 2,656,723 ha (24.56% del territorio nacional) presentándose principalmente

en el norte del país en los departamentos de Petén, Huehuetenango, Quiché, Alta Verapaz, Baja Verapaz, Zacapa e Izabal y en el sur del país en los departamentos de Jutiapa, Santa Rosa, Escuintla, Chimaltenango, Suchitepéquez, Retalhuleu, Quetzaltenango y San Marcos. Se puede observar que en las unidades climáticas identificadas en este mes la humedad abarca desde el rango muy húmedo a húmedo dejando de existir los rangos de seco y muy seco, se presentan los cinco niveles de clasificación de temperatura, ocurren los cuatro rangos de precipitación y en la distribución de la precipitación todas las unidades climáticas tienen la característica de ser zonas lluviosas.

El departamento de Quiché presenta la mayor cantidad de unidades climáticas durante este mes, con 17 en total, siendo la mayor unidad la muy húmeda con clima templado cálido de precipitación alta y representa una zona lluviosa (2431), constituye el 21.31% del total de ese departamento

En el *Cuadro 30*, se presentan parte de las unidades climáticas que caracterizan el mes de septiembre, en el cual se muestra su extensión, así como los departamentos en los que se encuentran. Referirse al *Anexo 10* para visualizar el cuadro completo, en el cual se presenta todas las unidades climáticas identificadas en este mes.

Cuadro 30. Unidades climáticas identificadas en el mes de septiembre.

Código de unidad climática	Valor	Nombre	Extensión territorial (ha)	Departamentos donde se encuentra presente
3	1141	Súper húmedo/Muy frío/De lluvia muy alta/Zona lluviosa	136	SAM
5	1231	Súper húmedo /Frío/De lluvia alta/Zona lluviosa	109,710	SOL, QUI, TOT, QUE, SAM y HUE
6	1241	Súper húmedo/Frío/De lluvia muy alta/Zonal lluviosa	47,588	QUE, SUC, TOT, SAC, SAM, CHI, SOL, ESC, ELP, ZAC, , BAV, ALV y HUE

Código de unidad climática	Valor	Nombre	Extensión territorial (ha)	Departamentos donde se encuentra presente
7	1331	Súper húmedo/Templado fresco/De lluvia alta/Zona lluviosa	92,622	QUE, TOT, SAC, SAM, CHI, SOL, HUE, QUI y GUA
8	1341	Súper húmedo/Templado fresco/De lluvia muy alta/Zona lluviosa	231,727	QUE, SUC, SAC, SAM, CHI, SOL, ESC, ELP, IZA, ZAC, CHQ, BAV, ALV, JUT, JAL, HUE, SAR, QUI y GUA

Elaboración propia

## J. Octubre

En el mes de octubre se identificaron 29 unidades climáticas. La unidad climática que tiene mayor representatividad en este mes es la húmeda con clima cálido de precipitación alta y representa una zona lluviosa (3531), cuenta con una extensión territorial de 1,932,714 ha (17.87% del territorio nacional) presentándose principalmente en el norte del país en los departamentos de Huehuetenango, Quiché, Petén, Alta Verapaz, Baja Verapaz e Izabal y al sur del país en los departamentos de Jutiapa, Chimaltenango, Guatemala, Santa Rosa, Escuintla, Suchitepéquez, Retalhuleu, Quetzaltenango y San Marcos. Se puede observar que en las unidades climáticas identificadas en este mes la humedad abarca desde el rango súper húmedo a muy seco volviendo a aparecer todos los rangos de humedad, se presentan los cinco niveles de clasificación de temperatura, ocurren los cuatro rangos de precipitación y en la distribución de la precipitación todas las unidades climáticas tienen la característica de ser zonas lluviosas.

Los departamentos de Quiché, San Marcos y Huehuetenango presentan la mayor cantidad de unidades climáticas durante este mes, con 20 en total cada uno. Para Quiché la mayor unidad es la muy húmeda con clima cálido de precipitación muy alta y representa una zona lluviosa (2541), constituye el 20.99% del total de ese departamento. Para San Marcos y Huehuetenango la mayor unidad es la muy húmeda con clima templado cálido de precipitación media y representa una zona lluviosa (2321); para San Marcos constituye

el 28.42% del total de ese departamento y para Huehuetenango constituye el 24.78% del total de ese departamento.

En el *Cuadro 31*, se presentan parte de las unidades climáticas que caracterizan el mes de octubre, en el cual se muestra su extensión, así como los departamentos en los que se encuentran. Referirse al *Anexo 11* para visualizar el cuadro completo, en el cual se presentan todas las unidades climáticas identificadas en este mes.

**Cuadro 31. Unidades climáticas identificadas en el mes de octubre.**

Número de unidad climática	Código	Nombre	Extensión territorial (ha)	Departamentos donde se encuentra presente
2	1131	Súper húmedo/Muy frío/De lluvia alta/Zona lluviosa	213	HUE y SAM
4	1221	Súper húmedo /Frío/De lluvia media/Zona lluviosa	34,410	QUE, TOT, SAM, SOL, HUE y QUI
5	1231	Súper húmedo /Frío/De lluvia alta/Zona lluviosa	12,639	QUE, SAC, SAM, CHI, SOL, ESC, ELP, ZAC, BAV, ALV, JAL y HUE
7	1331	Súper húmedo/Templado fresco/De lluvia alta/Zona lluviosa	22,734	ELP, ZAC, CHQ, BAV y ALV
8	1341	Súper húmedo/Templado fresco/De lluvia muy alta/Zona lluviosa	41,520	QUE, SAM, IZA, ZAC, CHQ, ALV, HUE y QUI

Elaboración propia

## **K. Noviembre**

En el mes de noviembre se identificaron 48 unidades climáticas lo cual implica que es el mes que presenta la mayor cantidad de unidades climáticas. La unidad climática que tiene mayor representatividad en este mes es la húmeda con clima templado cálido de precipitación media y representa una zona lluviosa (3421), cuenta con una extensión territorial de 1,508,986 ha (13.95% del territorio nacional) presentándose principalmente

en el norte del país en los departamentos de Petén, Alta Verapaz, Baja Verapaz, Izabal, Huehuetenango y Quiché, también se presenta en pequeñas áreas en los departamentos de Zacapa, Suchitepéquez, Retalhuleu, Quetzaltenango, San Marcos y Sololá. Se puede observar que en las unidades climáticas identificadas en este mes la humedad abarca desde el rango súper húmedo a muy seco, se presentan los cinco niveles de clasificación de temperatura, ocurren los cuatro rangos de precipitación y en la distribución de la precipitación predominan las unidades climáticas de zonas lluviosas siendo estas 25 de las 48 que se presentan en el mes.

El departamento que presenta la mayor cantidad de unidades climáticas durante este mes es Huehuetenango, con 29 en total, siendo la mayor unidad la seca con clima templado fresco de precipitación baja y representa una zona no lluviosa (4312), constituye el 17.74% del total de ese departamento.

En el *Cuadro 32*, se presentan parte de las unidades climáticas que caracterizan el mes de noviembre, en el cual se muestra su extensión, así como los departamentos en los que se encuentran. Referirse al *Anexo 12* para visualizar el cuadro completo, en el cual se presentan todas las unidades climáticas identificadas en este mes.

**Cuadro 32. Unidades climáticas identificadas en el mes de noviembre.**

Número de unidad climática	Código	Nombre	Extensión territorial (ha)	Departamentos donde se encuentra presente
1	1112	Súper húmedo/Muy frío/De lluvia baja/Zona no lluviosa	9	SAM
9	1441	Súper húmedo /Templado cálido/De lluvia muy alta/Zona lluviosa	10,291	QUI, HUE y ALV
11	2112	Muy húmedo/Muy frío/De lluvia baja/Zona no lluviosa	668	SAC, CHI, HUE y SAM
12	2211	Muy húmedo/Frío/De lluvia baja/Zona lluviosa	1,899	ELP

Número de unidad climática	Código	Nombre	Extensión territorial (ha)	Departamentos donde se encuentra presente
13	2212	Muy húmedo/Frío/De lluvia baja/Zona no lluviosa	8,092	ESC, SAC, CHI y HUE

Elaboración propia

## L. Diciembre

En el mes de diciembre se identificaron 41 unidades climáticas. La unidad climática que tiene mayor representatividad en este mes es la seca con clima templado cálido de precipitación baja y representa una zona lluviosa (4411), cuenta con una extensión territorial de 2,216,895 ha (20.50% del territorio nacional) presentándose principalmente en el norte del país en los departamentos de Petén, Izabal y Zacapa. Se puede observar que en las unidades climáticas identificadas en este mes la humedad abarca desde el rango muy húmedo a muy seco dejando de existir el rango súper húmedo, se presentan los cinco niveles de clasificación de temperatura, ocurren los cuatro rangos de precipitación y en la distribución de la precipitación predominan las unidades climáticas de zonas no lluviosas siendo estas 24 de las 41 que se presentan en el mes.

El departamento que presenta mayor cantidad de unidades climáticas durante este mes es Alta Verapaz, con 29 en total, siendo la mayor unidad la húmeda con clima templado cálido de precipitación media y representa una zona lluviosa (3421), constituye el 40.08% del total de ese departamento.

En el *Cuadro 33*, se presentan parte de las unidades climáticas que caracterizan el mes de diciembre, en el cual se muestra su extensión, así como los departamentos en los que se encuentran. Referirse al *Anexo 13* para visualizar el cuadro completo, en el cual se presentan todas las unidades climáticas identificadas en este mes.

Cuadro 33. Unidades climáticas identificadas en el mes de diciembre.

Número de unidad climática	Código	Nombre	Extensión territorial (ha)	Departamentos donde se encuentra presente
11	2112	Muy húmedo/Muy frío/De lluvia baja/Zona no lluviosa	48	SAM
13	2212	Muy húmedo/Frío/De lluvia baja/Zona no lluviosa	1,106	IZA, BAV, ALV y ZAC
17	2312	Muy húmedo/Templado fresco/De lluvia baja/Zona no lluviosa	254	ALV
18	2321	Muy húmedo/Templado fresco/De lluvia media/Zona lluviosa	27,045	QUI, HUE y ALV
19	2322	Muy húmedo/Templado fresco/De lluvia media/Zona no lluviosa	2,233	HUE y ALV

Elaboración propia

Con base en la descripción de cada uno de los anteriores meses se puede observar que los meses de febrero, marzo y abril se caracterizan por unidades climáticas muy secas; mayo, junio, julio, agosto, octubre y noviembre por unidades húmedas; septiembre por unidades muy húmedas; y enero y diciembre por unidades secas. A partir del mes de mayo se empiezan a presentar zonas muy húmedas. En junio deja de existir la zona muy seca, en agosto reaparece el rango de humedad muy seco, posteriormente en septiembre dejan de aparecer los rangos de humedad muy secos y secos. En octubre reaparecen los cinco rangos de humedad y en diciembre deja de aparecer el rango súper húmedo.

Los meses de junio, julio, agosto, septiembre y octubre presentan únicamente unidades climáticas de zonas lluviosas; en cuanto a los meses restantes se presentan zonas lluviosas y no lluviosas.

Se pudo observar que las variables de humedad y precipitación son factores importantes para proveer información preliminar sobre las características climáticas de cada mes, ya

que estas variables brindan rasgos distintivos entre las unidades climáticas los cuales permiten identificarlas. En comparación con la variable de temperatura la cual se presenta invariablemente durante la mayoría de meses, pero permite ampliar las características de cada una de las unidades climáticas.



## 7.2 TEMPORALIDAD CLIMÁTICA EN GUATEMALA

La temporalidad climática en Guatemala se pudo comprobar estadísticamente mediante un análisis clúster obteniendo como resultados dos temporadas climáticas, siendo la primera la época lluviosa y la segunda la época seca. En la *Figura 7* se puede observar el dendrograma obtenido del análisis, en donde se pueden diferenciar esas primeras dos temporadas que se pueden identificar. En el indicado dendrograma se muestra un grupo conformado por los meses de noviembre a abril (aunque no en ese orden), que se caracterizan por presentar valores de precipitación bajos en la mayor parte del territorio nacional (menores a 600 mm), denominándose por lo tanto como época seca. En el segundo grupo se encuentran agrupados los meses de mayo a octubre, que se caracterizan por presentar valores de precipitación altos en la mayor parte del territorio nacional (mayores a 1,200 mm), denominándose por lo tanto como época lluviosa.

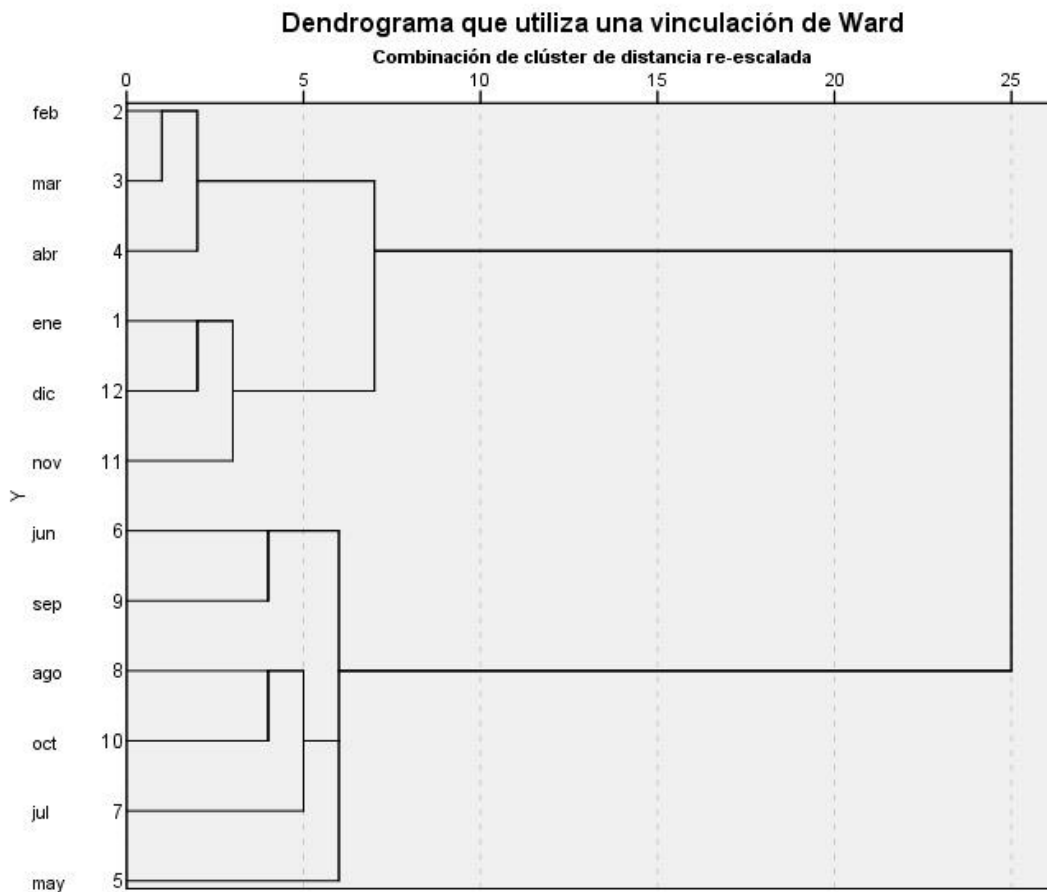


Figura 7. Dendrograma resultante del análisis estadístico clúster.

Si en la figura anterior, se traza una línea en el punto 5.5 del eje superior, se forman tres grupos, en este caso el grupo de temporalidad seca se divide en dos, fría y seca; el tercer grupo que es el de temporalidad lluviosa, aunque cuenta con subdivisiones, todas estas se encuentran dentro de ese gran grupo, contrario a la época seca en la que se diferencian de una mejor forma las dos ramas que la componen.

Con base en el estudio del Iarna-URL (2004) en Guatemala ocurren tres temporadas climáticas las cuales fueron identificadas por los patrones climáticos a lo largo del tiempo, estas se determinaron sin comprobación estadística ni especificación de unidades climáticas sino que de manera general se dice que en el país los periodos estacionales son temporada fría o de “nortes”, cálida o de olas de calor y de lluvias. Las características de las dos temporadas climáticas resultantes de esta investigación son similares tal y como se percibía intuitivamente tanto por el estudio que presenta el Iarna como por la población en general, sin embargo las características y períodos que abarcan las temporalidades descritas en el presente estudio, son un tanto diferentes. A continuación se describen los principales hallazgos de esta investigación.

### **7.2.1 Temporalidad lluviosa**

La temporalidad lluviosa se presenta durante los meses de mayo a octubre. Durante esta temporada que se caracteriza por el incremento de la precipitación se pueden identificar 28 unidades climáticas y su característica principal es que el 69.67% del territorio del país presenta los rangos de lluvia muy alta y alta, es decir que la mayor parte del territorio presenta una precipitación mayor a 1,200 mm. Entre todas las unidades climáticas se presentan cuatro rangos de humedad dejando fuera el rango muy seco; y en cuanto a la temperatura se presentan los cinco rangos. La unidad climática con mayor extensión territorial es la húmeda con clima cálido y precipitación alta (353) con una extensión de 2,109,031 ha (19.50% del territorio nacional) y se distribuye en los departamentos de Alta Verapaz, El Progreso, Quiché, Chimaltenango, Guatemala, Baja Verapaz, Chiquimula, Huehuetenango, Quetzaltenango, San Marcos, Zacapa, Santa Rosa, Suchitepéquez, Retalhuleu, Jutiapa, Escuintla, Izabal y Petén.

En el *Cuadro 34*, se presentan parte de las unidades climáticas que caracterizan a la temporalidad lluviosa. Referirse al *Anexo 14* para visualizar el cuadro completo que presenta todas las unidades climáticas identificadas en esta temporalidad. En la *Figura 8* se presenta una gráfica sobre la distribución de dichas unidades climáticas.

Cuadro 34. Unidades climáticas identificadas en la temporada lluviosa.

Número de unidad climática	Código	Nombre	Extensión territorial (ha)
1	113	Súper húmedo/Muy frío/De lluvia alta	124
2	114	Súper húmedo/Muy frío/De lluvia muy alta	11
3	123	Súper húmedo/Frío/De lluvia alta	89,320
4	124	Súper húmedo/Frío/De lluvia muy alta	1,473
5	133	Súper húmedo/Templado fresco/De lluvia alta	12,426

Elaboración propia

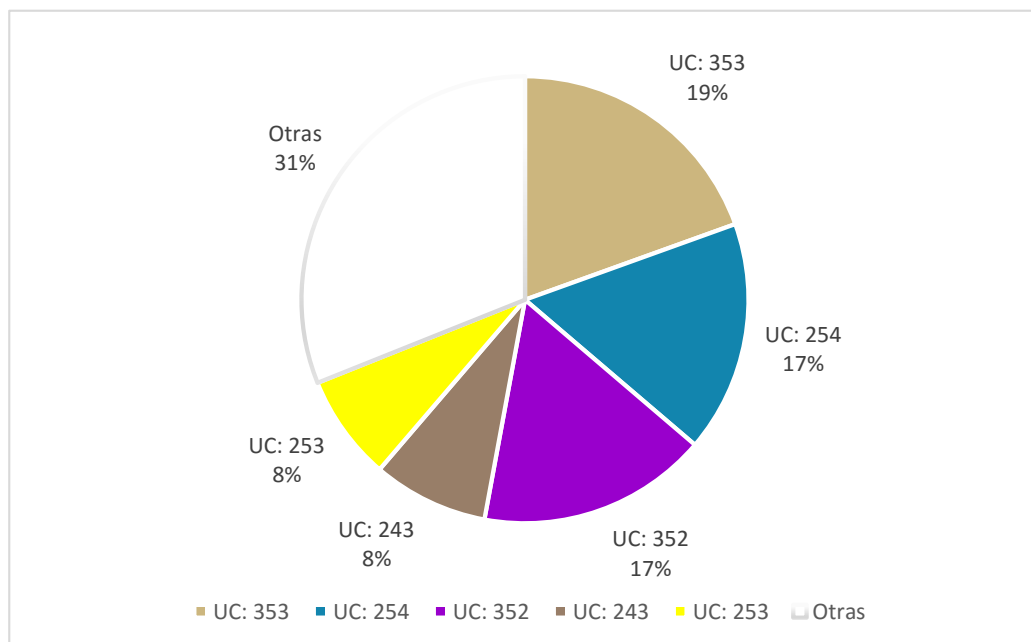


Figura 8. Distribución de unidades climáticas de la temporalidad lluviosa.

En la *Figura 8* se puede observar con un sombreado de colores (similar a su coloración en el mapa de la *Figura 9*) las cinco unidades climáticas más grandes en extensión territorial las cuales abarcan el 69% del territorio nacional en comparación con todas las 23 unidades climáticas restantes que abarcan el 31% del territorio.

En el siguiente mapa<sup>11</sup> (*Figura 9*) se puede observar la distribución de las unidades climáticas que se presentan en la temporalidad lluviosa.

---

<sup>11</sup> La mejor manera de consultar los mapas temporalidad climática presentados en esta investigación es en su versión digital, ya que por la escala de impresión es muy pequeña para poder apreciar en su totalidad las unidades climáticas. Estos mapas, como los de las unidades climáticas mensuales, están disponibles en formato grid en la base de datos de la Unidad de Información Estratégica para la Investigación y Proyección de la Universidad Rafael Landívar.

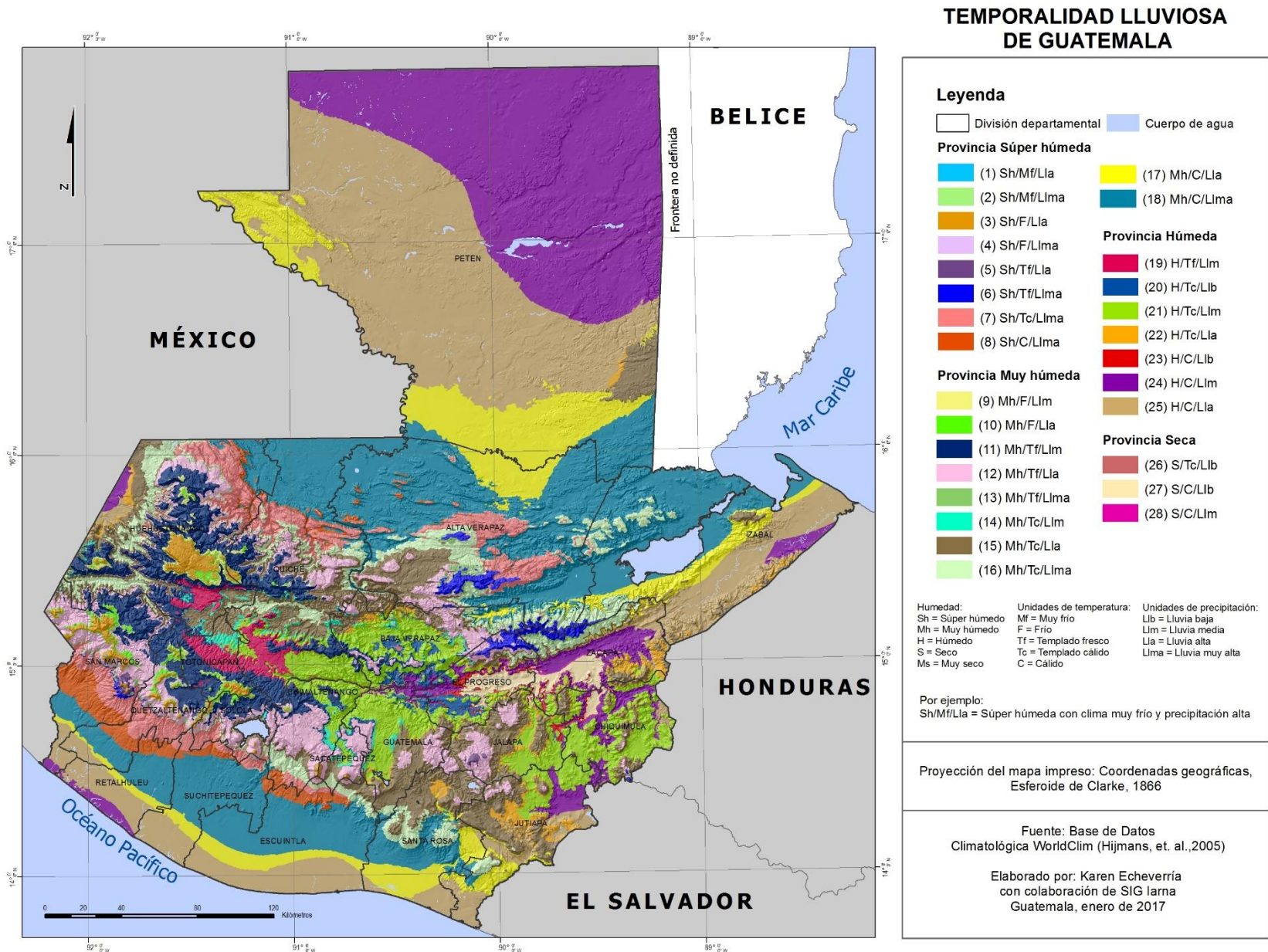


Figura 9. Mapa de unidades climáticas que se presentan durante la temporalidad lluviosa en Guatemala.

## 7.2.2 Temporalidad seca

La temporalidad seca ocurre durante los meses de noviembre a abril. De acuerdo al análisis clúster realizado, se pudo establecer que esta temporalidad se puede dividir en dos grupos, porque a pesar de su similitud en la baja precipitación que presentaron estos meses, sí existe diferencia en su temperatura, razón por la cual se nombró a esos dos grupos: temporada seca cálida y temporada seca fría. A continuación se describen ambas temporalidades.

### A. Temporalidad seca cálida

La temporada seca cálida se presenta durante los meses de febrero a abril. Para esta temporalidad se identificaron 17 unidades climáticas y sus principales características son que el 100% del territorio presenta lluvia baja y media, es decir que la mayor parte del territorio presenta una precipitación menor a 600 mm; además el 84.35% presenta temperaturas templadas cálidas y cálidas es decir que la mayor parte del territorio presenta una temperatura mayor a 18°C. Los rangos de humedad se presentan desde muy húmedo a muy seco. La unidad climática con mayor extensión territorial es la muy seca con clima cálido y precipitación baja (551) con una extensión de 4,479,775 ha (41.42% del territorio nacional) y se distribuye en todos los departamentos a excepción de Sololá y Totonicapán.

En el *Cuadro 35*, se presentan todas las unidades climáticas que caracterizan a la temporalidad seca cálida. Referirse al *Anexo 15* para visualizar el cuadro completo que presenta todas las unidades climáticas identificadas en esta temporalidad. En la *Figura 10* se presenta una gráfica sobre la distribución de dichas unidades climáticas.

Cuadro 35. Unidades climáticas identificadas en la temporalidad seca cálida.

Número	Valor	Nombre	Extensión territorial (ha)
1	211	Muy húmedo/Muy frío/De lluvia baja	108
2	311	Húmedo/Muy frío/De lluvia baja	560

Número	Valor	Nombre	Extensión territorial (ha)
3	321	Húmedo/Frío/De lluvia baja	32,223
4	331	Húmedo/Templado fresco/De lluvia baja	94,367
5	341	Húmedo/Templado cálido/De lluvia baja	178,378

Elaboración propia

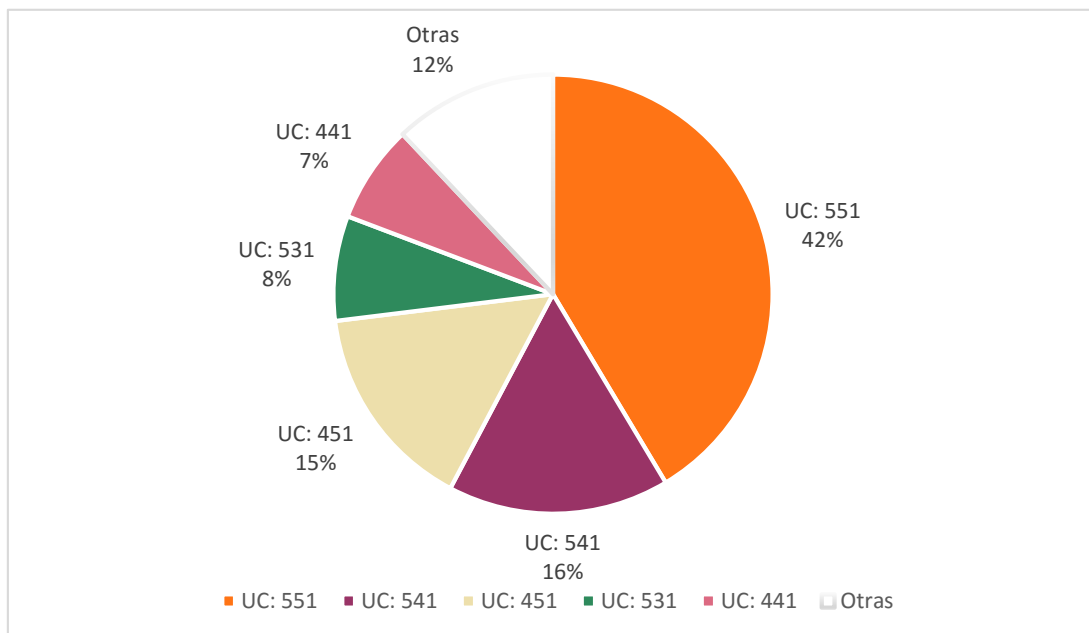


Figura 10. Distribución de unidades climáticas de la temporalidad seca cálida.

En la *Figura 10* se puede observar con un sombreado de colores (similar a su coloración en el mapa de la *Figura 11*) las cinco unidades climáticas más grandes en extensión territorial las cuales abarcan el 88% del territorio nacional en comparación con todas las 12 unidades climáticas restantes que abarcan el 12% del territorio.

En el siguiente mapa (*Figura 11*) se puede observar la distribución de las unidades climáticas que se presentan en la temporalidad seca cálida.

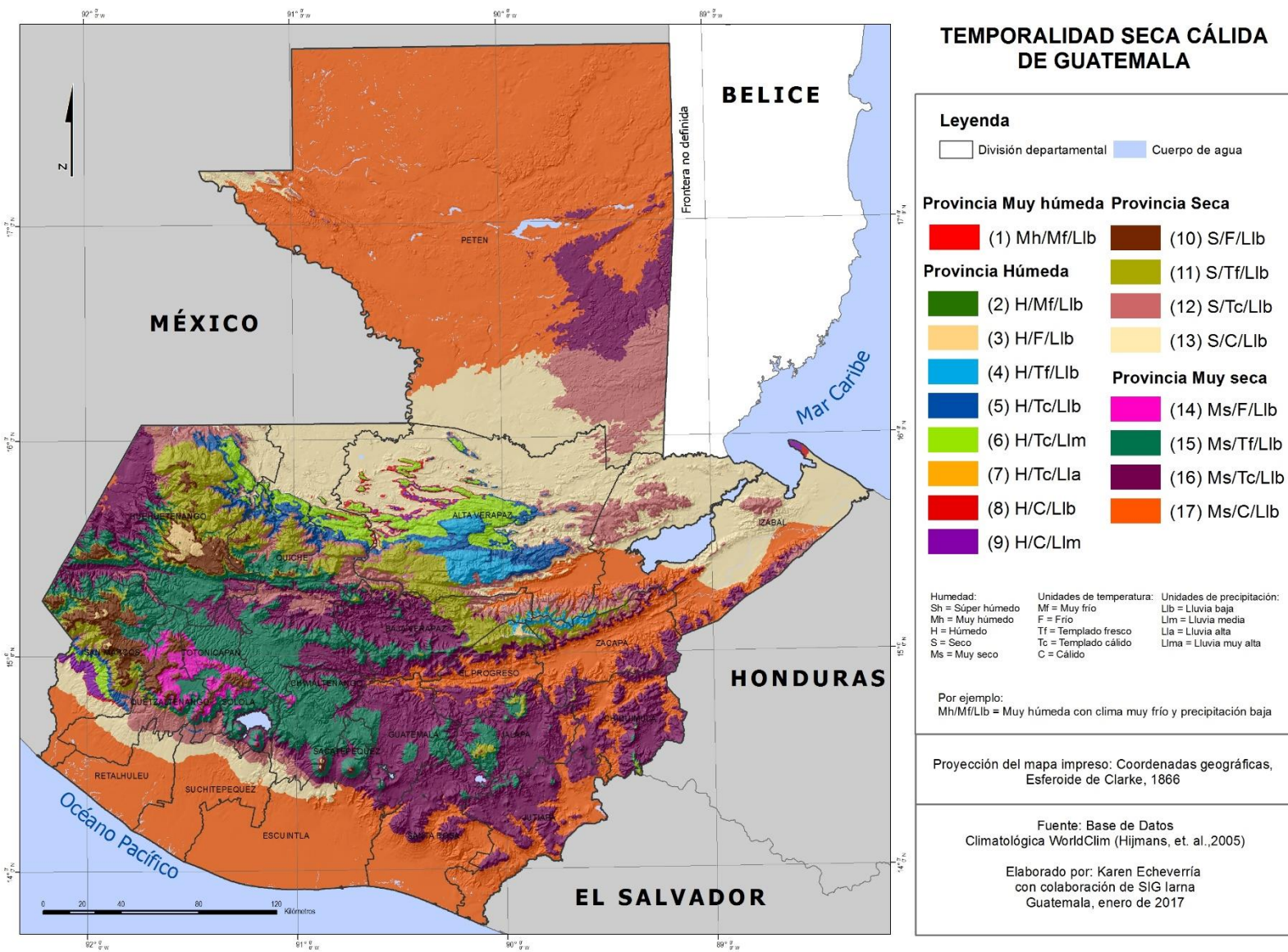


Figura 11. Mapa de unidades climáticas que se presentan durante la temporalidad seca cálida en Guatemala.



## B. Temporalidad seca fría

La temporada seca fría se presentan durante los meses de noviembre a enero. Para esta temporalidad se identifican 27 unidades climáticas y su principal característica es que el 95% del territorio presenta lluvias bajas y medias, es decir que la mayor parte del territorio presenta una precipitación menor a 600 mm; además presenta un mayor porcentaje de temperaturas frías y templadas en comparación con las otras temporalidades, en este sentido, se pudo determinar que el 83% del país presenta temperaturas menores a 24°C. Los rangos de humedad se presentan desde la categoría muy húmeda a muy seca, dejando fuera el rango súper húmedo. La unidad climática con mayor extensión territorial es la seca con clima templado cálido y de precipitación baja (441) con una extensión de 3,076,792 ha (28.45% del territorio nacional) y está distribuida en los departamentos de Alta Verapaz, Baja Verapaz, Chimaltenango, Chiquimula, El Progreso, Escuintla, Huehuetenango, Izabal, Jalapa, Petén, Quetzaltenango, Quiché, Retalhuleu, San Marcos, Sololá, Suchitepéquez, Totonicapán y Zacapa.

En el *Cuadro 36*, se presentan todas las unidades climáticas que caracterizan a la temporalidad seca fría. Referirse al *Anexo 16* para visualizar el cuadro completo que presenta todas las unidades climáticas identificadas en esta temporalidad. En la *Figura 12* se presenta una gráfica sobre la distribución de dichas unidades climáticas.

Cuadro 36. Unidades climáticas identificadas en la temporalidad seca fría.

Número de unidad climática	Código	Nombre	Extensión territorial (ha)
1	211	Muy húmedo/Muy frío/De lluvia baja	327
2	221	Muy húmedo/Frío/De lluvia baja	6,477
3	231	Muy húmedo/Templado fresco/De lluvia baja	2,094
4	232	Muy húmedo/Templado fresco/De lluvia media	64,738
5	233	Muy húmedo/Templado fresco/De lluvia alta	11,764

Elaboración propia

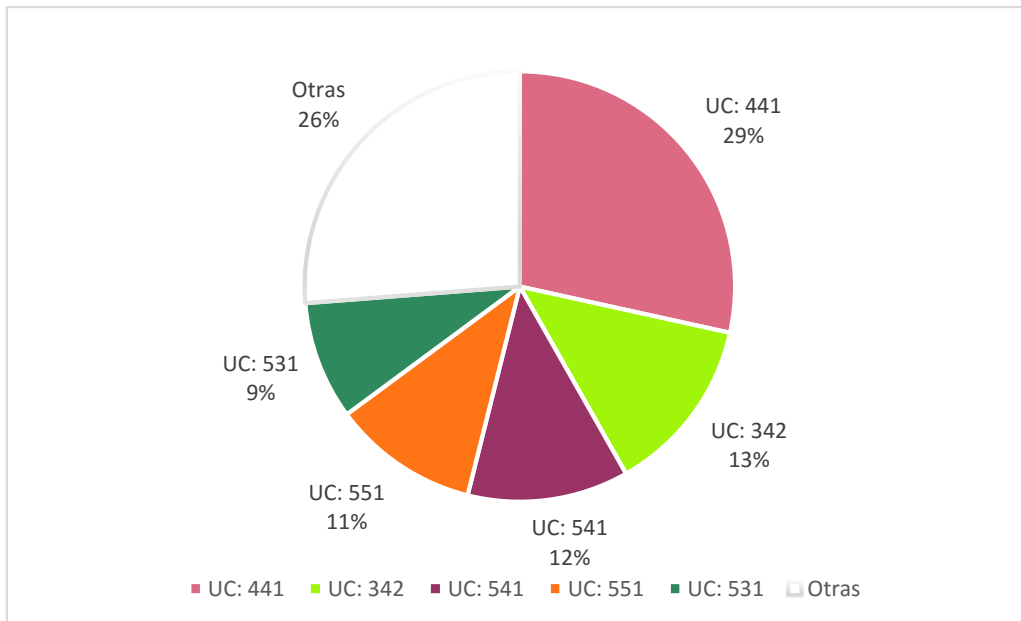


Figura 12. Distribución de unidades climáticas de la temporalidad seca fría.

En la *Figura 12* se puede observar con un sombreado de colores (similar a su coloración en el mapa de la *Figura 13*) las cinco unidades climáticas más grandes en extensión territorial las cuales abarcan el 74% del territorio nacional en comparación con todas las 22 unidades climáticas restantes que abarcan el 26% del territorio.

En el siguiente mapa (*Figura 13*) se puede observar la distribución de las unidades climáticas que se presentan en la temporalidad seca fría.

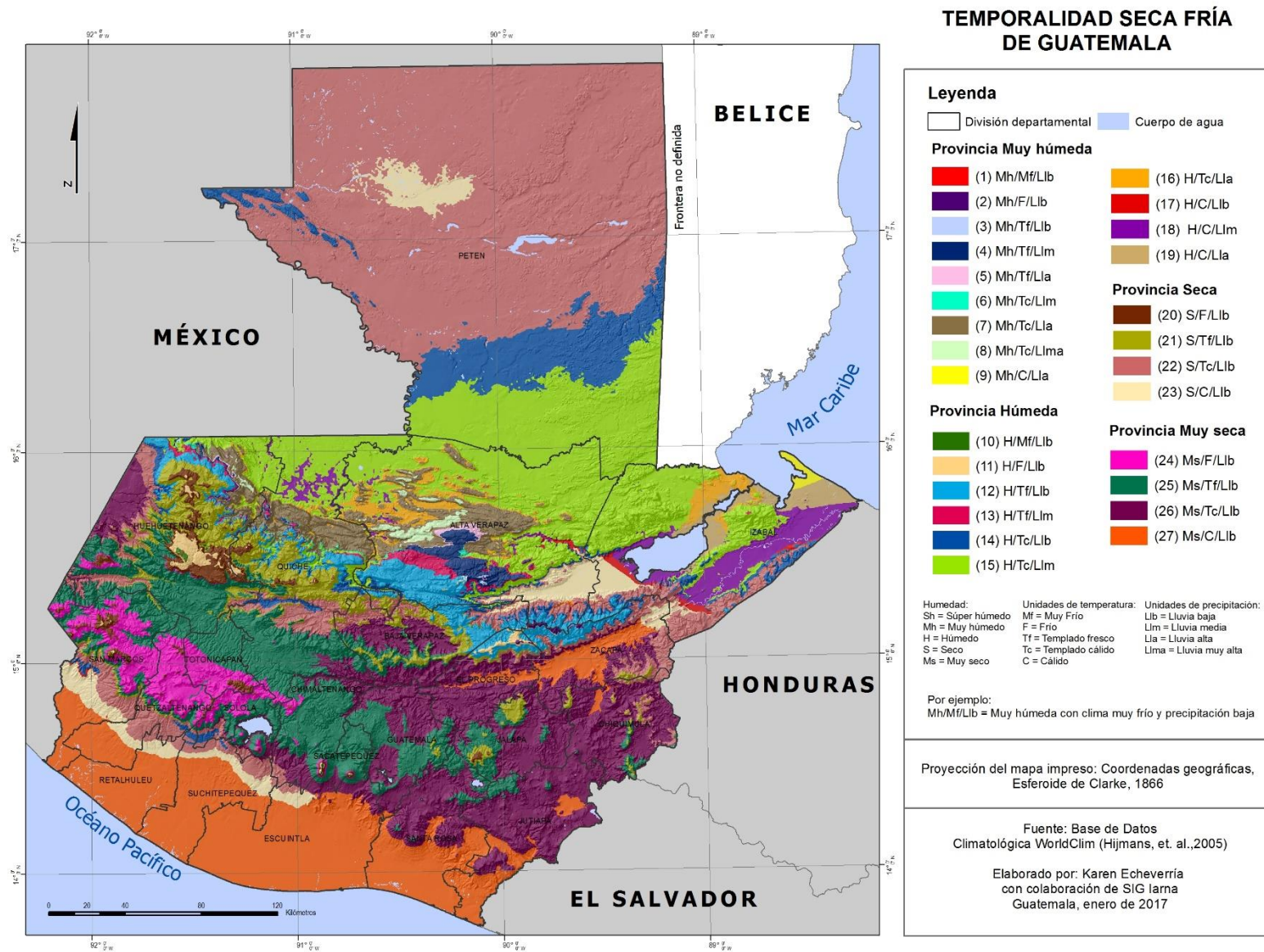


Figura 13. Mapa de unidades climáticas que se presentan durante la temporalidad seca fría en Guatemala.

### 7.2.3 Comparación de temporalidades

Una comparación de las cinco unidades climáticas más representativas de las temporalidades permite visualizar los cambios que ocurren durante el año en el clima del país.

#### A. Temporalidad lluviosa

Las cinco unidades climáticas con mayor extensión territorial durante la temporada lluviosa empiezan a disminuir su extensión cuando se da la transición a la temporada seca fría y posteriormente desaparecen en la temporada seca cálida, en esta última empieza a resurgir una de las unidades climáticas características de la temporalidad lluviosa pero con una pequeña extensión territorial. Al observar la *Figura 14* se puede notar que la presencia de unidades climáticas muy húmedas y húmedas con lluvias de media a muy alta, son prominentes durante esta temporalidad en comparación con las extensiones que abarcan dichas unidades durante la temporada seca.

En el *Cuadro 37* y *Figura 14* se presenta una comparación de las cinco unidades más grandes en extensión territorial de la temporalidad lluviosa.

Cuadro 37. Comparación de unidades climáticas más grandes en extensión territorial durante la temporalidad lluviosa.

Código	Nombre	Temporalidad lluviosa	Temporalidad seca fría	Temporalidad seca cálida
353	Húmedo/Cálido/De lluvia alta	2,109,031	85,130	-
254	Muy húmedo/Cálido/De lluvia muy alta	1,811,292	-	-
352	Húmedo/Cálido/De lluvia media	1,802,092	198,295	37,363
243	Muy húmedo/templado cálido/De lluvia alta	905,281	286,664	-
253	Muy húmedo/Cálido/De lluvia alta	828,625	14,543	-

Elaboración propia

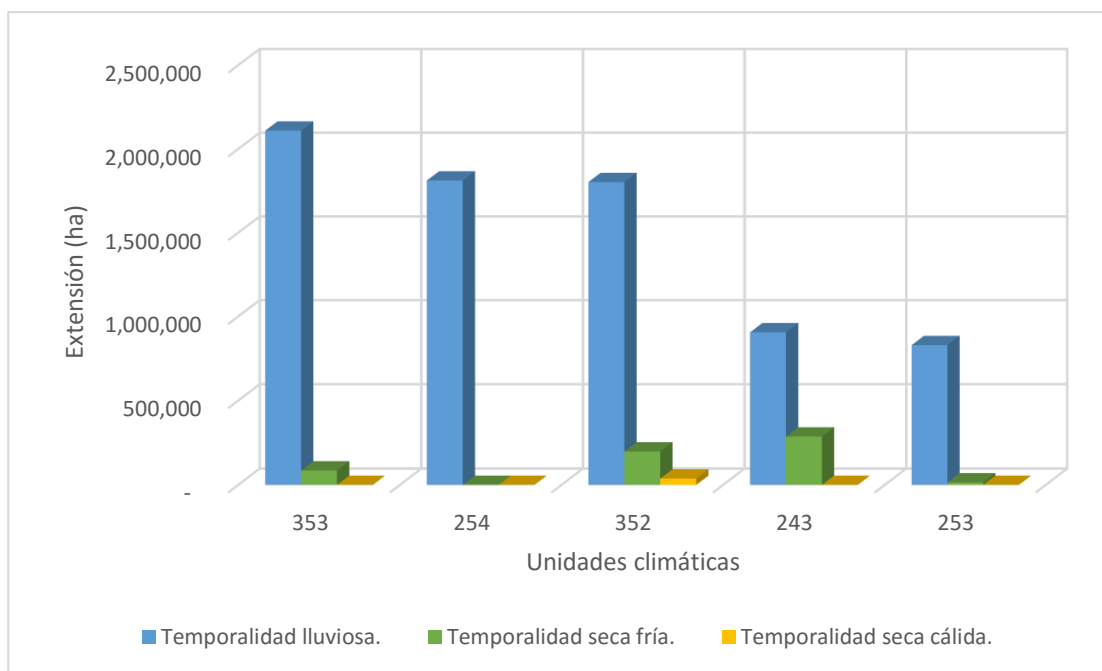


Figura 14. Gráfica de comparación de unidades climáticas más grandes en extensión territorial durante la temporalidad lluviosa.

## B. Temporalidad seca

### a. Temporalidad seca cálida

Durante esta temporada las unidades climáticas muy secas y secas empiezan a abarcar grandes extensiones, con temperaturas cálidas principalmente, en comparación con las otras dos temporalidades. Esta temporalidad junto con la seca fría, que ocurre antes de esta; comparten las cinco unidades más grandes, pero con la diferencia que las unidades climáticas más secas y con temperaturas más cálidas (551, 541 y 451) de esta temporalidad abarcan una mayor extensión territorial y las otras unidades secas pero no tan cálidas (531 y 441) disminuyen su extensión. Cuando se da la transición de la temporalidad seca cálida a la temporalidad lluviosa se siguen dando dos unidades climáticas sin embargo sus extensiones disminuyen significativamente.

En el Cuadro 38 y Figura 15 se presenta una comparación de las cinco unidades más grandes en extensión territorial de la temporalidad seca cálida.

Cuadro 38. Comparación de unidades climáticas más grandes en extensión territorial durante la temporalidad seca cálida.

Código	Nombre	Temporalidad lluviosa	Temporalidad seca fría	Temporalidad seca cálida
551	Muy seco/Cálido/De lluvia baja	-	1,186,515	4,479,775
541	Muy seco/templado cálido/De lluvia baja	-	1,311,048	1,765,413
451	Seco/Cálido/De lluvia baja	82,161	313,760	1,655,491
531	Muy seco/templado fresco/De lluvia baja	-	962,126	834,850
441	Seco/templado cálido/De lluvia baja	2,013	3,076,792	780,525

Elaboración propia

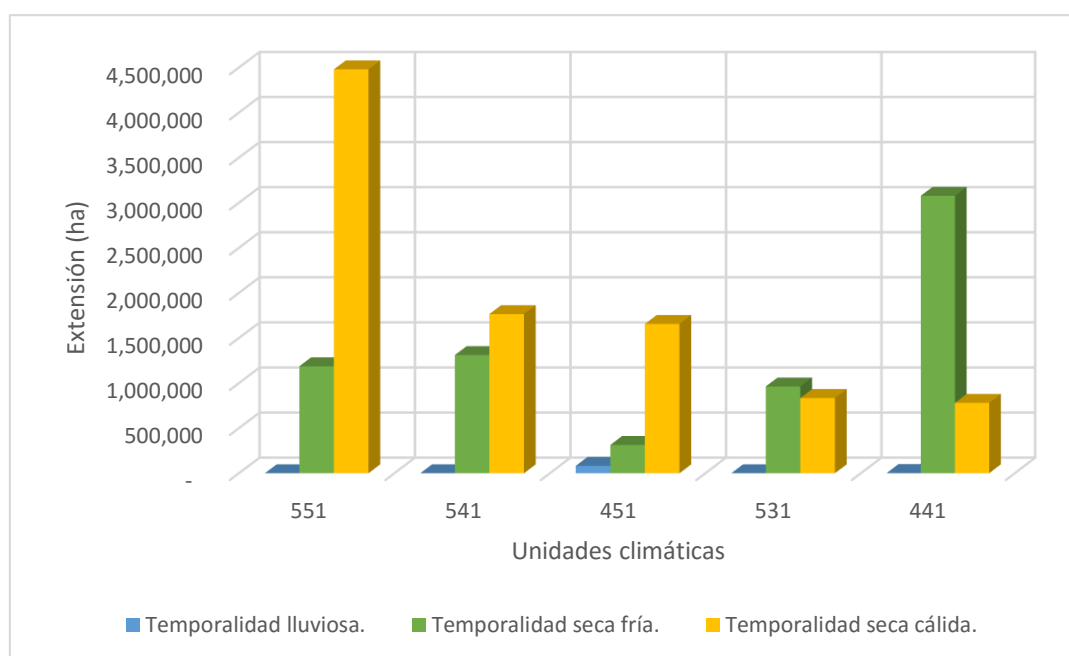


Figura 15. Gráfica de comparación de unidades climáticas más grandes en extensión territorial durante la seca cálida.

### b. Temporalidad seca fría

Durante esta temporada empiezan a abarcar grandes extensiones las unidades climáticas secas, con temperaturas templadas principalmente, en comparación con las otras dos temporalidades. Esta temporalidad junto con la temporada seca cálida, que es la temporada que ocurre después a esta, comparten las cinco unidades más grandes, sin

embargo sus extensiones empiezan a decrecer durante la temporada seca cálida a excepción de dos (541 y 551). Posteriormente, al ocurrir la temporalidad lluviosa desaparecen en su totalidad tres de las unidades climáticas (541, 551 y 531) y dos de las unidades climáticas (441 y 342) se presentan pero en menor extensión territorial; que para la transición de la temporalidad lluviosa y temporalidad seca fría aumentan su extensión significativamente.

En el *Cuadro 39* y *Figura 16* se presenta una comparación de las cinco unidades más grandes en extensión territorial de la temporalidad seca fría.

Cuadro 39. Comparación de unidades climáticas más grandes en extensión territorial durante la temporalidad seca fría.

Código	Nombre	Temporalidad lluviosa	Temporalidad seca fría	Temporalidad seca cálida
441	Seco/Templado cálido/De lluvia baja	2,013	3,076,792	780,525
342	Húmedo/Templado cálido/De lluvia media	601,052	1,442,411	192,364
541	Muy seco/Templado cálido/De lluvia baja	-	1,311,048	1,765,413
551	Muy seco/Cálido/De lluvia baja	-	1,186,515	4,479,775
531	Muy seco/Templado fresco/De lluvia baja	-	962,126	834,850

Elaboración propia

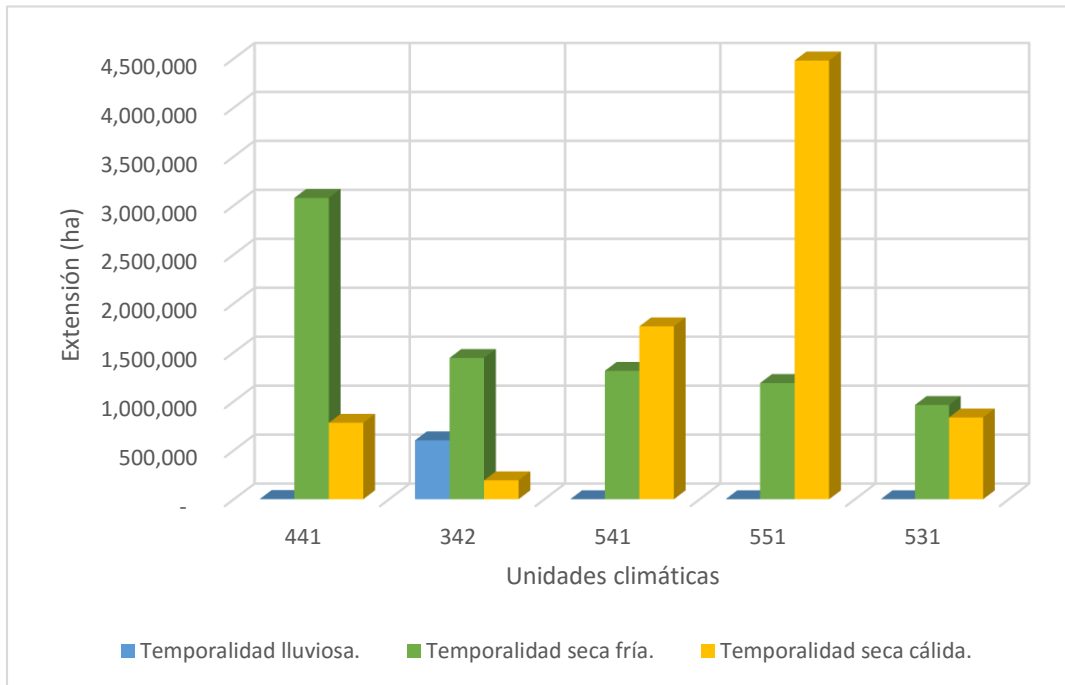


Figura 16. Gráfica de comparación de unidades climáticas más grandes en extensión territorial durante la seca fría.



## 7.3 DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DE PAISAJES HORTÍCOLAS

Después de realizar el análisis de los parámetros de temperatura y precipitación requeridos por las hortalizas y su relación con las unidades climáticas, se pudo establecer que las temporalidades, permitían ubicar zonas distintas a lo largo del año en las que podría existir la posibilidad de desarrollar el cultivo de hortalizas. Las distribuciones<sup>12</sup> que se presentan en esta investigación son áreas potenciales con base en variables climáticas exclusivamente, sin embargo existen más factores agroecológicos pertinentes que se deben tomar en cuenta al momento de cultivar las hortalizas analizadas en las unidades climáticas que se proponen. Se identificaron 8 distribuciones potenciales que se dan durante las temporalidades.

Los resultados demostrados en este apartado son una de las aplicaciones que pueden llegar a tener los mapas de temporalidad climática. A continuación se presentan los resultados obtenidos.

### 7.3.1 Temporalidad Lluviosa

Para la temporalidad lluviosa se utilizó el *Cuadro 18* para el análisis de la distribución de hortalizas. Debido a que cada hortaliza tiene requerimientos diferentes de temperatura y precipitación, se generaron cuatro grupos de distribución<sup>13</sup> durante esta temporada, los cuales están formados por grupos de hortalizas que presentaron las mismas unidades climáticas y hortalizas individuales que presentaron una única distribución.

---

<sup>12</sup> El Anexo 17., Anexo 18. y Anexo 19. muestran la matriz que contienen los resultados de las unidades climáticas potenciales de distribución identificados y que se utilizaron como base para la agrupación de las hortalizas en las diferentes temporalidades.

<sup>13</sup> En el Anexo 20. se encuentra un cuadro que contiene todos los grupos de distribución potencial de las tres temporalidades climáticas y las hortalizas que los componen.

## A. Distribución de hortalizas del grupo A<sup>14</sup>

La distribución de hortalizas del grupo A presenta las unidades climáticas que podrían desarrollar paisajes hortícolas de cebolla, repollo, remolacha y ajo. Se distribuye en todos los departamentos a excepción de Retalhuleu, cubriendo una extensión aproximada del 27% del total del país. En el *Cuadro 40* se presentan las unidades climáticas de este grupo.

Cuadro 40. Unidades climáticas que forman la distribución de hortalizas del grupo A.

Código	Nombre
133	Súper húmedo/Templado fresco/De lluvia alta
232	Muy húmedo/Templado fresco/De lluvia media
233	Muy húmedo/Templado fresco/De lluvia alta
242	Muy húmedo/Templado cálido/De lluvia media
243	Muy húmedo/Templado cálido/De lluvia alta
332	Húmedo/Templado fresco/De lluvia media
341	Húmedo/Templado cálido/De lluvia baja
342	Húmedo/Templado cálido/De lluvia media
343	Húmedo/Templado cálido/De lluvia alta
441	Seco/Templado cálido/De lluvia baja

Elaboración propia

En la *Figura 17* se puede observar la distribución de hortalizas del grupo A que se podría presentar durante la temporalidad lluviosa.

<sup>14</sup> Las hortalizas del grupo A son cebolla, repollo, remolacha y ajo.

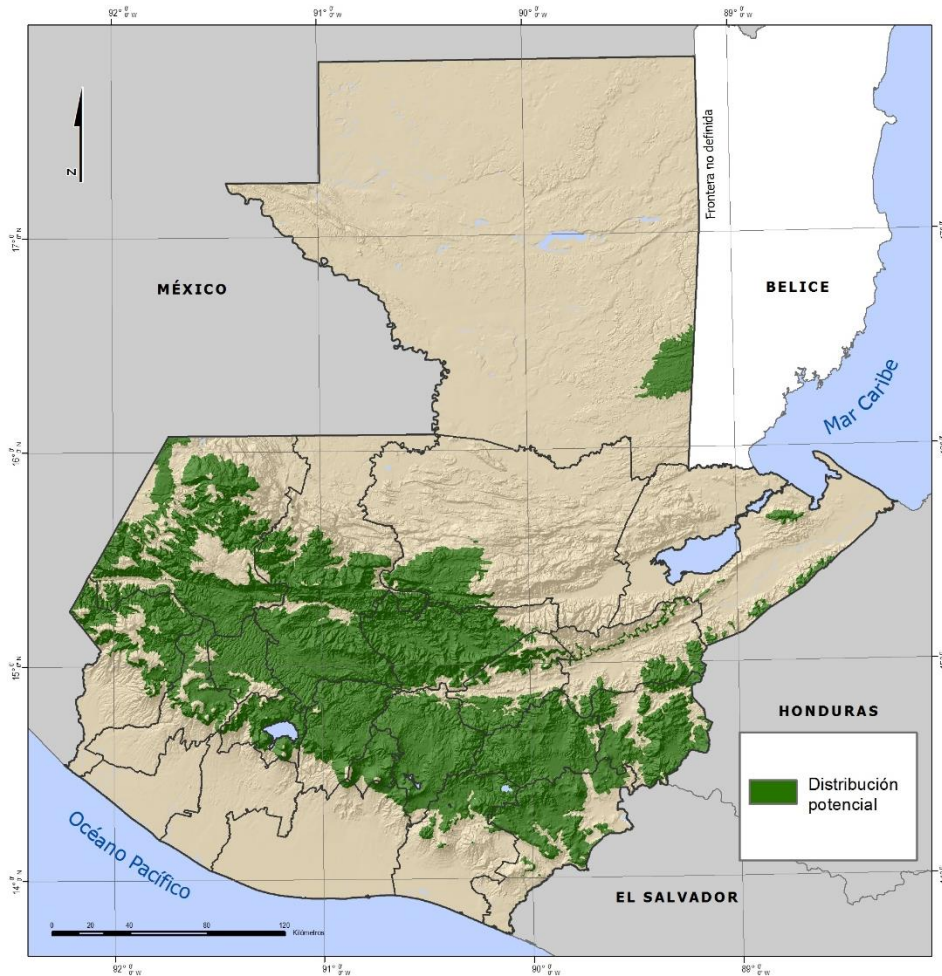


Figura 17. Mapa de distribución potencial de hortalizas del grupo A. (*Elaboración propia*)

## B. Distribución de hortalizas del grupo B<sup>15</sup>

La distribución de hortalizas del grupo B presenta las unidades climáticas que podrían desarrollar paisajes hortícolas de brócoli, zanahoria y coliflor. Se distribuye en todos los departamentos a excepción de Izabal, Petén y Retalhuleu, cubriendo una extensión aproximada del 11% del total del país. En el *Cuadro 41* se presentan las unidades climáticas de este grupo.

<sup>15</sup> Las hortalizas del grupo B son brócoli, zanahoria y coliflor.

Cuadro 41. Unidades climáticas que forman la distribución de hortalizas del grupo B.

Código	Nombre
133	Súper húmedo/Templado fresco/De lluvia alta
232	Muy húmedo/Templado fresco/De lluvia media
233	Muy húmedo/Templado fresco/De lluvia alta
332	Húmedo/Templado fresco/De lluvia media

Elaboración propia

En *Figura 18* se puede observar la distribución de hortalizas del grupo B que se podría presentar durante la temporalidad lluviosa.

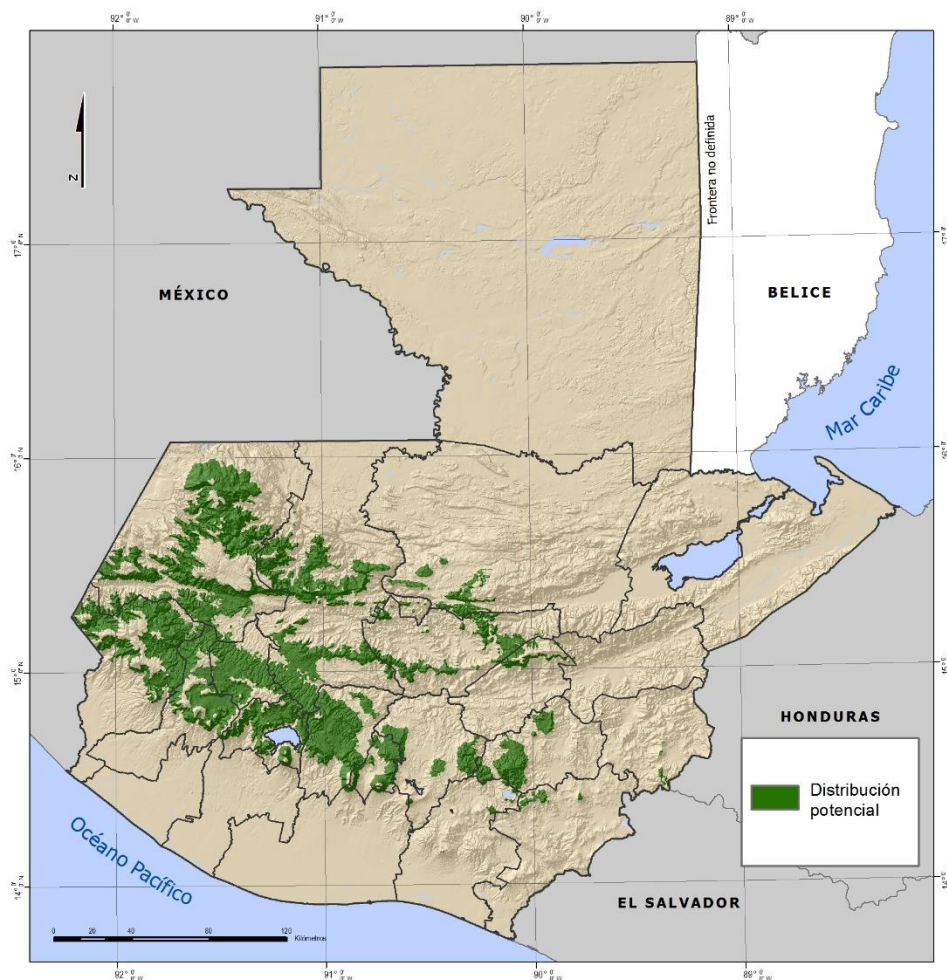


Figura 18. Mapa de distribución potencial de hortalizas del grupo B. (*Elaboración propia*)

### C. Distribución de hortalizas del grupo C<sup>16</sup>

La distribución de hortalizas del grupo C presenta las unidades climáticas que podrían desarrollar paisajes hortícolas de arveja china. Se distribuye en todo los departamentos a excepción de Retalhuleu, cubriendo una extensión aproximada del 26% del total del país. En el *Cuadro 42* se presentan las unidades climáticas de este grupo.

Cuadro 42. Unidades climáticas que forman la distribución de hortalizas del grupo C.

Código	Nombre
133	Súper húmedo/Templado fresco/De lluvia alta
232	Muy húmedo/Templado fresco/De lluvia media
233	Muy húmedo/Templado fresco/De lluvia alta
242	Muy húmedo/Templado cálido/De lluvia media
243	Muy húmedo/Templado cálido/De lluvia alta
332	Húmedo/Templado fresco/De lluvia media
342	Húmedo/Templado cálido/De lluvia media
343	Húmedo/Templado cálido/De lluvia alta

Elaboración propia

En *Figura 19* se puede observar la distribución de hortalizas del grupo C que se podría presentar durante la temporalidad lluviosa.

<sup>16</sup> La hortaliza del grupo C es arveja china.

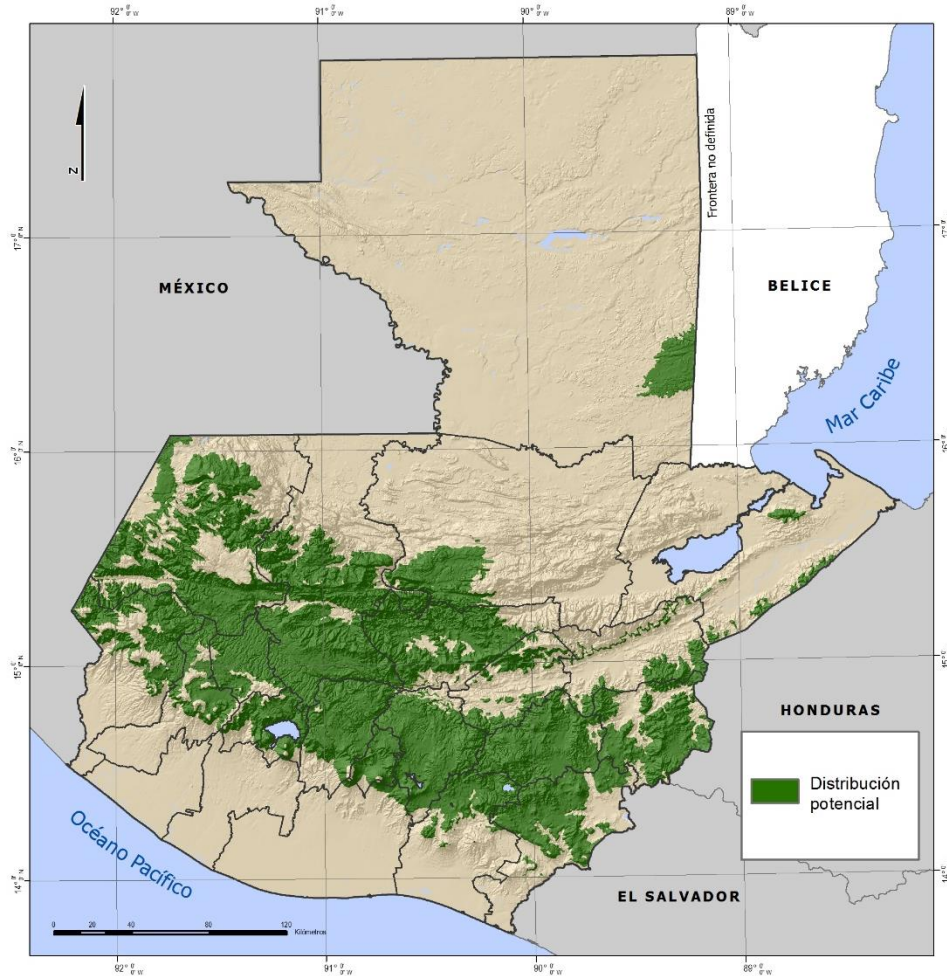


Figura 19. Mapa de distribución potencial de hortalizas del grupo C. (*Elaboración propia*)

#### D. Distribución de hortalizas del grupo D<sup>17</sup>

La distribución de hortalizas del grupo D presenta las unidades climáticas que podrían desarrollar paisajes hortícolas de lechuga. Se distribuye en todos los departamentos a excepción de Petén y Retalhuleu, cubriendo una extensión aproximada del 12% del total del país. En el *Cuadro 43* se presentan las unidades climáticas de este grupo.

<sup>17</sup> La hortaliza del grupo D es lechuga.

Cuadro 43. Unidades climáticas que forman la distribución de hortalizas del grupo D.

Valor	Nombre
133	Súper húmedo/Templado fresco/De lluvia alta
134	Súper húmedo/Templado fresco/De lluvia muy alta
232	Muy húmedo/Templado fresco/De lluvia media
233	Muy húmedo/Templado fresco/De lluvia alta
234	Muy húmedo/Templado fresco/De lluvia muy alta
332	Húmedo/Templado fresco/De lluvia media

Elaboración propia

En la *Figura 20* se puede observar la distribución de hortalizas del grupo D que se podría presentar durante la temporalidad lluviosa.

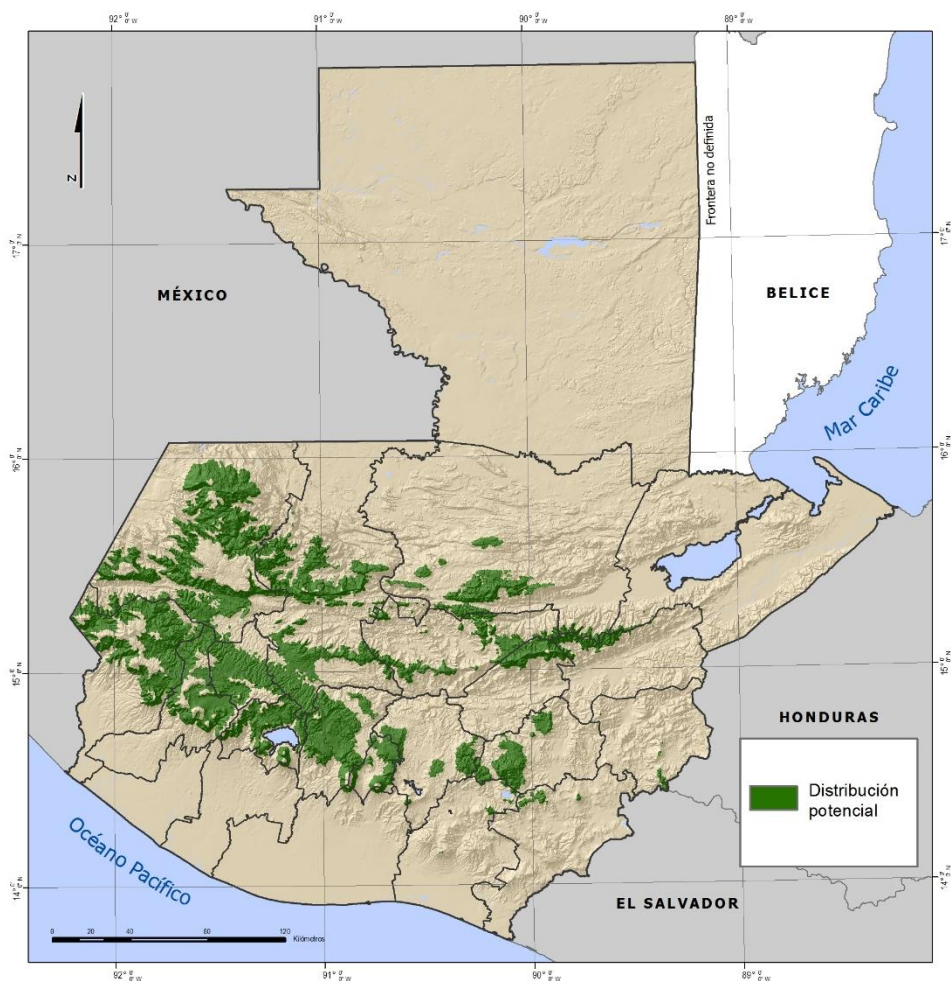


Figura 20. Mapa de distribución potencial de hortalizas del grupo D. (Elaboración propia)

### 7.3.2 Temporalidad seca cálida

Para la temporalidad seca cálida se utilizó el *Cuadro 19* para el análisis de la distribución de hortalizas. Debido a los requerimientos teóricos de temperatura y precipitación de las hortalizas solamente se da una distribución potencial. Las hortalizas de brócoli, zanahoria, arveja china, lechuga y coliflor, con base en variables climáticas no tienen una distribución potencial durante esta temporalidad al menos que se aplique alguna tecnología para su desarrollo.

#### A. Distribución de hortalizas del grupo E<sup>18</sup>

La distribución de hortalizas del grupo E presenta la unidad climática en la que se podría desarrollar paisajes hortícolas de cebolla, repollo, remolacha y ajo. Se distribuye solamente en el departamento de Alta Verapaz y su extensión es de 196 ha, aproximadamente el 0.0018% del total del país. En el *Cuadro 44* se presentan la unidad climática de este grupo.

Cuadro 44. Unidad climática que forma la distribución de hortalizas del grupo E.

Código	Nombre
343	Húmedo/Templado cálido/De lluvia alta

Elaboración propia

En la *Figura 21* se puede observar la distribución de hortalizas del grupo E que se podría presentar durante la temporalidad seca cálida.

<sup>18</sup> Las hortalizas del grupo E son cebolla, repollo, remolacha y ajo.



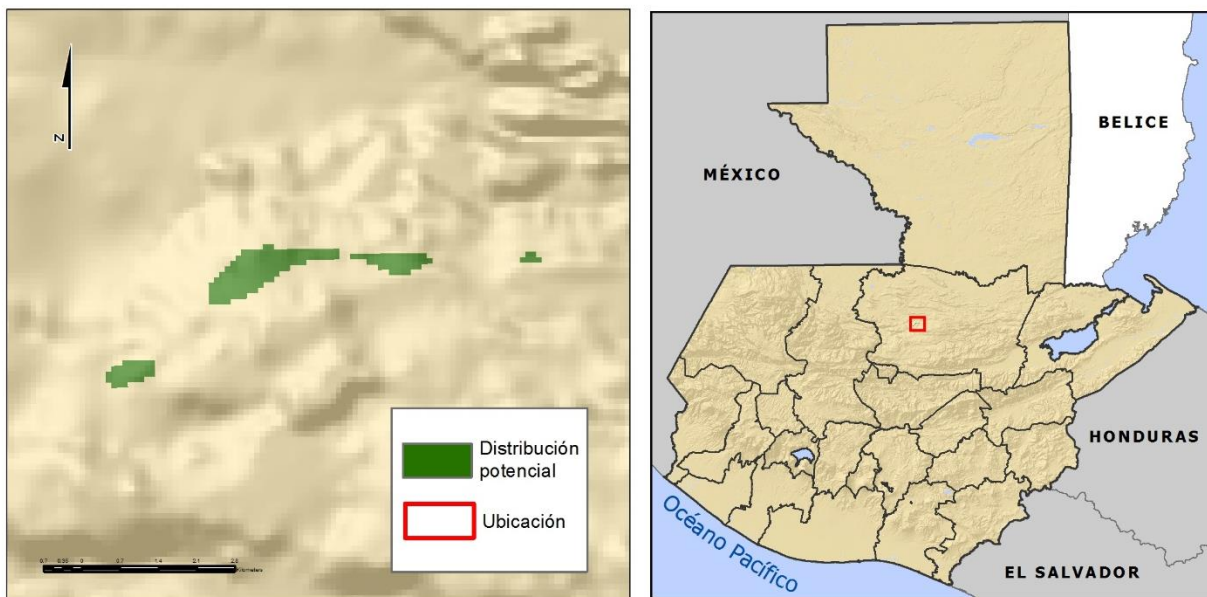


Figura 21. Mapa de distribución potencial de hortalizas del grupo E. (Elaboración propia)

### 7.3.3 Temporalidad seca fría

Para la temporalidad seca fría se utilizó el *Cuadro 20* para el análisis de la distribución de hortalizas. Debido a que cada hortaliza tiene requerimientos diferentes de temperatura y precipitación se generaron tres grupos de distribución. La lechuga es la única hortaliza, que en base a variables climáticas no tiene una distribución potencial durante esta temporalidad, al menos que se aplique alguna tecnología para su desarrollo.

#### A. Distribución de hortalizas del grupo F<sup>19</sup>

La distribución de hortalizas del grupo F presenta las unidades climáticas que podrían desarrollar paisajes hortícolas de cebolla, repollo, remolacha y ajo durante esta temporalidad. Se distribuye en los departamentos de Alta Verapaz, Huehuetenango, Izabal y Quiché, cubriendo una extensión aproximada del 4% del total del país. En el *Cuadro 45* se presentan las unidades climáticas de este grupo.

<sup>19</sup> Las hortalizas del grupo F son cebolla, repollo, remolacha y ajo.

Cuadro 45. Unidades climáticas que forman la distribución de hortalizas del grupo F.

Código	Nombre
233	Muy húmedo/Templado fresco/De lluvia alta
243	Muy húmedo/Templado cálido/De lluvia alta
244	Muy húmedo/Templado cálido/De lluvia muy alta
343	Húmedo/Templado cálido/De lluvia alta

Elaboración propia

En la *Figura 22* se puede observar la distribución de hortalizas del grupo F que se podría presentar durante la temporalidad seca fría.

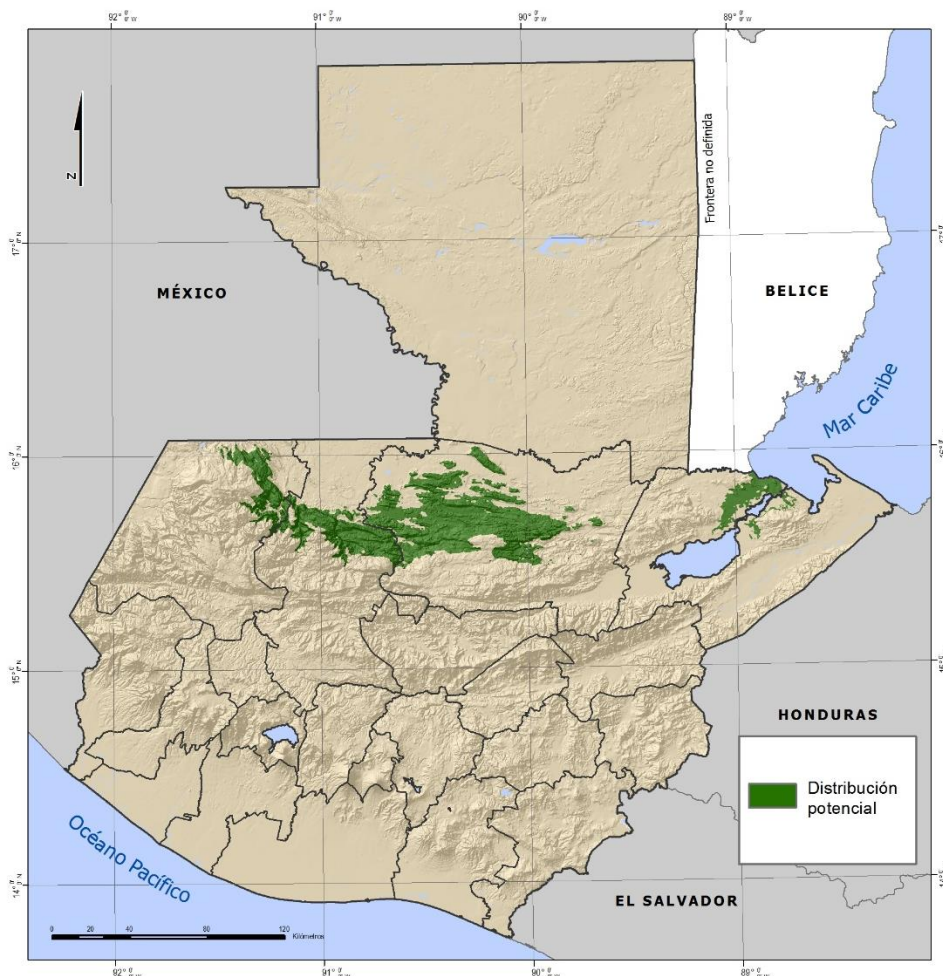


Figura 22. Mapa de distribución potencial de hortalizas del grupo F. (*Elaboración propia*)

## B. Distribución de hortalizas del grupo G<sup>20</sup>

La distribución de hortalizas del grupo G presenta una sola unidad climática que podría desarrollar paisajes hortícolas de brócoli, zanahoria y coliflor durante esta temporalidad. Se distribuye en los departamentos de Alta Verapaz, Huehuetenango y Quiché, cubriendo una extensión aproximada del 0.11% del total del país. En el *Cuadro 46* se presentan las unidades climáticas de este grupo.

Cuadro 46. Unidad climática que forma la distribución de hortalizas del grupo G.

Código	Nombre
233	Muy húmedo/Templado fresco/De lluvia alta

Elaboración propia

En la *Figura 23* se puede observar la distribución de hortalizas del grupo G que se podría presentar durante la temporalidad seca fría.

<sup>20</sup> Las hortalizas del grupo G son brócoli, zanahoria y coliflor.



Figura 23. Mapa de distribución potencial de hortalizas del grupo G. (*Elaboración propia*)

### C. Distribución de hortalizas del grupo H<sup>21</sup>

La distribución de hortalizas del grupo H presenta la unidad climática que podría desarrollar paisajes hortícolas de arveja china durante esta temporalidad. Se distribuye en los departamentos de Alta Verapaz, Huehuetenango y Quetzaltenango, cubriendo una extensión aproximada del 0.29% del total del país. En el *Cuadro 47* se presentan las unidades climáticas de este grupo.

<sup>21</sup> La hortaliza del grupo H es arveja china.

Cuadro 47. Unidad climática que forma la distribución de hortalizas del grupo H.

Código	Nombre
244	Muy húmedo/Templado cálido/De lluvia muy alta

Elaboración propia

En la *Figura 24* se puede observar la distribución de hortalizas I que se podría dar durante la temporalidad seca fría.



Figura 24. Mapa de distribución potencial de hortalizas del grupo H. (*Elaboración propia*)

Las distribuciones de hortalizas presentadas en los apartados anteriores permitieron identificar nuevas áreas potenciales para el desarrollo de paisajes hortícolas. En comparación con el Mapa de Cobertura Vegetal y Uso de la Tierra (*Figura 6*) se puede

observar que Guatemala, en base a variables climáticas, tiene un potencial alto de cultivar hortalizas en extensiones más amplias del territorio y a lo largo de todo el año. La generación de este tipo de información es una herramienta para que la población tome iniciativas para diversificar sus medios de vida.

## VIII. CONCLUSIONES

- A partir del análisis de las variables climáticas de temperatura y precipitación, se pudo establecer que a lo largo del año, se pueden presentar 64 unidades climáticas, de las cuales 18 son nuevas en comparación con la investigación realizada por Franco (2015).
- La diversidad climática en el país es muy amplia, ya que cada mes presentó agrupaciones de unidades climáticas diferentes por lo que cada uno cuenta con características únicas; el mes que presenta menos unidades climáticas a lo largo del año es marzo (20 unidades) y el mes que presenta más unidades climáticas a lo largo del año es noviembre (48 unidades).
- Los meses del año pueden agruparse según sus características climáticas, con base en los resultados del análisis estadístico clúster, estos pueden agruparse en dos grandes grupos en los que las unidades climáticas que los componen pueden representar la temporalidad lluviosa y la temporalidad seca. A su vez la temporalidad seca se puede dividir en temporalidad seca cálida y temporalidad seca fría.
- La temporalidad lluviosa se presenta durante los meses de mayo a octubre; se caracteriza principalmente porque en el 69.67% del territorio del país ocurren rangos de lluvia muy alta y alta, es decir precipitación mayor a 1,200 mm. En esta temporalidad se presentan 28 unidades climáticas.
- La temporalidad seca cálida se presenta durante los meses de febrero a abril; se caracteriza porque el 100% del territorio del país presenta lluvia baja y media, es decir precipitación menor a 600 mm; y el 84.35% predominan las temperaturas templadas cálidas y cálidas, es decir temperaturas mayores a 18°C. En esta temporalidad se presentan 17 unidades climáticas.

- La temporalidad seca fría ocurre durante los meses de noviembre a enero y se caracteriza principalmente porque el 95% del territorio presenta lluvias bajas y medias, es decir precipitación menor a 600 mm; y presenta un mayor porcentaje de temperaturas frías y templadas en comparación con la temporalidad seca cálida, es decir que en el 83% del país predominan temperaturas menores a 24°C. En esta temporalidad se presentan 27 unidades climáticas.
- Por medio de la utilización de los mapas de temporalidad climática se identificaron 8 distribuciones potenciales en las cuales se podrían cultivar hortalizas durante las tres temporalidades climáticas que se presentan en el país.
- Los mapas de distribución potencial de hortalizas demuestran, con base en variables climáticas exclusivamente, que estos cultivos se pueden desarrollar en otras áreas diferentes a las que se determinan por el Mapa de Cobertura Vegetal y Uso de la Tierra del año 2010 generado por el MAGA.



## IX. RECOMENDACIONES

- Las áreas de distribución potencial de las hortalizas presentadas en esta investigación son con base en factores climáticos exclusivamente por lo que se recomienda realizar un análisis de otras variables agroecológicas pertinentes al momento de cultivar las hortalizas dentro de las unidades climáticas propuestas.
- Tomar en cuenta este tipo de investigaciones para procesos de ordenamiento territorial y orientar políticas públicas con el fin de diversificar los medios de vida, mejorar las condiciones nutricionales de la población y expandir nuevos mercados.
- Utilizar esta investigación como instrumento para desarrollar nuevas prácticas agrícolas durante las distintas épocas del año y mejorar la sub y sobre utilización de la tierra por medio del desarrollo de paisajes acordes a sus características climáticas.
- Debido a la importancia económica, nutricional y la fisiología vegetal de las hortalizas se recomienda la práctica del cultivo en función a la temporalidad climática como una alternativa de adaptación al cambio climático en áreas donde existan amenazas por inseguridad alimentaria, plagas u otros efectos donde provean una mejor opción para la subsistencia de la población guatemalteca.

## X. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agrosiembra. (2011). *Zanahoria*. Obtenido de Agrosiembra: [http://www.agrosiembra.com/?NAME=r\\_c\\_description&c\\_id=23](http://www.agrosiembra.com/?NAME=r_c_description&c_id=23)
- Almorox, J. (16 de 04 de 2010). *Clasificación de Thornthwaite*. Obtenido de Universidad Politécnica de Madrid: <http://ocw.upm.es/ingenieria-agroforestal/climatologia-aplicada-a-la-ingenieria-y-medioambiente/contenidos/clasificacionesclimaticas/Thornthwaiteclasificacionclimatica.pdf>
- Alonso, P. (26 de febrero de 2000). *Tema 9. Clasificaciones climáticas: la componente zonal de los climas*. Obtenido de Universidad de Murcia: <http://www.um.es/geograf/clima/tema09.pdf>
- Álvarez, R. (1995). *Estadística multivariante y no paramétrica con SPSS: Aplicación a las ciencias de la salud*. Madrid: Ediciones Díaz de Santos, S.A.
- Balzarini, M., González, L., Tablada, M., Casanoves, F., Di Rienzo, J., & Robledo, C. (2008). *InfoStat: Manual del Usuario*. Córdoba: Editorial Brujas.
- Bonan, G. (2016). *Ecological Climatology: Concepts and Applications* (Tercera ed.). Nueva York: Cambridge University Press.
- Brenes, Á., & Saborío, V. (1995). *Elementos de Climatología su Aplicación Didáctica a Costa Rica*. Costa Rica: Editorial Universidad Estatal a Distancia.
- Busquets, J., & Cortina, A. (2009). *Gestión del Paisaje: Manual de protección, gestión y ordenación del paisaje* (Primera ed.). Barcelona: Editorial Ariel, S.A.
- Carreto, F., González, R., & Villavicencio, J. (2000). *Geografía General* (Sexta ed.). Toluca: Universidad Autónoma del Estado de México.
- CATIE-ESPREDDE/MAGA. (2001). *Estudio para la Prevención de Desastres CATIE/MAGA Guatemala*. Guatemala: CATIE-ESPREDDE/MAGA.

- Conap. (2008). *Guatemala y su biodiversidad: un enfoque histórico, cultural, biológico y económico*. Guatemala: Consejo Nacional de Áreas Protegidas, Oficina Técnica de Biodiversidad.
- Contreras, C. (2005). Pensar el paisaje: explorando un concepto geográfico. *Trayectorias*, 7(17), 57-69.
- Córdova, H. (2002). *Naturaleza y Sociedad: una introducción a la geografía* (Primera ed.). Lima: Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica.
- de Flores, G., González, M., & Torre, C. (2004). *Iniciación en las técnicas culinarias* (Segunda ed.). México : Editorial Limusa S.A. de C.V.
- Delgado, J. (2010). Entre la materialidad y la representación: reflexiones sobre el concepto de paisaje en geografía histórica. *Revista Colombiana de Geografía*(19), 77-86.
- Esri. (2016). *ArcGIS for Desktop*. Obtenido de Environmental Systems Research Institute, Inc.: <http://desktop.arcgis.com/es/arcmap/>
- Franco, G. (2015). *Elaboración de un Mapa de Clasificación Climática para Guatemala*. Guatemala: Universidad Rafael Landívar.
- Gimbot. (2014). *Mapa de Bosques y Uso de la Tierra 2012 y Mapa de cambios en uso de la tierra 2001-2010 para estimación de emisiones de gases de efecto invernadero*. Guatemala: MARN/MAGA/Segeplan/INAB/Conap/URL/UVG/Fausac/IGN.
- Gliessman, S. R. (2002). *Agroecología: Procesos Ecológicos en Agricultura Sostenible*. Turrialba: CATIE.
- Gómez, M. (2006). *Introducción a la metodología de la investigación científica* (Primera ed.). Córdoba: Editorial Brujas.
- Grande, I., & Abascal, E. (2005). *Análisis de encuestas*. Madrid: ESIC editorial.
- Gudiel, V. (s.f.). *Cultivo de la averja china y dulce*. Obtenido de Productora de Semillas: <http://www.productoradesemillas.com/Artecnicos/Hortalizas/Recomendacionesde manejobecultivodearvejaschinasydulces.pdf>

- Harvey, C. A., & Sáenz, J. C. (2007). *Evaluación y conservación de biodiversidad en paisajes fragmentados de Mesoamérica* (Primera ed.). Santo Domingo de Heredia: Instituto Nacional de Biodiversidad.
- Hijmans, R. J., Cameron, S. E., Parra, J. L., Jones, P. G., & Jarvis, A. (2005). Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*, 25(15), 1965-1978. Obtenido de <http://www.worldclim.org/>
- Holdridge, L. R. (1979). *Ecología basada en zonas de vida*. Primera reimpresión. San José: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.
- IARNA. (2011). *Clima*. Obtenido de Instituto de Investigación y Proyección sobre Ambiente Natural y Sociedad: <http://www.infoiar.org.gt/index.php/situacion-ambiental-de-guatemala/clima>
- IARNA-URL. (2003). *Estado Actual del Clima y la Calidad del Aire en Guatemala*. Guatemala: Instituto de Incidencia Ambiental/ URL/ IARNA.
- IARNA-URL. (2004). Biodiversidad. En IARNA/URL, *Perfil Ambiental de Guatemala: Informe sobre el estado del ambiente y sus bases para su evaluación sistemática* (págs. 109-147). Guatemala: Universidad Rafael Landívar: FCAA y IARNA/Instituto de Incidencia Ambiental.
- IARNA-URL. (2004). Clima y Calidad del Aire. En IARNA/URL, *Perfil Ambiental de Guatemala: Informe sobre el estado del ambiente y sus bases para su evaluación sistemática* (págs. 193-211). Guatemala: Universidad Rafael Landívar: FCAA y IARNA/Instituto de Incidencia Ambiental.
- IARNA-URL. (2006). *Distribución sectorial del crecimiento del empleo en el altiplano guatemalteco*. Guatemala: Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente, Universidad Rafael Landívar.
- IARNA-URL. (2008). *Establecimiento de prioridades de inversión en infraestructura vial para la promoción del crecimiento agrícola en el altiplano de Guatemala*. Guatemala: Universidad Rafael Landívar/Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente.

- Iarna-URL. (2015). *Clasificación de ecosistemas de Guatemala basada en el sistema de zonas de vida de Holdridge*. Guatemala: Universidad Rafael Landívar (Guatemala). Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente.
- IBM. (2016). *Software IBM SPSS*. Obtenido de IBM Analytics: <https://www.ibm.com/analytics/es/es/technology/spss/>
- ICTA. (1983). *Primer curso nacional de producción de hortalizas para el altiplano de Guatemala*. Guatemala: ICTA.
- Ingegnoli, V. (2015). *Landscape Bionomics: Biological-Integrated Landscape Ecology*. Milan: Springer.
- Inifap. (2012). *Requerimientos agroecológicos de cultivos*. Obtenido de Instituto Nacional de Investigación Forestales, Agrícolas y Pecuarias: <http://www.inifapcirpac.gob.mx/PotencialProductivo/Jalisco/AltosNorte/RegionAltosNorteReqAgroecologicos.pdf>
- Insivumeh. (2015). *Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología*. Obtenido de Insivumeh: <http://www.insivumeh.gob.gt>
- IPCC. (2001). *Anexo B. Glosario de términos*. Obtenido de Intergovernmental Panel on Climate Change: <http://www.ipcc.ch/pdf/glossary/tar-ipcc-terms-sp.pdf>
- Ledesma, M. (2000). *Climatología y Meteorología Agrícola*. Madrid: International Thomson Editores Spain Paraninfo, S.A.
- Lefebvre, M., Espinosa, M., Gomez y Paloma, S., Paracchini, M., Piorr, A., & Zasada, I. (2015). Agricultural landscapes as multi-scale public good and the role of the Common Agricultural Policy. *Journal of Environmental Planning and Management*, 58(12), 2088-2112.
- Llopis, J. (02 de enero de 2013). *Tema 19: Análisis Clúster*. Obtenido de La Estadística: una orquesta hecha instrumento: <https://estadisticaorquestainstrumento.wordpress.com/2013/01/02/tema-19-analisis-cluster/>

- MAG. (2014). *Repollo*. Obtenido de Ministerio de Agricultura y Ganadería Costa Rica: [http://www.mag.go.cr/biblioteca\\_virtual\\_ciencia/tec-repollo.pdf](http://www.mag.go.cr/biblioteca_virtual_ciencia/tec-repollo.pdf)
- MAG/FOR-IICA. (1999). *Estudio sobre la caracterización, producción, análisis de mercado y rentabilidad del cultivo de la cebolla*. Managua: Ministerio de Agricultura, Ganadería y Forestal; Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.
- MAGA. (2015). *Mapa de cobertura vegetal y uso de la tierra, a escala 1:50,000 de la República de Guatemala Año 2010: Memoria técnica y descripción de resultados*. Guatemala: Dirección de Información Geográfica, Estratégica y Gestión de Riesgos.
- MARN. (2009). *Informe Ambiental del Estado - GEO Guatemala 2009*. Guatemala: MARN-URL/IARNA-PNUMA.
- MCA-EDA. (2007). *El cultivo de la cebolla*. Honduras: MCA-Honduras/EDA.
- Minitab. (2016). *¿Qué es una prueba de chi-cuadrado?* Obtenido de Soporte de Minitab: <http://support.minitab.com/es-mx/minitab/17/topic-library/basic-statistics-and-graphs/tables/chi-square/what-is-a-chi-square-test/>
- Moncada, J. (2005). *Estadística para ciencias del movimiento humano*. San José: Editorial de la Universidad de Costa Rica.
- Nolasco, J. (2004). *Evaluación de diferentes densidades de siembra de haba (Vicia faba L.) como cultivo trampa para trips (Triphs sp.) en el cultivo de arveja china (Pisum sativum L.) en la aldea Xeabaj, Santa Apolonia, Chimaltenango*. Guatemala: USAC.
- Oliver, J. E., & Hidore, J. J. (2002). *Climatology: An Atmospheric Science* (Segunda ed.). New Jersey: Prentice Hall.
- Oosterzee, P. v., Dale, A., & Preece, N. (2014). Integrating agriculture and climate change mitigation at landscape scale: Implications from an Australian case study. *Global Environmental Change*, 29, 306-317.

- Orellana, A. (2012). *Catálogo de Hortalizas Nativas de Guatemala*. Guatemala: ICTA.
- Orús, M. (Dirección). (2015). *Estadística aplicada análisis de conglomerados o análisis clúster* [Película]. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=MZFGwsMoN70>
- Peng, J., Liu, Y., Wu, J., Lv, H., & Hu, X. (2015). Linking ecosystem services and landscape patterns to assess urban ecosystem health: A case study in Shenzhen City, China. *Landscape and Urban Planning*, 143(1), 56-68.
- RAE. (2016). *Real Academia Española*. Obtenido de Real Academia Española: <http://dle.rae.es/>
- Rohli, R. V., & Vega, A. J. (2015). *Climatology* (Tercera ed.). Burlington: Jones & Bartlett Learning.
- Serrato, P. K. (2009). Clasificación fisiográfica del terreno a partir de la inclusión de nuevos elementos conceptuales. *Perspectiva Geográfica*, 14(1), 182-218.
- Shen, G., Sakai, K., & Kaji, K. (2013). Capturing landscape changes and ecological processes in Nikko National Park (Japan) by integrated use of remote sensing images. *Landscape and Ecological Engineering*, 9(1), 89-98.
- SIG-MAGA. (2001). *Mapas de clasificación climática de la República de Guatemala*. Guatemala: Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación.
- Thackway, R., & Specht, A. (2015). Synthesising the effects of land use on natural and managed landscapes. *Science of the Total Environment*, 526, 136-152.
- Universidad de Granada. (2015). *Métodos de análisis multivariante: Análisis Clúster*. Obtenido de Estadística: <http://wdb.ugr.es/~bioestad/guia-spss/practica-8/>
- Universidad de Valencia. (2014). *Método de Ward*. Obtenido de Universidad de Valencia: [https://www.uv.es/ceaces/multivari/cluster/met\\_ward.htm](https://www.uv.es/ceaces/multivari/cluster/met_ward.htm)
- Universidad de Valencia. (2016). *Introducción al análisis clúster*. Obtenido de Contenedor Hipermedia de Estadística Aplicada a las Ciencias Económicas y Sociales: <https://www.uv.es/ceaces/multivari/cluster/CLUSTER2.htm>

Vidal, R. (2007). *Conclusiones de las Regiones Climáticas de México*. Obtenido de Biblioteca UNAM: [http://132.248.9.9/libroe\\_2007/1048280/A16.pdf](http://132.248.9.9/libroe_2007/1048280/A16.pdf)

Viera, M., Betancourt, J., & Mejía, N. (2001). *Requerimientos agroecológicos y aspectos productivos de la Zanahoria*. Obtenido de Biblioteca agroecológica: <http://www.fundesyram.info/biblioteca.php?id=797>

Zúñiga, I., & Crespo, E. (2010). *Meteorología y Climatología*. España: Editorial UNED.



## XI. ANEXOS

### Anexo 1.

Cuadro 48. Requerimientos climáticos y ciclo vegetativo de hortalizas principales de Guatemala. <sup>22</sup>

Hortaliza	Temperatura (°C)	Precipitación (mm)	Ciclo Vegetativo
Cebolla	16 – 22	650-1,300	14 – 30 días (vivero) 100 – 140 (campo)
Repollo	16 – 20	650 – 1,400	60 – 70 días
Remolacha	15 – 21	750 – 1,500	210 – 215 días
Brócoli	15 - 18	800 – 1,600	80 – 120 días
Ajo	16 – 21	750 – 1,600	140 – 160 días
Zanahoria	14 – 18	850 – 1,500	58 – 90 días
Arveja china	15 – 19	1,100-1,800	100 días
Lechuga	15 – 18	1,100 – 2,000	40 – 60 días
Coliflor	14 – 18	650 – 1,400	45 – 60 días

(CATIE-ESPREDDE/MAGA, 2001) (MAG/FOR-IICA, 1999) (MCA-EDA, 2007) (MAG, 2014) (Inifap, 2012) (Agrosiembra, 2011) (Viera, Betancourt, & Mejía, 2001) (Nolasco, 2004) (Gudiel, s.f.)

<sup>22</sup> Los datos son valores generales promedio; pueden variar según las especies y fuentes bibliográficas.

## Anexo 2.

Cuadro 49. Cuadro completo de unidades climáticas identificadas en el mes de enero.

Número de unidad climática	Código	Nombre	Extensión territorial (ha)	Departamentos <sup>23</sup> donde se encuentra presente
11	2112	Muy húmedo/Muy frío/De lluvia baja/Zona no lluviosa	93	SAM
18	2321	Muy húmedo/templado fresco/De lluvia media/Zona lluviosa	10,889	ALV
19	2322	Muy húmedo/templado fresco/De lluvia media/Zona no lluviosa	7,183	ALV, HUE y QUI
21	2332	Muy húmedo/templado fresco/De lluvia alta/Zona no lluviosa	965	HUE y QUI
23	2421	Muy húmedo/templado cálido/De lluvia media/Zona lluviosa	3,646	ALV
24	2422	Muy húmedo/templado cálido/De lluvia media/Zona no lluviosa	16,348	ALV, HUE y QUI
25	2431	Muy húmedo/templado cálido/De lluvia alta/Zona lluviosa	53,476	ALV y QUI
26	2432	Muy húmedo/templado cálido/De lluvia alta/Zona no lluviosa	25,685	ALV, HUE y QUI
30	3112	Húmedo/Muy frío/De lluvia baja/Zona no lluviosa	6,180	CHI, ESC, HUE, SAC y SAM
32	3212	Húmedo/Frío/De lluvia baja/Zona no lluviosa	30,715	ALV, BAV, CHQ, ELP, ESC, HUE, IZA, SAC y ZAC
33	3311	Húmedo/templado fresco/De lluvia baja/Zona lluviosa	11,115	ALV, BAV, ELP, HUE, IZA, QUI y ZAC

<sup>23</sup> Alta Verapaz = ALV, Baja Verapaz = BAV, Chimaltenango = CHI, Chiquimula = CHQ, El Progreso = ELP, Escuintla = ESC, Guatemala = GUA, Huehuetenango = HUE, Izabal = IZA, Jalapa = JAL, Jutiapa = JUT, Petén = PET, Quetzaltenango = QUE, Quiché = QUI, Retalhuleu = RET, Sacatepéquez = SAC, San Marcos = SAM, Santa Rosa = SAR, Sololá = SOL, Suchitepéquez = SUC, Totonicapán = TOT, Zacapa = ZAC

Número de unidad climática	Código	Nombre	Extensión territorial (ha)	Departamentos <sup>23</sup> donde se encuentra presente
34	3312	Húmedo/templado fresco/De lluvia baja/Zona no lluviosa	245,376	ALV, BAV, ELP, HUE, IZA, QUI y ZAC
35	3321	Húmedo/templado fresco/De lluvia media/Zona lluviosa	11,612	ALV
36	3322	Húmedo/templado fresco/De lluvia media/Zona no lluviosa	21,219	ALV, HUE y QUI
37	3411	Húmedo/templado cálido/De lluvia baja/Zona lluviosa	46,886	ALV, IZA y PET
38	3412	Húmedo/templado cálido/De lluvia baja/Zona no lluviosa	580,021	ALV, BAV, HUE, IZA, PET y QUI
39	3421	Húmedo/templado cálido/De lluvia media/Zona lluviosa	81,155	ALV, IZA y PET
40	3422	Húmedo/templado cálido/De lluvia media/Zona no lluviosa	438,261	ALV, HUE, IZA y QUI
41	3431	Húmedo/templado cálido/De lluvia alta/Zona lluviosa	7,704	ALV
42	3432	Húmedo/templado cálido/De lluvia alta/Zona no lluviosa	4,134	ALV, HUE y QUI
43	3511	Húmedo/Cálido/De lluvia baja/Zona lluviosa	19,862	IZA
44	3512	Húmedo/Cálido/De lluvia baja/Zona no lluviosa	3,941	IZA
45	3521	Húmedo/Cálido/De lluvia media/Zona lluviosa	59,212	IZA
46	3522	Húmedo/Cálido/De lluvia media/Zona no lluviosa	1,099	IZA
49	4112	Seco/Muy frío/De lluvia baja/Zona no lluviosa	951	CHI, ESC, SAC, SAM, SOL y QUE
50	4212	Seco/Frío/De lluvia baja/Zona no lluviosa	94,535	BAV, CHI, CHQ, ESC, HUE, JAL, QUE, QUI, SAC, SAM, SOL y TOT
52	4312	Seco/templado fresco/De lluvia baja/Zona no lluviosa	284,751	ALV, BAV, CHQ, ELP, HUE, IZA, JAL, QUI y ZAC

Número de unidad climática	Código	Nombre	Extensión territorial (ha)	Departamentos <sup>23</sup> donde se encuentra presente
53	4411	Seco/Templado cálido/De lluvia baja/Zona lluviosa	29,533	IZA y PET
54	4412	Seco/Templado cálido/De lluvia baja/Zona no lluviosa	2,467,388	ALV, BAV, ELP, HUE, IZA, PET, QUI, SAM y ZAC
55	4511	Seco/Cálido/De lluvia baja/Zona lluviosa	36,293	IZA
56	4512	Seco/Cálido/De lluvia baja/Zona no lluviosa	90,916	ALV, IZA, QUI y ZAC
60	5212	Muy seco/Frío/De lluvia baja/Zona no lluviosa	381,017	CHI, ESC, GUA, HUE, JAL, QUE, QUI, SAC, SAM, SOL, SUC y TOT
61	5312	Muy seco/Templado fresco/De lluvia baja/Zona no lluviosa	1,157,597	BAV, CHI, CHQ, ELP, ESC, GUA, HUE, JAL, JUT, QUE, QUI, SAC, SAM, SAR, SOL, SUC, TOT y ZAC
62	5412	Muy seco/Templado cálido/De lluvia baja/Zona no lluviosa	3,280,373	Todos los departamentos
64	5512	Muy seco/Cálido/De lluvia baja/Zona no lluviosa	1,305,453	ALV, BAV, CHI, CHQ, ELP, ESC, GUA, IZA, JAL, JUT, QUE, RET, SAC, SAM, SAR, SUC y ZAC

Elaboración propia

### Anexo 3.

Cuadro 50. Cuadro completo de unidades climáticas identificadas en el mes de febrero.

Número de unidad climática	Código	Nombre	Extensión territorial (ha)	Departamentos donde se encuentra presente
11	2112	Muy húmedo/Muy frío/De lluvia baja/Zona no lluviosa	4	SAM

Número de unidad climática	Código	Nombre	Extensión territorial (ha)	Departamentos donde se encuentra presente
24	2422	Muy húmedo/Templado cálido/De lluvia media/Zona no lluviosa	121	ALV y HUE
26	2432	Muy húmedo/Templado cálido/De lluvia alta/Zona no lluviosa	1,647	ALV
30	3112	Húmedo/Muy frío/De lluvia baja/Zona no lluviosa	1,914	CHI, HUE, SAC y SAM
32	3212	Húmedo/Frío/De lluvia baja/Zona no lluviosa	17,527	ALV, BAV, ELP, IZA y ZAC
34	3312	Húmedo/Templado fresco/De lluvia baja/Zona no lluviosa	123,754	ALV, BAV, ELP, HUE, IZA, QUI y ZAC
36	3322	Húmedo/Templado fresco/De lluvia media/Zona no lluviosa	1,084	ALV, HUE y QUI
38	3412	Húmedo/Templado cálido/De lluvia baja/Zona no lluviosa	194,410	ALV, HUE, IZA y QUI
40	3422	Húmedo/Templado cálido/De lluvia media/Zona no lluviosa	221,570	ALV, HUE y QUI
42	3432	Húmedo/Templado cálido/De lluvia alta/Zona no lluviosa	1,536	ALV
44	3512	Húmedo/Cálido/De lluvia baja/Zona no lluviosa	15,067	ALV e IZA
46	3522	Húmedo/Cálido/De lluvia media/Zona no lluviosa	6,587	IZA
49	4112	Seco/Muy frío/De lluvia baja/Zona no lluviosa	5,467	CHI, ESC, HUE, SAC y SAM
50	4212	Seco/Frío/De lluvia baja/Zona no lluviosa	40,732	ALV, CHQ, ELP, ESC, HUE, QUI, SAC, SAM y ZAC
52	4312	Seco/Templado fresco/De lluvia baja/Zona no lluviosa	275,022	ALV, BAV, CHQ, ELP, HUE, IZA, QUI y ZAC
54	4412	Seco/Templado cálido/De lluvia baja/Zona no lluviosa	2,494,799	ALV, BAV, CHQ, ELP, HUE, IZA, PET, QUE, QUI, RET, SAM, SOL, SUC y ZAC

Número de unidad climática	Código	Nombre	Extensión territorial (ha)	Departamentos donde se encuentra presente
55	4511	Seco/Cálido/De lluvia baja/Zona lluviosa	1,387	IZA
56	4512	Seco/Cálido/De lluvia baja/Zona no lluviosa	668,533	ALV, HUE, IZA, PET y QUI
59	5112	Muy seco/Muy frío/De lluvia baja/Zona no lluviosa	112	SAM y SOL
60	5212	Muy seco/Frío/De lluvia baja/Zona no lluviosa	414,647	BAV, CHI, CHQ, ESC, GUA, HUE, JAL, QUE, QUI, SAC, SAM, SOL, SUC y TOT
61	5312	Muy seco/Templado fresco/De lluvia baja/Zona no lluviosa	1,195,114	ALV, BAV, CHI, CHQ, ELP, ESC, GUA, HUE, JAL, JUT, QUE, QUI, SAC, SAM, SAR, SOL, SUC, TOT y ZAC
62	5412	Muy seco/Templado cálido/De lluvia baja/Zona no lluviosa	3,266,958	Todos los departamentos
64	5512	Muy seco/Cálido/De lluvia baja/Zona no lluviosa	1,867,592	ALV, BAV, CHI, CHQ, ELP, ESC, GUA, IZA, JAL, JUT, PET, QUE, RET, SAC, SAM, SAR, SOL, SUC y ZAC

Elaboración propia

#### Anexo 4.

Cuadro 51. Cuadro completo de unidades climáticas identificadas en el mes de marzo.

Número de unidad climática	Código	Nombre	Extensión territorial (ha)	Departamentos donde se encuentra presente
11	2112	Muy húmedo/Muy frío/De lluvia baja/Zona no lluviosa	23	SAM
30	3112	Húmedo/Muy frío/De lluvia baja/Zona no lluviosa	416	CHI, HUE, SAC y SAM

Número de unidad climática	Código	Nombre	Extensión territorial (ha)	Departamentos donde se encuentra presente
32	3212	Húmedo/Frío/De lluvia baja/Zona no lluviosa	5,430	ALV, BAV, CHI, HUE, SAM y ZAC
34	3312	Húmedo/templado fresco/De lluvia baja/Zona no lluviosa	69,763	ALV, BAV y ZAC
38	3412	Húmedo/templado cálido/De lluvia baja/Zona no lluviosa	180,036	ALV, HUE, QUI y SAM
40	3422	Húmedo/templado cálido/De lluvia media/Zona no lluviosa	142,276	ALV, HUE y QUI
42	3432	Húmedo/templado cálido/De lluvia alta/Zona no lluviosa	1,106	ALV
44	3512	Húmedo/Cálido/De lluvia baja/Zona no lluviosa	32,580	ALV, QUI y SAM
46	3522	Húmedo/Cálido/De lluvia media/Zona no lluviosa	29,635	ALV, QUI y SAM
49	4112	Seco/Muy frío/De lluvia baja/Zona no lluviosa	6	SAC
50	4212	Seco/Frío/De lluvia baja/Zona no lluviosa	97,375	ALV, BAV, CHI, ELP, ESC, HUE, QUE, QUI, SAC, SAM, SOL, TOT y ZAC
52	4312	Seco/templado fresco/De lluvia baja/Zona no lluviosa	289,983	ALV, BAV, CHQ, ELP, HUE, IZA, JAL, QUE, QUI, SAM y ZAC
53	4411	Seco/templado cálido/De lluvia baja/Zona lluviosa	1,551	PET
54	4412	Seco/templado cálido/De lluvia baja/Zona no lluviosa	902,771	BAV, CHQ, ELP, HUE, PET, QUE, RET, SAM, SOL, SUC y ZAC
55	4511	Seco/Cálido/De lluvia baja/Zona lluviosa	29,434	PET
56	4512	Seco/Cálido/De lluvia baja/Zona no lluviosa	1,520,433	ALV, BAV, ESC, HUE, IZA, PET, QUE, QUI, RET, SAM, SOL y SUC

Número de unidad climática	Código	Nombre	Extensión territorial (ha)	Departamentos donde se encuentra presente
60	5212	Muy seco/Frío/De lluvia baja/Zona no lluviosa	209,181	CHI, ESC, HUE, JAL, QUE, QUI, SAC, SAM, SOL, SUC y TOT
61	5312	Muy seco/Templado fresco/De lluvia baja/Zona no lluviosa	958,562	BAV, CHI, CHQ, ELP, ESC, GUA, HUE, JAL, JUT, QUE, QUI, SAC, SAM, SAR, SOL, SUC y TOT
62	5412	Muy seco/Templado cálido/De lluvia baja/Zona no lluviosa	1,790,203	Todos los departamentos
64	5512	Muy seco/Cálido/De lluvia baja/Zona no lluviosa	4,554,820	ALV, BAV, CHI, CHQ, ELP, ESC, GUA, HUE, IZA, JAL, JUT, PET, QUI, SAC, SAM, SAR, SOL, SUC, QUE, RET y ZAC

Elaboración propia

## Anexo 5.

Cuadro 52. Cuadro completo de unidades climáticas identificadas en el mes de abril.

Número de unidad climática	Código	Nombre	Extensión territorial (ha)	Departamentos donde se encuentra presente
11	2112	Muy húmedo/Muy frío/De lluvia baja/Zona no lluviosa	156	SAM
13	2212	Muy húmedo/Frío/De lluvia baja/Zona no lluviosa	6,411	SAC, CHI, SAM y HUE
25	2431	Muy húmedo/Templado cálido/De lluvia alta/Zona lluviosa	10,139	SAM
28	2531	Muy húmedo/Cálido/De lluvia alta/Zona lluviosa	23,105	SAM



Número de unidad climática	Código	Nombre	Extensión territorial (ha)	Departamentos donde se encuentra presente
31	3211	Húmedo/Frío/De lluvia baja/Zona lluviosa	25,648	SAM, QUI y HUE
32	3212	Húmedo/Frío/De lluvia baja/Zona no lluviosa	130,325	BAV, ALV, ESC, ELP, ZAC, CHI, SAC, QUI, SOL, TOT, QUE, HUE y SAM
33	3311	Húmedo/Templado fresco/De lluvia baja/Zona lluviosa	84,794	SAM, QUI y HUE
34	3312	Húmedo/Templado fresco/De lluvia baja/Zona no lluviosa	153,926	CHQ, QUE, HUE, JAL, IZA, QUI, BAV, ZAC, ELP, SAM y ALV
38	3412	Húmedo/Templado cálido/De lluvia baja/Zona no lluviosa	164,966	BAV, ESC, SUC, SOL, QUE, CHI, SAM, HUE, QUI y ALV
39	3421	Húmedo/Templado cálido/De lluvia media/Zona lluviosa	1,187	SAM
40	3422	Húmedo/Templado cálido/De lluvia media/Zona no lluviosa	193,123	RET, SOL, SUC, SAM, HUE, QUE, QUI y ALV
41	3431	Húmedo/Templado cálido/De lluvia alta/Zona lluviosa	3,865	QUE y SAM
42	3432	Húmedo/Templado cálido/De lluvia alta/Zona no lluviosa	2,511	QUE y SAM
44	3512	Húmedo/Cálido/De lluvia baja/Zona no lluviosa	48,070	QUE, SOL, SAC, RET, SUC, HUE, CHI, ESC, QUI y ALV
45	3521	Húmedo/Cálido/De lluvia media/Zona lluviosa	2,414	SAM, QUE y SUC
46	3522	Húmedo/Cálido/De lluvia media/Zona no lluviosa	205,967	SAC, SOL, IZA, CHI, QUI, ESC, SAM, RET, QUE, ALV y SUC
47	3531	Húmedo/Cálido/De lluvia alta/Zona lluviosa	24,696	QUE y SAM
48	3532	Húmedo/Cálido/De lluvia alta/Zona no lluviosa	2,723	QUE y SAM

Número de unidad climática	Código	Nombre	Extensión territorial (ha)	Departamentos donde se encuentra presente
50	4212	Seco/Frío/De lluvia baja/Zona no lluviosa	20,887	SUC, ESC, SAC, CHI, SAM, SOL, TOT y QUE
51	4311	Seco/Templado fresco/De lluvia baja/Zona lluviosa	91,540	QUI, SAM y HUE
52	4312	Seco/Templado fresco/De lluvia baja/Zona no lluviosa	549,034	SUC, IZA, ESC, JUT, CHQ, SAR, ZAC, SAC, ELP, SOL, GUA, CHI, TOT, ALV, JAL, BAV, QUE, SAM, HUE y QUI
53	4411	Seco/Templado cálido/De lluvia baja/Zona lluviosa	4	JUT
54	4412	Seco/Templado cálido/De lluvia baja/Zona no lluviosa	926,516	SUC, IZA, ESC, JUT, CHQ, SAR, ZAC, SAC, ELP, SOL, GUA, CHI, TOT, ALV, JAL, BAV, QUE, SAM, HUE, QUI y PET
55	4511	Seco/Cálido/De lluvia baja/Zona lluviosa	1,580	JUT
56	4512	Seco/Cálido/De lluvia baja/Zona no lluviosa	2,064,543	ZAC, SAC, GUA, SAM, SAR, QUE, BAV, JUT, RET, HUE, SUC, ESC, QUI, PET, IZA y ALV
58	4522	Seco/Cálido/De lluvia media/Zona no lluviosa	3,711	QUE, SAM, SUC e IZA
61	5312	Muy seco/Templado fresco/De lluvia baja/Zona no lluviosa	227,072	JAL, SAR, SUC, ESC, HUE, BAV, GUA, SAC, QUE, TOT, SOL, QUI y CHI
62	5412	Muy seco/Templado cálido/De lluvia baja/Zona no lluviosa	956,475	SUC, SOL, IZA, ESC, JUT, TOT, ZAC, PET, SAC, ELP, HUE, SAR, CHQ, CHI, JAL, JAL, QUI, BAV y GUA

Número de unidad climática	Código	Nombre	Extensión territorial (ha)	Departamentos donde se encuentra presente
64	5512	Muy seco/Cálido/De lluvia baja/Zona no lluviosa	4,890,196	QUI, CHI, GUA, SAM, QUE, BAV, ALV, JAL, HUE, SUC, RET, ELP, CHQ, SAR, ZAC, JUT, ESC, IZA y PET

Elaboración propia

### Anexo 6.

Cuadro 53. Cuadro completo de unidades climáticas identificadas en el mes de mayo.

Número de unidad climática	Código	Nombre	Extensión territorial (ha)	Departamentos donde se encuentra presente
2	1131	Súper húmedo/Muy frío/De lluvia alta/Zona lluviosa	104	SAM
4	1221	Súper húmedo /Frío/De lluvia media/Zona lluviosa	13,187	TOT, SAM y HUE
5	1231	Súper húmedo /Frío/De lluvia alta/Zona lluviosa	3,918	ELP, ZAC, ESC, QUE, SOL, CHI, SAC y SAM
9	1441	Súper húmedo /Templado cálido/De lluvia muy alta/Zona lluviosa	25,054	RET, SOL, SUC, QUE y SAM
10	1541	Súper húmedo/Cálido/De lluvia muy alta/Zona lluviosa	16,737	SAM
14	2221	Muy húmedo/Frío/De lluvia media/Zona lluviosa	116,962	ESC, SAC, CHI, QUI, SOL, TOT, QUE, SAM y HUE
15	2231	Muy húmedo/Frío/De lluvia alta/Zona lluviosa	3,221	BAV, ALV, ESC, CHI, ELP, SOL, SAC, ZAC, SAM y QUE
16	2311	Muy húmedo/Templado fresco/De lluvia baja/Zona lluviosa	13,870	QUI y HUE

Número de unidad climática	Código	Nombre	Extensión territorial (ha)	Departamentos donde se encuentra presente
18	2321	Muy húmedo/Templado fresco/De lluvia media/Zona lluviosa	339,786	SUC, ESC, JUT, SAC, SAR, ZAC, CHI, QUI, BAV, GUA, ELP, HUE, SOL, JAL, ALV, TOT, QUE y SAM
20	2331	Muy húmedo/Templado fresco/De lluvia alta/Zona lluviosa	91,957	SAR, JUT, IZA, BAV, CHQ, JAL, QUE, ELP, ZAC, ALV y SAM
23	2421	Muy húmedo/Templado cálido/De lluvia media/Zona lluviosa	39,831	SUC, ELP, QUI, HUE, SOL, SAM, QUE, CHQ, BAV, GUA, ZAC, JAL, SAR, JUT y ALV
24	2422	Muy húmedo/Templado cálido/De lluvia media/Zona no lluviosa	281	HUE
25	2431	Muy húmedo/Templado cálido/De lluvia alta/Zona lluviosa	338,440	JAL, SAC, BAV, SUC, QUE, CHQ, ZAC, SOL, ESC, GUA, JUT, CHI, SAM, IZA, HUE, SAR, QUI y ALV
26	2432	Muy húmedo/Templado cálido/De lluvia alta/Zona no lluviosa	14,731	HUE
27	2441	Muy húmedo/Templado cálido/De lluvia muy alta/Zona lluviosa	85,046	SAC, ESC, RET, CHI, ALV, SUC, SOL, SAM y QUE
28	2531	Muy húmedo/Cálido/De lluvia alta/Zona lluviosa	186,624	IZA, HUE, GUA, BAV, SAM, QUE, RET, SUC, SAR, QUI, ESC y ALV
29	2541	Muy húmedo/Cálido/De lluvia muy alta/Zona lluviosa	364,912	GUA, SAC, ALV, SOL, SAR, CHI, QUE, RET, SAM, ESC y SUC

Número de unidad climática	Código	Nombre	Extensión territorial (ha)	Departamentos donde se encuentra presente
33	3311	Húmedo/Templado fresco/De lluvia baja/Zona lluviosa	452,245	ELP, SUC, ALV, SAM, GUA, SAC, QUE, BAV, SOL, TOT, CHI, QUI y HUE
35	3321	Húmedo/Templado fresco/De lluvia media/Zona lluviosa	144,156	SUC, ESC, ELP, TOT, JAL, QUI, GUA, SOL, CHI, HUE, QUE, SAC, BAV, ALV y SAM
37	3411	Húmedo/Templado cálido/De lluvia baja/Zona lluviosa	601,284	SAM, SUC, IZA, ALV, QUE, JUT, ELP, SOL, ZAC, SAC, JAL, TOT, CHQ, GUA, CHI, BAV, HUE y QUI
38	3412	Húmedo/Templado cálido/De lluvia baja/Zona no lluviosa	8,150	HUE
39	3421	Húmedo/Templado cálido/De lluvia media/Zona lluviosa	843,018	SUC, QUE, TOT, SAC, CHI, SOL, ESC, SAR, ELP, SAM, IZA, PET, ZAC, BAV, CHQ, JUT, GUA, JAL, ALV, QUI y HUE
40	3422	Húmedo/Templado cálido/De lluvia media/Zona no lluviosa	17,031	HUE
41	3431	Húmedo/Templado cálido/De lluvia alta/Zona lluviosa	107,901	SOL, CHQ, SAC, ZAC, SAM, CHI, ESC, BAV, GUA, ALV, HUE, QUI, IZA, JUT y SAR
42	3432	Húmedo/Templado cálido/De lluvia alta/Zona no lluviosa	2,496	HUE
43	3511	Húmedo/Cálido/De lluvia baja/Zona lluviosa	81,143	JAL, CHI, QUI, ELP, HUE, BAV, GUA, CHQ, ZAC, IZA, JUT y PET
45	3521	Húmedo/Cálido/De lluvia media/Zona lluviosa	3,048,154	CHQ, CHI, ELP, GUA, SAM, QUE, BAV, ZAC, HUE, RET, SUC, QUI,

Número de unidad climática	Código	Nombre	Extensión territorial (ha)	Departamentos donde se encuentra presente
				SAR, ESC, JUT, ALV, IZA y PET
46	3522	Húmedo/Cálido/De lluvia media/Zona no lluviosa	1,166	QUI y HUE
47	3531	Húmedo/Cálido/De lluvia alta/Zona lluviosa	947,195	JUT, BAV, SAM, QUE, HUE, RET, PET, SUC, SAR, QUI, ESC, IZA y ALV
51	4311	Seco/templado fresco/De lluvia baja/Zona lluviosa	10,218	TOT, CHI, SOL y QUI
52	4312	Seco/templado fresco/De lluvia baja/Zona no lluviosa	86	SOL
53	4411	Seco/templado cálido/De lluvia baja/Zona lluviosa	213,969	SOL, ZAC, TOT, CHI, JUT, HUE, JAL, ELP, CHQ, GUA, QUI y BAV
55	4511	Seco/Cálido/De lluvia baja/Zona lluviosa	2,326,149	CHI, QUI, SUC, QUE, ESC, GUA, SAM, BAV, RET, JAL, HUE, JUT, ELP, ZAC, CHQ, IZA y PET
56	4512	Seco/Cálido/De lluvia baja/Zona no lluviosa	259	PET
57	4521	Seco/Cálido/De lluvia media/Zona lluviosa	312,031	ALV, SAR, SUC, QUE, SAM, ZAC, JUT, ESC, RET, IZA y PET
63	5511	Muy seco/Cálido/De lluvia baja/Zona lluviosa	43,999	PET, JAL, CHQ, ELP y ZAC
64	5512	Muy seco/Cálido/De lluvia baja/Zona no lluviosa	273	PET

Elaboración propia

## Anexo 7.

Cuadro 54. Cuadro completo de unidades climáticas identificadas en el mes de junio.

Número de unidad climática	Código	Nombre	Extensión territorial (ha)	Departamentos donde se encuentra presente
3	1141	Súper húmedo/Muy frío/De lluvia muy alta/Zona lluviosa	102	SAM
5	1231	Súper húmedo /Frío/De lluvia alta/Zona lluviosa	134,417	CHI, QUI, SOL, TOT, QUE, SAM y HUE
6	1241	Súper húmedo/Frío/De lluvia muy alta/Zonal lluviosa	4,827	ALV, BAV, QUE, SOL, ELP, ZAC, ESC, SAM, CHI y SAC
7	1331	Súper húmedo/Templado fresco/De lluvia alta/Zona lluviosa	68,045	SUC, TOT, BAV, SOL, CHI, QUI, QUE, HUE y SAM
8	1341	Súper húmedo/Templado fresco/De lluvia muy alta/Zona lluviosa	202,431	SUC, ESC, HUE, IZA, SOL, CHQ, CHI, SAR, SAC, QUE, JUT, GUA, BAV, ZAC, ELP, SAM, JAL y ALV
9	1441	Súper húmedo/Templado cálido/De lluvia muy alta/Zona lluviosa	654,043	SUC, ESC, HUE, IZA, SOL, CHQ, CHI, SAR, SAC, QUE, JUT, GUA, BAV, ZAC, ELP, SAM, JAL, ALV, TOT, RET y QUI
10	1541	Súper húmedo/Cálido/De lluvia muy alta/Zona lluviosa	418,959	SAC, QUE, SOL, GUA, BAV, CHI, SAR, IZA, RET, SUC, SAM, ESC y ALV
15	2231	Muy húmedo/Frío/De lluvia alta/Zona lluviosa	781	QUE, SOL y TOT
18	2321	Muy húmedo/Templado fresco/De lluvia media/Zona lluviosa	56,969	QUI, QUE, SOL y TOT

Número de unidad climática	Código	Nombre	Extensión territorial (ha)	Departamentos donde se encuentra presente
20	2331	Muy húmedo/Templado fresco/De lluvia alta/Zona lluviosa	733,748	ESC, SUC, ELP, ALV, GUA, SAC, BAV, TOT, SOL, QUE, CHI, SAM, QUI y HUE
22	2341	Muy húmedo/Templado fresco/De lluvia muy alta/Zona lluviosa	111,096	JUT, CHQ, SUC, SAR, QUE, ESC, ELP, SAM, BAV, QUI, SAC, SOL, GUA, HUE, JAL ALV y CHI
25	2431	Muy húmedo/Templado cálido/De lluvia alta/Zona lluviosa	909,724	SOL, QUE, ESC, IZA, SAM, PET, SAC, TOT, ELP, SAR, ZAC, HUE, JAL, CHI, ALV, JUT, CHQ, GUA, BAV, QUI
27	2441	Muy húmedo/Templado cálido/De lluvia muy alta/Zona lluviosa	778,858	SOL, QUE, ESC, IZA, SAM, PET, SAC, TOT, ELP, SAR, ZAC, HUE, JAL, CHI, ALV, JUT, CHQ, GUA, BAV y QUI
28	2531	Muy húmedo/Cálido/De lluvia alta/Zona lluviosa	784,781	QUI, CHI, Alta Veraz, ELP, BAV, QUE, GUA, SAM, SAR, RET, SUC, HUE, CHQ, ZAC, JUT, ESC, IZA y PET
29	2541	Muy húmedo/Cálido/De lluvia muy alta/Zona lluviosa	2,349,497	QUE, ESC, IZA, SAM, PET, SAC, ELP, SAR, ZAC, HUE, CHI, ALV, JUT, GUA, BAV, RET, SUC y QUI
39	3421	Húmedo/Templado cálido/De lluvia media/Zona lluviosa	74,307	ZAC, JUT, CHQ, JAL, GUA, BAV y ELP
41	3431	Húmedo/Templado cálido/De lluvia alta/Zona lluviosa	113,415	QUI, ZAC, ELP, JAL, JUT, GUA, BAV y CHQ



Número de unidad climática	Código	Nombre	Extensión territorial (ha)	Departamentos donde se encuentra presente
43	3511	Húmedo/Cálido/De lluvia baja/Zona lluviosa	2,217	ELP
45	3521	Húmedo/Cálido/De lluvia media/Zona lluviosa	579,167	ZAC, ELP, JAL, JUT, GUA, BAV, CHQ y PET
47	3531	Húmedo/Cálido/De lluvia alta/Zona lluviosa	2,837,614	ZAC, ELP, JAL, JUT, GUA, BAV, CHQ, SAM, SUC, RET, ESC, IZA y PET
55	4511	Seco/Cálido/De lluvia baja/Zona lluviosa	423	ELP
57	4521	Seco/Cálido/De lluvia media/Zona lluviosa	163	ZAC

Elaboración propia

## Anexo 8.

Cuadro 55. Cuadro completo de unidades climáticas identificadas en el mes de julio.

Número de unidad climática	Código	Nombre	Extensión territorial (ha)	Departamentos donde se encuentra presente
2	1131	Súper húmedo/Muy frío/De lluvia alta/Zona lluviosa	125	SAM
4	1221	súper húmedo /Frío/De lluvia media/Zona lluviosa	7,894	SOL, QUE, SAM, TOT, QUI y HUE
5	1231	Súper húmedo /Frío/De lluvia alta/Zona lluviosa	31,414	QUI, ESC, SOL, QUE, TOT, CHI, SAC, SAM y HUE
6	1241	Súper húmedo/Frío/De lluvia muy alta/Zonal lluviosa	1,361	ALV, BAV, ELP y ZAC
7	1331	Súper húmedo/Templado fresco/De lluvia alta/Zona lluviosa	5,166	ALV, BAV, ELP, ESC, SAC, CHQ, GUA, SAM y JAL
8	1341	Súper húmedo/Templado fresco/De lluvia muy alta/Zona lluviosa	122,704	QUI, CHQ, QUE, JAL, IZA, SAM, HUE, BAV, ZAC, ELP y ALV

Número de unidad climática	Código	Nombre	Extensión territorial (ha)	Departamentos donde se encuentra presente
9	1441	Súper húmedo /Templado cálido/De lluvia muy alta/Zona lluviosa	517,393	CHI, ESC, ZAC, RET, BAV, SUC, SOL, QUE, IZA, SAM, QUI, HUE y ALV
10	1541	Súper húmedo/Cálido/De lluvia muy alta/Zona lluviosa	518,139	SOL, CHI, BAV, SUC, RET, ESC, QUE, SAM, HUE, PET, QUI, ALV e IZA
14	2221	Muy húmedo/Frío/De lluvia media/Zona lluviosa	118,239	SUC, CHI, QUI, SOL, TOT, QUE, SAM y HUE
15	2231	Muy húmedo/Frío/De lluvia alta/Zona lluviosa	4,841	ESC, SAC, CHI, QUI, SOL, QUE y SAM
16	2311	Muy húmedo/Templado fresco/De lluvia baja/Zona lluviosa	2,996	TOT, QUE y HUE
18	2321	Muy húmedo/Templado fresco/De lluvia media/Zona lluviosa	531,615	CHQ, ELP, SAC, SUC, GUA, BAV, SOL, TOT, CHI, QUE, SAM, QUI y HUE
20	2331	Muy húmedo/Templado fresco/De lluvia alta/Zona lluviosa	449,319	SUC, ESC, CHQ, SAR, ELP, JUT, QUE, ALV, SOL, SAC, GUA, HUE, SAM, JAL, BAV, CHI y QUI
22	2341	Muy húmedo/Templado fresco/De lluvia muy alta/Zona lluviosa	36,964	SOL, SUC, ZAC, QUI, ELP, QUE, SAM, BAV, HUE y ALV
23	2421	Muy húmedo/Templado cálido/De lluvia media/Zona lluviosa	84,863	ELP, SAM, CHQ, SOL, SAC, TOT, GUA, HUE, CHI, BAV y QUI
25	2431	Muy húmedo/Templado cálido/De lluvia alta/Zona lluviosa	838,332	QUE, SUC, TOT, SAC, SAM, CHI, SOL, ESC, ELP, PET, IZA, ZAC, CHQ, BAV, ALV, JUT, JAL, HUE, SAR, QUI y GUA
27	2441	Muy húmedo/Templado cálido/De lluvia muy alta/Zona lluviosa	358,797	QUE, SUC, SAC, SAM, CHI, SOL, ESC, ELP, PET, IZA, ZAC, BAV, ALV, JUT, HUE, SAR, QUI, GUA y RET

Número de unidad climática	Código	Nombre	Extensión territorial (ha)	Departamentos donde se encuentra presente
28	2531	Muy húmedo/Cálido/De lluvia alta/Zona lluviosa	540,882	QUE, SUC, SAM, ESC, ELP, PET, IZA, ZAC, BAV, JUT, HUE, SAR, QUI y RET
29	2541	Muy húmedo/Cálido/De lluvia muy alta/Zona lluviosa	1,843,900	QUE, SUC, SAC, SAM, CHI, SOL, ESC, PET, IZA, ZAC, BAV, ALV, JUT, SAR, QUI, GUA y RET
33	3311	Húmedo/Templado fresco/De lluvia baja/Zona lluviosa	22,909	QUE, HUE y TOT
35	3321	Húmedo/Templado fresco/De lluvia media/Zona lluviosa	139,646	QUE, TOT, SAM, CHI, SOL, HUE y QUI
37	3411	Húmedo/Templado cálido/De lluvia baja/Zona lluviosa	54,118	GUA, BAV y ELP
39	3421	Húmedo/Templado cálido/De lluvia media/Zona lluviosa	550,899	TOT, SAC, SAM, CHI, SOL, ELP, ZAC, CHQ, BAV, JUT, JAL, HUE, SAR, QUI y GUA
41	3431	Húmedo/Templado cálido/De lluvia alta/Zona lluviosa	112,708	CHI, ESC, ELP, IZA, ZAC, CHQ, BAV, JUT, JAL, HUE, SAR, QUI y GUA
43	3511	Húmedo/Cálido/De lluvia baja/Zona lluviosa	59,838	ELP, PET, ZAC, CHQ, BAV, JAL y GUA
45	3521	Húmedo/Cálido/De lluvia media/Zona lluviosa	1,986,410	QUE, SUC, SAM, CHI, ELP, PET, IZA, ZAC, CHQ, BAV, JUT, JAL, HUE, SAR, QUI, GUA y RET
47	3531	Húmedo/Cálido/De lluvia alta/Zona lluviosa	1,605,494	QUE, SUC, SAM, CHI, ESC, ELP, PET, IZA, ZAC, CHQ, BAV, JUT, HUE, SAR, QUI, GUA y RET
53	4411	Seco/Templado cálido/De lluvia baja/Zona lluviosa	3,179	BAV y ELP
55	4511	Seco/Cálido/De lluvia baja/Zona lluviosa	264,352	ELP, PET, ZAC, CHQ, JAL y RET

Número de unidad climática	Código	Nombre	Extensión territorial (ha)	Departamentos donde se encuentra presente
57	4521	Seco/Cálido/De lluvia media/Zona lluviosa	1,087	ZAC y RET

Elaboración propia

## Anexo 9.

Cuadro 56. Cuadro completo de unidades climáticas identificadas en el mes de agosto.

Número de unidad climática	Código	Nombre	Extensión territorial (ha)	Departamentos donde se encuentra presente
2	1131	Súper húmedo/Muy frío/De lluvia alta/Zona lluviosa	71	SAM
3	1141	Súper húmedo/Muy frío/De lluvia muy alta/Zona lluviosa	87	SAM
4	1221	Súper húmedo /Frío/De lluvia media/Zona lluviosa	52	HUE
5	1231	Súper húmedo /Frío/De lluvia alta/Zona lluviosa	90,545	QUE, SUC, TOT, SAC, SAM, CHI, SOL, ESC, HUE y QUI
6	1241	Súper húmedo/Frío/De lluvia muy alta/Zonal lluviosa	1,629	SAC, CHI, ESC, ELP, ZAC, BAV y ALV
7	1331	Súper húmedo/Templado fresco/De lluvia alta/Zona lluviosa	11,556	QUE, SAC, SAM, CHI, SOL, ESC, ELP, BAV y JAL
8	1341	Súper húmedo/Templado fresco/De lluvia muy alta/Zona lluviosa	73,353	QUE, SAM, ELP, IZA, ZAC, CHQ, BAV, ALV, HUE y QUI
9	1441	Súper húmedo /Templado cálido/De lluvia muy alta/Zona lluviosa	328,531	QUE, SUC, SAC, SAM, CHI, SOL, ESC, IZA, ALV, HUE, QUI y RET

Número de unidad climática	Código	Nombre	Extensión territorial (ha)	Departamentos donde se encuentra presente
10	1541	Súper húmedo/Cálido/De lluvia muy alta/Zona lluviosa	156,721	QUE, SUC, SAC, SAM, CHI, SOL, ESC, IZA, ALV, HUE, QUI y RET
14	2221	Muy húmedo/Frío/De lluvia media/Zona lluviosa	47,869	QUE, TOT, SAM, SOL, HUE y QUI
15	2231	Muy húmedo/Frío/De lluvia alta/Zona lluviosa	40,917	QUE, SUC, TOT, SAM, CHI, SOL, HUE y QUI
18	2321	Muy húmedo/Templado fresco/De lluvia media/Zona lluviosa	473,277	QUE, TOT, SAC, SAM, CHI, SOL, ESC, ELP, BAV, HUE, QUI y GUA
20	2331	Muy húmedo/Templado fresco/De lluvia alta/Zona lluviosa	494,213	QUE, SUC, SAC, SAM, CHI, SOL, ESC, ELP, ZAC, CHQ, BAV, ALV, JUT, JAL, HUE, SAR, QUI y GUA
22	2341	Muy húmedo/Templado fresco/De lluvia muy alta/Zona lluviosa	35,906	QUE, SUC, SAM, SOL, ELP, IZA, ZAC, CHQ, BAV, ALV, HUE y QUI
23	2421	Muy húmedo/Templado cálido/De lluvia media/Zona lluviosa	69,150	TOT, SAC, SAM, CHI, SOL, ESC, ELP, CHQ, BAV, ALV, HUE, QUI y GUA
25	2431	Muy húmedo/Templado cálido/De lluvia alta/Zona lluviosa	830,872	Todos los departamentos
27	2441	Muy húmedo/Templado cálido/De lluvia muy alta/Zona lluviosa	379,813	QUE, SUC, SAC, SAM, CHI, SOL, ESC, ELP, PET, IZA, ZAC, CHQ, BAV, ALV, JUT, HUE, SAR, QUI, GUA y RET
28	2531	Muy húmedo/Cálido/De lluvia alta/Zona lluviosa	811,574	QUE, SUC, SAM, ESC, PET, IZA, ZAC, BAV, ALV, JUT, HUE, SAR, QUI y RET

Número de unidad climática	Código	Nombre	Extensión territorial (ha)	Departamentos donde se encuentra presente
29	2541	Muy húmedo/Cálido/De lluvia muy alta/Zona lluviosa	1,659,276	QUE, SUC, SAM, CHI, SOL, ESC, PET, IZA, ZAC, BAV, ALV, JUT, HUE, SAR, QUI, GUA y RET
33	3311	Húmedo/Templado fresco/De lluvia baja/Zona lluviosa	4,406	QUE, TOT y HUE
35	3321	Húmedo/Templado fresco/De lluvia media/Zona lluviosa	187,245	QUE, TOT, SAC, SAM, CHI, SOL, ELP, BAV, HUE, QUI y GUA
37	3411	Húmedo/Templado cálido/De lluvia baja/Zona lluviosa	72,579	CHI, ELP, ZAC, CHQ, BAV, JAL, QUI y GUA
39	3421	Húmedo/Templado cálido/De lluvia media/Zona lluviosa	636,351	TOT, SAC, SAM, CHI, SOL, ESC, ELP, ZAC, CHQ, BAV, ALV, JUT, JAL, HUE, SAR, QUI y GUA
41	3431	Húmedo/Templado cálido/De lluvia alta/Zona lluviosa	112,906	ESC, ELP, PET, IZA, ZAC, CHQ, BAV, ALV, JUT, JAL, HUE, SAR, QUI y GUA
43	3511	Húmedo/Cálido/De lluvia baja/Zona lluviosa	124,563	ELP, PET, ZAC, CHQ, BAV, JAL, QUI y GUA
45	3521	Húmedo/Cálido/De lluvia media/Zona lluviosa	1,398,079	QUE, SUC, SAM, CHI, ESC, ELP, PET, IZA, ZAC, CHQ, BAV, JUT, JAL, HUE, SAR, QUI, GUA y RET
47	3531	Húmedo/Cálido/De lluvia alta/Zona lluviosa	1,963,329	QUE, SUC, SAM, ESC, ELP, PET, IZA, ZAC, CHQ, BAV, ALV, JUT, HUE, SAR, QUI y RET
53	4411	Seco/Templado cálido/De lluvia baja/Zona lluviosa	89,230	CHI, ELP, BAV, JAL, QUI y GUA

Número de unidad climática	Código	Nombre	Extensión territorial (ha)	Departamentos donde se encuentra presente
55	4511	Seco/Cálido/De lluvia baja/Zona lluviosa	717,551	ELP, PET, ZAC, CHQ, BAV, JAL, GUA y RET
57	4521	Seco/Cálido/De lluvia media/Zona lluviosa	2,127	ZAC y RET
63	5511	Muy seco/Cálido/De lluvia baja/Zona lluviosa	1,806	ELP

Elaboración propia

### Anexo 10.

Cuadro 57. Cuadro completo de unidades climáticas identificadas en el mes de septiembre.

Código de unidad climática	Valor	Nombre	Extensión territorial (ha)	Departamentos donde se encuentra presente
3	1141	Súper húmedo/Muy frío/De lluvia muy alta/Zona lluviosa	136	SAM
5	1231	Súper húmedo /Frío/De lluvia alta/Zona lluviosa	109,710	SOL, QUI, TOT, QUE, SAM y HUE
6	1241	Súper húmedo/Frío/De lluvia muy alta/Zona lluviosa	47,588	QUE, SUC, TOT, SAC, SAM, CHI, SOL, ESC, ELP, ZAC, , BAV, ALV y HUE
7	1331	Súper húmedo/Templado fresco/De lluvia alta/Zona lluviosa	92,622	QUE, TOT, SAC, SAM, CHI, SOL, HUE, QUI y GUA
8	1341	Súper húmedo/Templado fresco/De lluvia muy alta/Zona lluviosa	231,727	QUE, SUC, SAC, SAM, CHI, SOL, ESC, ELP, IZA, ZAC, CHQ, BAV, ALV, JUT, JAL, HUE, SAR, QUI y GUA
9	1441	Súper húmedo /Templado cálido/De lluvia muy alta/Zona lluviosa	691,696	QUE, SUC, SAC, SAM, CHI, SOL, ESC, ELP, IZA, ZAC, BAV, ALV,

Código de unidad climática	Valor	Nombre	Extensión territorial (ha)	Departamentos donde se encuentra presente
				JUT, HUE, SAR, QUI, GUA y RET
10	1541	Súper húmedo/Cálido/De lluvia muy alta/Zona lluviosa	629,539	QUE, SUC, SAC, SAM, CHI, SOL, ESC, BAV, ALV, HUE, SAR, QUI, GUA y RET
15	2231	Muy húmedo/Frío/De lluvia alta/Zona lluviosa	3,183	QUI y HUE
18	2321	Muy húmedo/Templado fresco/De lluvia media/Zona lluviosa	168,493	QUE, TOT, SAM, HUE y QUI
20	2331	Muy húmedo/Templado fresco/De lluvia alta/Zona lluviosa	751,128	QUE, TOT, SAC, SAM, CHI, SOL, ESC, ELP, CHQ, BAV, ALV, JUT, JAL, HUE, SAR, QUI y GUA
22	2341	Muy húmedo/Templado fresco/De lluvia muy alta/Zona lluviosa	81,074	QUE, SAC, SAM, CHI, SOL, ESC, ELP, ZAC, CHQ, BAV, ALV, JUT, JAL, HUE, SAR, QUI y GUA
23	2421	Muy húmedo/Templado cálido/De lluvia media/Zona lluviosa	5,380	TOT, BAV y QUI
25	2431	Muy húmedo/Templado cálido/De lluvia alta/Zona lluviosa	937,246	QUE, TOT, SAC, SAM, CHI, SOL, ESC, ELP, PET, IZA, ZAC, CHQ, BAV, ALV, JUT, JAL, HUE, SAR, QUI y GUA
27	2441	Muy húmedo/Templado cálido/De lluvia muy alta/Zona lluviosa	674,247	TOT, SAC, SAM, CHI, SOL, ESC, ELP, PET, IZA, ZAC, CHQ, BAV, ALV, JUT, JAL, HUE, SAR, QUI y GUA



Código de unidad climática	Valor	Nombre	Extensión territorial (ha)	Departamentos donde se encuentra presente
28	2531	Muy húmedo/Cálido/De lluvia alta/Zona lluviosa	1,271,222	QUE, SUC, SAM, CHI, ESC, ELP, PET, IZA, ZAC, CHQ, BAV, ALV, JUT, HUE, QUI, GUA y RET
29	2541	Muy húmedo/Cálido/De lluvia muy alta/Zona lluviosa	2,656,723	QUE, SUC, SAM, CHI, ESC, PET, IZA, ZAC, BAV, ALV, JUT, HUE, SAR, QUI y RET
35	3321	Húmedo/Templado fresco/De lluvia media/Zona lluviosa	4,256	TOT, HUE y QUI
37	3411	Húmedo/Templado cálido/De lluvia baja/Zona lluviosa	1,530	BAV
39	3421	Húmedo/Templado cálido/De lluvia media/Zona lluviosa	225,026	CHI, ELP, ZAC, CHQ, BAV, JUT, JAL, QUI y GUA
41	3431	Húmedo/Templado cálido/De lluvia alta/Zona lluviosa	127,402	CHI, ELP, PET, ZAC, CHQ, BAV, JUT, JAL, QUI y GUA
43	3511	Húmedo/Cálido/De lluvia baja/Zona lluviosa	155	ELP
45	3521	Húmedo/Cálido/De lluvia media/Zona lluviosa	907,807	ELP, PET, ZAC, CHQ, BAV, JUT, JAL y GUA
47	3531	Húmedo/Cálido/De lluvia alta/Zona lluviosa	1,197,694	QUE, SUC, SAM, ESC, ELP, PET, IZA, ZAC, CHQ, BAV, JUT, GUA y RET

Elaboración propia

Anexo 11.

Cuadro 58. Cuadro completo de unidades climáticas identificadas en el mes de octubre.

Número de unidad climática	Código	Nombre	Extensión territorial (ha)	Departamentos donde se encuentra presente
2	1131	Súper húmedo/Muy frío/De lluvia alta/Zona lluviosa	213	HUE y SAM
4	1221	Súper húmedo /Frío/De lluvia media/Zona lluviosa	34,410	QUE, TOT, SAM, SOL, HUE y QUI
5	1231	Súper húmedo /Frío/De lluvia alta/Zona lluviosa	12,639	QUE, SAC, SAM, CHI, SOL, ESC, ELP, ZAC, BAV, ALV, JAL y HUE
7	1331	Súper húmedo/Templado fresco/De lluvia alta/Zona lluviosa	22,734	ELP, ZAC, CHQ, BAV y ALV
8	1341	Súper húmedo/Templado fresco/De lluvia muy alta/Zona lluviosa	41,520	QUE, SAM, IZA, ZAC, CHQ, ALV, HUE y QUI
9	1441	Súper húmedo /Templado cálido/De lluvia muy alta/Zona lluviosa	412,117	QUE, SUC, SAC, SAM, CHI, SOL, ESC, ALV, HUE, QUI y RET
10	1541	Súper húmedo/Cálido/De lluvia muy alta/Zona lluviosa	266,841	QUE, SUC, SAC, SAM, CHI, SOL, ESC, ALV, HUE, QUI y RET
14	2221	Muy húmedo/Frío/De lluvia media/Zona lluviosa	196,182	QUE, SUC, TOT, SAC, SAM, CHI, SOL, ESC, HUE y QUI
15	2231	Muy húmedo/Frío/De lluvia alta/Zona lluviosa	1,429	SAC, SAM, CHI, ESC y JAL
16	2311	Muy húmedo/Templado fresco/De lluvia baja/Zona lluviosa	10,472	QUE, TOT, SOL y QUI
18	2321	Muy húmedo/Templado fresco/De lluvia media/Zona lluviosa	596,772	QUE, SUC, TOT, SAC, SAM, CHI, SOL, ESC, ELP, CHQ, BAV, ALV,

Número de unidad climática	Código	Nombre	Extensión territorial (ha)	Departamentos donde se encuentra presente
20	2331	Muy húmedo/Templado fresco/De lluvia alta/Zona lluviosa	292,744	JUT, JAL, HUE, SAR, QUI y GUA QUE, SUC, SAM, CHI, SOL, ESC, ELP, IZA, ZAC, CHQ, BAV, ALV, JUT, JAL, HUE, SAR, QUI y GUA
22	2341	Muy húmedo/Templado fresco/De lluvia muy alta/Zona lluviosa	30,612	QUE, SUC, SAM, IZA, ZAC, BAV, ALV, HUE y QUI
23	2421	Muy húmedo/Templado cálido/De lluvia media/Zona lluviosa	66,782	TOT, SAC, SAM, CHI, SOL, ESC, ELP, IZA, ZAC, CHQ, BAV, ALV, JUT, JAL, HUE, SAR, QUI y GUA
25	2431	Muy húmedo/Templado cálido/De lluvia alta/Zona lluviosa	820,153	QUE, SUC, TOT, SAC, SAM, CHI, SOL, ESC, ELP, PET, IZA, ZAC, CHQ, BAV, ALV, JUT, JAL, HUE, SAR, QUI y GUA
27	2441	Muy húmedo/Templado cálido/De lluvia muy alta/Zona lluviosa	379,782	QUE, SUC, SAC, SAM, CHI, SOL, ESC, ELP, IZA, ZAC, BAV, ALV, JUT, HUE, SAR, QUI y GUA
28	2531	Muy húmedo/Cálido/De lluvia alta/Zona lluviosa	1,301,994	QUE, SUC, SAM, ESC, PET, IZA, BAV, ALV, JUT, SAR y RET
29	2541	Muy húmedo/Cálido/De lluvia muy alta/Zona lluviosa	1,262,603	QUE, SUC, SAM, CHI, SOL, ESC, PET, IZA, BAV, ALV, JUT, HUE, SAR, QUI, GUA y RET

Número de unidad climática	Código	Nombre	Extensión territorial (ha)	Departamentos donde se encuentra presente
33	3311	Húmedo/Templado fresco/De lluvia baja/Zona lluviosa	204,335	QUE, TOT, SAC, CHI, SOL, BAV, HUE, QUI y GUA
35	3321	Húmedo/Templado fresco/De lluvia media/Zona lluviosa	261,020	QUE, TOT, SAC, SAM, CHI, SOL, ESC, ELP, BAV, HUE, QUI y GUA
37	3411	Húmedo/Templado cálido/De lluvia baja/Zona lluviosa	235,529	SAC, CHI, ELP, ZAC, CHQ, BAV, JUT, JAL, QUI y GUA
39	3421	Húmedo/Templado cálido/De lluvia media/Zona lluviosa	613,921	TOT, SAC, SAM, CHI, SOL, ESC, ELP, IZA, ZAC, CHQ, BAV, JUT, JAL, HUE, SAR, QUI y GUA
41	3431	Húmedo/Templado cálido/De lluvia alta/Zona lluviosa	99,864	SAM, CHI, ESC, ELP, PET, IZA, ZAC, CHQ, BAV, ALV, JUT, JAL, HUE, SAR, QUI y GUA
43	3511	Húmedo/Cálido/De lluvia baja/Zona lluviosa	22,712	ELP, ZAC, CHQ y JUT
45	3521	Húmedo/Cálido/De lluvia media/Zona lluviosa	1,307,803	ELP, PET, IZA, ZAC, CHQ, BAV, ALV, JUT, HUE y GUA
47	3531	Húmedo/Cálido/De lluvia alta/Zona lluviosa	1,932,714	QUE, SUC, SAM, CHI, ESC, PET, IZA, BAV, ALV, JUT, HUE, SAR, QUI, GUA y RET
53	4411	Seco/Templado cálido/De lluvia baja/Zona lluviosa	229,952	ELP, ZAC, CHQ, BAV, JUT, JAL, QUI y GUA
55	4511	Seco/Cálido/De lluvia baja/Zona lluviosa	157,686	ELP, ZAC, CHQ, JUT y JAL
63	5511	Muy seco/Cálido/De lluvia baja/Zona lluviosa	49	ZAC y CHQ

Elaboración propia

Anexo 12.

Cuadro 59. Cuadro completo de unidades climáticas identificadas en el mes de noviembre.

Número de unidad climática	Código	Nombre	Extensión territorial (ha)	Departamentos donde se encuentra presente
1	1112	Súper húmedo/Muy frío/De lluvia baja/Zona no lluviosa	9	SAM
9	1441	Súper húmedo /Templado cálido/De lluvia muy alta/Zona lluviosa	10,291	QUI, HUE y ALV
11	2112	Muy húmedo/Muy frío/De lluvia baja/Zona no lluviosa	668	SAC, CHI, HUE y SAM
12	2211	Muy húmedo/Frío/De lluvia baja/Zona lluviosa	1,899	ELP
13	2212	Muy húmedo/Frío/De lluvia baja/Zona no lluviosa	8,092	ESC, SAC, CHI y HUE
14	2221	Muy húmedo/Frío/De lluvia media/Zona lluviosa	9,206	IZA, BAV, ALV, ZAC y ELP
16	2311	Muy húmedo/Templado fresco/De lluvia baja/Zona lluviosa	2,063	BAV y ELP
18	2321	Muy húmedo/Templado fresco/De lluvia media/Zona lluviosa	109,576	IZA, QUI, HUE, BAV, ELP, ZAC y ALV
20	2331	Muy húmedo/Templado fresco/De lluvia alta/Zona lluviosa	81,550	QUI, HUE y ALV
22	2341	Muy húmedo/Templado fresco/De lluvia muy alta/Zona lluviosa	11	ALV
23	2421	Muy húmedo/Templado cálido/De lluvia media/Zona lluviosa	9,555	QUE, IZA, ALV, HUE y QUI

Número de unidad climática	Código	Nombre	Extensión territorial (ha)	Departamentos donde se encuentra presente
24	2422	Muy húmedo/Templado cálido/De lluvia media/Zona no lluviosa	407	RET, SOL, SAC y QUE
25	2431	Muy húmedo/Templado cálido/De lluvia alta/Zona lluviosa	305,423	QUE, SUC, SAM, SOL, PET, IZA, ALV, HUE, QUI y RET
26	2432	Muy húmedo/Templado cálido/De lluvia alta/Zona no lluviosa	222	QUE, SUC, SAM, CHI, SOL y RET
27	2441	Muy húmedo/Templado cálido/De lluvia muy alta/Zona lluviosa	224,418	HUE, QUI y ALV
28	2531	Muy húmedo/Cálido/De lluvia alta/Zona lluviosa	313,656	PET, HUE, SAM, QUI, ALV e IZA
29	2541	Muy húmedo/Cálido/De lluvia muy alta/Zona lluviosa	43,924	QUI, ALV e IZA
30	3112	Húmedo/Muy frío/De lluvia baja/Zona no lluviosa	43	SAM
31	3211	Húmedo/Frío/De lluvia baja/Zona lluviosa	17,174	ELP, QUI y HUE
32	3212	Húmedo/Frío/De lluvia baja/Zona no lluviosa	82,742	QUE, TOT, SAC, SAM, CHI, SOL, ESC, JAL, HUE y QUI
33	3311	Húmedo/Templado fresco/De lluvia baja/Zona lluviosa	262,255	ELP, IZA, ZAC, CHQ, BAV, ALV, HUE y QUI
34	3312	Húmedo/Templado fresco/De lluvia baja/Zona no lluviosa	23,706	QUE, SUC, SAM, ELP, ZAC, CHQ, BAV, JAL, HUE y QUI
35	3321	Húmedo/Templado fresco/De lluvia media/Zona lluviosa	92,265	ELP, IZA, ZAC, BAV, ALV, HUE y QUI
36	3322	Húmedo/Templado fresco/De lluvia media/Zona no lluviosa	1	HUE

Número de unidad climática	Código	Nombre	Extensión territorial (ha)	Departamentos donde se encuentra presente
37	3411	Húmedo/Templado cálido/De lluvia baja/Zona lluviosa	678,331	TOT, ELP, PET, IZA, ZAC, CHQ, BAV, ALV, HUE y QUI
38	3412	Húmedo/Templado cálido/De lluvia baja/Zona no lluviosa	77,049	QUE, SUC, TOT, SAM, CHI, SOL, ESC, ELP, IZA, ZAC, CHQ, BAV, ALV, HUE y QUI
39	3421	Húmedo/Templado cálido/De lluvia media/Zona lluviosa	1,508,986	QUE, SUC, SAM, SOL, PET, IZA, ZAC, BAV, ALV, HUE, QUI y RET
40	3422	Húmedo/Templado cálido/De lluvia media/Zona no lluviosa	90,317	QUE, SUC, SAM, CHI, SOL, ESC, IZA, BAV, ALV, HUE y RET
41	3431	Húmedo/Templado cálido/De lluvia alta/Zona lluviosa	248,493	QUE, SUC, SAM, SOL, PET, IZA, BAV, ALV, HUE, QUI y RET
42	3432	Húmedo/Templado cálido/De lluvia alta/Zona no lluviosa	5,683	QUE, SUC, SAM, SOL, ALV y RET
43	3511	Húmedo/Cálido/De lluvia baja/Zona lluviosa	289,302	PET, IZA, ZAC, BAV y ALV
44	3512	Húmedo/Cálido/De lluvia baja/Zona no lluviosa	26,593	QUE, SUC, SAM, CHI, ESC, BAV, ALV y RET
45	3521	Húmedo/Cálido/De lluvia media/Zona lluviosa	601,251	SUC, SAM, SOL, ESC, PET, IZA, ZAC, ALV, HUE y QUI
46	3522	Húmedo/Cálido/De lluvia media/Zona no lluviosa	132,078	QUE, SUC, SAM, CHI, SOL, ESC, ALV y RET
47	3531	Húmedo/Cálido/De lluvia alta/Zona lluviosa	486,857	SUC, SAM, PET, IZA, ALV, HUE y QUI
48	3532	Húmedo/Cálido/De lluvia alta/Zona no lluviosa	5,822	SAM
50	4212	Seco/Frío/De lluvia baja/Zona no lluviosa	155,370	SUC, ESC, QUI, SAC, CHI, SOL, HUE, TOT, QUE y SAM

Número de unidad climática	Código	Nombre	Extensión territorial (ha)	Departamentos donde se encuentra presente
51	4311	Seco/templado fresco/De lluvia baja/Zona lluviosa	52,347	ELP, BAV, HUE y QUI
52	4312	Seco/templado fresco/De lluvia baja/Zona no lluviosa	476,700	QUE, SUC, TOT, SAC, SAM, CHI, SOL, ESC, ELP, CHQ, BAV, JUT, JAL, HUE, SAR, QUI y GUA
53	4411	Seco/templado cálido/De lluvia baja/Zona lluviosa	481,754	ELP, CHQ, QUI, IZA, ZAC, BAV y PET
54	4412	Seco/templado cálido/De lluvia baja/Zona no lluviosa	383,688	QUE, SUC, TOT, SAC, SAM, CHI, SOL, ESC, ELP, IZA, ZAC, CHQ, BAV, ALV, JUT, JAL, HUE, SAR, QUI y GUA
55	4511	Seco/cálido/De lluvia baja/Zona lluviosa	666,324	BAV, ALV, IZA, ZAC y PET
56	4512	Seco/cálido/De lluvia baja/Zona no lluviosa	396,678	QUE, SUC, SAC, SAM, CHI, ESC, IZA, ZAC, BAV, ALV, SAR, GUA y RET
60	5212	Muy seco/frío/De lluvia baja/Zona no lluviosa	83,464	QUE, SUC, TOT, SAM, CHI, SOL, HUE y QUI
61	5312	Muy seco/templado fresco/De lluvia baja/Zona no lluviosa	520,520	QUE, SUC, TOT, SAC, SAM, CHI, SOL, ESC, CHQ, BAV, JUT, JAL, HUE, SAR, QUI y GUA
62	5412	Muy seco/templado cálido/De lluvia baja/Zona no lluviosa	1,036,633	SUC, SAC, SAM, CHI, SOL, ESC, ELP, ZAC, CHQ, BAV, JUT, JAL, HUE, SAR, QUI y GUA
63	5511	Muy seco/cálido/De lluvia baja/Zona lluviosa	23	ZAC
64	5512	Muy seco/cálido/De lluvia baja/Zona no lluviosa	812,165	QUE, SUC, SAM, ESC, ELP, ZAC, CHQ, BAV, JUT, JAL, SAR, GUA y RET



## Anexo 13.

Cuadro 60. Cuadro completo de unidades climáticas identificadas en el mes de diciembre.

Número de unidad climática	Código	Nombre	Extensión territorial (ha)	Departamentos donde se encuentra presente
11	2112	Muy húmedo/Muy frío/De lluvia baja/Zona no lluviosa	48	SAM
13	2212	Muy húmedo/Frío/De lluvia baja/Zona no lluviosa	1,106	IZA, BAV, ALV y ZAC
17	2312	Muy húmedo/Templado fresco/De lluvia baja/Zona no lluviosa	254	ALV
18	2321	Muy húmedo/Templado fresco/De lluvia media/Zona lluviosa	27,045	QUI, HUE y ALV
19	2322	Muy húmedo/Templado fresco/De lluvia media/Zona no lluviosa	2,233	HUE y ALV
20	2331	Muy húmedo/Templado fresco/De lluvia alta/Zona lluviosa	3,583	QUI, HUE y ALV
23	2421	Muy húmedo/Templado cálido/De lluvia media/Zona lluviosa	11,719	QUI, HUE y ALV
24	2422	Muy húmedo/Templado cálido/De lluvia media/Zona no lluviosa	2,797	HUE y ALV
25	2431	Muy húmedo/Templado cálido/De lluvia alta/Zona lluviosa	274,889	QUI, HUE y ALV
26	2432	Muy húmedo/Templado cálido/De lluvia alta/Zona no lluviosa	660	HUE y ALV

Número de unidad climática	Código	Nombre	Extensión territorial (ha)	Departamentos donde se encuentra presente
27	2441	Muy húmedo/Templado cálido/De lluvia muy alta/Zona lluviosa	16,401	QUI, HUE y ALV
28	2531	Muy húmedo/Cálido/De lluvia alta/Zona lluviosa	20,440	IZA
29	2541	Muy húmedo/Cálido/De lluvia muy alta/Zona lluviosa	2,449	IZA
30	3112	Húmedo/Muy frío/De lluvia baja/Zona no lluviosa	1,553	SAC, CHI, SAM y HUE
32	3212	Húmedo/Frío/De lluvia baja/Zona no lluviosa	26,676	SAC, CHI, ESC, ELP, IZA, ZAC, CHQ, BAV, ALV y HUE
33	3311	Húmedo/Templado fresco/De lluvia baja/Zona lluviosa	32,065	BAV, IZA, QUI, HUE y ALV
34	3312	Húmedo/Templado fresco/De lluvia baja/Zona no lluviosa	220,314	ELP, IZA, ZAC, CHQ, BAV, ALV, HUE y QUI
35	3321	Húmedo/Templado fresco/De lluvia media/Zona lluviosa	34,076	IZA, QUI, HUE y ALV
36	3322	Húmedo/Templado fresco/De lluvia media/Zona no lluviosa	22,985	QUI, HUE y ALV
37	3411	Húmedo/Templado cálido/De lluvia baja/Zona lluviosa	637,795	PET, IZA, QUI, HUE y ALV
38	3412	Húmedo/Templado cálido/De lluvia baja/Zona no lluviosa	88,191	ZAC, BAV, PET, IZA, QUI, HUE y ALV
39	3421	Húmedo/Templado cálido/De lluvia media/Zona lluviosa	1,424,386	PET, IZA, QUI, HUE y ALV
40	3422	Húmedo/Templado cálido/De lluvia media/Zona no lluviosa	293,087	BAV, PET, IZA, QUI, HUE y ALV
41	3431	Húmedo/Templado cálido/De lluvia alta/Zona lluviosa	96,157	IZA, QUI, HUE y ALV
42	3432	Húmedo/Templado cálido/De lluvia alta/Zona no lluviosa	216	QUI, HUE y ALV
43	3511	Húmedo/Cálido/De lluvia baja/Zona lluviosa	8,390	ALV e IZA

Número de unidad climática	Código	Nombre	Extensión territorial (ha)	Departamentos donde se encuentra presente
44	3512	Húmedo/Cálido/De lluvia baja/Zona no lluviosa	8,313	ALV e IZA
45	3521	Húmedo/Cálido/De lluvia media/Zona lluviosa	96,033	IZA
46	3522	Húmedo/Cálido/De lluvia media/Zona no lluviosa	751	QUI, ALV e IZA
47	3531	Húmedo/Cálido/De lluvia alta/Zona lluviosa	62,029	IZA
49	4112	Seco/Muy frío/De lluvia baja/Zona no lluviosa	48	SAM
50	4212	Seco/Frío/De lluvia baja/Zona no lluviosa	74,872	QUE, SUC, TOT, SAC, SAM, CHI, SOL, ESC, JAL, HUE, QUI y GUA
52	4312	Seco/Templado fresco/De lluvia baja/Zona no lluviosa	259,599	TOT, ELP, ZAC, CHQ, BAV, ALV, JAL, HUE y QUI
53	4411	Seco/Templado cálido/De lluvia baja/Zona lluviosa	2,216,895	ZAC, IZA y PET
54	4412	Seco/Templado cálido/De lluvia baja/Zona no lluviosa	568,628	QUE, SUC, TOT, SAM, SOL, ELP, PET, IZA, ZAC, CHQ, BAV, ALV, HUE, QUI y RET
55	4511	Seco/Cálido/De lluvia baja/Zona lluviosa	7,577	PET, ZAC e IZA
56	4512	Seco/Cálido/De lluvia baja/Zona no lluviosa	95,423	BAV, ALV, SUC, ZAC, SAM e IZA
60	5212	Muy seco/Frío/De lluvia baja/Zona no lluviosa	326,292	QUE, SUC, TOT, SAC, SAM, CHI, SOL, ESC, HUE, QUI y GUA
61	5312	Muy seco/Templado fresco/De lluvia baja/Zona no lluviosa	1,190,846	QUE, SUC, TOT, SAC, SAM, CHI, SOL, ESC, ELP, CHQ, BAV, JUT, JAL, HUE, SAR, QUI y GUA

Número de unidad climática	Código	Nombre	Extensión territorial (ha)	Departamentos donde se encuentra presente
62	5412	Muy seco/Templado cálido/De lluvia baja/Zona no lluviosa	1,391,455	QUE, SUC, TOT, SAC, SAM, CHI, SOL, ESC, ELP, IZA, ZAC, CHQ, BAV, ALV, JUT, JAL, HUE, SAR, QUI, GUA y RET
64	5512	Muy seco/Cálido/De lluvia baja/Zona no lluviosa	1,267,308	QUE, SUC, SAC, SAM, CHI, ESC, ELP, IZA, ZAC, CHQ, BAV, ALV, JUT, JAL, SAR, GUA y RET

Elaboración propia

#### Anexo 14.

Cuadro 61. Cuadro completo de unidades climáticas identificadas en la temporalidad lluviosa.

Número de unidad climática	Código	Nombre	Extensión territorial (ha)
1	113	Súper húmedo/Muy frío/De lluvia alta	124
2	114	Súper húmedo/Muy frío/De lluvia muy alta	11
3	123	Súper húmedo/Frío/De lluvia alta	89,320
4	124	Súper húmedo/Frío/De lluvia muy alta	1,473
5	133	Súper húmedo/Templado fresco/De lluvia alta	12,426
6	134	Súper húmedo/Templado fresco/De lluvia muy alta	76,663
7	144	Súper húmedo/Templado cálido/De lluvia muy alta	370,543
8	154	Súper húmedo/Cálido/De lluvia muy alta	164,268
9	222	Muy húmedo/Frío/De lluvia media	28,049
10	223	Muy húmedo/Frío/De lluvia alta	48,578

Número de unidad climática	Código	Nombre	Extensión territorial (ha)
11	232	Muy húmedo/Templado fresco/De lluvia media	519,198
12	233	Muy húmedo/Templado fresco/De lluvia alta	523,535
13	234	Muy húmedo/Templado fresco/De lluvia muy alta	31,841
14	242	Muy húmedo/Templado cálido/De lluvia media	58,302
15	243	Muy húmedo/Templado cálido/De lluvia alta	905,281
16	244	Muy húmedo/Templado cálido/De lluvia muy alta	440,401
17	253	Muy húmedo/Cálido/De lluvia alta	828,625
18	254	Muy húmedo/Cálido/De lluvia muy alta	1,811,292
19	332	Húmedo/Templado fresco/De lluvia media	103,269
20	341	Húmedo/Templado cálido/De lluvia baja	56,663
21	342	Húmedo/Templado cálido/De lluvia media	601,052
22	343	Húmedo/Templado cálido/De lluvia alta	121,519
23	351	Húmedo/Cálido/De lluvia baja	25,625
24	352	Húmedo/Cálido/De lluvia media	1,802,092
25	353	Húmedo/Cálido/De lluvia alta	2,109,031
26	441	Seco/Templado cálido/De lluvia baja	2,013
27	451	Seco/Cálido/De lluvia baja	82,161
28	452	Seco/Cálido/De lluvia media	2,229

Elaboración propia

Anexo 15.

Cuadro 62. Cuadro completo de unidades climáticas identificadas en la temporalidad seca cálida.

Número	Valor	Nombre	Extensión territorial (ha)
1	211	Muy húmedo/Muy frío/De lluvia baja	108
2	311	Húmedo/Muy frío/De lluvia baja	560
3	321	Húmedo/Frío/De lluvia baja	32,223
4	331	Húmedo/Templado fresco/De lluvia baja	94,367
5	341	Húmedo/Templado cálido/De lluvia baja	178,378
6	342	Húmedo/Templado cálido/De lluvia media	192,364
7	343	Húmedo/Templado cálido/De lluvia alta	194
8	351	Húmedo/ Cálido/De lluvia baja	32,983
9	352	Húmedo/Cálido/De lluvia media	37,363
10	421	Seco/Frío/De lluvia baja	208,402
11	431	Seco/Templado fresco/De lluvia baja	440,192
12	441	Seco/Templado cálido/De lluvia baja	780,525
13	451	Seco/Cálido/De lluvia baja	1,655,491
14	521	Muy seco/Frío/De lluvia baja	82,396
15	531	Muy seco/Templado cálido/De lluvia baja	834,850
16	541	Muy seco/Templado cálido/De lluvia baja	1,765,413
17	551	Muy seco/Cálido/De lluvia baja	4,479,775

Elaboración propia

Anexo 16.

Cuadro 63. Cuadro completo de unidades climáticas identificadas en la temporalidad seca fría.

Número de unidad climática	Código	Nombre	Extensión territorial (ha)
1	211	Muy húmedo/Muy frío/De lluvia baja	327
2	221	Muy húmedo/Frío/De lluvia baja	6,477
3	231	Muy húmedo/Templado fresco/De lluvia baja	2,094
4	232	Muy húmedo/Templado fresco/De lluvia media	64,738
5	233	Muy húmedo/Templado fresco/De lluvia alta	11,764
6	242	Muy húmedo/Templado cálido/De lluvia media	10,086
7	243	Muy húmedo/Templado cálido/De lluvia alta	286,664
8	244	Muy húmedo/Templado cálido/De lluvia muy alta	31,131
9	253	Muy húmedo/Cálido/De lluvia alta	14,543
10	311	Húmedo/Muy frío/De lluvia baja	2,793
11	321	Húmedo/Frío/De lluvia baja	39,840
12	331	Húmedo/Templado fresco/De lluvia baja	271,583
13	332	Húmedo/Templado fresco/De lluvia media	55,265
14	341	Húmedo/Templado cálido/De lluvia baja	540,872
15	342	Húmedo/Templado cálido/De lluvia media	1,442,411
16	343	Húmedo/Templado cálido/De lluvia alta	139,486
17	351	Húmedo/Cálido/De lluvia baja	23,876
18	352	Húmedo/Cálido/De lluvia media	198,295
19	353	Húmedo/Cálido/De lluvia alta	85,130

Número de unidad climática	Código	Nombre	Extensión territorial (ha)
20	421	Seco/Frío/De lluvia baja	109,753
21	431	Seco/Templado fresco/De lluvia baja	350,062
22	441	Seco/Templado cálido/De lluvia baja	3,076,792
23	451	Seco/Cálido/De lluvia baja	313,760
24	521	Muy seco/Frío/De lluvia baja	278,153
25	531	Muy seco/Templado fresco/De lluvia baja	962,126
26	541	Muy seco/Templado cálido/De lluvia baja	1,311,048
27	551	Muy seco/Cálido/De lluvia baja	1,186,515

Elaboración propia

### Anexo 17.

Cuadro 64. Resultados de las unidades climáticas potenciales como base de agrupación de hortalizas de la temporalidad lluviosa.

Hortaliza	Requerimientos T°	Requerimientos pp	Rango T°	Rango pp	Unidades climáticas potenciales
Cebolla	16°C – 22°C	650 – 1,300 mm/temporada	3,4	1,2,3	133/232/233/242/243/32/341/342/343/441
Repollo	16°C – 20°C	650 – 1,400 mm/ciclo vegetativo	3,4	1,2,3	133/232/233/242/243/32/341/342/343/441
Remolacha	15 – 21°C	750 – 1,500 mm	3,4	1,2,3	133/232/233/242/243/32/341/342/343/441
Brócoli	15°C - 18°C	800 – 1,600 mm/ciclo vegetativo	3	2,3	133/232/233/332
Ajo	16°C – 21°C	750 – 1,600 mm/temporada	3,4	1,2,3	133/232/233/242/243/32/341/342/343/441
Zanahoria	14 °C – 18°C	850 - 1,500 mm/ciclo vegetativo	3	2,3	133/232/233/332
Arveja china	15 °C – 19°C	1,100-1,800 mm/temporada	3,4	2,3	133/232/233/242/243/32/342/343



Lechuga	15°C – 18°C	1,100 – 2,000 mm	3	2,3,4	133/134/232/233/234/3 32
Coliflor	14°C – 18°C	650 – 1,400 mm	3	1,2,3	133/232/233/332

Elaboración propia

## Anexo 18.

Cuadro 65. Resultados de las unidades climáticas potenciales como base de agrupación de hortalizas de la temporalidad seca cálida.

Hortaliza	Requerimientos T°	Requerimientos pp	Rango T°	Rango pp	Unidades climáticas potenciales
Cebolla	16°C – 22°C	650 – 1,300 mm/temporada	3,4	3,4	343
Repollo	16°C – 20°C	650 – 1,400 mm/ciclo vegetativo	3,4	3,4	343
Remolacha	15 – 21°C	750 – 1,500 mm	3,4	3,4	343
Brócoli	15°C - 18°C	800 – 1,600 mm/ciclo vegetativo	3	3,4-riego	--
Ajo	16°C – 21°C	750 – 1,600 mm/temporada	3,4	3,4	343
Zanahoria	14 °C – 18°C	850 - 1,500 mm/ciclo vegetativo	3	3,4-riego	--
Arveja china	15 °C – 19°C	1,100-1,800 mm/temporada	3,4	4-riego	--
Lechuga	15°C – 18°C	1,100 – 2,000 mm	3	4-riego	--
Coliflor	14°C – 18°C	650 – 1,400 mm	3	3,4-riego	--

Elaboración propia

### Anexo 19.

Cuadro 66. Resultados de las unidades climáticas potenciales como base de agrupación de hortalizas de la temporalidad seca fría.

Hortaliza	Requerimientos T°	Requerimientos pp	Rango T°	Rango pp	Unidades climáticas potenciales
Cebolla	16°C – 22°C	650 – 1,300 mm/temporada	3,4	3,4	233/243/244/343
Repollo	16°C – 20°C	650 – 1,400 mm/ciclo vegetativo	3,4	3,4	233/243/244/343
Remolacha	15 – 21°C	750 – 1,500 mm	3,4	3,4	233/243/244/343
Brócoli	15°C - 18°C	800 – 1,600 mm/ciclo vegetativo	3	3,4	233
Ajo	16°C – 21°C	750 – 1,600 mm/temporada	3,4	3,4	233/243/244/343
Zanahoria	14 °C – 18°C	850 - 1,500 mm/ciclo vegetativo	3	3,4	233
Arveja china	15 °C – 19°C	1,100-1,800 mm/temporada	3,4	4	244
Lechuga	15°C – 18°C	1,100 – 2,000 mm	3	4	--
Coliflor	14°C – 18°C	650 – 1,400 mm	3	3,4	233

Elaboración propia

### Anexo 20.

Cuadro 67. Grupos de distribución potencial de hortalizas de las tres temporalidades climáticas.

Temporalidad	Distribución de hortaliza	Hortaliza (s) que la conforman
Temporalidad lluviosa	Grupo A	Cebolla, repollo, remolacha y ajo
	Grupo B	Brócoli, zanahoria y coliflor
	Grupo C	Arveja china

---

	Grupo D	Lechuga
Temporalidad seca cálida	Grupo E	Cebolla, repollo, remolacha y ajo
	Grupo F	Cebolla, repollo, remolacha y ajo
Temporalidad seca fría	Grupo G	Brócoli, zanahoria y coliflor
	Grupo H	Arveja china

---

Elaboración propia