



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

ESCUELA DE POSGRADO

MAESTRÍA DESARROLLO AMBIENTAL

**“EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO
DE HOGARES EN TOTONICAPÁN, GUATEMALA”**

Tesis para optar el título de Magíster en Desarrollo Ambiental que presenta

KATHARINA FRANZISKA ELISABETH HESS

ASESOR: DR. MARTÍN ENRIQUE TIMANÁ DE LA FLOR

JURADO

Nicole Edel Laure Marie Bernex Weiss De Falen (Presidente)

Martín Enrique Timaná De La Flor (Asesor)

Ana Bozena Sabogal Dunin Borkowski De Alegria

San Miguel, 7 de abril de 2017

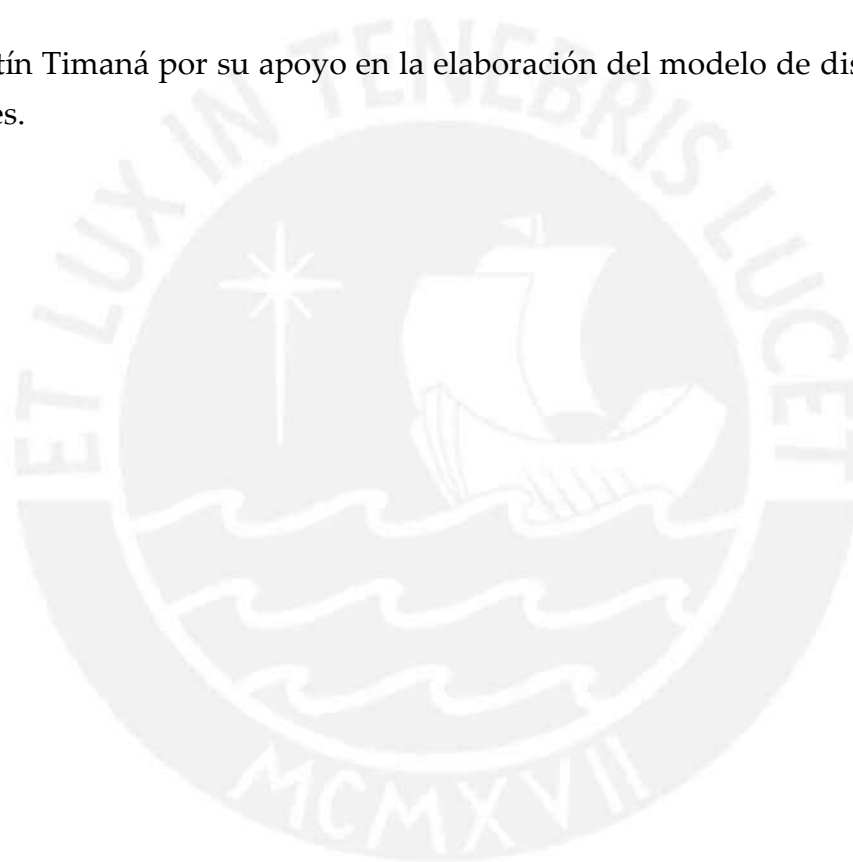
AGRADECIMIENTOS

A quienes apoyaron, colaboraron y participaron en el desarrollo de la investigación y me dieron la bienvenida en sus comunidades: Los alcaldes, vicealcaldes, alguaciles y pobladores de Nimasac, Paquí y Barraneché; CDRO, Helvetas, Utz Che' y el INAB.

A quienes me posibilitaron la pasantía con la FLACSO Guatemala y que mis ambiciones dieran fruto: José Miranda, Roberto Molina-Cruz y Virgilio Reyes.

A Carlos Velíz por su apoyo generoso en la elaboración del índice de vulnerabilidad.

A Martín Timaná por su apoyo en la elaboración del modelo de distribución de especies.



RESUMEN

La vulnerabilidad ante el cambio climático de sistemas socioecológicos se compone de la sensibilidad y capacidad adaptativa socioeconómica de la población, y la exposición del ecosistema ante impactos climáticos. El presente estudio aborda la sensibilidad y capacidad adaptativa de hogares del municipio Totonicapán, Guatemala, con 167 encuestas en tres comunidades y la construcción de un índice de vulnerabilidad. La exposición se determina con modelos de MaxEnt de distribución de once especies arbóreas en el presente y el año 2050 bajo los escenarios climáticos RCP 2,6 y 8,5 del modelo HadGEM2-ES y WorldClim. Cinco entrevistas complementan los resultados. Se demuestra que los bosques son el recurso económica y culturalmente más importante de la región, y que las comunidades históricamente los han manejado exitosamente. Sin embargo, la modernización de la región por las nuevas generaciones y la migración a los EEUU disminuye el capital social que subyace bajo su conservación y aprovechamiento sostenible. Aunque las comunidades se distinguen en varios factores socioeconómicos, sus índices de vulnerabilidad no difieren. La educación y pobreza destacan como los principales determinantes del índice. Los modelos de distribución de especies resaltan el bosque comunal municipal como refugio de la mayoría de las especies en el presente y los escenarios futuros. Los resultados demandan la inversión en una educación dirigida a la reducción de la pobreza y el fortalecimiento del capital social de la región, y una mayor cooperación entre la municipalidad y los cuarenta y ocho cantones que actualmente compiten en el co-manejo del bosque comunal municipal.

ABSTRACT

Climate change vulnerability of socioecological systems is the product of the population's socioeconomic sensitivity and adaptive capacity, and the ecosystems' exposition to climate impacts and variability. The present study addresses the sensitivity and adaptive capacity of the municipality Totonicapán, Guatemala, by surveying 167 households in three communities and resuming the results in a vulnerability index. The exposition is determined by MaxEnt models of the potential distribution of eleven tree-species in the present and the year 2050 under the two climate scenarios RCP 2,6 and 8,5 run by the HadGEM2-ES model and using WorldClim climate data. Five interviews complement the results. The study demonstrates that the forests are the region's economically and culturally most important resource, and that the communities have successfully managed them throughout history. Nevertheless, the modernization of the region by the new generations and their frequent migration to the USA reduces the social capital on which the forests' conservation and sustainable exploitation is based. Although the study's communities differ in various socioeconomic factors, their vulnerability indices are indistinguishable. Education and poverty stand out as the principal determinants of the index and the communities' vulnerability. The species distribution models highlight the communal-municipal-forest's role as a refuge for the majority of the species in the present and the future scenarios. The study's results demand for a better education, targeted at reducing poverty and strengthening the social capital of the region, and better cooperation between the municipality and the forty-eight cantons that currently compete in the co-management of the communal-municipal-forest.

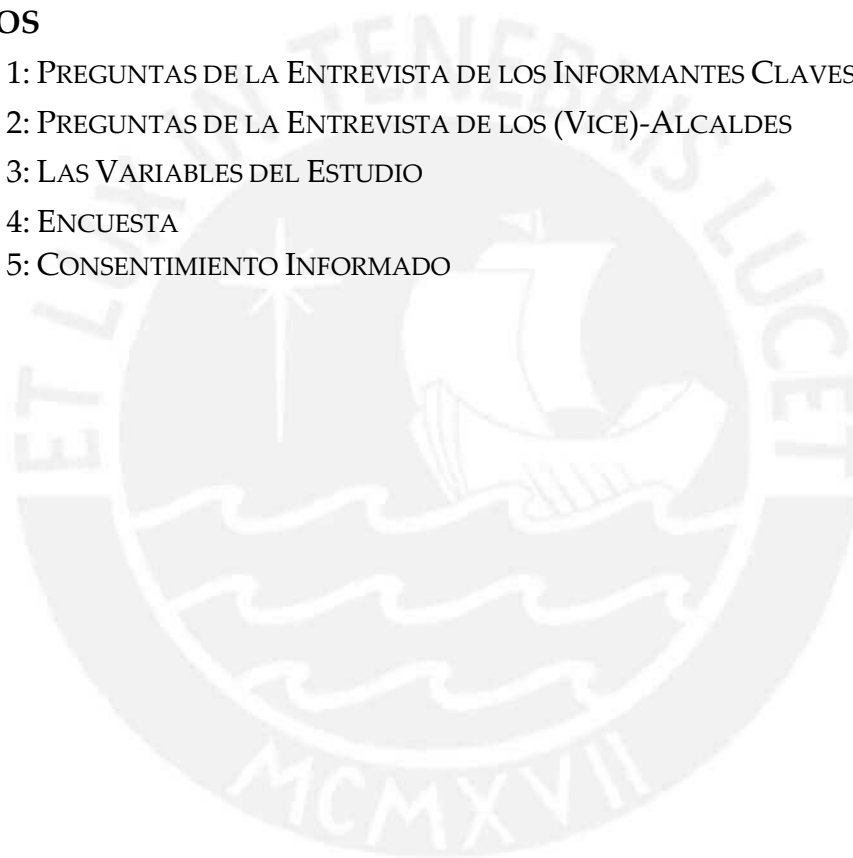
TABLA DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	ii
RESUMEN	iii
ABSTRACT	iv
ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
ÍNDICE DE MAPAS	xvi
LISTA DE SIGLAS Y ACRÓNIMOS	xviii
CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN	1
1.1. MARCO TEÓRICO	3
1.1.1. LA VULNERABILIDAD ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO	3
1.1.2. LOS ESTUDIOS DE LA VULNERABILIDAD	8
1.1.3. LOS MODELOS DE DISTRIBUCIÓN DE ESPECIES	11
1.2. ANTECEDENTES	14
1.2.1. LA VULNERABILIDAD DEL ALTIPLANO OCCIDENTAL DE GUATEMALA	14
1.2.2. LOS EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LAS ZONAS DE VIDA DE GUATEMALA	18
1.3. JUSTIFICACIÓN	20
1.4. OBJETIVOS	22
1.4.1. OBJETIVO GENERAL	22
1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	22
1.5. HIPÓTESIS	23
CAPÍTULO 2: METODOLOGÍA	24
2.1. LA ESTRUCTURA DEL ESTUDIO	24
2.2. LA SELECCIÓN DE LAS COMUNIDADES DEL ESTUDIO	25
2.3. LAS ENTREVISTAS	27
2.4. LAS ENCUESTAS	28
2.4.1. EL DISEÑO DE ENCUESTAS	28
2.4.2. LA RECOLECCIÓN DE ENCUESTAS	37
2.4.3. EL ANÁLISIS DE LOS DATOS DE ENCUESTAS	49
2.5. EL COMPONENTE ÉTICO DEL ESTUDIO	54
2.6. EL ÍNDICE DE LA VULNERABILIDAD	57
2.6.1. LA SELECCIÓN DE LOS INDICADORES	57
2.6.2. EL ANÁLISIS DE LA CALIDAD DE DATOS	58

2.6.3. LA NORMALIZACIÓN DE LOS INDICADORES	60
2.6.4. LA ASIGNACIÓN DE PESOS A LOS INDICADORES	61
2.6.5. EL ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES	62
2.6.6. LA AGREGACIÓN	67
2.6.6. EL ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD	68
2.7. EL MODELO DE DISTRIBUCIÓN DE ESPECIES	69
2.7.1. LA SELECCIÓN DE LAS ESPECIES PARA EL MODELAMIENTO	69
2.7.2. GEOREFERENCIACIÓN DE LAS ESPECIES	76
2.7.3. EL ÁREA DEL MODELO	77
2.7.4. LOS DATOS CLIMÁTICOS	79
2.7.5. EL ALGORITMO MAXENT	81
2.7.6. LA VALIDACIÓN DEL MODELO	83
2.7.7. LA SELECCIÓN DE LAS VARIABLES DEL MODELO	86
2.7.8. LA VISUALIZACIÓN DE LOS RESULTADOS	90
CAPÍTULO 3: CARACTERIZACIÓN DE TOTONICAPÁN Y SU VÍNCULO CON LOS BOSQUES	91
3.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL DEPARTAMENTO Y MUNICIPIO TOTONICAPÁN	91
3.2. CARACTERIZACIÓN DE LOS BOSQUES DE TOTONICAPÁN	93
3.2.1. LA CONSERVACIÓN HISTÓRICA DE LOS BOSQUES DE TOTONICAPÁN	93
3.2.2. LOS MEDIOS DE VIDA ACTUALES	94
3.2.3. LOS TIPOS DE PROPIEDAD DE LOS BOSQUES Y SU ADMINISTRACIÓN	98
3.2.4. EL APROVECHAMIENTO DEL RECURSO FORESTAL Y SU SOSTENIBILIDAD	102
3.3. LAS COMUNIDADES DEL ESTUDIO	105
3.3.1. NIMASAC	105
3.3.2. PAQUÍ	106
3.3.3. BARRANECHÉ	108
3.4. LA PERCEPCIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN TOTONICAPÁN	108
3.5. LAS IMPLICACIONES PARA LA VULNERABILIDAD DE TOTONICAPÁN	112
CAPÍTULO 4: LA SENSIBILIDAD DE LOS HOGARES DE TOTONICAPÁN	114
4.1. LOS INDICADORES ECONÓMICOS	114
4.1.1. LA DIVERSIFICACIÓN DEL INGRESO	114

4.1.2. LA PRECARIEDAD DEL INGRESO	121
4.1.3. EL DESEMPLEO	124
4.1.4. LA DEPENDENCIA	125
4.1.5. EL HACINAMIENTO	126
4.1.6. LA SUFICIENCIA DEL INGRESO	129
4.2. LOS INDICADORES DE LA INFRAESTRUCTURA	130
4.2.1. LOS FUENTES DE ENERGÍA	130
4.2.2. EL AGUA Y DESAGÜE	136
4.2.3. EL MATERIAL DEL HOGAR	137
4.3. LOS INDICADORES SOCIALES	143
4.3.1. LA INSEGURIDAD ALIMENTARIA	143
4.3.2. EDADES EXTREMAS	148
4.4. LOS INDICADORES DE LOS RECURSOS NATURALES	149
4.4.1. LA DEPENDENCIA EN EL RECURSO AGRÍCOLA	149
4.4.2. LA DEPENDENCIA EN EL RECURSO PECUARIO	154
4.4.3. LA DEPENDENCIA EN EL RECURSO AGROPECUARIO	158
4.4.4. LA DEPENDENCIA EN EL RECURSO FORESTAL	161
4.4.5. LA DEPENDENCIA EN LOS RECURSOS NATURALES	169
4.5. RESUMEN Y CONCLUSIONES	170
CAPÍTULO 5: LA CAPACIDAD ADAPTATIVA DE LOS HOGARES DE TOTONICAPÁN	176
5.1. LOS INDICADORES ECONÓMICOS	176
5.1.1. EL INGRESO	176
5.1.2. LA LIQUIDEZ FINANCIERA	178
5.1.3. EL CAPITAL FINANCIERO Y FÍSICO	183
5.2. LOS INDICADORES SOCIALES	189
5.2.1. EL ACCESO A INFORMACIÓN	189
5.2.2. LOS JEFES DE HOGAR	191
5.2.3. LOS MIEMBROS DEL HOGAR	195
5.3. LOS INDICADORES DE LOS RECURSOS NATURALES	200
5.3.1. LA INTENSIFICACIÓN AGRÍCOLA	200
5.4. RESUMEN Y CONCLUSIONES	203
CAPÍTULO 6: EL ÍNDICE DE LA VULNERABILIDAD	208
6.1. LOS COMPONENTES PRINCIPALES DEL ÍNDICE	208
6.2. EL ÍNDICE DE VULNERABILIDAD	213
6.3. LA SENSIBILIDAD DEL ÍNDICE	214

6.4. CONCLUSIONES	216
CAPÍTULO 7: EL MODELO DE DISTRIBUCIÓN DE ESPECIES	218
7.1. DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DE LAS ESPECIES EN LOS DIFERENTES CONTEXTOS CLIMÁTICOS	218
7.2. CONCLUSIONES	252
CAPÍTULO 8: CONCLUSIONES FINALES Y RECOMENDACIONES	255
BIBLIOGRAFÍA	257
ANEXOS	267
ANEXO 1: PREGUNTAS DE LA ENTREVISTA DE LOS INFORMANTES CLAVES	267
ANEXO 2: PREGUNTAS DE LA ENTREVISTA DE LOS (VICE)-ALCALDES	269
ANEXO 3: LAS VARIABLES DEL ESTUDIO	271
ANEXO 4: ENCUESTA	274
ANEXO 5: CONSENTIMIENTO INFORMADO	280



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.4.2.a: Los caseríos de Nimasac y las estimaciones de su población por parte de los alguaciles.	39
Tabla 2.4.2.b: Los sectores de Paquí y las estimaciones de su población de los alguaciles.	42
Tabla 2.4.2.c: Las probabilidades (p^{-1}) de la selección de cada sector y hogar encuestado.	48
Tabla 2.4.3.a: Estimación del precio (en Quetzales) +/- EEM de una libra de los granos básicos en las tres comunidades.	50
Tabla 2.4.3.b: Conversión de diferentes unidades de cantidades de leña.	50
Tabla 2.4.3.c: Estimación del precio de diferentes unidades de leña recogida.	52
Tabla 2.4.3.d: Precios de un costal de broza y una libra de hongos, y conversiones entre diferentes unidades de cantidades de broza.	52
Tabla 2.6.1.a: Los indicadores de la sensibilidad o capacidad adaptativa usados en la construcción del índice.	58
Tabla 2.6.5.a: Valores de las correlaciones r (PEARSON one-tailed) entre los indicadores.	64
Tabla 2.6.5.b: Los autovalores y el porcentaje de la varianza que explica cada CP en las dos extracciones sin y con rotación varimax.	66
Tabla 2.7.1.a: Coníferas de las tierras altas de Guatemala.	72
Tabla 2.7.1.b: Especies latifoliadas de Totonicapán.	76
Tabla 2.7.2.a: Número de localidades sin duplicados obtenidas para cada especie en el área del modelo.	77
Tabla 2.7.6.a: AUC promedio +/- desviación estándar de las curvas ROC de los dos MDE (n=10).	86
Tabla 2.7.7.a: Las variables de los modelos y su porcentaje de permutación.	89
Tabla 3.1.a: Población del departamento Totonicapán y de sus municipios.	92
Tabla 4.1.1.a: Desglose de las actividades económicas categorizadas como textiles, empleado y otros, y el número de personas empleadas en las tres categorías.	117
Tabla 4.1.2.a: Correlaciones entre los indicadores y su significación estadística (Spearman two-tailed).	122
Tabla 4.4.1.a: Cultivos no comunes, el número de hogares y las	150

comunidades donde fueron hallados.

Tabla 4.5.a: Resumen de los indicadores de la sensibilidad. 171

Tabla 5.4.a: Resumen de los indicadores de la capacidad adaptativa. 204

Tabla 6.1.a: Los componentes principales del ACP. La tabla demuestra las correlaciones r entre los indicadores y los CPs, la varianza de cada variable que los ocho CPs representan, el factor a que los indicadores pertenecen, y el concepto que subyace el CP. 209

Tabla 6.3.a: Correlaciones (Pearson two-tailed) entre los índices. 215



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.4.2.a: Fotografías de los cuatro sectores del estudio en Nimasac.	41
Figura 2.4.2.b: Fotografías de tres de los cuatro sectores del estudio en Paquí.	43
Figura 2.4.2.c: Fotografías de los cuatro sectores del estudio en Barraneché.	45
Figura 2.4.3.a: Una tarea de leña, aproximadamente 0,875 m x 3,5 m.	51
Figura 2.4.3.b: Pequeñas cargas de leña.	51
Figura 2.4.3.c: Un red y un costal de broza.	52
Figura 2.6.5.a: Scree plot ordenando los CPs por autovalores descendientes.	66
Figura 3.3.a: La percepción de cambios en el abastecimiento del agua.	110
Figura 3.3.b: La percepción de cambios en la frecuencia de sequías.	110
Figura 3.3.c: La percepción de cambios en la temperatura.	111
Figura 3.3.d: La percepción de cambios en la lluvia.	111
Figura 4.1.1.a: Mediana del ingreso anual de hogares con diferentes niveles de diversificación de su ingreso.	115
Figura 4.1.1.b: Mediana del capital financiero y físico de hogares con diferentes niveles de diversificación de su ingreso.	116
Figura 4.1.1.c: Prevalencia de las diferentes actividades económicas en los hogares de las tres comunidades.	119
Figura 4.1.2.a: Frecuencia de hogares con un ingreso consistente a través del año +/- EEM.	124
Figura 4.1.2.b: Promedios de la desviación estándar de los doce ingresos mensuales inconsistentes expresados como porcentajes del ingreso anual +/- EEM.	124
Figura 4.1.4.a: Las medianas de la dependencia de los hogares en las tres comunidades.	126
Figura 4.1.5.a: Medianas del hacinamiento expresado como el promedio de personas durmiendo en un dormitorio en las tres comunidades.	127
Figura 4.1.5.b: Frecuencias de hogares hacinados (con más que tres personas durmiendo en un dormitorio) +/- EEM.	128
Figura 4.1.6.a: Frecuencias de hogares que declaran su ingreso como suficiente en las tres comunidades +/- EEM.	129

Figura 4.2.1.a: Frecuencias de hogares con gas en las tres comunidades +/- EEM.	131
Figura 4.2.1.b: Mediana del ingreso anual en hogares sin y con gas.	133
Figura 4.2.1.c: Mediana del capital financiero y físico en hogares sin y con gas.	134
Figura 4.2.1.d: Mediana de la dependencia en el recurso forestal expresada como porcentaje del ingreso anual en hogares sin y con gas.	134
Figura 4.2.1.e: Mediana de las edades de los jefes de hogar en hogares sin y con gas.	135
Figura 4.2.1.f: Mediana de la educación de los jefes de hogar en hogares sin y con gas.	135
Figura 4.2.2.a: Frecuencias de hogares con drenaje en las tres comunidades +/- EEM.	137
Figura 4.2.3.a: Medianas del capital financiero y físico de hogares construidos en base de diferentes materiales.	138
Figura 4.2.3.b: Frecuencias de hogares de diferentes materiales en las tres comunidades +/- EEM.	139
Figura 4.2.3.c: Medianas de la edad de los jefes de hogar encabezando los hogares de los distintos materiales.	140
Figura 4.2.3.d: Medianas de la educación de los jefes de hogar encabezando los hogares de los distintos materiales.	141
Figura 4.2.3.e: Medianas de la educación promedia de los hogares de distintos materiales.	141
Figura 4.2.3.f: Medianas del hacinamiento (promedio de personas durmiendo en un dormitorio) en los hogares de distintos materiales.	142
Figura 4.2.3.g: Frecuencias de hogares con ahorros, un ingreso suficiente y gas, y construidos en base de adobe, block o adobe y block.	142
Figura 4.3.1.a: Frecuencias de los hogares en las tres comunidades clasificando en las cuatro categorías de la (in)seguridad alimentaria leve, moderada y severa +/- EEM.	144
Figura 4.3.1.b: Frecuencias de hogares de las cuatro categorías de (in)seguridad alimentaria teniendo deudas, ahorros, liquidez financiera y una jefatura femenina.	146
Figura 4.3.1.c: Medianas del ingreso anual en las cuatro categorías de (in)-seguridad alimentaria.	146
Figura 4.3.1.d: Medianas de los años de educación del jefe de hogar en las cuatro diferentes categorías de (in)seguridad alimentaria.	147

Figura 4.3.1.e: Medianas de la educación promedia de los hogares en las cuatro categorías de (in)seguridad alimentaria.	148
Figura 4.3.2.a: Medianas de los porcentajes de miembros del hogar menores a cinco años de edad o mayores a sesentaicinco años de edad.	149
Figura 4.4.1.a.: Medianas de las dependencias en el recurso agrícola expresadas como porcentajes del ingreso anual en las tres comunidades.	154
Figura 4.4.2.a: Frecuencia de la actividad pecuaria en las tres comunidades +/- EEM.	155
Figura 4.4.2.b: Frecuencia de los diferentes recursos pecuarios.	156
Figura 4.4.2.c: Medianas de las dependencias en el recurso pecuario expresadas como porcentajes del ingreso anual en las tres comunidades.	158
Figura 4.4.3.a: Medianas de las dependencias en el recurso agropecuario expresadas como porcentajes del ingreso anual en las tres comunidades.	159
Figura 4.4.3.b: Medianas de las dependencias en el recurso agropecuario expresadas como porcentajes del ingreso anual en las tres comunidades.	160
Figura 4.4.4.a: Frecuencia de hogares en las tres comunidades que buscan leña +/- EEM.	163
Figura 4.4.4.b: Porcentaje de la leña con precedencia de los bosques del entorno de las comunidades (leña recogida) +/- EEM.	163
Figura 4.4.4.c: Diferentes recursos forestales y la frecuencia con la cual los hogares de las tres comunidades extraen los recursos de los bosques en su entorno.	165
Figura 4.4.4.d: Medianas de la dependencia de los hogares en el recurso forestal de su entorno expresada como el porcentaje del ingreso anual.	167
Figura 4.4.4.e: Medianas de la dependencia de los hogares en el recurso forestal expresada como porcentaje del ingreso anual.	168
Figura 4.4.5.a: Medianas de la dependencia de los hogares en los recursos naturales (agropecuarios y forestales) expresada como porcentaje del ingreso anual.	170
Figura 5.1.1.a: Comparación de las medianas del ingreso anual entre las comunidades.	177

Figura 5.1.2.a: Promedio de hogares en donde queda algo del ingreso +/- EEM.	179
Figura 5.1.2.b: Hogares sin y con liquidez financiera y su posesión de ahorros y percepción de la suficiencia del ingreso.	180
Figura 5.1.2.c: Hogares sin y con liquidez financiera y la mediana de educación del jefe de hogar.	180
Figura 5.1.2.d: Hogares sin y con liquidez financiera y la mediana de la escolaridad promedia recibida por los miembros que forman el hogar.	181
Figura 5.1.2.e: Hogares sin y con liquidez financiera y la mediana de la edad del jefe de hogar.	181
Figura 5.1.2.f: Hogares sin y con liquidez financiera y la mediana de la dependencia en el recurso forestal expresada como porcentaje del ingreso anual.	182
Figura 5.1.2.e: Hogares con y sin liquidez financiera y las medianas de la dependencia en los recursos naturales expresada como porcentaje del ingreso anual.	182
Figura 5.1.3.a: Frecuencias de los hogares que tienen ahorros y deudas en las tres comunidades +/- EEM.	183
Figura 5.1.3.b: Las frecuencias de hogares con deudas, hacinamiento, gas y drenaje, dependiendo de si tienen ahorros.	184
Figura 5.1.3.c: Medianas de los capitales en las tres comunidades.	188
Figura 5.2.1.a: Nivel de conocimiento y medios de comunicación a nivel del municipio +/- EEM.	190
Figura 5.2.1.b: Nivel de conocimiento y medios de comunicación a nivel del país +/- EEM.	191
Figura 5.2.2.a: Medianas de las edades de los jefes de hogar en las tres comunidades.	193
Figura 5.2.2.b: Medianas de la educación de los jefes de hogar en las tres comunidades.	194
Figura 5.2.2.c: Prevalencia de la jefatura masculina en las tres comunidades.	195
Figura 5.2.3.a: Medianas de los años de educación promedio de los hogares en las tres comunidades.	196
Figura 5.2.3.b: Medianas de los porcentajes de miembros del hogar analfabetos en las tres comunidades.	197
Figura 5.2.3.c: Medianas de los porcentajes de miembros del hogar bilingües en las tres comunidades.	199

Figura 5.3.1.a: Insumos de la agricultura y su frecuencia de uso en las tres comunidades.	203
Figura 6.1.a: Promedios de los CPs normalizados y expresados como porcentajes de cada comunidad +/- EEM.	213
Figura 6.2.a: Promedios de los índices de vulnerabilidad normalizados y expresados como porcentaje en cada comunidad +/- EEM.	214



ÍNDICE DE MAPAS

Mapa 2.2.a: Las comunidades del estudio	26
Mapa 2.4.2.a: Organización territorial de la aldea Nimasac.	40
Mapa 2.4.2.b: Límites comunales y sectoriales.	46
Mapa 2.7.3.a: Área de estudio para el modelamiento de distribución de especies.	78
Mapa 7.1.a: Distribución potencial de <i>Abies guatemalensis</i> en el área del MDE.	220
Mapa 7.1.b: Distribución potencial de <i>Abies guatemalensis</i> en el departamento Totonicapán.	221
Mapa 7.1.c: Distribución potencial de <i>Pinus ayacahuite</i> en el área del MDE.	223
Mapa 7.1.d: Distribución potencial de <i>Pinus ayacahuite</i> en el departamento Totonicapán.	224
Mapa 7.1.e: Distribución potencial de <i>Pinus hartwegii</i> en el área del MDE.	226
Mapa 7.1.f: Distribución potencial de <i>Pinus hartwegii</i> en el departamento Totonicapán.	227
Mapa 7.1.g: Distribución potencial de <i>Pinus montezumae</i> en el área del MDE.	229
Mapa 7.1.h: Distribución potencial de <i>Pinus montezumae</i> en el departamento Totonicapán.	230
Mapa 7.1.i: Distribución potencial de <i>Pinus oocarpa</i> en el área del MDE.	232
Mapa 7.1.j: Distribución potencial de <i>Pinus oocarpa</i> en el departamento Totonicapán.	233
Mapa 7.1.k: Distribución potencial de <i>Pinus pseudostrobus</i> en el área del MDE.	235
Mapa 7.1.l: Distribución potencial de <i>Pinus pseudostrobus</i> en el departamento Totonicapán.	236
Mapa 7.1.m: Distribución potencial de <i>Cupressus lusitanica</i> en el área del MDE.	238
Mapa 7.1.n: Distribución potencial de <i>Cupressus lusitanica</i> en el departamento Totonicapán.	239
Mapa 7.1.o: Distribución potencial de <i>Quercus ocoteifolia</i> en el área del MDE.	241
Mapa 7.1.p: Distribución potencial de <i>Quercus ocoteifolia</i> en el	242

departamento Totonicapán.	
Mapa 7.1.q: Distribución potencial de <i>Alnus acuminata</i> subesp. <i>arguta</i> en el área del MDE.	244
Mapa 7.1.r: Distribución potencial de <i>Alnus acuminata</i> subesp. <i>arguta</i> en el departamento Totonicapán.	245
Mapa 7.1.s: Distribución potencial de <i>Alnus jorullensis</i> en el área del MDE.	247
Mapa 7.1.t: Distribución potencial de <i>Alnus jorullensis</i> en el departamento Totonicapán.	248
Mapa 7.1.u: Distribución potencial de <i>Arbutus xalapensis</i> en el área del MDE.	250
Mapa 7.1.v: Distribución potencial de <i>Arbutus xalapensis</i> en el departamento Totonicapán.	251



SIGLAS Y ACRÓNIMOS

ACP	Análisis de Componentes Principales
ANP	Área Natural Protegida
AUC	<i>Area under the curve</i>
CA	Capacidad adaptativa
CDRO	Cooperación para el Desarrollo Rural del Occidente
CONAP	Consejo Nacional de Áreas Protegidas
CP	Componente Principal
EEUU	Estados Unidos
ELCSA	Escala Latinoamericana y Caribeña de Seguridad Alimentaria
GBIF	<i>Global Biodiversity Information Facility</i>
GEI	Gases de Efecto Invernadero
HADCM3	<i>Hadley Center Coupled Model, versión 3</i>
HadGEM2-ES	<i>Hadley Centre Global Environment Model, version 2, Earth System</i>
IC	Informante Clave
IE	Informe de Evaluación
IGN	Instituto Geográfico Nacional de Guatemala
INAB	Instituto Nacional de Bosques de Guatemala
INE	Instituto Nacional de Estadística de Guatemala
INEGI	Instituto Nacional de Estadística y Geografía de México
IPCC	<i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i>
JDH	Jefe/ Jefa de Hogar
MDE	Modelos de Distribución de Especies
PRECIS	<i>Providing Regional Climates for Impacts Studies</i>
RCP	<i>Representative Concentration Pathway</i>
RFM	Recurso Forestal Maderable
RFNM	Recurso Forestal No Maderable
ROC	<i>Receiver Operating Characteristic</i>
RRAAPP	Recursos Agropecuarios
RRFF	Recursos Forestales
S	Sensibilidad
SRES	<i>Special Report on Emissions Scenarios</i>

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

El cambio climático es uno de los desafíos más grandes de la Tierra en el Antropoceno. A pesar de los esfuerzos internacionales intergubernamentales en base a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático de estabilizar las concentraciones de los gases de efecto invernadero e impedir interferencias antropógenas peligrosas en el sistema climático, un cuarto de un siglo después de Río un aumento importante en la temperatura promedio anual es considerado inevitable. Aunque la mitigación del cambio climático históricamente ha dominado el debate científico y político, su éxito moderado ha entregado el papel protagonista a la adaptación a los efectos del cambio climático. El hecho de que la adaptación necesita dirigirse no solamente al sistema ecológico, sino también al sistema social y económico añade otro grado de dificultad al logro del objetivo. Por otro lado dicha condición brinda oportunidades precisas para un desarrollo sostenible e integral propulsado por varias disciplinas. Sin embargo, en la mayoría de los casos no es el reto que condena al fracaso, sino nuestra ignorancia de las reglas de juego: La carencia de líneas base de las condiciones ambientales y socioeconómicas de nuestros complejos sistemas socioecológicos, y el desconocimiento de las interacciones que gobiernan su funcionamiento. Este déficit es aún más eminente en países en desarrollo que no se benefician de una amplia capacidad financiera, humana e institucional, y cuyos poblaciones y ecosistemas cuentan con una elevada vulnerabilidad ante el cambio climático. El presente estudio aporta a la creación de conocimiento del sistema socioecológico del altiplano occidental de Guatemala, en particular su población indígena Maya k'iche' y su cobertura forestal única en el municipio Totonicapán, con el fin de proporcionar oportunidades de adaptación y de un desarrollo sostenible en el futuro.

El **primero capítulo** presenta el marco teórico de las evaluaciones de la vulnerabilidad ante el cambio climático y los estudios antecedentes más importantes en el área de estudio a través de una revisión de la literatura científica más reciente y relevante. El estado de arte conduce a la justificación del presente estudio y el capítulo termina con los objetivos y la hipótesis que guiaron la investigación.

El **segundo capítulo** trata de los métodos del estudio: Las entrevistas, encuestas, el Análisis de Componentes Principales y los modelos de distribución de especies.

El **tercer capítulo** es una caracterización del área de estudio y su vínculo con los bosques. A través de fuentes bibliográficas y entrevistas se abordan las diferentes formas de propiedad forestal que existen, su contexto histórico, administración, aprovechamiento y manejo, y como se relacionan con los medios de vida de la población.

El **cuarto y quinto capítulo** evalúan y comparan la sensibilidad y capacidad adaptativa de tres comunidades representativas del municipio Totonicapán a través de un análisis singular de los indicadores socioeconómicos hallados en las encuestas.

El **sexto capítulo** se basa en los resultados del cuarto y quinto capítulo. Mediante un Análisis de Componentes Principales se determinan los conceptos socioeconómicos más importantes para la vulnerabilidad de las comunidades y se los resumen en un índice de vulnerabilidad.

El **séptimo capítulo** evalúa la exposición del municipio y departamento en forma de cambios en la extensión y biodiversidad de los bosques a través de la proyección de la distribución potencial de las once especies arbóreas más importantes al 2050 bajo dos escenarios climáticos.

El **octavo capítulo** brinda conclusiones finales y recomendaciones en adición a las conclusiones de cada capítulo.

1.1. MARCO TEÓRICO

1.1.1. LA VULNERABILIDAD ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO

El cambio climático

El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) define el cambio climático como la

„[variación] del estado del clima, identificable (por ejemplo, mediante pruebas estadísticas) en las variaciones del valor medio o en la variabilidad de sus propiedades, que persiste durante largos períodos de tiempo, generalmente decenios o períodos más largos. El cambio climático puede deberse a procesos internos naturales o a forzamientos externos tales como modulaciones de los ciclos solares, erupciones volcánicas o cambios antropógenos“ (IPCC, 2014a:5).

La modificación cuantitativa y cualitativa de la composición atmosférica a través de la emisión de gases de efecto invernadero (GEI) naturales y sintéticos, que incrementan la radiación adsorbida y amplifican el efecto invernadero, es la causa principal del cambio climático antropogénico (IPCC, 2014b:1766).

La vulnerabilidad en general

El origen del término vulnerabilidad es el adjetivo latín *vulnerabilis*, derivado de *vulnus* (herida), *vulnerare* (herir) y el sufijo *-abilis* (-able) (Oxford University Press, 2016a). La vulnerabilidad se refiere a la posibilidad de ser herido. A pesar de su etimología inequívoca, varias definiciones e interpretaciones de la vulnerabilidad existen debido a su uso extendido en diferentes contextos de las ciencias naturales (como por ejemplo la geografía, la investigación relacionada a riesgos y la sostenibilidad) y a partir del siglo XXI también en contextos de las ciencias sociales (como por ejemplo la sociología, psicología y politología). La vulnerabilidad está estrechamente vinculada a los conceptos de la resiliencia y del riesgo, así como a la pobreza y la marginalidad. Aunque tantos contextos diversos no son intrínsecamente perjudiciales, han conducido a confusión en

cuanto a la definición de la vulnerabilidad, especialmente en investigaciones interdisciplinarias como la del cambio climático y sus efectos en sistemas socioecológicos (Busso, 2001:8, 11; Füssel & Klein, 2006:305; Füssel, 2007:155; Baca, Läderach, Hagggar, Schroth, & Ovalle, 2014:268; Tonmoy, El-Zein, & Hinkel, 2014:776).

La definición más común de la vulnerabilidad ante el cambio climático es la de los Informes de Evaluación sobre Impactos, Adaptación y Vulnerabilidad del IPCC, especialmente la del Tercer Informe de Evaluación (3IE) del año 2001, idéntica con la del Cuarto Informe de Evaluación (4IE) publicado en 2007 (Tonmoy et al., 2014:776). Según estos reportes, la vulnerabilidad es

„the degree to which a system is susceptible to, or unable to cope with, adverse effects of climate change, including climate variability and extremes. Vulnerability is a function of the character, magnitude, and rate of climate variation to which a system is exposed, its sensitivity, and its adaptive capacity“ (IPCC, 2001 y 2007a)¹.

En particular, los elementos de la exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa son centrales a los estudios de la vulnerabilidad. El Quinto Informe de Evaluación (5IE) del año 2014 define la vulnerabilidad como *„[the] propensity or predisposition to be adversely affected. Vulnerability encompasses a variety of concepts and elements including sensitivity or susceptibility to harm and lack of capacity to cope and adapt“* (IPCC, 2014b:1775), lo cual es una definición más abierta que no menciona la exposición, el cambio climático, la variabilidad climática o extremos. Aunque siendo la definición actual, todavía no está en uso debido a su variación sustancial de las definiciones anteriores y la publicación recién del 5IE.

¹ En el siguiente se usan las definiciones inglesas debido a que los Informes de Evaluación solamente se publican en inglés; debido a la falta de congruencia entre las definiciones castellanas de los resúmenes ejecutivos de los Informes de Evaluación; y debido al uso de las definiciones inglesas por la comunidad científica.

La exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa

La exposición es „[the] nature and degree to which a system is exposed to significant climatic variations“ (IPCC, 2001). Como se detalla en la definición de la vulnerabilidad del 3IE y 4IE se debe considerar „the character, magnitude, and rate of climate variation“ (IPCC, 2001 y 2007a). Sorprendentemente, el 4IE no incluye una definición de la exposición (IPCC, 2007b). Análogo a la definición de la vulnerabilidad, la definición de la exposición del 5IE también difiere significativamente de la definición de la exposición anterior y define que es „[the] presence of people, livelihoods, species or ecosystems, environmental functions, services, and resources, infrastructure, or economic, social, or cultural assets in places and settings that could be adversely affected“ (IPCC, 2014b:1765). Así que mientras que la definición de 2001 enfatiza el grado y las causas de la exposición como factor biofísicos externos, la definición de 2014 destaca los elementos socioeconómicos y biofísicos internos expuestos.

La sensibilidad es „the degree to which a system is affected, either adversely or beneficially, by climate-related stimuli. The effect may be direct (e.g., a change in crop yield in response to a change in the mean, range, or variability of temperature) or indirect (e.g., damages caused by an increase in the frequency of coastal flooding due to sea level rise)“ (IPCC, 2001). El 4IE y 5IE reemplazan el término representativo de la exposición „climate-related stimuli“ (IPCC, 2001) con „climate variability or change“ (IPCC, 2007a; IPCC, 2014b:1772-1773). Así que mientras que la definición misma de la exposición ha cambiado entre el 3IE y el 5IE, la representación de la exposición en la definición de la sensibilidad mantiene su carácter original como factor biofísico externo. La sensibilidad es una propiedad interna al sistema. Para la evaluación de la sensibilidad futura se toma en cuenta la sensibilidad y capacidad adaptativa presente, suponiendo la posibilidad de que la capacidad adaptativa presente reduzca la sensibilidad futura (Füssel, 2007:164).

La capacidad adaptativa es „[the] ability of a system to adjust to climate change (including climate variability and extremes) to moderate potential damages, to take advantage of opportunities, or to cope with the consequences“ (IPCC, 2001; IPCC, 2007c). La definición del 5IE fue expandida al ajuste de sistemas, instituciones, humanos y otros organismos y deja de mencionar el cambio climático, lo cual otra vez la convierte en una definición más general (IPCC 2014b:1758). La capacidad adaptativa es una propiedad interna al sistema. Yohe & Tol (2002) mencionan la tecnología, la disponibilidad y distribución de recursos, instituciones claves, su proceso y personal de la toma de decisiones, el capital humano y social, la distribución de riesgos y la percepción pública como determinantes de la capacidad adaptativa (op. cit. p. 26). Se supone que la capacidad adaptativa actual representa la capacidad adaptativa futura y que la capacidad adaptativa actual es proporcional a la adaptación, aunque eso no siempre es el caso (Adger, Brooks, Bentham, Agnew, & Eriksen, 2004:36; Füssel & Klein, 2006:320). El 3IE distingue entre seis tipos de adaptación: La adaptación anticipativa y reactiva (antes y después del impacto), la adaptación espontánea y planeada, y la adaptación privada y pública (IPCC, 2001). Esta definición ha sido cortada en el 4IE, y modificada en el 5IE, que solamente distingue entre „[incremental] adaptation (...) where the central aim is to maintain the (...) integrity of a system (...) [and] [transformational] adaptation (...) that changes the fundamental attributes of a system (...)“ (IPCC, 2014b:1758).

La vulnerabilidad contextual y resultante (contextual and outcome vulnerability)

La vulnerabilidad contextual (desde el punto de partida) es „[a] present inability to cope with external pressures or changes, such as changing climate conditions. Contextual vulnerability is a characteristic of social and ecological systems generated by multiple factors and processes“ (IPCC, 2014b:1762). La vulnerabilidad contextual trata de la vulnerabilidad inherente interna (y a menudo socioeconómica) de un

sistema socioecológico y se representa por su sensibilidad y capacidad adaptativa. La vulnerabilidad contextual se analiza en las ciencias sociales, proponiendo medios de adaptación (Füssel, 2007:163, tabla4; O'Brien, Eriksen, Nygaard, & Schjolden, 2007:76).

La vulnerabilidad resultante (desde el punto final) es la vulnerabilidad

„as the end point of a sequence of analyses beginning with projections of future emission trends, moving on to the development of climate scenarios, and concluding with biophysical impact studies and the identification of adaptive options. Any residual consequences that remain after adaptation has taken place define the levels of vulnerability“ (IPCC, 2014b:1769).

La definición de la vulnerabilidad resultante por lo tanto distingue entre impactos potenciales (considerando solamente la capacidad adaptativa) e impactos residuales (considerando las adaptaciones), aunque mayormente se analizan los impactos potenciales (Füssel & Klein, 2006:134). La vulnerabilidad resultante hace hincapié en los impactos esperados de un nivel determinado de exposición externa biofísica en un sistema adaptivo (relación dosis-efecto), pertenece al campo de las ciencias naturales y tiene como finalidad resaltar áreas altamente vulnerables para la propuesta de medidas de mitigación (Füssel, 2007:163, tabla4; O'Brien et al., 2007:75-76; Tonmoy et al., 2014:776). Los modelos de distribución de especies son un ejemplo de estudios de la vulnerabilidad resultante.

Mientras que los estudios sobre la vulnerabilidad resultante históricamente han sido más comunes que estudios de la vulnerabilidad contextual, la adaptación a las consecuencias inevitables del cambio climático se convierte cada vez más importante y con ella los estudios que caracterizan la vulnerabilidad contextual para guiar la transferencia de recursos financieros, físicos y humanos y

recomendar estrategias de adaptación (Adger et al., 2004:6; Füssel & Klein, 2006:303-304, 308, 312; Tonmoy et al., 2014:775).

1.1.2. LOS ESTUDIOS DE LA VULNERABILIDAD

Tonmoy et al. (2014) distinguen entre cinco tipos de estudios de la vulnerabilidad (op. cit. p. 779):

1. Estudios basados en simulaciones, que usan modelos mecánicos para analizar los niveles futuros de los indicadores de daño (vulnerabilidad resultante; por ejemplo modelos de distribución de especies);
2. estudios basados en la agregación, que resumen los indicadores de la vulnerabilidad presente para predecir la vulnerabilidad futura (vulnerabilidad contextual);
3. estudios híbridos, que resumen los niveles de los indicadores de la vulnerabilidad presente (vulnerabilidad contextual) y simulan los indicadores de daño al futuro (vulnerabilidad resultante);
4. estudios que no se basan en la simulación ni la agregación, que abordan los niveles presentes de los indicadores de la vulnerabilidad;
5. estudios teóricos y metodológicos, que quieren mejorar los indicadores.

En su meta-análisis de publicaciones sobre la vulnerabilidad ante el cambio climático los mismos autores señalan que 6%-7% de los estudios se basan en la evaluación de indicadores, y que 59% de ellos agregan y resumen los indicadores en un índice (op. cit. p. 782-783). Los índices, o indicadores compuestos, tienen varias ventajas: Resumen problemas grandes y complejos sin perder mucha información original; facilitan la interpretación a la vez de numerosos indicadores de diferentes contextos; y llaman la atención por su simplicidad. Por el otro lado, indicadores compuestos que han sido construidos sin rigurosidad estadística pueden conducir a la toma de decisiones

inadecuadas. Como los índices en general omiten información, siempre es necesario acompañarlos por un análisis separado de cada indicador (Saisana & Tarantola, 2002:5; Nardo, Saisana, Saltelli, Tarantola, Hoffman, & Giovanni, 2005:box1).

En 2007, Füssel introdujó un esquema de los componentes de los estudios de la vulnerabilidad basado en seis dimensiones (op. cit. p. 157-159):

1. El sistema (por ejemplo social, natural o híbrido) sujeto a peligro;
2. los atributos analizados en el estudio y expuestos al peligro (por ejemplo la salud, el ingreso, la biodiversidad);
3. la referencia temporal del estudio (continua o discreta);
4. los peligros discretos (perturbaciones) o continuos (estresores) del sistema (un concepto análogo a la exposición);
5. la escala interna / externa (endógena / exógena) o transversal de los atributos y peligros;
6. la dimensión socioeconómica, biofísica o integrada de los atributos y peligros.

De manera parecida, otros investigadores también destacan el sistema (la entidad vulnerable y sujeto del estudio), el peligro (el estímulo o estrés climático) y los atributos (los criterios analizados) como dimensiones de los estudios de vulnerabilidad (Ionescu, Klein, Hinkel, Kumar, & Klein, 2009:1; Tonmoy et al., 2014:777).

En cuanto a los atributos y peligros, Füssel & Klein (2006) se refieren a factores climáticos y no-climáticos (por ejemplo del medio ambiente, la economía, del ámbito social, político, tecnológico y demográfico) (op. cit. p. 316); y factores externos (la exposición) e internos (la sensibilidad y la capacidad adaptativa) (op. cit. p. 306). Tonmoy et al. (2014) distinguen entre dos tipos de factores de vulnerabilidad: Indicadores de daño, que miden la exposición actual o futura de

un sistema ante peligros, e indicadores de vulnerabilidad, que miden la susceptibilidad del sistema de ser dañado por los peligros, representativos de la sensibilidad y capacidad adaptativa (op. cit. p. 777).

Las diferentes formas de capital

Otra manera de abordar la dimensión socioeconómica, biofísica o integrada de los atributos y peligros es su asignación a diferentes formas de capital. Existe el capital humano, financiero, natural, físico y social. Se enfatizan las diferentes formas de capital especialmente respecto a la capacidad adaptativa (Busso, 2001:13; O'Brien et al., 2004:305; Gbetibouo, Ringler, & Hassan, 2010:178; Dionisio & Ibarra, 2013:cuadro2; Magzul, 2013:figura2.1; Monterroso, Conde, Gay, Gómez, & López, 2013:884).

- Al capital humano pertenecen entre otros la alfabetización, el nivel de habilidades técnicas, los conocimientos (tradicionales), la educación, el tamaño de la población, la mano de obra, la salud, el gobierno y programas comunales de desarrollo.
- El capital financiero está compuesto por ejemplo del acceso a crédito, de las remesas, ahorros, seguros, subsidios, la liquidez, el ingreso, los mercados financieros formales e informales.
- El capital natural incluye a la cobertura forestal, los nacimientos de agua, la tierra agrícola, los ríos, las plantas medicinales y el clima.
- El capital físico se compone de las viviendas, máquinas, herramientas, instalaciones, los animales, medios de producción, vehículos, caminos e edificios.
- Mientras que históricamente especialmente el capital humano y el capital financiero han sido integrados en las evaluaciones de la vulnerabilidad, el capital social es cada vez más importante. El capital social son las redes, normas y la confianza en una sociedad que facilitan la coordinación y la cooperación para el beneficio mutuo (Putnam, 1995:67). Por lo tanto, el

capital social tiene una entrada (por ejemplo la igualdad entre géneros, relaciones sociales intangibles, la confianza, reciprocidad, las organizaciones y asociaciones) y una salida (por ejemplo el acceso a tecnología, información, la salud mental, la asistencia mutua y la distribución de riesgos). Factores como una economía de mercado o diferentes tipos de tenencia de tierra pueden disminuir el capital social a través de la competencia y el individualismo (Busso, 2001:13; O'Brien et al., 2004:305; Rubin & Rossing, 2012:30; Magzul, 2013:230; Monterroso et al., 2013:884).

Las diferentes formas de capital son transferibles y recíprocas: Por ejemplo, el capital financiero y el capital natural se pueden convertir en capital físico y viceversa (por ejemplo construyendo un edificio), y el capital físico puede contribuir a la formación de capital humano y viceversa (por ejemplo a través de una escuela). La mayoría de los capitales guardan una relación positiva con la capacidad adaptativa, aunque grandes capitales naturales y físicos pueden significar pérdidas mayores en caso de desastres naturales, y algunas normas sociales tradicionales pueden impedir la adaptación (Magzul, 2013:42-44).

1.1.3. LOS MODELOS DE DISTRIBUCIÓN DE ESPECIES

Los modelos de distribución de especies (MDE; también conocidos como modelos del nicho ecológico, modelos del nicho ambiental, modelos de la idoneidad del hábitat, o sobres bioclimáticos) se basan en la combinación de datos ambientales con datos geográficos de la presencia o ausencia de una especie. Los MDE suponen una correlación entre las variables ambientales y la distribución de una especie. Según esta correlación, la caracterización de uno (las variables ambientales) permite la determinación del otro (la distribución potencial de la especie en otro contexto ambiental). Se derivan tres tipos de información de los MDE: La extensión del área donde la especie ha sido

observada, el área donde probablemente existe la especie pero no ha sido observada, y del área total que puede ser ocupada por la especie según el perfil establecido (Pearson, 2010:56, 57, 59, 63; Araújo & Peterson, 2012:1528).

Los MDE se basan en algunos conceptos centrales de la teoría del nicho ecológico, en donde Hutchinson (1957) define el nicho fundamental como las características abióticas y bióticas que permiten la persistencia de la especie (Pearson & Dawson, 2003:362; Araújo & Guisan, 2006:1678; Pearson, 2010:59, 61); y el nicho realizado como la parte del nicho fundamental en donde la especie no resulta excluida debido a competencia (Pearson, 2010:60). Aunque la definición de Hutchinson predomina en el discurso teórico de los MDE, su utilidad ha sido refutada (Araújo & Guisan, 2006:1678). Como concepto adicional se ha definido el nicho ocupado, parte del nicho realizado que la especie ha podido ocupar a través de su dispersión y condiciones geográficas favorables (Pearson & Dawson, 2003:365; Pearson, 2010:60). Los individuos registrados en el nicho ocupado representan la distribución actual, y la distribución potencial coincide con el nicho fundamental. Si el nicho ocupado es idéntico con el nicho fundamental, la especie existe en equilibrio, sin embargo se supone que la mayoría de las especies no existen en equilibrio con su nicho fundamental. El nicho climático representa las condiciones climáticas del nicho fundamental (Pearson, 2010:62, 63).

Los MDE pueden indicar la presencia potencial de una especie en un área desconocida sin muestras en el presente, futuro o pasado; apoyar el descubrimiento de nuevas poblaciones, invasiones y brotes de enfermedades; aprobar o rechazar hipótesis biogeográficas, paleoecológicas y evolutivas (Guisan & Thuiller, 2005:tabla1; Pearson, 2010:59, 63, 65). En la conservación, los MDE ayudan en la delimitación del área de conservación, porque señalan la

extensión de la distribución actual, y la distribución potencial para reintroducciones (Pearson, 2010:56, 62).

Sin embargo, los MDE también cuentan con limitaciones a las que se debe prestar atención para no correr el riesgo de sub- o sobreestimar la distribución de las especies.

Los MDE definen el nicho fundamental / la distribución potencial a través de la caracterización del nicho climático con muestras del nicho ocupado de la distribución actual. La muestra de presencias de una especie debe ser estratificada, independiente y representar la frecuencia a que ocurre la especie (Araújo & Guisan, 2006:1679). Sin embargo, los esfuerzos limitados de muestreo, las especies difícilmente detectables, y las observaciones oportunistas al lado de carreteras o ríos introducen limitaciones a esta premisa. La autocorrelación de las presencias y una interpretación demasiado rígida de los resultados del MDE pueden conducir a una subestimación del nicho fundamental (Guisan & Zimmermann, 2000:156; Phillips, Anderson, & Schapire, 2006:233; Guisan & Thuiller, 2005:994, 997, 1002; Pearson, 2010:63, 68). Al mismo tiempo la variación genotípica y fenotípica intraespecífica implica que no todas las diferentes sub-poblaciones de la misma especie pueden inhabitar el nicho fundamental completo y los MDE corren el riesgo de sobreestimar la distribución potencial. También la distribución potencial siempre es sujeto a los cambios evolutivos en las respuestas fisiológicas y límites de tolerancia que afectan la correlación entre las variables climáticas y la presencia de la especie. Esta limitación especialmente afecta la precisión de los MDE de especies con altas tasas reproductivas, cortos ciclos de vida y una gran dispersión (Pearson & Dawson, 2003:365, 367).

Además, los MDE no representan la dinámica de fuentes y sumideros de poblaciones. Presencias de individuos en áreas clasificadas como sumideros (áreas que no pueden sostener poblaciones) pueden conducir a la inclusión de

un hábitat no-idóneo en el nicho climático y su sobreestimación (Guisan & Thuiller, 2005:1003; Pearson, 2010:61).

Las interacciones bióticas (p.e. simbiosis, parasitismo, competencia, depredación) influyen en la distribución de una especie, sin embargo, generalmente no se incluyen en los MDE, aparte de estudios que incluyen la distribución de otras especies competetitoras o huéspedes como variables del nicho (Pearson & Dawson, 2003:363; Araújo & Guisan, 2006:1678). La inclusión de otra especie también proporciona información climática adicional a las variables climáticas del modelo (Guisan & Thuiller, 2005:999). Los llamados modelos mecánicos / ecológicos abordan esa limitación a través del uso de interacciones biológicas, límites y respuestas fisiológicas en lugar de datos de la presencia y ausencia de una especie en el modelo de su distribución (Austin, 2002:102; Pearson & Dawson, 2003:362; Guisan & Thuiller, 2005:1003; Pearson, 2010:57, 65). Sin embargo, estos modelos son limitados por la escasez de información sobre los atributos fisiológicos de las especies (Pearson, 2010:57).

1.2. ANTECEDENTES

1.2.1. LA VULNERABILIDAD DEL ALTIPLANO OCCIDENTAL DE GUATEMALA

En 2014, Biota S.A. y The Nature Conservancy publicaron un estudio híbrido de la vulnerabilidad contextual y resultante de la región del altiplano occidental de Guatemala (departamentos Huehuetenango, Quetzaltenango, Quiché, San Marcos, Totonicapán). El estudio incluyó una proyección de datos al año 2050 usando el modelo de circulación general PRECIS y el escenario climático SRES B1 del IPCC (op. cit. p. 110).

Para la determinación de la exposición a nivel de cada municipio, los autores midieron y modelaron

- las sequías (usando los parámetros de la precipitación y evapotranspiración) (op. cit. p. 25-26);
- las heladas (usando la probabilidad de la ocurrencia de heladas) (op. cit. p. 28-29);
- las inundaciones (usando el número y los años de las inundaciones) (op. cit. p. 32);
- los incendios forestales (usando el número y los años de los incendios forestales) (op. cit. p. 42);
- los deslizamientos (usando el relieve, la textura, vegetación y el uso del suelo, la distribución y la cantidad de la lluvia) (op. cit. p. 34-36);
- la erosión (usando la profundidad del suelo) (op. cit. p. 39).

Todas las amenazas tomaron en cuenta el tamaño del municipio. Las sequías y heladas fueron proyectadas al futuro usando predicciones de la precipitación y la temperatura (op. cit. p. 110-112). Las inundaciones y los incendios forestales fueron proyectados a través de la frecuencia de su ocurrencia histórica (op. cit. p. 113). Los deslizamientos y la erosión mantuvieron su valor presente en la proyección al año 2050 (op. cit. p. 114).

Para la evaluación de la sensibilidad, los autores midieron y proyectaron

- la escasez hídrica (comparando la demanda humana y de los animales con la oferta determinada por la precipitación, evapotranspiración e infiltración) (op. cit. p. 49-51);
- la sensibilidad productiva de maíz, frijol y café frente a anomalías de El Niño (op. cit. p. 55).

La escasez hídrica fue proyectada al futuro a través de un modelo de la población (demanda), de la precipitación y evapotranspiración (oferta) (op. cit. p. 117). La sensibilidad productiva fue proyectada usando los valores de la temperatura futura (op. cit. p. 118).

En caso de la capacidad adaptativa, los autores introdujeron tres sub-índices (op. cit. p. 77):

- La densidad poblacional;
- los servicios ecosistémicos (la cobertura forestal en relación al municipio);
- la inseguridad alimentaria y nutricional, compuesta por
 - el déficit en granos básicos (considerando la producción de maíz y frijol, la densidad poblacional y los requerimientos nutricionales),
 - la alfabetización,
 - la pobreza extrema,
 - la inseguridad laboral (ocupación principal, categoría de ocupación, tipo de actividad, educación),
 - el saneamiento (agua y desagüe, hacinamiento y la quema de basura) (op. cit. p. 82).

La densidad poblacional y los servicios ecosistémicos fueron modelados al futuro en base a las tendencias demográficas y forestales actuales (op. cit. p. 125, 129). Del subíndice de la inseguridad alimentaria y nutricional solamente la tasa de la alfabetización y el déficit en granos básicos fueron proyectados al futuro (op. cit. p. 131).

El estudio halló que la mitad del altiplano occidental ya está altamente o extremadamente vulnerable ante el cambio climático en forma del fenómeno El Niño y la variabilidad climática (op. cit. p. 2). De los cinco departamentos que constituyen la región, Totonicapán es el departamento más vulnerable actualmente y en el futuro. Totonicapán actualmente sufre los niveles más altos de vulnerabilidad ante sequías (12,5% de los municipios) (op. cit. p. 26), heladas (siete de ocho municipios) (op. cit. p. 29), y 62,5% de los municipios alcanzan niveles muy altos de vulnerabilidad ante incendios forestales (op. cit. p. 55). En el año 2050, sequías afectarán extremadamente a 62,5% de los municipios, las

heladas a todos los ocho municipios, y los incendios forestales persistirán (op. cit. p. 110-112, 114).

En cuanto a la sensibilidad, todos los municipios de Totonicapán actualmente tienen una vulnerabilidad muy alta ante la escasez hídrica (op. cit. p. 52) que persistirá en el futuro (op. cit. p. 188). Aunque el porcentaje de municipios de Totonicapán con un índice de sensibilidad muy alto disminuirá desde 87,5% a 37,5%, el porcentaje de municipios con un índice de sensibilidad alto aumentará desde 12,5% a 50% (op. cit. p. 125).

Totonicapán actualmente tiene la mayor proporción de bosques (37,5% de los municipios alcanzan un índice de servicios ecosistémicos muy alto) y la mayor densidad poblacional (op. cit. p. 79), dos tendencias que persistirán en el futuro (op. cit. p. 129). Tres cuartos de los municipios de Totonicapán actualmente tienen un índice de capacidad adaptativa bajo (op. cit. p. 87), y aunque esta fracción se reducirá a 62,5% para el año 2050, solo uno de ocho municipios se beneficiará de una capacidad adaptativa alta en el futuro (op. cit. p. 132).

En resumen, 75% de los municipios de Totonicapán actualmente son muy altamente vulnerables ante el cambio climático (op. cit. p. 90), una cifra que disminuirá a 62,5% para el año 2050, cuando sin embargo ningún municipio se beneficiará de un índice de vulnerabilidad bajo (op. cit. p. 136). Actualmente, tres de los cuatro municipios más vulnerables del altiplano occidental son municipios del departamento de Totonicapán (San Andrés Xecul (98,1%), San Francisco el Alto (97,2%), Totonicapán (95,9%)) (op. cit. p. 90). San Andrés Xecul (98,4%) y San Francisco el Alto (94,6%) mantendrán sus posiciones como el primero y el cuarto municipio más vulnerable del altiplano occidental para el año 2050. Totonicapán habrá mejorado su situación hasta el vigésimo tercer municipio con un porcentaje de 84,6% en 2050 (op. cit. p. 137).

1.2.2. LOS EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LAS ZONAS DE VIDA DE GUATEMALA

En 2011 el Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente (IARNA) de la Universidad Rafael Landívar de Guatemala publicó un estudio en donde más de la mitad de Guatemala y especialmente los sistemas montañosos se verán afectados por cambios bioclimáticos para el año 2050. Los cambios incluirán pérdidas de biodiversidad, especialmente de especies endémicas con una distribución restringida, y una menor captación y regulación hidrológica. Los autores destacan que los cambios tomarán lugar en adición a presiones existentes como por ejemplo la deforestación (op. cit. p. 1, 2).

En una primera parte, el estudio integró la información de varias fuentes científicas para determinar los efectos del cambio climático en los cuatro ecosistemas predominantes de Guatemala distinguidos por su altura y humedad (op. cit. p. 43-45, 48).

- Los bosques secos y muy secos (< 1000 msnm) serán sensibles al cambio climático, por lo cual se reducirá altamente su productividad, sin embargo las nuevas condiciones climáticas les permitirán expandir su territorio (op. cit. p. 48);
- al contrario, los bosques húmedos, muy húmedos y pluviales basales (los bosques latifoliados de la planicie) (< 1000 msnm) disminuirán su extensión, serán poco resilientes y cambiarán en su composición y estructura con una disminución de su productividad primaria neta (op. cit. p. 48);
- el hábitat de los bosques húmedos y muy húmedos montanos (> 1000 msnm), como los bosques coníferos y mixtos de pino-encino, se encontrará a alturas mayores. Los bosques tendrán una resiliencia moderada con aumentos en su productividad primaria neta a pesar de cambios en su composición y estructura (op. cit. p. 48). Sin embargo, sequías, tormentas,

plagas, enfermedades e incendios serán más frecuentes (op. cit. p. 48, cuadro 1);

- los bosques húmedos, pluviales montanos (> 1800 msnm) estarán altamente afectados por el cambio climático. Los autores prevén una grave pérdida de biodiversidad, incluso de endemismos, y de producción primaria neta (op. cit. p. 44, 48). El ciclo hidrológico se cambiará hacia una mayor frecuencia de sequías (op. cit. p. 48, cuadro 1). También aumentarán las incidencias de incendios, tormentas, plagas y enfermedades. Los cambios climáticos harán el hábitat actual más susceptible a invasiones por otras especies beneficiadas por una mayor disponibilidad de nutrientes, y el hábitat idóneo migrará hacia alturas mayores. El estudio también menciona cambios en la fenología de las especies (cuadro 1).

En una segunda parte, el estudio modeló las zonas de vida vegetales de Holdridge. Los autores definieron quince zonas de vida en base a las precipitaciones y las temperaturas promedio mensuales y anuales de la base de datos WorldClim para el presente (1950-2000) y las proyectaron al año 2050 a través del modelo de circulación general HADCM3 para los escenarios SRES A2 y B2 del IPCC para los años 2020, 2050 y 2080 (op. cit. p. 51, 53, 55).

- Para el año 2050 en el escenario A2 la temperatura aumentará entre 0,5°C y 2,5°C y la precipitación disminuirá entre 0%-20% (0%-10% en el altiplano occidental). Estos cambios climáticos disminuirán la extensión de los bosques húmedos y muy húmedos en más del 40%, la extensión de los bosques montanos en más del 30% y la extensión de los bosques pluviales en más del 50%. Los bosques secos incrementarán su distribución en más del 50%, ocupando hasta el 40% de Guatemala y extendiéndose hasta Totonicapán (op. cit. p. 57).
- Para el año 2050 en el escenario B2 la temperatura aumentará menos, entre 0,5°C y 2°C. La precipitación se disminuirá entre 0%-15% o aumentará entre

0%-10%, dependiendo de la región. Como consecuencia, la extensión de los bosques húmedos y muy húmedos y montanos disminuirá en más del 50%, y en caso de los bosques pluviales en más del 55%. Los bosques secos y muy secos extenderán su área en 55% (op. cit. p. 57).

1.3. JUSTIFICACIÓN

Guatemala es un país altamente vulnerable ante el cambio climático: Es megadiverso; un tercio de su territorio es área protegida por su cobertura forestal; es propenso a eventos hidro-meteorológicos extremos; cuenta con altos niveles de pobreza; y tiene una población indígena vulnerable (MARN, 2015). El departamento de Totonicapán resalta como altamente vulnerable en el presente y el futuro, así como el municipio de Totonicapán, el cuarto municipio más vulnerable de la región y el tercero más vulnerable del departamento actualmente (Biota, S.A. & The Nature Conservancy, 2014:90). Estos primeros resultados demandan una investigación más profunda que evalúe a mayor escala cuales patrones predisponen a la población de Totonicapán ante las consecuencias del cambio climático y pueden ser sujetos a la adaptación.

Un estudio más detallado de la vulnerabilidad de Totonicapán que el estudio citado permite la inclusión de variables socioeconómicas en la evaluación de la sensibilidad, y la inclusión de un mayor número de las variables socioeconómicas en la evaluación de la capacidad adaptativa, modificaciones necesarias para un análisis más profundo de los dos conceptos. Además, abordar la vulnerabilidad presente requiere la existencia de datos recientes, sin embargo para la evaluación de la pobreza extrema, precariedad ocupacional y el saneamiento ambiental, Biota S.A. & The Nature Conservancy (2014) utilizaron datos socioeconómicos del Índice de Vulnerabilidad a la Seguridad

Alimentaria y Nutricional, basado en datos obsoletos del último XI Censo de Población y VI Censo de Habitación del año 2002 (op. cit. p. 82).

En cuanto a la exposición, el estudio se enfoca y aporta a la conservación del recurso económica y culturalmente más importante de Totonicapán - el recurso forestal. Los bosques de Totonicapán cuentan con varios endemismos regionales de especies forestales, así como mamíferos y aves (Parkswatch, 2003:6). La conservación del recurso forestal también beneficia la conservación del recurso hídrico que está disminuyendo y tiene significancia a nivel del país con la mitad de las cuencas de Guatemala originándose en el altiplano. Además, los bosques representan un gran almacén de carbono y contribuyen sustancialmente a la mitigación del cambio climático.

El departamento de Totonicapán tiene la tasa de deforestación más baja del país (INAB, 2015), razón por la cual la evaluación del recurso forestal en el contexto del cambio climático es la más importante, porque representa la amenaza principal de los bosques de manera directa (a través de cambios en la idoneidad del hábitat) e indirecta (a través de incendios forestales y una mayor frecuencia de plagas) (IARNA-URL, 2011:cuadro 1; Biota, S.A. & The Nature Conservancy, 2014:112). El estudio del IARNA-URL (2011) señala que bosques mixtos y coníferos enfrentarán grandes cambios en el futuro (op. cit. p. 57), sin embargo solo modelaron las zonas de vida y no las especies y la publicación no detalla específicamente los efectos en cada departamento y municipio. Un modelo de distribución de especies comprensivo puede más allá de cambios en la extensión boscosa a gran escala resaltar áreas de altas pérdidas de biodiversidad y así apoyar a la conservación de especies endémicas a través de la reforestación selectiva en áreas idóneas.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar la vulnerabilidad del municipio de Totonicapán a través de la comparación de tres comunidades representativas (en su tamaño, grado de urbanización y vínculo con el recurso forestal) en su vulnerabilidad actual-contextual y futura-resultante en un estudio híbrido, que determinará y evaluará los factores socioeconómicos más importantes de la sensibilidad y capacidad adaptativa en un índice de vulnerabilidad, y que evaluará la exposición en forma de cambios futuros en la extensión y biodiversidad de los bosques.

1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Definir y comparar los diferentes vínculos que tienen las comunidades del municipio y del estudio con los bosques en términos de propiedad, administración, aprovechamiento y manejo sostenible.
2. Evaluar y comparar la vulnerabilidad actual-contextual (sensibilidad y capacidad adaptativa) de las tres comunidades a través del análisis singular de los indicadores socioeconómicos.
3. Evaluar y comparar la vulnerabilidad actual-contextual (sensibilidad y capacidad adaptativa) de las tres comunidades y del municipio a través de la agregación de los indicadores socioeconómicos en un índice de vulnerabilidad, y determinar los indicadores socioeconómicos de la vulnerabilidad del municipio más importantes.
4. Evaluar la vulnerabilidad futura-resultante (exposición) en forma de la extensión y biodiversidad de los bosques del municipio de Totonicapán a través de la proyección de la distribución de las especies más importantes al futuro.

1.5. HIPÓTESIS

La vulnerabilidad del municipio de Totonicapán ante el cambio climático es heterogénea, porque las comunidades del municipio de Totonicapán y del estudio difieren en su vulnerabilidad actual-contextual (sensibilidad y capacidad adaptativa) y vulnerabilidad futura-resultante (exposición), debido a sus diferentes perfiles socioeconómicos y los diferentes grados en que las especies de los bosques del municipio se ven afectadas en el futuro.



CAPÍTULO 2

METODOLOGÍA

El segundo capítulo presenta los diferentes métodos con que se colectaron, procesaron y analizaron los datos del estudio que dieron lugar a los capítulos tres a siete.

2.1. LA ESTRUCTURA DEL ESTUDIO

Según Füssel (2007),

- el sistema del estudio es un sistema híbrido compuesto de la población (sistema social) y de los bosques de la región (sistema natural);
- el estudio analiza los atributos internos socioeconómicos de la población y los bosques como atributos internos biofísicos;
- la referencia temporal es discreta (el presente y el futuro año 2050);
- el peligro externo biofísicos es el cambio climático.

Según Tonmoy et al. (2014),

- el estudio es híbrido, porque combina los indicadores de vulnerabilidad (los factores socioeconómicos) agregados en un índice con los indicadores de daño (los cambios en la extensión y biodiversidad de los bosques).

Según el IPCC (2014), el estudio analiza la vulnerabilidad contextual así como la vulnerabilidad resultante.

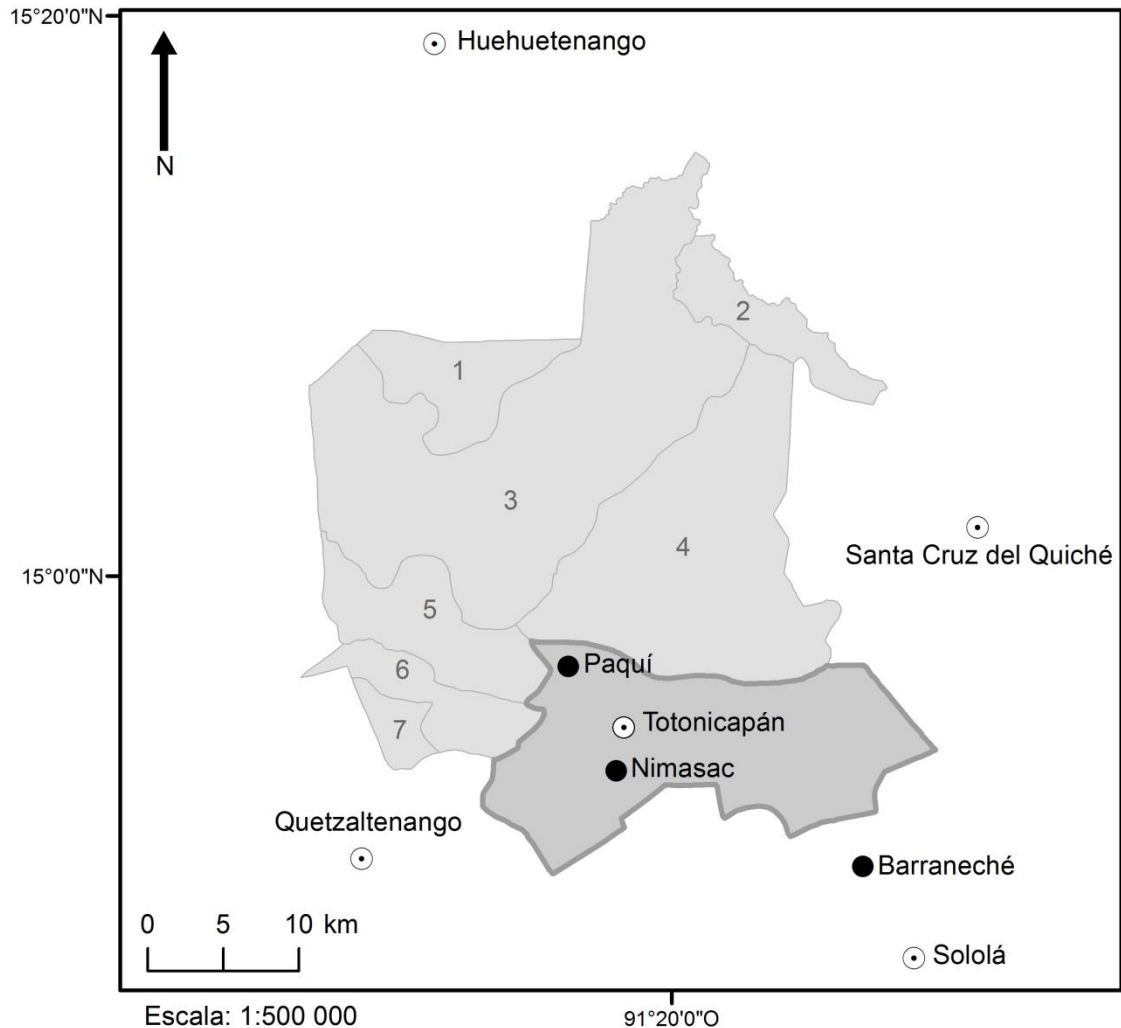
2.2. LA SELECCIÓN DE LAS COMUNIDADES DEL ESTUDIO

Las comunidades fueron elegidas en base a:

- Su representatividad de los diferentes y más comunes tipos de propiedad forestal;
- su ubicación en un lugar accesible y a distancia representativa de la cabecera departamental (la mayoría de las comunidades se encuentran en la vecindad de la cabecera departamental) (mapa 2.2.a);
- su tamaño representativo de las demás comunidades del municipio;
- su cooperación y permiso de los pobladores para incluirlas en el presente estudio.

Según el Instituto Geográfico Nacional, Barraneché se ubica fuera del límite político del municipio y departamento Totonicapán (mapa 2.2.a). Sin embargo, la comunidad pertenece al municipio y departamento Totonicapán según el censo nacional de 2002 (INE, 2003). Además, el alcalde de Barraneché fue el presidente de los alcaldes del municipio de Totonicapán en 2016 durante la elaboración de la investigación.

Mapa 2.2.a: Las comunidades del estudio



- comunidades del estudio
- cabeceras departamentales
- municipio Totonicapán
- departamento Totonicapán
- ★ Ciudad de Guatemala
- 1 San Bartolo
- 2 Santa Lucía la Reforma
- 3 Momostenango
- 4 Santa María Chiquimula
- 5 San Francisco El Alto
- 6 San Cristóbal Totonicapán
- 7 San Andrés Xecul



Fuente: DIVA-GIS, IGN
 Elaborado por Katharina Hess,
 Lima, julio de 2016

2.3. LAS ENTREVISTAS

Debido a la escasez de información oficial y la naturaleza cualitativa y compleja del asunto, se entrevistaron cinco informantes claves (IC1-5) con un alto conocimiento de las comunidades del municipio y del recurso forestal para

- la definición y comparación de los diferentes vínculos entre las comunidades del municipio y los bosques;
- la caracterización del área de estudio;
- la selección de tres comunidades representativas;
- el refinamiento de la encuesta;
- conocer cuales factores pueden afectar la vulnerabilidad ante el cambio climático del municipio.

Los IC fueron

- la intercooperación forestal Helvetas,
- la asociación local Cooperación para el Desarrollo Rural de Occidente (CDRO),
- el Instituto Nacional de Bosques (INAB),
- la asociación de forestería comunitaria Utz Che',
- y un líder local (anexo 1).

Además, se entrevistaron a los (vice-)alcaldes de las tres comunidades para

- la definición y comparación de los vínculos entre las comunidades del estudio y los bosques;
- la caracterización en general de las comunidades del estudio;
- la clasificación de diferentes factores socioeconómicos según su contribución a la vulnerabilidad. Sin embargo, esta parte de la entrevista no dio resultados útiles y no fue incorporada en el estudio (anexo 2).

2.4. LAS ENCUESTAS

2.4.1. EL DISEÑO DE ENCUESTAS

Para la evaluación de la vulnerabilidad actual-contextual se analizaron indicadores socioeconómicos de la sensibilidad y capacidad adaptativa mediante una encuesta. Los indicadores usados (anexo 3) y las preguntas correspondientes de la encuesta (anexo 4) fueron deducidos de la literatura, los Censos Nacionales XI de Población y VI de Habitación (INE, 2003), la Encuesta Nacional de Condiciones de Vida (INE, 2011) y tomando en consideración el sistema del estudio y sus atributos sujetos al presente análisis de vulnerabilidad. Precediendo el levantamiento de las encuestas, se ensayó la encuesta en cuatro hogares de Nimasac con el fin de afirmar que ningún detalle falte y eliminar los detalles que sobraron en la encuesta. En el siguiente se señala el marco teórico de los indicadores usados:

La diversificación del ingreso

La diversificación del ingreso disminuye su variabilidad en caso de que una actividad económica es negativamente afectada por el cambio climático. Un ingreso diversificado forma parte del capital financiero y reduce la sensibilidad del hogar ante el cambio climático. Las diversas actividades económicas también ofrecen varias estrategias de adaptación.

Un estudio del pueblo Patzún (Guatemala) demuestra que aunque la agricultura es la actividad económica principal, la mayoría de la población adicionalmente se dedica a otras actividades económicas como la carpintería, el tejido, la artesanía y/o el transporte. Según los autores del estudio, la diversificación del ingreso ha permitido la preservación de la agricultura a nivel de la comunidad (Magzul, 2013:115). Un estudio de minifundistas en México señala que 43% de los entrevistados se dedican a una actividad económica

remunerada adicional a la agricultura, como el trabajo en la construcción o el comercio (Saldaña-Zorrilla, 2008:9).

La precariedad del ingreso

Un ingreso precario es un ingreso inconsistente y resulta en una mayor sensibilidad del hogar, porque puede ocasionar que el hogar no tenga ningún recurso financiero disponible a la hora que lo necesite. Al contrario, un ingreso consistente además permite la planificación de medidas de adaptación al futuro (Busso, 2001:6). La precariedad del ingreso reduce el capital financiero.

El desempleo

El desempleo disminuye el recurso financiero disponible a nivel del hogar y por lo tanto aumenta su sensibilidad ante el cambio climático. El desempleo reduce el capital financiero y puede conducir a condiciones de pobreza temporal (<5 años, debido a desastres naturales o el desempleo), hasta condiciones de pobreza crónica (>5 años, una pobreza intergeneracional e irreversible) (Leichenko & Silva, 2014:541).

La dependencia

La dependencia del hogar informa sobre la fracción de miembros que es económicamente inactiva y por lo tanto depende del ingreso provisto por los miembros económicamente activos. Una mayor dependencia conduce a una mayor sensibilidad ante el cambio climático, porque la menor rentabilidad de una actividad económica debido al cambio climático, o accidentes de miembros económicamente activos debido a eventos hidrometeorológicos extremos, pueden causar una disminución del ingreso del hogar, y menos miembros serán capaces de compensar tal disminución.

El hacinamiento, agua y desagüe y material del hogar

El hacinamiento, agua y desagüe y material del hogar son indicadores representativos de la situación (socio)económica (del ingreso y capital financiero y físico) del hogar. Los indicadores suponen que hogares en mejor condición económica

- son más grandes y disponen de más dormitorios;
- son construcciones modernas en base de material noble;
- son más frecuentemente conectados a los servicios de infraestructura, en parte también porque se tratan de construcciones modernas.

Suficiente espacio físico, agua y desagüe además corresponden a necesidades básicas y su incumplimiento indica pobreza. Sin embargo, el hacinamiento, la obtención de agua por ejemplo a través de un pozo en lugar de agua potable, o el desagüe en forma de una letrina en lugar de drenaje no resultan directamente en una mayor sensibilidad de los hogares ante el cambio climático. Al contrario, el material del hogar directamente impacta en su resistencia física a condiciones climáticas adversas, y materiales nobles disminuyen la sensibilidad de los hogares. Los tres indicadores forman parte del capital físico.

La suficiencia del ingreso

La suficiencia del ingreso es un indicador de la pobreza relativa (en lugar de la pobreza absoluta, económica), que trata de la satisfacción de las necesidades en su contexto local, cultural y ecológico (Leichenko & Silva, 2014:539, 541).

Fuentes de energía

Hogares que dependen de la leña como combustible para cocinar son más sensibles al cambio climático, porque se ven afectados por la menor disponibilidad futura de la leña y el aumento de su precio. Sin embargo, la leña también significa soberanía energética. El gas es un combustible más eficiente y

menos contaminante. La diversificación de las fuentes energéticas contribuye al capital físico del hogar.

La (in)seguridad alimentaria

La nutrición existe en reciprocidad con la salud y guarda estrechos enlaces con la pobreza (Yohe & Tol, 2002:27). Existe una congruencia de 91,7% entre los hogares en condición de inseguridad alimentaria y los hogares pobres (SESAN & FAO, p.9). La malnutrición causa problemas de salud. Las personas malnutridas son especialmente afectadas por los efectos adversos de la variabilidad climática debido a su susceptibilidad a enfermedades y una mayor escasez de alimentos (Adger et al., 2004:74-75).

El estudio usa la Escala Latinoamericana y Caribeña de Seguridad Alimentaria (ELCSA) que consiste de quince preguntas de sí/no, ocho para la evaluación de adultos y siete para la evaluación de menores de edad. Los hogares que niegan todas las preguntas son seguros. Como inseguros leves califican aquellos hogares que contestan hasta cinco o tres preguntas con sí, dependiendo de si tienen menores de edad o no, respectivamente. Como inseguros moderados califican los hogares que contestan entre seis a diez preguntas o cuatro a seis preguntas con sí. Como inseguros severos califican los hogares que contestan más de diez o seis preguntas con sí (INE, 2014:14-15).

Los hogares en condición de inseguridad leve se preocupan por el acceso a los alimentos y consumen una dieta de menor calidad, sacrificando productos de animales, frutas y vegetales y consumiendo más carbohidratos y grasa. Hogares en condición segura y levemente insegura mayormente coinciden con los hogares no pobres. Los hogares en condición de inseguridad moderada consumen cuantitativamente menos. Los hogares en condición de inseguridad severa sufren de hambre en los adultos y niños. Los hogares en condición severa coinciden con los hogares extremadamente pobres (ELCSA, p. 5, 9, 11).

Las edades extremas

Personas de tercera edad y niños son más sensibles a las consecuencias del cambio climático como la escasez de alimentos, enfermedades y daños en la infraestructura. Además son dependientes de otras personas para su cuidado y movilización (Cutter, Boruff, & Shirley, 2003:245, table1). Una fracción alta de personas en edades extremas incrementa la sensibilidad del hogar y disminuye su capital humano.

La dependencia en el recurso agropecuario

Una alta dependencia en el recurso agropecuario aumenta la sensibilidad de los hogares a los efectos del cambio climático, porque el rendimiento agrícola depende directamente de la idoneidad y variabilidad climática, y el cambio climático puede conducir a la mayor propagación de plagas. El recurso pecuario es sensible al cambio climático, porque puede enfermarse o morir por condiciones y eventos climáticos adversos.

La dependencia en recurso forestal

Una alta dependencia en el recurso forestal aumenta la sensibilidad de los hogares a los efectos del cambio climático, porque el recurso forestal se ve negativamente afectado por el cambio climático, y mayores restricciones en la extracción de los recursos naturales, o un mayor costo de su adquisición implican gastos adicionales para los hogares.

Los recursos forestales para el autoconsumo o comercio son sumamente importantes para los pobres de zonas rurales de países en desarrollo (MEA, 2005:605). Se distinguen entre recursos forestales no maderables (RFNM) no cultivados como raíces, frutas, plantas medicinales, resina, hongos, broza²; y

² Abono en forma de hojarasca de pino que anteriormente ha sido utilizado como colchón para los animales mezclado con sus desechos; u hojarasca latifoliada descompuesta que se aplica directamente.

recursos forestales maderables (RFM) como la madera o leña, aunque algunos autores incluyen la leña en los RFNM (Belcher, 2003:166; Belcher, 2005:84). La recolección y el autoconsumo de productos forestales (RFNM y RFM) brindan seguridad para cuando otras actividades productivas y económicas disminuyen; aportan al consumo actual de recursos naturales; y pueden ser una salida de la pobreza a través del ingreso que puede generar su comercialización (Vedeld, Angelsen, Bojö, Sjaastad, & Berg, 2007:871).

Un estudio de Córdova, Wunder, Smith-Hall y Börner (2013) analizó el uso de RFNM y RFM de 149 hogares en once pueblos guatemaltecos (en los departamentos Huehuetenango, Quetzaltenango y Totonicapán) entre 2005 y 2006 (op. cit. p. 1034). Los hogares del estudio fueron seleccionados en base de su uso conocido de productos forestales (maderables y no maderables) (op. cit. p. 1037). Mientras que la agricultura y el trabajo remunerado proveyeron 53% y 19% del ingreso, respectivamente, recursos naturales no cultivados aportaron 14% (11% de lo cual originó de los bosques). Los productos obtenidos del bosque fueron pino, semillas, leña, hojarasca, palos, ramas, hongos, animales de caza, hojas y plantas medicinales, en orden descendiente de su valor. El quinto de hogares más pobres obtuvo hasta 28% de su ingreso de recursos forestales, la gran mayoría de los cuales son productos forestales no procesados usados casi exclusivamente para fines de subsistencia. Los factores que influyeron el ingreso obtenido de recursos forestales fueron el tamaño del hogar (es decir, mano de obra disponible), la educación, los activos, la proximidad al mercado y la productividad agrícola (pp. 1034, 1039).

En el presente estudio no se distinguen entre RFNM y RFM, sino entre el recurso forestal que proviene del bosque comunal o privado a través de la propia recolección, y el recurso forestal comprado en forma de leña, mayormente de otros municipios. La dependencia en el recurso forestal es el

valor de los recursos forestales adquiridos por el hogar expresado como porcentaje del ingreso anual.

Las enfermedades crónicas

La salud existe en reciprocidad con la nutrición y guarda estrechos enlaces con la pobreza (Yohe & Tol, 2002:27). Problemas de salud afectan la habilidad de trabajar y de comprar alimentos, lo cual conduce a que las personas con problemas de salud se enferman más. Las personas enfermas son especialmente sensibles a los efectos adversos de la variabilidad climática debido a su susceptibilidad a la escasez de alimentos y a otras enfermedades y (Adger et. al, 2004:74-75). Enfermedades disminuyen el capital humano.

El ingreso

El ingreso del hogar es una medición de la pobreza monetaria. En lugar de la frecuencia de los desastres naturales, el ingreso per cápita es el determinante de la mortalidad, el número de personas afectadas y heridas por desastres naturales (Yohe & Tol, 2002:27; Rubin & Rossing, 2012:19, 23). A escala nacional, la pobreza monetaria directamente afecta la inversión en investigación y capital humano (Adger et. al, 2004:73). A nivel de las comunidades y del individuo, recursos financieros y seguros permiten una recuperación más rápida de daños y a menudo son la clave para el acceso a tecnologías avanzadas y la intensificación de la agricultura (Busso, 2001:251; Saldaña-Zorrilla, 2008:49). El ingreso forma parte del capital financiero.

La liquidez financiera

La liquidez financiera trata de si queda algo del ingreso o si el hogar lo consume completamente. Para hogares con liquidez financiera adaptaciones al cambio climático a corto plazo no son un problema, mientras que hogares sin liquidez financiera primero tienen que recurrir a su capital financiero o físico

para implementar dichas adaptaciones. La liquidez financiera forma parte del capital financiero.

El capital financiero y físico

Un alto capital financiero y físico significa una mayor resiliencia y capacidad adaptativa del hogar ante el cambio climático. Por otro lado, un gran capital físico es sujeto a mayores pérdidas en caso de eventos hidrometeorológicos extremos.

El acceso a información

La capacidad adaptativa depende fuertemente de la disponibilidad de información y conocimientos para anticipar o responder a los efectos del cambio climático (Busso, 2001:23; Adger et. al, 2004:75). La información y los conocimientos puede ser modernos y científicos, o prácticas tradicionales y ancestrales particulares de cada lugar. Aunque desde relativamente recién se reconoce la importancia de los conocimientos tradicionales, es ya aceptado que su abandono hasta puede reducir la capacidad adaptativa de una comunidad (Magzul, 2013:232). El estudio analiza el acceso a la información moderna, así como documenta el bilingüismo (al contrario del hispano-monolingüismo) representativo de la conservación de los conocimientos tradicionales. La información moderna forma parte del capital humano, mientras que los conocimientos tradicionales forman parte del capital social.

El jefe de hogar / La jefa de hogar

El jefe de hogar³ es el miembro de la familia que toma las decisiones del hogar y provee la mayoría del ingreso familiar. Los jefes de hogar mayores tienden a tomar decisiones más conservativas y a obtener un menor ingreso. Los jefes de

³ En el siguiente solo se usa el término jefe de hogar para referirse a ambos sexos.

hogar con una mayor educación tienden a tomar decisiones más adecuadas y obtener un mayor ingreso. Los jefes más jóvenes y más educados brindan una mayor capacidad adaptativa a su hogar. Debido a que las mujeres son desventajadas en su acceso a los servicios de salud, actividades económicas rentables, una buena educación y nutrición, hogares con una jefa de hogar son más pobres y más vulnerables ante el cambio climático (Busso, 2001:6; Cutter et al., 2003:245,table1; O'Brien et al., 2004:305). Una excepción representan los hogares con una jefa de hogar, cuyo esposo ha emigrado a los EEUU y la apoya económicamente con remesas. El jefe de hogar es parte del capital humano.

La educación del jefe de hogar y de los miembros del hogar

La educación está estrechamente vinculada a la vulnerabilidad social, la pobreza y la vulnerabilidad ante el cambio climático (Yohe & Tol, 2002:27). Un menor nivel de educación conduce a la adopción de actividades económicas sensibles al clima y reduce el acceso a información moderna. A nivel nacional, la educación fomenta la investigación que genera información y mejora la capacidad de respuesta y adaptativa del país. En caso de conflictos, una mayor educación facilita la negociación de mejores soluciones, la emancipación y representación política de la población (Adger et. al, 2004:75). La educación es un componente del capital humano y documentada mediante los indicadores de la escolaridad, el analfabetismo y el bilingüismo. Una mayor educación incrementa la capacidad adaptativa de los hogares.

El bilingüismo

El bilingüismo forma parte del capital humano y social y es representativo de

- los conocimientos tradicionales. Personas bilingües han conservado más de su cultura ancestral que hispano-monohablantes, la generación moderna;
- la educación, edad y pobreza en caso de k'iche'-monohablantes;

- la etnicidad. La identidad étnica es asociada a varios fenómenos sociales, económicos y políticos; permite u omite el acceso a salud, nutrición y educación; y puede conducir a la exclusión social y pobreza (Cutter et al., 2003:245, table1).

En comparación con monohablantes, el bilingüismo incrementa la capacidad adaptativa de las personas.

La intensificación agrícola

La intensificación agrícola representa

- el acceso a la tecnificación de la agricultura;
- la calidad de los suelos, en donde cultivos en suelos pobres requieren más insumos artificiales para la obtención de un buen rendimiento, pero una agricultura orgánica es más sostenible, resiliente y menos sensible;
- la presión demográfica. Una mayor densidad poblacional conduce a la fragmentación de los terrenos y obliga a la intensificación agrícola para satisfacer las necesidades alimenticias.

Una agricultura ya intensificada a través de insumos artificiales debido a la menor disponibilidad de terrenos y suelos pobres significa una baja capacidad adaptativa. Al contrario, el acceso en sí mismo a insumos artificiales, la tecnificación y un aumento de los rendimientos incrementa la capacidad adaptativa. La intensificación agrícola forma parte del capital natural.

2.4.2. LA RECOLECCIÓN DE ENCUESTAS

Los datos fueron recolectados a nivel del hogar, que se definió según el último censo nacional:

„Hogar censal

Una o varias personas con o sin vínculos familiares, que viven juntas bajo un mismo techo, para proveer y satisfacer sus necesidades alimenticias. Es decir, un hogar puede estar constituido por

a) una persona que satisface sus necesidades alimenticias y de habitación sin unirse a otra persona;

b) dos o más personas que se asocian, para satisfacer sus necesidades alimenticias y de habitación. Las personas pueden ser parientes o no parientes, siempre y cuando residan habitualmente en el local de habitación” (INE, 2003:anexo3).

Cuando una casa satisfizo las necesidades de habitación de varias personas y contó con más de una cocina, se agruparon los usuarios de cada cocina en un hogar.

La segmentación de las comunidades en sectores

No existen mapas actualizados de los hogares de las tres comunidades en Nimasac y Paquí. En Barraneché existió un mapa de hogares del año 2012, sin embargo no se pudo aprovechar del mapa debido al tiempo disponible para la recolección de los datos y a que solo existió una impresión grande en el puesto de salud.

Por lo tanto se recorrieron las comunidades en febrero 2016 en acompañamiento de los alguaciles y con un mapa satélite, apuntando calles principales, límites naturales, diferencias y similitudes entre las diferentes zonas dentro de una misma comunidad. Después, se segmentaron las comunidades en sectores demográficamente (respeto a la densidad poblacional y el número de hogares) y geográficamente (respeto a la extensión espacial y el grado de urbanización) similares. Después se seleccionaron, a propósito y al azar, cuatro sectores en cada comunidad que representaron una muestra demográficamente y geográficamente estratificada.

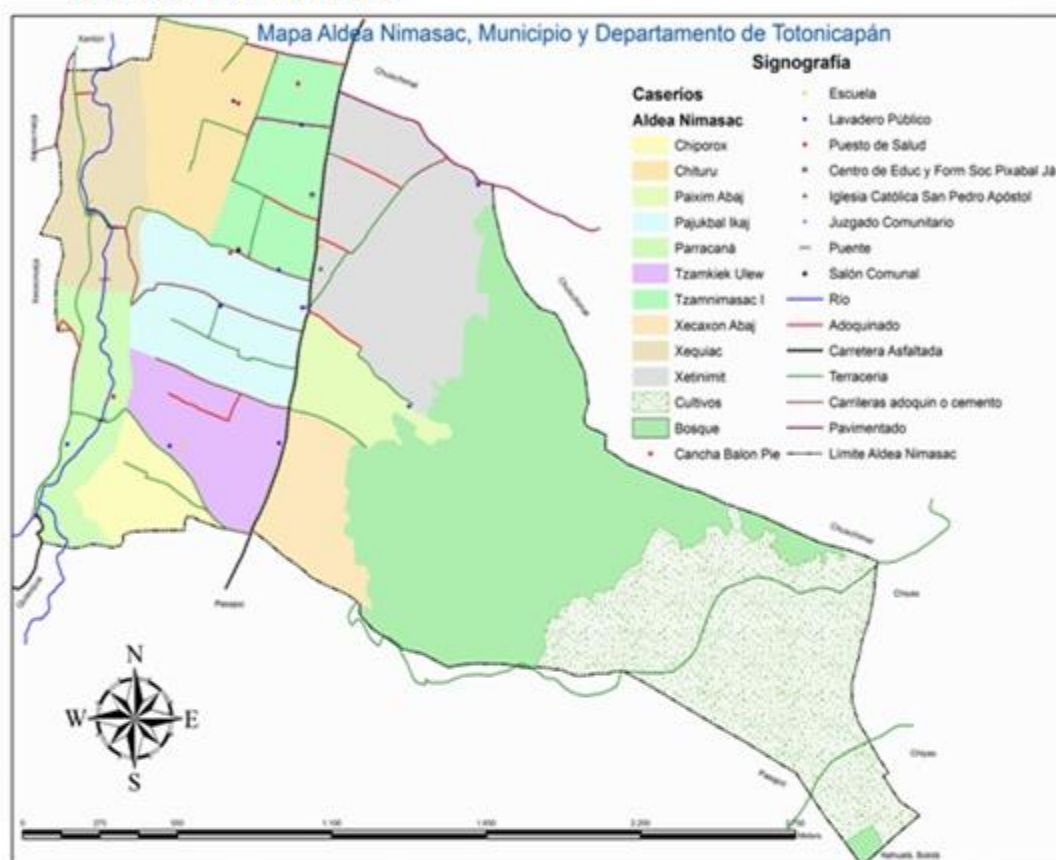
La aldea Nimasac consiste de diez caseríos (mapa 2.4.2.a). Una estimación de la población de los caseríos de los alguaciles (tabla 2.4.2.a) confirmó que los caseríos son demográficamente homogéneos y se adoptaron los límites de los caseríos en la segmentación de la comunidad. Los caseríos Xequiac, Chiporox y Parracaná fueron unidos en un sector porque se ubican a mayor distancia de la calle principal y son más rurales y tienen una menor densidad poblacional. Con fines de estratificación se incluyó a este sector compuesto a propósito. De los siete demás sectores, se eligieron tres adicionales al azar a través de un sorteo (figura 2.4.2.a).

Tabla 2.4.2.a: Los caseríos de Nimasac y las estimaciones de su población por parte de los alguaciles.

Caserío de la aldea Nimasac	Estimación del número de hogares por los alguaciles
Chituru	150
Paixim Abaj	100
Pajukbal Ikaj	200
Tzamkiek Ulew	125
Tzamnimasac I	200
Xecaxon Abaj	125
Xetinimit	300
Xequiac	75
Chiporox	12
Parracaná	15

Fuente: Elaboración propia.

Mapa 2.4.2.a: Organización territorial de la aldea Nimasac



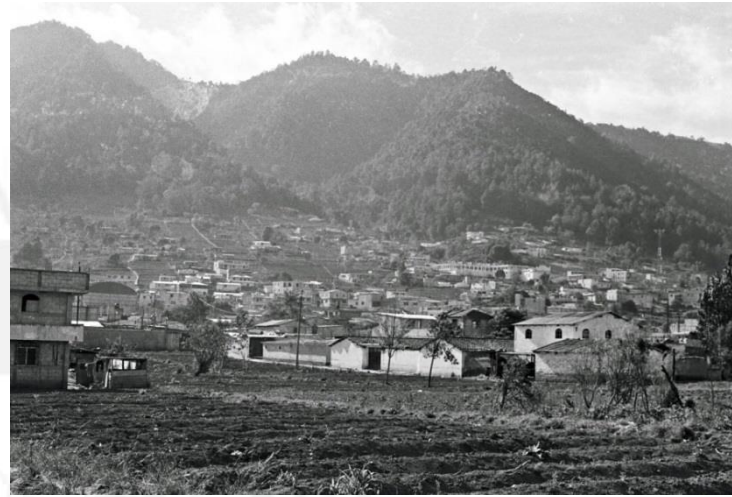
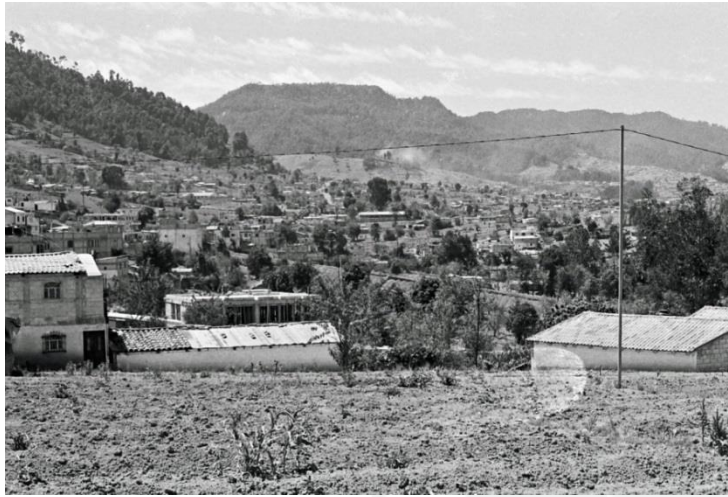


Figura 2.4.2.a: Fotografías de los cuatro sectores del estudio en Nimasac.

Fuente: Elaboración propia.

En la aldea Paquí existen alrededor de quince parajes, pero no son bien definidos, por lo cual se segmentó la comunidad en diez sectores demográficamente y geográficamente homogéneos (tabla 2.4.2.b). El sector más occidental y alejado de la aldea fue seleccionado a propósito con fines de estratificación. Los tres sectores restantes fueron seleccionados al azar (figura 2.4.2.b).

Tabla 2.4.2.b: Los sectores de Paquí y las estimaciones de su población de los alguaciles.

Sector de Paquí	Estimación del número de hogares por los alguaciles
1	110
2	65
3	50
4	/
5	70
6	50
7	90
8+9	115
10	80

Fuente: Elaboración propia.

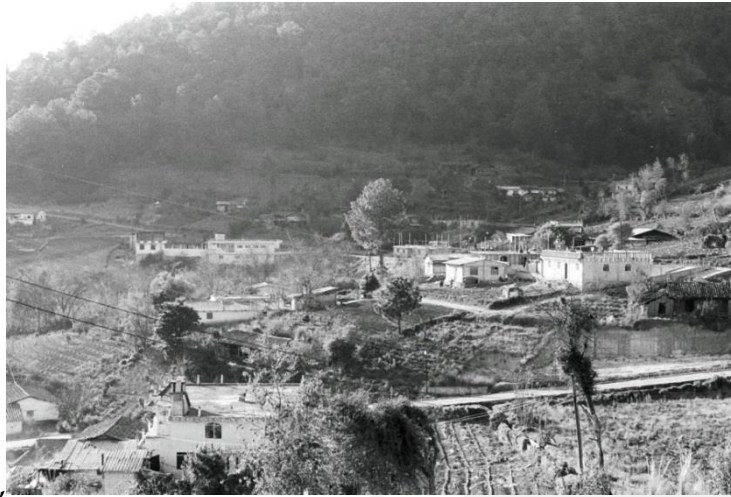


Figura 2.4.2.b: Fotografías de tres de los cuatro sectores del estudio en Paquí.

Fuente: Elaboración propia.

La aldea Barraneché cuenta con dieciséis caseríos, pero no son bien definidos, por lo cual se segmentó la comunidad en siete sectores demográficamente y geográficamente homogéneos. Se estratificó Barraneché en tres sectores urbanos en la orilla de la calle principal y cuatro sectores rurales detrás de los sectores urbanos. De cada categoría se seleccionaron dos sectores aleatoriamente (figura 2.4.2.c).

Un resumen de las tres comunidades y sus sectores está dado en el mapa 2.4.2.b.



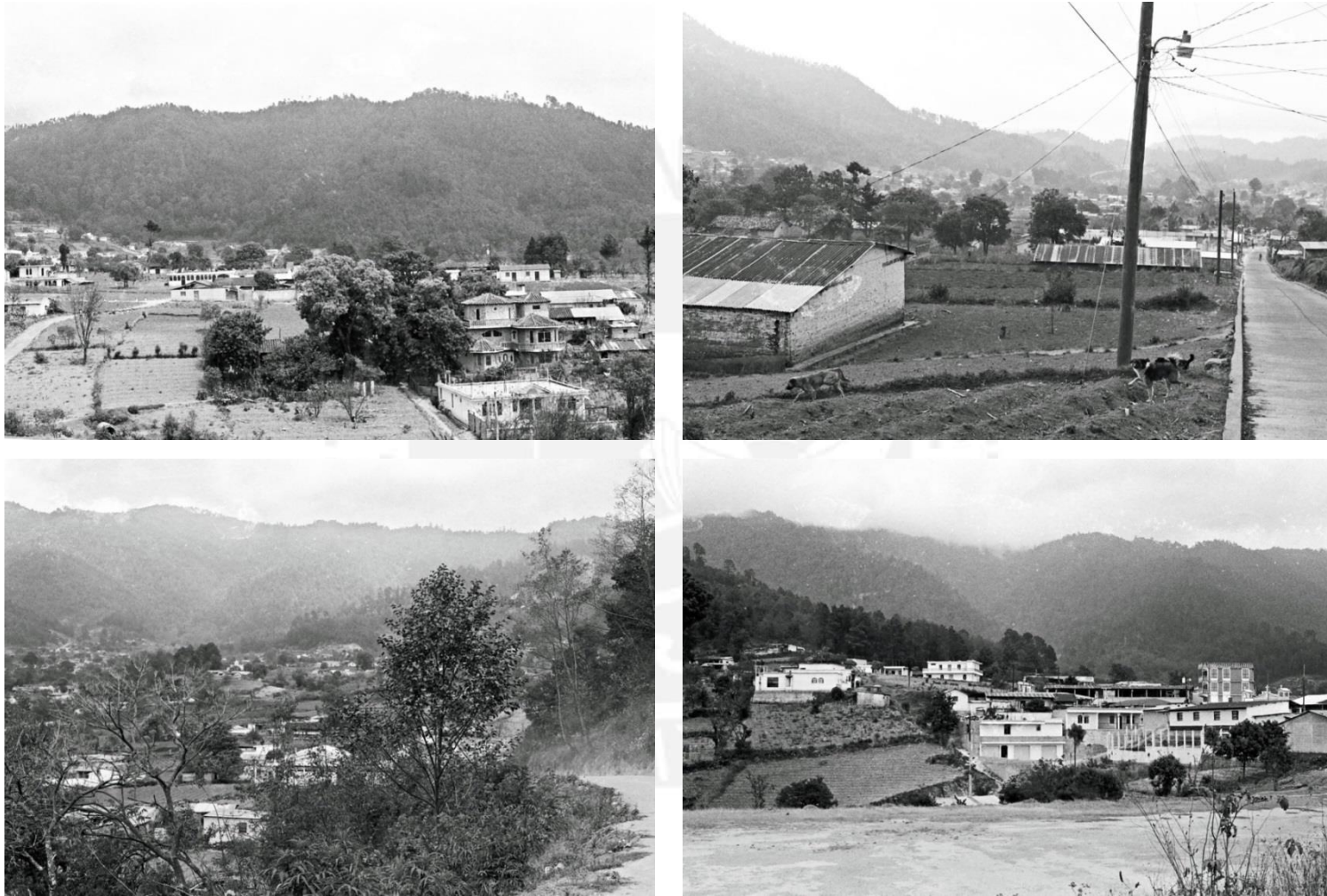
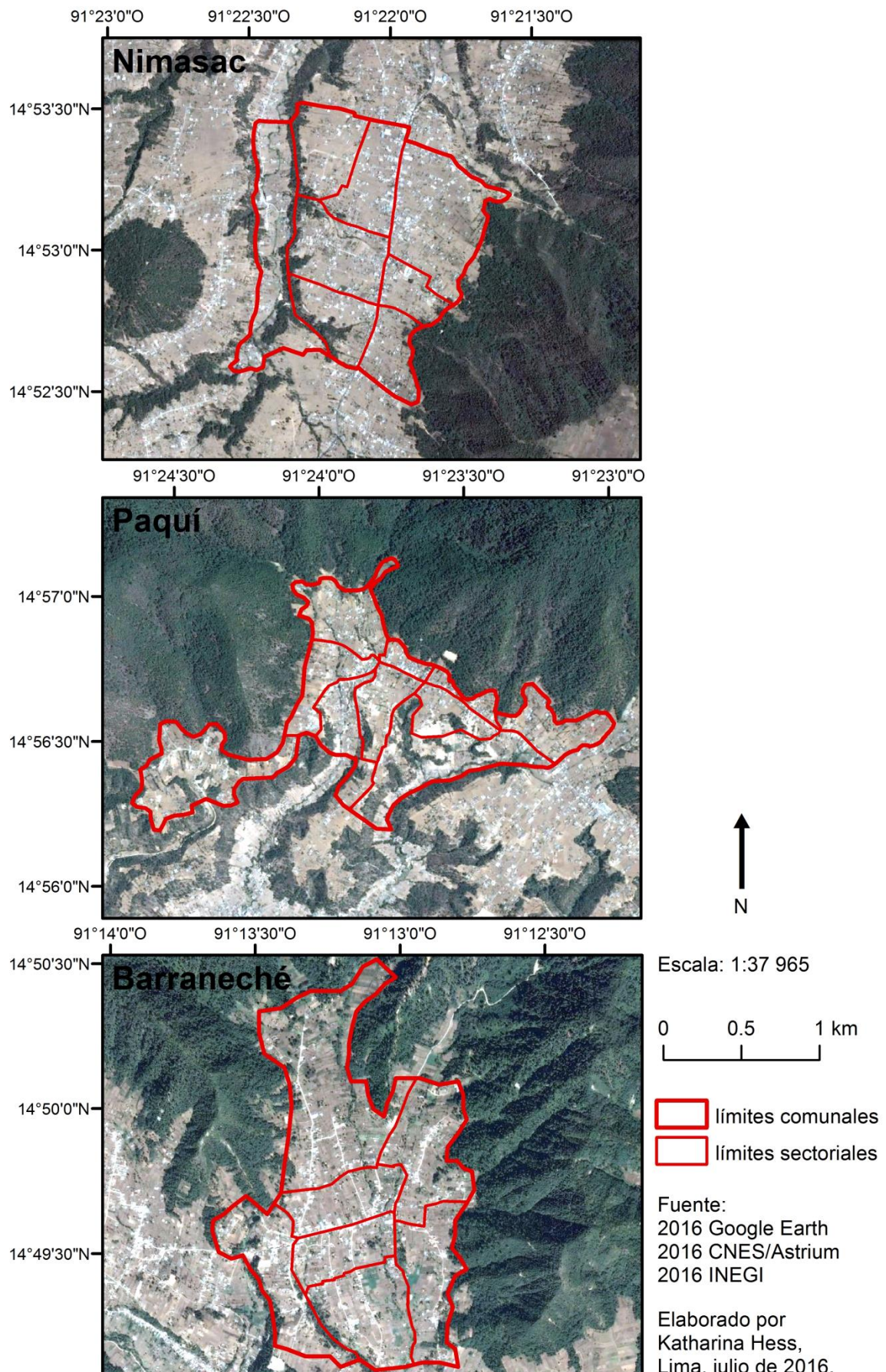


Figura 2.4.2.c: Fotografías de los cuatro sectores del estudio en Barraneché.

Fuente: Elaboración propia.

Mapa 2.4.2.b: Límites comunales y sectoriales.



La recolección de las encuestas

La meta era recolectar quince encuestas en cada sector. La recolección de las encuestas tomó lugar según los principios éticos de la investigación delineados en el anexo 5. La recolección de las encuestas empezó en Nimasac. Primero, se trabajó con la estimación del número de hogares proporcionada por los alguaciles. A partir de un punto aleatorio de comienzo, se recorrió todos los hogares del sector y encuestó cada séptima casa. Sin embargo, se trató de una sobreestimación del número de hogares y después de haber recorrido todo el sector, solo se habían completado diez encuestas. Por lo tanto, fue necesario repetir el procedimiento y recorrer el sector otra vez hasta cumplir quince encuestas.

Para evitar dicho problema, en el segundo sector de Nimasac se estimó el número de hogares a través de una imagen satélite, pero otra vez solo se cumplió catorce encuestas en el primero recorrido.

Por lo tanto a partir del tercer sector de Nimasac se recorrió el sector entero previamente en acompañamiento de un alguacil para dibujar un mapa de hogares. Asignando un número a cada hogar, se eligieron aleatoriamente quince hogares del mapa a través de un sorteo. Este método fue utilizado también en dos sectores de Paquí. Sin embargo, consumió demasiado tiempo.

El método más eficiente y más usado en el estudio fue el dibujo de un mapa de hogares en base de una imagen satélite y la selección aleatoria de quince hogares del mapa. Hogares no registrados en el mapa originalmente pero detectados durante el recorrido del sector fueron agregados al mapa y sorteo durante el recorrido. Hogares registrados en el mapa originalmente pero no detectados o desocupados durante el recorrido del sector fueron quitados del mapa y sorteo durante el recorrido. Al final del recorrido fue posible dar una estimación precisa del número de hogares en el sector. Cuando el sorteo seleccionó

- a un hogar desocupado, se lo sustituyó a través del sorteo;

- a una casa con más que un hogar, se encuestó uno de los hogares al azar;
- a un hogar que no perteneció a la comunidad o al sector, se lo sustituyó través del sorteo. Eso pasó especialmente en sectores que forman límites con otras comunidades;
- a un hogar donde no se encontró a nadie, o solamente a personas que no pudieron contestar la encuesta (menores de edad o mayores de edad pero poco informados), se volvió por lo menos dos veces al hogar para poder encuestarlo;
- a un hogar que negó la participación, no se lo sustituyó. Tres hogares en Barraneché prefirieron no participar.

Las probabilidades de la selección de cada hogar y de cada sector se encuentran en la tabla 2.4.2.c. En total, se encuestaron cincuentaicinco hogares en Nimasac, cincuentaísiete hogares en Paquí y cincuentauno hogares en Barraneché.

Tabla 2.4.2.c: Las probabilidades (p^{-1}) de la selección de cada sector y hogar encuestado.

Com.	Sector	p^{-1} sector	No. casas	p^{-1} de los hogares encuestados															
Nimasac	1	7	71	61	61	61	61	61	71	71	71	71	71	71	71	71	71		
	2	6	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44			
	3	1	89	74	75	75	76	77	78	80	81	83	84	86	87	89			
	4	5	83	76	57	70	76	75	74	77	79	40	82	78	138	71			
Paquí	1	7	79	73	85	81	86	77	84	44	82	79	76	69	68	80	67		
	2	1	84	142	70	79	72	76	69	82	75	78	83	81	77	80	74	73	
	3	9	76	111	303	51	103	98	100	77	80	78	50	104	79	62	75		
	4	8	69	91	98	93	96	88	76	72	100	13	80	58	62	56	55		
Barraneché	1	3	108	120	111	60	114	104	117	57	112	61	55	121	94				
	2	2	110	66	125	128	115	128	122	104	99	103	92	258	285	134	124	94	
	3	3	134	137	138	132	125	126	127	384	135	262	139	129	130	136	266		
	4	3	69	71	87	84	88	25	61	79	83	86	76						

Fuente: Elaboración propia.

2.4.3. EL ANÁLISIS DE LOS DATOS DE ENCUESTAS

El indicador de las enfermedades crónicas fue excluido del análisis, porque muy pocos hogares declararon enfermedades, probablemente debido a su inconsciencia de padecer enfermedades.

Varias de las preguntas de la encuesta se basaron en la estimación de variables como

- el ingreso;
- los ahorros y las deudas;
- la cantidad y el valor monetario actual de los activos físicos y animales del hogar;
- la producción agropecuaria, su autoconsumo, su venta y los valores monetarios correspondientes;
- la cantidad y el valor monetario de la leña consumida en el hogar;
- la cantidad y el valor monetario de los recursos extraídos de los bosques.

En general se encuestaron al jefe de hogar / la jefa de hogar, sus esposas o esposos o hijos de ellos mayores de edad, y con preferencia en presencia de los demás miembros del hogar para una estimación más precisa de las variables.

El recurso agrícola

Para la estimación del valor de la producción de maíz, se utilizó el precio promedio de una libra según las estimaciones de todos los hogares dentro de una comunidad (tabla 2.4.3.a). Este método considera que el precio del maíz posiblemente difiere entre las comunidades por sus diferentes cercanías al mercado y la cabecera departamental. Por otro lado elimina la influencia de sobre- y subestimaciones. En caso del frijol, se tomó el precio promedio de las tres comunidades, debido a que un número menor de hogares cultivó frijoles.

En caso de la venta de otros productos agrícolas (como duraznos) se confió en la estimación del precio dada por el hogar.

Tabla 2.4.3.a: Estimación del precio (en Quetzales) +/- EEM de una libra de los granos básicos en las tres comunidades.

Cantidad	Nimasac (n=38)	Paquí (n=40)	Barraneché (n=37)
1 libra maíz +/- EEM	1,643 +/- 0,059	2,013 +/- 0,110	1,662 +/- 0,044
1 libra frijol +/- EEM		5,392 +/- 0,248 (n=37)	

Fuente: Elaboración propia.

El recurso forestal

Para la estimación y comparación de la cantidad de leña consumida en los hogares, se convirtió toda la leña en unidades de tareas⁴, porque la mayoría de los hogares reportaron su consumo, especialmente la leña comprada, en esta unidad (tabla 2.4.3.b y figura 2.4.3.a). En caso de las barras de leña, primero se convirtieron barras en cargas, y después cargas en tareas (figura 2.4.3.b). Las estimaciones se basan en la información de todos los hogares encuestados en las tres comunidades.

Tabla 2.4.3.b: Conversión de diferentes unidades de cantidades de leña.

Conversión	N	Estimación +/- EEM
1 carga en tareas	7	0,136 +/- 0,026
1 barra en cargas	4	1 +/- 0
1 barra en tareas	0	0,136 +/- 0,026
1 pick-up en tareas	6	1,500 +/- 0,129
1 árbol en tareas	3	11,260 +/- 4,272

Fuente: Elaboración propia.

⁴ Una tarea = 1 barra x 4 barras; 1 barra = 0,875 m (IC1 y 3).



Fuente: Elaboración propia.

Figura 2.4.3.a: Una tarea de leña, aproximadamente 0,875 m x 3,5 m.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 2.4.3.b: Pequeñas cargas de leña.

Para la estimación del valor de la leña consumida, se usó el valor original estimado por el hogar en caso de la leña comprada, que en general fueron estimaciones precisas; y se estimó el valor de la leña recogida según la tabla 2.4.3.c. Las estimaciones de los precios en tabla 6 se basan en la información de los hogares encuestados en las tres comunidades. Finalmente, se sumaron los valores de la leña comprada y la leña recogida.

Tabla 2.4.3.c: Estimación del precio de diferentes unidades de leña recogida.

Cantidad	N	Estimación +/- EEM
Valor de 1 tarea	77	276,391 +/- 11,449
Valor de 1 carga	36	26,3 +/- 0,9
Valor de 1 barra	1	20 +/- 0
Valor de 1 pick-up	2	300 +/- 0

Fuente: Elaboración propia.

Para la conversión de redes y costales de broza a una misma unidad, se estableció en base de la información proveniente por los hogares que una red de broza es igual a un costal y medio de broza (tabla 2.4.3.d y figura 2.4.3.c). Se estimaron los valores promedios de un costal de broza y una libra de hongos para las pocas encuestas que no estimaron el valor de la broza o de los hongos que extraen.

Tabla 2.4.3.d: Precios de un costal de broza y una libra de hongos, y conversiones entre diferentes unidades de cantidades de broza.

Cantidad/Conversión	N	Estimación +/- EEM
Valor de 1 costal broza	51	10,843 +/- 1,128
Valor de 1 libra de hongos	51	19,036 +/- 2,930
1 red de broza en costales		1,5

Fuente: Elaboración propia.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 2.4.3.c: Un red y un costal de broza.

El análisis de la calidad de datos

Primero, los datos fueron evaluados por valores extremos. Se estandarizaron todos los datos de cada variable mediante la fórmula $z = \frac{x - \bar{x}}{s}$ en donde \bar{x} es la media y s la desviación estándar de la variable. Como valor extremo calificó cualquier dato $-3 > z > 3$. Los valores extremos fueron evaluados en su integridad, considerando el caso que dio lugar al valor extremo. Después, los valores extremos fueron clasificados como sub o sobreestimaciones o valores extremos verdaderos. Las sobreestimaciones fueron eliminadas de la base de datos, mientras que los valores extremos verdaderos fueron sustituidos por el valor $z = \pm 3$.

El análisis estadístico

Los datos de las variables categóricas fueron expresados como frecuencias en forma de porcentajes. Las frecuencias fueron comparadas entre las comunidades mediante la prueba chi-cuadrado. Los gráficos de las frecuencias de las variables categóricas comparadas entre las tres comunidades se basan en las frecuencias promedias de los cuatro sectores de cada comunidad \pm EEM. Los gráficos de las frecuencias de las variables categóricas comparadas entre otras variables categóricas representan solamente la frecuencia hallada en total en las tres comunidades.

Los datos ordinales y paramétricos fueron analizados por su distribución normal en cada categoría mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov en SPSS y la inspección visual de sus histogramas. Si cumplieron la distribución normal fueron analizados por la igualdad de sus varianzas mediante la prueba de Levene en SPSS. Solamente dos variables, la cantidad de la leña recogida como porcentaje de la leña consumida en total, y la precariedad del ingreso expresada como el porcentaje que representa la desviación estándar del ingreso mensual

del ingreso anual, cumplieron estos requisitos. En estos casos se aplicó el análisis de la varianza (ANOVA), que compara las medias de las variables entre las categorías. Se seleccionó la prueba post-hoc LSD para mostrar las significaciones estadísticas entre cada par de categorías. Los gráficos representan las medias de las variables +/- EEM.

Sin embargo, en la mayoría de los casos las variables trataron de proporciones, contuvieron varios casos con valor cero o los tamaños de la muestra fueron desiguales entre las comunidades. Por lo tanto, los datos no cumplieron con los requisitos de un ANOVA, y se usaron sus equivalentes no-paramétricos: La prueba Mann-Whitney para la comparación entre dos medianas, y la prueba Kruskal-Wallis para la comparación entre dos o más medianas. Los gráficos de las pruebas representan la mediana, el rango completo y el rango intercuartílico de los datos. SPSS además resalta datos mayores/menores a la mediana más/menos 1,5 (o 2) veces el rango intercuartílico con un círculo (o asterisco).

2.5. EL COMPONENTE ÉTICO DEL ESTUDIO

La investigación no representó ningún daño a la salud física y mental de los individuos que participaron en ella. Dos métodos del estudio recolectaron información de individuos: Entrevistas y encuestas.

En ambos casos, el principio del respeto por las personas fue cumplido, informando los participantes sobre

- los objetivos y la naturaleza del estudio;
- el uso de los datos;
- los beneficios del estudio para las comunidades, el municipio y la región en cuanto a su adaptación al cambio climático y la conservación de sus bosques;

- la ausencia de peligros generados a través de su participación debido a la naturaleza de la información y la confidencialidad;
- la naturaleza voluntaria de su participación;
- la posibilidad de terminar la participación en cualquier momento sin sufrir represalias;

Todas las personas del estudio fueron autónomas en sus decisiones (alcaldes, informantes claves, jefes o jefas de hogar, sus esposas o esposos o hijos mayores de edad).

En caso de las entrevistas, los entrevistados verbalmente dieron su consentimiento voluntario e informado de participar, de la toma de notas, la grabación de la entrevista, y la publicación de su nombre en el estudio. Las entrevistas tomaron lugar en un marco informal. No hubo información confidencial. Para respetar la privacidad de los entrevistados no se mencionan sus nombres o pertenencia a las cinco organizaciones que colaboraron con el estudio, solamente que fueron los (vice-)alcaldes de las tres comunidades, y cinco informantes claves de la asociación CDRO, del INAB, de Helvetas, y una líder local.

En caso de las encuestas, primero, se estableció contacto con los alcaldes de las comunidades. En una presentación se explicó el contenido del principio del respeto por las personas y se mostraron las preguntas de las encuestas. En Nimasac, la presentación tuvo lugar en la asamblea general frente a todos los miembros de los comités de la comunidad. Después, los alcaldes y sus comités como autoridades de las comunidades dieron el permiso para llevar a cabo las encuestas. Los alcaldes asignaron personas oficiales como alguaciles para acompañar la recolección de las encuestas. Todos los trabajos en las comunidades fueron acompañados por una o más personas oficiales y tuvieron lugar entre 8am-6:30pm, respetando las costumbres locales. En cada hogar

participante, la persona oficial primero explicó verbalmente (y a veces en idioma indígena) el contenido del principio del respeto por las personas del consentimiento voluntario e informado (ver también anexo 5). Para la privacidad de las personas, cada encuesta solo retuvo el nombre de la comunidad, el sector de muestreo y el número de la encuesta en la digitalización de los datos. Después, participantes del estudio dieron su consentimiento informado y voluntario de manera verbal, debido al analfabetismo y la alta desconfianza frente a personas que no pertenecen a la comunidad.

La investigación cumple con cuatro principios éticos adicionales:

- La beneficencia y no maleficencia: Por la naturaleza de la información, la asignación de un código de identidad a los participantes y el acceso único de la investigadora a la información, los participantes no se sometieron a peligro. El esfuerzo requerido de los participantes (entrevistas 0.5-1.0h, encuestas 20min.) fue menor al gran aporte que es el estudio al desarrollo de las comunidades y sus bosques frente al cambio climático. Los beneficios se maximizarán a través de la difusión del trabajo a las autoridades locales, asociaciones, ONGs, así como universidades e institutos, bajo el fin de la reciprocidad.
- La justicia: Todos participaron voluntariamente y el estudio no representa un peligro para los entrevistados y encuestados, sino que aporta al desarrollo de las comunidades. Todos los participantes tienen derecho a acceder los resultados no-confidenciales de la investigación.
- La integridad científica: Toda la información recolectada sirvió el uso antes indicado, se analizó profesionalmente y se comunicaron los resultados con honestidad. La recolección de datos fue parte de una pasantía con la Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales (FLACSO), con cual existe

buena colaboración y ningún conflicto de interés que hubiera podido afectar el estudio o la comunicación de los resultados.

- La responsabilidad: El estudio no representa un peligro sino un beneficio para las comunidades. Los datos se trabajaron rigurosamente para evitar falsas conclusiones y predicciones en cuanto a la vulnerabilidad de las comunidades y sus bosques ante el cambio climático.

2.6. EL ÍNDICE DE LA VULNERABILIDAD

En la construcción de un índice normalmente se siguen seis pasos preestablecidos que se describen en el siguiente (Saisana & Tarantola, 2002; Nardo et al., 2005).

2.6.1. LA SELECCIÓN DE LOS INDICADORES

Los indicadores que resume el índice deben reflejar el marco teórico del fenómeno que se busca describir. En general, la posibilidad de medir un indicador, la existencia de indicadores sustitutos, la disponibilidad de datos o recursos para su levantamiento así como la opinión subjetiva de los investigadores influyen la selección de los indicadores (Saisana & Tarantola, 2002:8; Nardo et al., 2005:15). En el presente estudio, los indicadores inicialmente evaluados en la encuesta fueron deducidos del marco teórico de la vulnerabilidad socioecológica ante el cambio climático. De los indicadores de la encuesta no se usaron aquellos indicadores en el índice

- que consistieron de datos categóricos (por ejemplo la suficiencia del ingreso, el sexo del jefe de hogar);
- cuyos análisis mostró poca variabilidad en los datos (y que a menudo se convirtieron en indicadores categóricos; por ejemplo el desempleo, la liquidez financiera, las fuentes de energía, el acceso a información y la intensificación agrícola);

- que fueron sustitutivos y no directamente correlacionados con la vulnerabilidad ante el cambio climático (por ejemplo el agua y desagüe, el hacinamiento).

Quince indicadores permanecieron en el análisis, ocho representativos de la sensibilidad y siete representativos de la capacidad adaptativa (tabla 2.6.1.a).

Tabla 2.6.1.a: Los indicadores de la sensibilidad o capacidad adaptativa usados en la construcción del índice.

Concepto de la vulnerabilidad y sus indicadores	
Sensibilidad	Capacidad adaptativa
1. La diversificación del ingreso	1. El ingreso anual
2. La precariedad del ingreso	2. La edad del jefe de hogar
3. La inseguridad alimentaria	3. La educación del jefe de hogar
4. La dependencia	4. El capital financiero y físico
5. El material del hogar	5. La escolaridad del hogar
6. Las edades extremas	6. El analfabetismo del hogar
7. La dependencia en el recurso forestal	7. El bilingüismo del hogar
8. La dependencia en el recurso agropecuario	

Fuente: Elaboración propia.

2.6.2. EL ANÁLISIS DE LA CALIDAD DE DATOS

La calidad de un índice siempre depende de la calidad de sus indicadores. Se deben considerar especialmente los datos faltantes y los valores extremos:

Los datos faltantes pueden ser sustituidos a través de diferentes métodos dependiendo de por qué faltan (Saisana & Tarantola, 2002:8; Nardo et al., 2005:15). Existen

- los datos faltantes completamente al azar, por ejemplo debido a que no se transcribió o no se puede leer la respuesta;

- los datos faltantes al azar, que faltan debido a otra variable (por ejemplo no se registró un ingreso en caso de familias que subsisten en base de su producción y autoconsumo de maíz);
- los datos faltantes que no se deben al azar, que no han sido registrados debido al valor que adoptaron (por ejemplo hogares con altos ingresos fueron menos dispuestos a declararlos).

Una manera de trabajar con datos faltantes es analizar solamente casos completos. Sin embargo, eso introduce un sesgo cuando se trata de datos faltantes al azar y datos faltantes que no se deben al azar. Otra manera es la sustitución de los datos faltantes por ejemplo en base a la regresión, o por el promedio. Sin embargo, la sustitución nunca reproduce la calidad de los datos originales (Nardo et al., 2005:24-25). En el presente estudio los datos faltantes no fueron sustituidos porque fueron datos faltantes (completamente) al azar y no introdujeron un sesgo.

Para la identificación de valores extremos existen diferentes métodos. Puede calificarse como valor extremo cualquier dato mayor o menor a la mediana más o menos 1,5 veces el rango intercuartílico, respectivamente. En caso del Índice de Sostenibilidad Ambiental, los valores mayores al 97,5% de los datos, así como los valores menores al 2,5% de los datos, se sustituyen por estos valores umbrales (Nardo et al., 2005:84). Tetra Tech ARD (2014a:6) también sustituyeron los valores extremos por los valores umbrales. En el presente estudio los valores extremos ($-3 < z < 3$, con z siendo el valor estandarizado de la variable) fueron eliminados cuando se trató de sobreestimaciones, y sustituidos por el valor máximo permisible ($z=3$) en casos extraordinarios, según el análisis de la calidad de datos del capítulo 2.4.3.

2.6.3. LA NORMALIZACIÓN DE LOS INDICADORES

Debido a que los indicadores frecuentemente tienen diferentes unidades de medición, es necesario normalizarlos para poder compararlos. La normalización conserva el orden de los datos y las correlaciones respectivas (Saisana & Tarantola, 2002:5, 8; Abson, Dougill, & Stringer, 2012:516). Existen diferentes métodos de normalización, entre ellos se tienen

- la sustitución de cada valor por un rango ordinal, que disminuye la influencia de valores extremos pero que omite la información contenida en los valores originales (Saisana & Tarantola, 2002:9; Nardo et al., 2005:27);
- la estandarización (valores z) a través de la sustracción de la media \bar{x} y la división por la desviación estándar s . Este es un método sensible a valores extremos que da lugar a un indicador con un promedio de cero y una desviación estándar de uno (Saisana & Tarantola, 2002:10-11; Nardo et al., 2005:28):

$$z = \frac{x - \bar{x}}{s}$$

- la normalización a través de la sustracción del valor mínimo y la división por la diferencia entre el valor mínimo y máximo del indicador. Este es un método que también es sensible a valores extremos y que da lugar a un indicador que asume valores de cero a uno (Nardo et al., 2005:28). Esta normalización permite asegurar la concordancia negativa o positiva de la variable con la vulnerabilidad a través de la sustracción de sus valores de uno (Saisana & Tarantola, 2002:34). Esta forma de normalización es la más común en la construcción de índices de vulnerabilidad y la forma de normalización usada en el presente estudio:

$$x_{norm.} = \frac{x - x_{min}}{x_{min} - x_{max}}$$

Además, los valores normalizados de los indicadores

- de la diversificación del ingreso

- del ingreso
- de la educación del jefe de hogar
- del capital financiero y físico
- del porcentaje de bilingües
- de la escolaridad

fueron restados a uno. Los indicadores resultantes obtuvieron valores entre cero y uno y un mayor valor correspondió a una mayor vulnerabilidad.

2.6.4. LA ASIGNACIÓN DE PESOS A LOS INDICADORES

En muchos casos se asignan pesos iguales a los indicadores, lo que indica una contribución igual de cada indicador al fenómeno o la falta de comprensión del mismo. Otros métodos incluyen la asignación de pesos a través

- de la participación pública, que es fácil y económica, pero requiere que los entrevistados comprendan el fenómeno y los indicadores;
- de la opinión experta, aunque los expertos no siempre llegan a un acuerdo (Saisana & Tarantola, 2002:18; Nardo et al., 2005:32);
- del Proceso Analítico Jerárquico, que atribuye cierta importancia a cada indicador según comparaciones en pares (Saisana & Tarantola, 2002:19);
- del Análisis de Componentes Principales (que se explica a continuación);
- de la inducción de los pesos, analizando la relación entre variables independientes y dependientes.

El meta-análisis de Tonmoy et al. (2014:tabla5) señala que de los estudios que generaron indicadores compuestos, aproximadamente 42% asignaron pesos iguales; 29% asignaron los pesos deductivamente en base de opinión experta o la teoría; 8% usaron métodos normativos como el Proceso Analítico Jerárquico; 11% usaron métodos descriptivos como el Análisis de Componentes Principales; y 11% asignaron los pesos inductivamente. La inducción de los

pesos es el método preferido, pero a menudo éste no es posible porque no siempre existen datos de las variables dependientes (Tonmoy et al., 2014:780). En el presente estudio se asignaron los pesos mediante el Análisis de Componentes Principales (ACP).

2.6.5. EL ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES

El ACP es un método multivariado que resume múltiples indicadores y sus relaciones a través de la creación de nuevas variables llamadas componentes principales (CPs). Es posible que un menor número de CPs sea suficiente para expresar un alto grado de la información de los datos originales (Velíz Capuñay, 2016:17).

Primero, se establece una matriz de varianzas-covarianzas, que evalúa la relación lineal entre las variables por pares. Cada covarianza s_{ij} entre las variables x_i y x_j se define como

$$s_{ij} = \frac{1}{n-1} \sum_{k=1}^n (x_{ki} - \bar{x}_i) (x_{kj} - \bar{x}_j)$$

donde \bar{x}_i es la media de la variable x_i y \bar{x}_j es la media de la variable x_j y donde n es el tamaño de la muestra. Cuando $x_i=x_j$ se refiere a la varianza. Los valores de la covarianza dependen de las unidades de medida de las variables. Sin embargo, la división de las covarianzas por el producto de las desviaciones estándar de las dos variables que la forman, calcula la correlación r_{ij} entre las dos variables, estandariza las covarianzas y las hace comparables. De los valores de correlación entre las variables se crea una matriz de correlaciones (Velíz Capuñay, 2016:5-9).

En un segundo paso, se calculan los autovectores u_i y sus autovalores λ_i correspondientes de la matriz de correlaciones. Cada CP Y_i (para $i = 1, 2, \dots, p$) es una combinación lineal de las variables originales X multiplicadas por las coordenadas del autovector u_i (para $i = 1, 2, \dots, p$), las que forman los coeficientes de las variables (Velíz Capuñay, 2016:18-19):

$$Y_1 = u_{11}X_1 + u_{12}X_2 + \dots + u_{1p}X_p$$

$$Y_2 = u_{21}X_1 + u_{22}X_2 + \dots + u_{2p}X_p$$

...

$$Y_p = u_{p1}X_1 + u_{p2}X_2 + \dots + u_{pp}X_p$$

El autovalor λ_i de cada autovector u_i expresa la varianza de Y_i (Saisana & Tarantola, 2002:12; Velíz Capuñay, 2016:22). De todos los CPs, el primero capta la mayor varianza o información contenida en la dispersión de los datos originales, y por lo tanto tiene el mayor autovalor. El segundo CP capta la mayor varianza restante y se construye en base del autovector con el autovalor que sigue. Este procedimiento se repite hasta una misma cantidad de CPs que variables originales ha sido construida, representando la totalidad de la variabilidad original de los datos (Saisana & Tarantola, 2002:12; Velíz Capuñay, 2016:19). Los CPs entre sí mismo no son correlacionados sino ortogonales (Saisana & Tarantola, 2002:12; Nardo et al., 2005:26, 63; Velíz Capuñay, 2016:18).

La correlación como premisa para el ACP

Si existe correlación entre las variables (tabla 2.6.5.a), los primeros CPs pueden ser suficientes para la reproducción de la mayoría de la información original y así facilitar un análisis más simple pero no menos detallado (Velíz Capuñay, 2016:18). Sin embargo, cuando las variables originales no son muy correlacionadas, el ACP tiene poca utilidad. Por ejemplo en caso del Índice de Sostenibilidad Ambiental, los CPs no representaron más varianza que las variables originales, y los estadistas optaron por pesos iguales (Saisana & Tarantola, 2002:34). Velíz Capuñay (2016) recomienda no usar el ACP si la matriz de correlaciones tiene solamente valores menores a 0,3 y revisar la adecuación del análisis con el índice de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO), donde valores mayores a 0,5 son aceptables y valores mayores a 0,7 deseados (op. cit. p.40). Nardo et al. (2005:box5) recomiendan un valor mayor a 0,6, preferiblemente mayor a 0,8. En el presente estudio un índice de KMO de 0,719.

Tabla 2.6.5.a: Valores de las correlaciones r (PEARSON one-tailed) entre los indicadores.

Valores en negrita corresponden a correlaciones significativas ($p < 0,5$). RRFF = recurso forestal; RRAAPP = recurso agropecuario

	Diversificación del ingreso	Precariedad del ingreso	Ingreso anual	Edad del jefe de hogar	Educación del jefe de hogar	Dependencia	Inseguridad alimentaria	Material del hogar	Capital	Bilingüismo	Analfabetismo	Escolaridad	Edades extremas	Dep. RRFF	Dep. RRAAPP
Diversificación del ingreso	1,000	0,076	0,279	-0,030	-0,089	0,196	-0,031	0,160	0,144	0,005	0,154	0,104	0,101	0,007	0,137
Precariedad del ingreso	0,076	1,000	0,080	-0,115	-0,057	-0,158	0,228	0,012	0,007	-0,067	-0,063	-0,042	-0,122	0,060	0,087
Ingreso anual	0,279	0,080	1,000	0,129	0,248	-0,053	0,250	0,129	0,202	0,074	0,265	0,298	0,184	0,362	0,255
Edad del jefe de hogar	-0,030	-0,115	0,129	1,000	0,447	-0,132	0,088	0,213	0,110	0,075	0,529	0,410	0,292	0,291	0,351
Educación del jefe de hogar	-0,089	-0,057	0,248	0,447	1,000	-0,084	0,285	0,260	0,276	0,061	0,468	0,762	0,048	0,248	0,260
Dependencia	0,196	-0,158	-0,053	-0,132	-0,084	1,000	-0,032	-0,048	-0,036	0,070	-0,010	0,006	0,116	-0,131	0,013
Inseguridad alimentaria	-0,031	0,228	0,250	0,088	0,285	-0,032	1,000	0,085	0,153	-0,042	0,113	0,219	-0,057	0,177	0,061
Material del hogar	0,160	0,012	0,129	0,213	0,260	-0,048	0,085	1,000	0,253	0,014	0,225	0,273	0,229	0,213	0,075
Capital financiero y físico	0,144	0,007	0,202	0,110	0,276	-0,036	0,153	0,253	1,000	0,201	0,123	0,291	0,071	0,093	0,085
Bilingüismo	0,005	-0,067	0,074	0,075	0,061	0,070	-0,042	0,014	0,201	1,000	0,055	0,036	0,242	0,033	-0,001
Analfabetismo	0,154	-0,063	0,265	0,529	0,468	-0,010	0,113	0,225	0,123	0,055	1,000	0,617	0,405	0,256	0,405
Escolaridad	0,104	-0,042	0,298	0,410	0,762	0,006	0,219	0,273	0,291	0,036	0,617	1,000	0,159	0,262	0,338
Edades extremas	0,101	-0,122	0,184	0,292	0,048	0,116	-0,057	0,229	0,071	0,242	0,405	0,159	1,000	0,196	0,108
Dependencia en el RRFF	0,007	0,060	0,362	0,291	0,248	-0,131	0,177	0,213	0,093	0,033	0,256	0,262	0,196	1,000	0,234
Dependencia en el RRAAPP	0,137	0,087	0,255	0,351	0,260	0,013	0,061	0,075	0,085	-0,001	0,405	0,338	0,108	0,234	1,000

La retención de CPs

Existen diferentes recomendaciones sobre el número de CPs que se debe retener para un resumen adecuado de las variables; entre ellas se tienen las siguientes que han sido utilizadas en el presente estudio (tabla 2.6.5.b y figura 2.6.5.a):

- La retención del número de CPs que acumulativamente representan 70% a 90% de la varianza total (Saisana & Tarantola, 2002:14; Velíz Capuñay, 2016:21);
- La retención de todos los CPs con un autovalor mayor a uno. Este llamado Criterio de Kaiser se basa en que la suma de los autovalores es igual al número de variables, por lo cual cada CP con un autovalor mayor a uno representa más varianza que cualquier variable original y debe ser retenido (Nardo et al., 2005:26; Velíz Capuñay, 2016:20-22);
- La retención todos los CPs que en un gráfico (*scree plot*) de CPs ordenados por sus autovalores parecen contribuir sustancialmente a la explicación de la varianza total en comparación con los demás CPs (Nardo et al., 2005:box6).

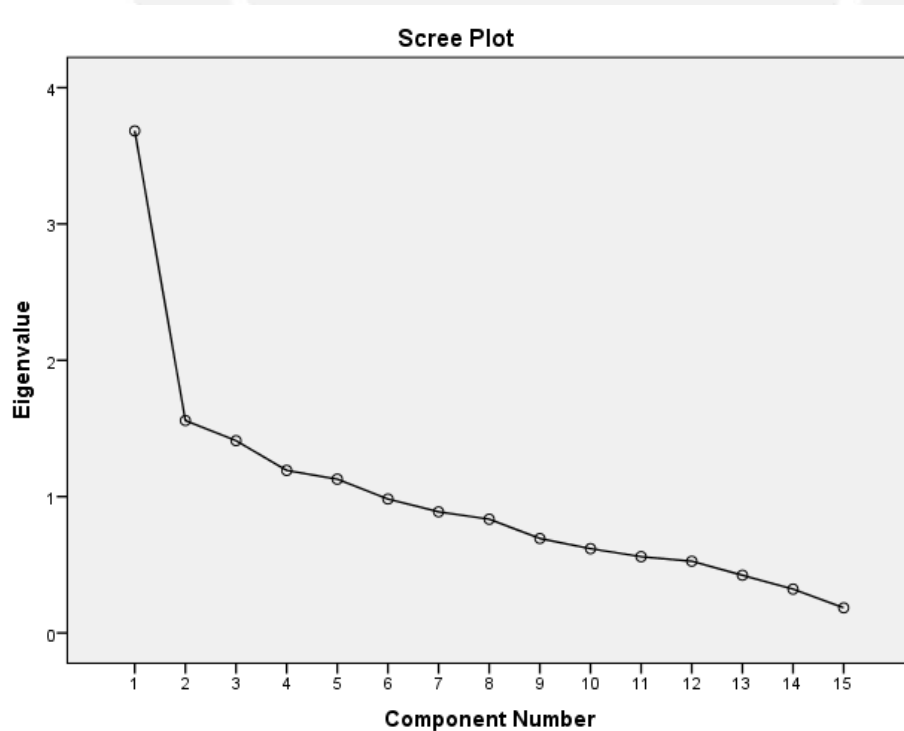
La rotación

Cada CP representa el concepto que subyace en las variables que más correlacionan con él (Velíz Capuñay, 2016:21) (tabla 6.1.a). A veces el análisis extrae CPs con los cuales correlacionan muchos indicadores y es difícil asignar un concepto. Por el otro lado, a veces el análisis extrae CPs con los cuales correlaciona solamente un indicador y que no se resumen varios indicadores. En ambos casos es posible rotar los resultados para mejorar su entendibilidad. La rotación cambia los autovalores de los CPs pero mantiene la suma de los autovalores constante (Velíz Capuñay, 2016:37). Diferentes autovalores significan cambios en las correlaciones entre los CPs y los indicadores, y por lo tanto los conceptos que los CPs representan. La rotación varimax del presente estudio es la más común y se caracteriza por conservar la ortogonalidad entre los CPs (Nardo et al., 2005:box6; Velíz Capuñay, 2016:36) (tabla 2.6.5.b).

Tabla 2.6.5.b. Los autovalores y el porcentaje de la varianza que explica cada CP en las dos extracciones sin y con rotación varimax.

C P	Extracción de 15 CPs sin rotación			Extracción de 8 CPs con rotación		
	Auto- valor	% de varianza	% varianza acumulativa	Auto- valor	% de varianza	% varianza acumulativa
1	3,683	24,554	24,554	2,901	19,338	19,338
2	1,558	10,384	34,938	1,469	9,792	29,130
3	1,410	9,402	44,340	1,362	9,078	38,209
4	1,192	7,949	52,288	1,260	8,397	46,606
5	1,128	7,519	59,808	1,213	8,088	54,694
6	0,982	6,546	66,354	1,207	8,049	62,744
7	0,888	5,921	72,275	1,145	7,637	70,380
8	0,834	5,561	77,836	1,118	7,456	77,836
9	0,693	4,618	82,454			
10	0,618	4,121	86,576			
11	0,559	3,728	90,304			
12	0,526	3,506	93,810			
13	0,423	2,820	96,630			
14	0,321	2,142	98,772			
15	0,184	1,228	100,000			

Fuente: Elaboración propia.



Fuente:
Elaboración
propia

Figura 2.6.5.a: Scree plot ordenando los CPs por autovalores descendientes.

En el presente estudio se calcularon los valores de cada CP para los 117 casos completos. Después, se mínimo-máximo normalizaron los valores y se compararon los valores promedio de cada CP entre las tres comunidades (capítulo 6).

Desafortunadamente, la utilización incorrecta de los resultados del ACP en la construcción de índices de vulnerabilidad es frecuente. Un error común es la retención de insuficientes CPs: Deressa, Hassan y Ringler (2008) solo retuvieron el primero CP explicando 56% de la varianza, igual a Gbetibouo et al. (2010) donde el primero CP solo representó 33% de la varianza. Otros errores menos frecuentes pero severos tratan de las correlaciones entre las variables y los CPs y el fenómeno que describen: El índice de Ravindranath et al. (2011) se basa en el primero CP, sin embargo los coeficientes de las variables no reflejan las concordancias que se suponen entre las variables y la vulnerabilidad. Lo mismo fue el caso en el estudio de Deressa et al. (2008), quienes eliminaron las variables que no cargaron correctamente; Tetra Tech ARD (2014a) decidieron ajustar los signos de los CPs. Todos estos métodos son inválidos. Los valores de las variables, de los CPs y del índice concuerdan positivamente, por lo cual se debe asegurar anteriormente que valores altos de las variables significan una alta vulnerabilidad, y valores pequeños o negativos significan una disminución de la vulnerabilidad.

2.6.6. LA AGREGACIÓN

La agregación de los CPs es a través de la adición lineal de los CPs multiplicados por sus autovalores (los pesos), debido a que ellos representan la varianza e importancia de los CPs (Velíz Capuñay, 2016:23). Comúnmente se toma el promedio ponderado después y se normalizan los índices para su mejor representación y comprensión, como en el presente estudio.

La agregación es otra fuente de error común en estudios que construyen índices de vulnerabilidad en base a los resultados de un ACP, porque muchos investigadores asignan pesos a los CPs que no corresponden a sus autovalores: Cutter y Finch (2008) usaron pesos iguales, y Tetra Tech ARD (2014a) pesos singulares y dobles. La asignación incorrecta de pesos convierte al ACP inútil.

En todo caso se supone una relación lineal entre los indicadores y el fenómeno descrito, pero en la mayoría de los casos esta relación no ha sido comprobada (Tetra Tech ARD, 2014b:17; Tonmoy et al., 2014:789). Además, la agregación lineal exige la consideración de las relaciones correlativas y compensatorias entre los indicadores (Nardo et al., 2005:15): En caso de que los indicadores, especialmente los sustitutivos, sean altamente correlacionados, la agregación lineal puede considerar doblemente el mismo aspecto. También existe la posibilidad de que dos indicadores se compensar en la agregación lineal del índice, pero posiblemente no en la realidad (Nardo et al., 2005:32, 33).

2.6.6. EL ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

Los valores del indicador compuesto son inciertos, porque dependen de todas las decisiones tomadas anteriormente (Saisana & Tarantola, 2002:56, 60; Nardo et al., 2005:15, 34). En treintaiséis comparaciones de indicadores compuestos a través de diferentes métodos de normalización, asignación de pesos y agregación, Wiréhn, Danielsson, y Naset (2015) encontraron diferencias significativas en treintaicuatro casos (op. cit. p. 78). Un análisis de sensibilidad evalúa cuantitativa- y cualitativamente las fuentes de incertidumbre y debe acompañar cualquier indicador compuesto (Saisana & Tarantola, 2002:56; Nardo et al., 2005:34, 117). Sin embargo, la mayoría de los estudios no cuenta con un análisis de sensibilidad. Uno de los métodos más comunes es la

evaluación de la correlación entre los índices (Filmer & Pritchett, 2001:119; Schmidtlein, Deutsch, Piegorsch, & Cutter, 2008:1104).

En el presente estudio se comparó el índice de vulnerabilidad construido en base del ACP (llamado índice 1 en lo siguiente) con dos índices (índice 2 e índice 3) construidos en base de pesos iguales.

- La construcción del índice 2 siguió los primeros tres pasos de la construcción del índice 1 (selección de los indicadores, análisis de la calidad de datos y normalización). Después, se tomó el promedio ponderado de los quince indicadores.
- Para el índice 3 se construyeron dos sub-índices en base de siete (capacidad adaptativa) y ocho (sensibilidad) indicadores, siguiendo el procedimiento de la construcción del índice 2. Se prestó especial atención a la concordancia entre los valores de los indicadores y sus sub-índices. Después, se restó la capacidad adaptativa a la sensibilidad y se normalizó el resultado, lo cual dio lugar al índice 3.

En general, los porcentajes de los tres índices no son comparables. Sin embargo, los índices deben estar correlacionados y deben conservar el orden de los datos. Ambos parámetros fueron analizados entre los tres índices (capítulo 6).

2.7. EL MODELO DE DISTRIBUCIÓN DE ESPECIES

2.7.1. LA SELECCIÓN DE LAS ESPECIES PARA EL MODELAMIENTO

Guatemala es un país excepcional en cuanto a las especies arbóreas que alberga. Ningún otro país tropical a esa latitud representa tantos diferentes géneros coníferos y tantas especies coníferas (tabla 2.7.1.a)⁵. Aparte de los autóctonos

⁵ La composición de los bosques y la distribución altitudinal de las especies posiblemente haya cambiado debido a la antigüedad de las únicas publicaciones en que se basa la información (Aguilar (1961), Standley & Steyermark (1958), y Veblen (1975) citados por Veblen (1977)).

coníferos *Pinus caribaea* Morelet y *Podocarpus guatemalensis* Standl., su hábitat idóneo se ubica en las tierras altas del país en los departamentos Totonicapán y San Marcos y la Sierra de los Cuchumatanes (en el Norte del país hacia México en el departamento Huehuetenango) (Veblen, 1977). El área natural protegida Parque Regional Municipal los Altos de San Miguel Totonicapán, situado en el departamento y municipio de Totonicapán, es el bosque conífero de mayor extensión y mejor estado de conservación de Guatemala y da refugio a *Pinus ayacahuite* Ehrenb. ex Schldl., *Pinus hartwegii* Lindl. y *Abies guatemalensis* Rehd., la especie más investigada y en peligro de extinción según la Lista Roja de la UICN (Parkswatch, 2003:1; IUCN, 2016a).

Parkswatch (2003:5) y Veblen (1978:tabla1) resaltan que las especies *Cupressus lusitánica* Mill. (ciprés), *Abies guatemalensis* (pinabete), *Pinus ayacahuite* (pino blanco), *Pinus hartwegii* (pino rojo), *Pinus pseudostrobus* Lindl. (pino triste), *Pinus oocarpa* Schiede ex Schldl. (pino ocote) y *Pinus montezumae* Lamb. (pino macho) son endemismos regionales, así como el madrón *Arbutus xalapensis* Kunth, un arbusto incluido en la Lista Roja de la UICN como casi amenazado (*lower risk / conservation dependent*) (sin embargo, la última asesoría de su estado de conservación data del año 1998 (IUCN 2016b)). Aparte de los bosques coníferos, Totonicapán cuenta con bosques mixtos compuestos de especies coníferas y latifoliadas como los encinos / robles y alisos, especialmente a menores alturas (Veblen, 1978:419, 421) (tabla 2.7.1.b).

Un estudio del año 2015 de la biodiversidad de siete bosques del departamento de Totonicapán⁶ confirma la importancia de *P. hartwegii* (encontrado en cinco de los siete bosques), *C. lusitánica* (en cuatro bosques), *Quercus ocoteifolia* Liebm. (en

⁶ Los bosques del estudio fueron los de las comunidades Chuixtocá, La Esperanza, Pasajoc Maczul, Vásquez, Chipuac y del parque ecológico El Aprisco en el municipio de Totonicapán; y él de la comunidad Pologuá en el municipio de Momostenango (ECODESSA, 2015:17).

cuatro bosques), *Alnus acuminata* Schltdl. Furlow (en cuatro bosques), *P. ayacahuite* (en tres bosques), *Abies guatemalensis* (en dos bosques), *P. pseudostrobus* (en dos bosques), y *Alnus jorullensis* Kunth (en dos bosques). También el arbusto *Arbutus xalapensis* estuvo presente en dos de los siete bosques analizados. En total el estudio halló catorce especies arbóreas, incluso otras dos especies de encino: *Q. crassifolia* Bonpl. (en tres bosques) y *Q. crispipilis* Trel. (en dos bosques). Sorprendentemente, *P. oocarpae* y *P. montezumae* no fueron registrados en ninguno de los siete bosques (ECODESSA, 2015:22-33).

Por lo tanto, se seleccionaron las siguientes once especies como las más importantes - desde el aspecto de la biodiversidad y desde el aspecto de su uso por la población - para el modelamiento de especies.

1. *Abies guatemalensis* (AG)
2. *Alnus acuminata* subesp. *arguta* (AA)
3. *Alnus jorullensis* (AJ)
4. *Arbutus xalapensis* (AX)
5. *C. lusitánica* (CL)
6. *P. ayachuite* (PA)
7. *P. hartwegii* (PH)
8. *P. montezumae* (PM)
9. *P. oocarpa* (PO)
10. *P. pseudostrobus* (PP)
11. *Q. ocoteifolia* (QO)

Tabla 2.7.1.a: Coníferas de las tierras altas de Guatemala.

Familia, género y especie	Distribución	Comentarios
Cupressaceae		
<i>Cupressus lusitanica</i> Mill.	2200 m – 3300 m	<ul style="list-style-type: none"> • Madera, leña, postes. • Afectado por tala ilegal.
<i>Juniperus comitana</i> Martínez	1200 m – 2150 m	<ul style="list-style-type: none"> • Menos utilización.
<i>Juniperus standleyi</i> Steyerm.	3000 m – 4100 m	<ul style="list-style-type: none"> • Menos utilización.
<i>Taxodium huegelii</i> C.Lawson	800 m – 2000 m Huehuetenango.	<ul style="list-style-type: none"> • Menos utilización.
Pinaceae		
<i>Abies guatemalensis</i> Rehd.	2600 m – 3500 m	<p><i>A. guatemalensis</i> tiene un habita idóneo de solamente 26.000 ha en Guatemala (Andersen, Córdova, Nielsen, Olsen, Nielsen, Sørensen, & Kollmann, 2008:207). Esta especie es cada vez menos común y dominante en solamente 4% de los bosques donde existe, debido a su baja germinación (0,7%) (Andersen et al., 2008:207; Kollmann, Córdova, & Andersen, 2008:146). La regeneración de <i>A. guatemalensis</i> está correlacionada con la altitud, el pH del suelo, y negativamente con la densidad del dosel y la cobertura del piso forestal con hojarasca. Por lo tanto, especialmente poblaciones a menores altitudes están en peligro. Ellas, en adición de favorecer altitudes mayores, se ven además afectadas por la expansión agrícola y el pastoreo que destruye las</p>

semillas (Kollmann et al., 2008:146, 153). Como manejo, Kollmann et al. (2008) recomiendan proteger los bosques de *A. guatemalensis*, mantener los doseles y limpiar el piso forestal de hojarasca para asegurar la reproducción futura de la especie (op. cit. p. 153). Sin embargo, el mayor peligro que enfrenta la especie viene de la poda ilegal de sus ramas. Las ramas individuales y varias organizadas en forma de un árbol de navidad son muy populares desde las cincuentas del siglo pasado. Para tales fines se establecieron las primeras plantaciones de *A. guatemalensis* en las setentas, con cincuenta plantaciones registradas en 2007 (Andersen et al., 2008:207, 209). Andersen et al. (2008:210) suponen que la demanda por *A. guatemalensis* como árbol de navidad incrementará en el futuro debido a un aumento en la población, especialmente la urbana, y el bienestar socioeconómico de ella. La poda de las ramas es especialmente perjudicial para los individuos de *A. guatemalensis*, porque inhibe su reproducción hasta que conduce a la muerte del individuo (Parkswatch, 2003:10). Una alternativa a las plantaciones de *A. guatemalensis* son plantaciones de *P. ayacahuite*, *P. pseudostrobus* o *C. lusitanica*, que se podrían usar con fines decorativas navideñas, aunque tienen una menor fragancia y por lo tanto probablemente alcanzan un menor precio en el mercado (ECODESSA, 2015:66).

<i>Pinus ayacahuite</i> Ehrenb. ex Schltdl.	2000 m – 3400 m	<ul style="list-style-type: none"> • Pino de mayor valor por el uso de la madera blanda en la carpintería y construcción. • Afectado por tala ilegal. • Afectado por la corta selectiva de buenos fenotipos y una alta frecuencia de troncos bifurcados.
<i>Pinus hartwegii</i> Lindl.	2300 m – 4000 m Bosques puros encima de 3200 m.	<ul style="list-style-type: none"> • Madera y leña. • Afectado por tala ilegal. • Cruzable con otros pinos (esp. con <i>P. montezumae</i>).
<i>Pinus montezumae</i> Lamb.	1100 m – 2600 m Pino más común entre 1600 m – 2400 m.	<ul style="list-style-type: none"> • Madera, leña, ocotes⁷. • Cruzable con otros pinos (esp. con <i>P. hartwegii</i>). • Alta capacidad adaptativa.
<i>Pinus oocarpa</i> Schiede ex Schltdl.	500 m – 2750 m Pino más común entre 1600 m – 2400 m.	<ul style="list-style-type: none"> • Madera, leña, ocotes. • Cruzable con otros pinos. • Alta capacidad adaptativa.
<i>Pinus pseudostrobus</i> Lindl.	1600 m – 3200 m Pino más común entre 2400 m – 2800 m	<ul style="list-style-type: none"> • Madera y leña. • Afectado por tala ilegal. • Cruzable con otros pinos (esp. con <i>P. maximinoi</i>).

⁷ Pino remojado en resina que se usaba como linterna y para encender fuegos. La extracción de la resina involucró cortar la corteza del árbol, lo cual lo daña sustancialmente hasta que conduce a su muerte (Veble, 1997:424).

<i>Pinus strobus</i> var. <i>chiapensis</i> Martínez	800 m – 2.000 m Cuchumatanes	
<i>Pinus maximinoi</i> H.E.Moore	1100 m – 2400 m Pino más común entre 1600 m – 2400 m.	<ul style="list-style-type: none"> • Madera, leña, ocotes. • Cruzable con otros pinos (esp. con <i>P. pseudostrobus</i>). • Alta capacidad adaptativa.
<i>Pinus teocote</i> Schied. ex Schltl. & Cham.	1300 m – 2000 m	<ul style="list-style-type: none"> • Cruzable con otros pinos.

Podocarpaceae

<i>Podocarpus matudae</i> var. <i>macrocarpus</i> J.T. Buchholz & N.E. Gray	1200 m – 2600 m	
<i>Podocarpus oleifolius</i> D. Don	2000 m – 3200 m	

Taxaceae

<i>Taxus globosa</i> Schltl.	2200 m – 3000 m Cuchumatanes y el centro de Guatemala	<ul style="list-style-type: none"> • Menos utilización.
------------------------------	---	--

Fuente: Veblen (1977), complementado por Miller (1995:28, 104, 106, 108) y Parkswatch (2003:10)

Tabla 2.7.1.b: Especies latifoliadas de Totonicapán.

Familia, género y especie	Distribución	Comentarios
Fagaceae		
<i>Quercus ocoteifolia</i> Liebm.	1600 m - 2850 m	• Madera, cabos, mangos para herramientas, postes, leña.
<i>Quercus peduncularis</i> Née.	1600 m - 2850 m	
Betulaceae		
<i>Alnus acuminata</i> subsp. <i>arguta</i> (Schltdl.) Furlow	2000 m - 2750 m	• Madera, leña, broza.
<i>Alnus jorullensis</i> Kunth		

Fuente: Veblen (1978:tabla1) y Miller (1995:6, 114).

2.7.2. GEOREFERENCIACIÓN DE LAS ESPECIES

Las localidades de las especies fueron obtenidas de la base de datos Global Biodiversity Information Facility (GBIF). Se descargaron las localidades de las especímenes de las especies para México y Centroamérica. Después, se eliminaron las localidades duplicadas y las localidades que caen fuera del área del modelo descrito abajo. Se hallaron entre 21 y 152 localidades para cada especie (tabla 2.7.2.a). La calidad del MDE depende de la cantidad y calidad de sus localidades, sin embargo no existe un número definitivo de presencias necesarias para la construcción de un buen MDE. En la literatura existen recomendaciones de un mínimo de 10-50 localidades (Scheldeman & van Zonneveld, 2011:140).

Tabla 2.7.2.a: Número de localidades sin duplicados obtenidas para cada especie en el área del modelo.

Especies	Localidades sin duplicados en el área del modelo	Cita de la descarga original
<i>Abies guatemalensis</i>	21	GBIF.org, 2016a
<i>Alnus acuminata</i> subesp. <i>arguta</i>	54	GBIF.org, 2016b
<i>Alnus jorullensis</i>	51	GBIF.org, 2016c
<i>Arbutus xalapensis</i>	123	GBIF.org, 2016d
<i>Cupressus lusitánica</i>	141	GBIF.org, 2016e
<i>Pinus ayacahuite</i>	51	GBIF.org, 2016f
<i>Pinus hartwegii</i>	90	GBIF.org, 2016g
<i>Pinus montezumae</i>	56	GBIF.org, 2016h
<i>Pinus oocarpa</i>	152	GBIF.org, 2016i
<i>Pinus pseudostrobus</i>	111	GBIF.org, 2016j
<i>Quercus ocoteifolia</i>	22	GBIF.org, 2016k

Fuente: Elaboración propia.

2.7.3. EL ÁREA DEL MODELO

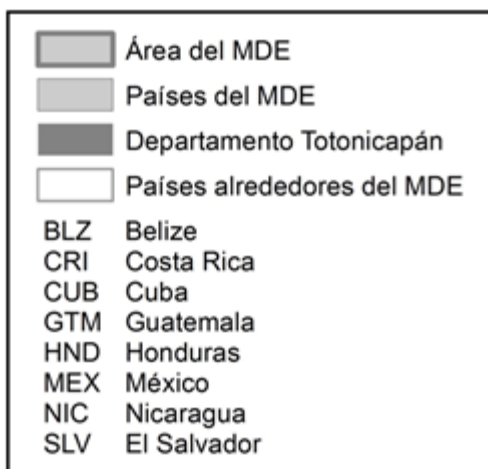
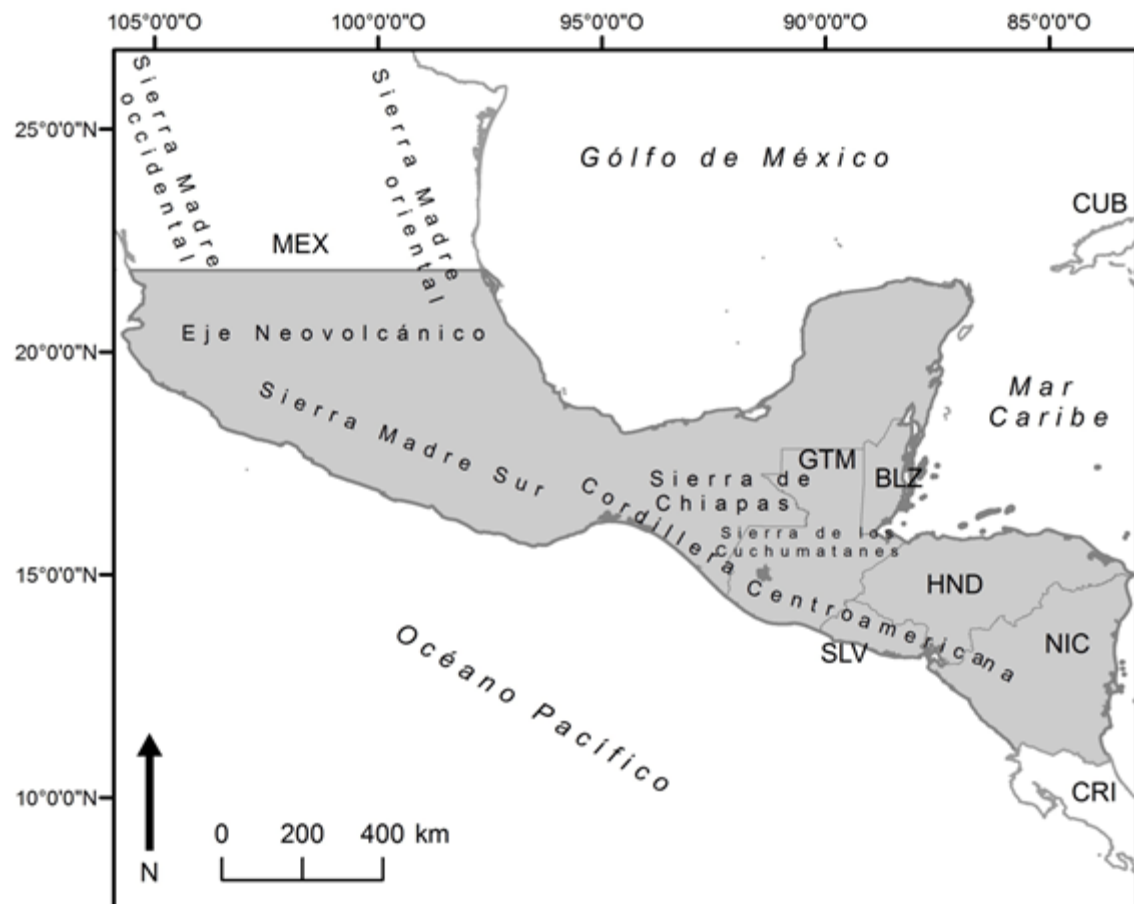
El área del modelo fue delimitado en base de la proyección de las localidades de las especies para México y Centroamerica y tomando en consideración

- la distribución de las localidades y los factores geográficos que la afectan;
- la disponibilidad y suficiencia de las localidades para el modelo.

En el norte, el área de estudio está delimitado aproximadamente por los 22° N, lo cual coincide con el borde natural entre el Eje Neovolcánico y la Sierra Madre Occidental y Oriental de México, con la inclusión de la parte más al sur de la Sierra Madre Oriental al área del modelo. Hacia el sur de México el área cubre la Sierra Madre del Sur, la Cordillera Centroamericana y la Sierra de Chiapas y Guatemala. La Cordillera Centroamericana se extiende hasta Panamá. La Sierra de Chiapas y Guatemala se convierte en la Sierra de los Cuchumatanes en Huehuetenango, Guatemala. El área del modelo incluye todo Guatemala y el

altiplano occidental. En el sur el área de estudio está delimitada por la frontera política entre Nicaragua y Costa Rica (mapa 2.7.3.a).

Mapa 2.7.3.a: Área de estudio para el modelamiento de distribución de especies



Escala: 1:18 700 000

Fuente: DIVA-GIS, IGN, INEGI

Elaborado por Katharina Hess,
Lima, noviembre de 2016

2.7.4. LOS DATOS CLIMÁTICOS

Para el presente estudio se utilizó WorldClim⁸, una base de datos bioclimáticos reconocida. La base de datos está compuesta por capas de hasta diecinueve variables bioclimáticas (anexo 3). Las diferentes capas climáticas han sido elaboradas en diferentes resoluciones en base a cuatro escenarios de emisiones (RCP, por sus siglas en inglés), diecinueve diferentes modelos de circulación general (GCM, por sus siglas en inglés), y para el período 1950-2000 (el presente), los años 2050 y 2070.

La capa del presente (1950-2000) se basa en los datos de 47554 estaciones meteorológicas de precipitación, 24524 estaciones meteorológicas de la temperatura mediana, y 14930 estaciones meteorológicas de la temperatura mínima y máxima, un fundamento considerablemente mayor a otras capas climáticas. Además, WorldClim cuenta con una resolución sumamente alta de datos climáticos interpolados a cuadrículas de hasta 30 segundos de arco (0,86 km² en el ecuador). Sin embargo, las capas climáticas pueden ser inciertas en áreas montañosas y a alta resolución en áreas sin datos climáticos originales. Ambas condiciones aplican al área de estudio Totonicapán. En Guatemala, la elevación dentro de una misma cuadrícula aún a la mayor resolución puede oscilar 50 m - 250 m. Especialmente la calidad del predictor precipitación se ve limitada en las regiones montañosas (Hijmans, Cameron, Parra, Jones, & Jarvis, 2005:1965, 1966, 1970, 1975, gráfico2b).

En el presente estudio, se usa como capa climática del futuro las proyecciones del GCM HadGEM2-ES (Hadley Centre Global Environment Model, version 2, Earth System) calibrado con los datos de la capa presente de WorldClim bajo los RCP 2,6 y 8,5 para el año 2050. La capa climática futura ha sido

⁸ <http://www.worldclim.org>

regionalizada (*downscaling*) de su resolución original (2°-3° del GCM) a hasta 30 segundos, idéntico a la capa climática del presente. Todas las capas climáticas (del presente y de los escenarios futuros) han sido cortadas al área del modelo descrito anteriormente. Para cada especie se comparan los cambios en la extensión entre la distribución potencial presente y las distribuciones potenciales futuras (RCP 2,6 y RCP 8,5), especialmente en los bosques alrededor de las comunidades y a nivel del municipio y del departamento de Totonicapán.

Los RCPs son los escenarios del calentamiento global que han sido usados en el quinto IE del IPCC, reemplazando a los escenarios del SRES, que no incorporaron políticas de mitigación (Vuuren et al., 2011:95). Los RCPs se basan en la proyección de cambios socioeconómicos, tecnológicos, cambios en el uso de energía y del suelo, y son representativos de la vasta literatura científica. Existen cuatro RCPs que proveen un forzamiento radiativo en comparación con la era preindustrial de 2,6 W/m², 4,5 W/m², 6 W/m² y 8,6 W/m² para el año 2100. Los RCPs sirven como insumos de los GCMs, a través de los cuales se señalan los impactos y oportunidades de la mitigación del cambio climático (Van Vuuren et al., 2011:6, 7, 11).

El RCP 2,6 (también llamado RCP3-PD) es un escenario en lo cual se logra mitigar un incremento de la temperatura mediana global mayor a 2°C para el año 2100. Los escenarios con un forzamiento radiativo menor a 3 W/m² son relativamente recientes y más optimistas que los escenarios anteriores. El RCP incorpora datos de las emisiones de gases, del uso del suelo, y del sistema energético. El escenario supone una participación de todos los países en la mitigación del cambio climático, que hayan reforestación, cambios en el uso de la energía hacia la bioenergía, y disminuciones en las emisiones de GEI otros que el CO₂ (Vuuren et al., 2011:95-97).

El RCP 8,5 se basa en el escenario A2 del SRES. El RCP incorpora los sectores energía, industria, agricultura y el sector forestal. El escenario supone un crecimiento importante de la población mundial a 12 mil millones personas para el año 2100 no acompañado por un incremento del ingreso, ni una mayor eficiencia energética, sino un cambio tecnológico hacia innovaciones demandantes de energía. Por lo tanto las emisiones de GEI en la ausencia de políticas de mitigación incrementarán, siguiendo la teoría de Kuznets. Con el continuo uso de combustibles fósiles, la mayor demanda energética y la intensificación agrícola y pecuaria las emisiones de CO₂-equivalentes se triplicarán para el año 2100 (Riahi et al., 2011:33, 34, 39, 42, 43, 48).

Los GCMs son modelos digitales de los impactos climáticos de ciertos niveles de gases de efecto invernadero y del forzamiento radiativo (los RCP en este caso) (Van Vuuren et al., 2011:6). Existen varios GCMs que difieren en su resolución; la definición de sus parámetros como las nubes, el vapor de agua, los corrientes oceánicas, y los procesos terrestres; y mecanismos de retroalimentación (Beaumont et al., 2007:1369). El GCM HadGEM2-ES un modelo acoplado de la atmósfera (a una resolución de 1,875° x 1,250° con 38 niveles verticales) y del océano (a una resolución de 1° hasta 1/3° y 40 niveles verticales). El modelo incorpora los ciclos de carbono, los océanos y la vegetación (Jones et al., 2011:544). El HadGEM2-ES es la versión mejorada del HadGEM1-ES y ha sido utilizado en el quinto informe de evaluación del IPCC (Collins et al., 2008).

2.7.5. EL ALGORITMO MAXENT

MaxEnt produce un buen rendimiento, es fácil de emplear y gratis (Pearson, 2010:box3). El algoritmo cuenta como uno de los estándares para los MDE y ha sido empleado extensivamente (Jobe & Zank, 2008:1). Es un método que se basa

en los principios del aprendizaje automático y fórmulas matemáticas “simples y precisas” (Phillips et al., 2006:231). MaxEnt estima un porcentaje a cada cuadrícula del ráster, que representa la probabilidad de presencia de la especie en esa cuadrícula en comparación con cualquier otra cuadrícula seleccionada aleatoriamente (Jobe & Zank, 2008:2). Esta probabilidad ha sido derivada de la distribución menos restringida y más uniforme (es decir, con la mayor entropía) de la especie en los lugares que satisfacen los criterios ambientales (Phillips et al., 2006:234-236).

Las ventajas de MaxEnt incluyen que solamente necesita datos de presencia, pero también puede integrar datos de ausencia; que puede usar datos continuos y categóricos; que analiza las interacciones entre las variables; que tiene una definición matemática concisa; que produce resultados continuos y permite el uso de diferentes probabilidades umbrales para la definición exacta del hábitat idóneo y no-idóneo y así de la distribución potencial (Phillips et al., 2006:234; Pearson, 2010:59). La desventaja de MaxEnt es su mal rendimiento cuando hace una predicción sobre la presencia o ausencia de una especie en una condición no-análoga, para la cual no ha sido calibrado (extrapolación) (Phillips et al., 2006:234; Pearson, 2010:box1; Anderson, 2013:15).

Se usó la configuración estándar del algoritmo (versión 3.3.3k⁹) que ha sido optimizado para una amplia gama de 226 especies de seis regiones y en donde las configuraciones estándares conducen a un rendimiento casi idéntico a configuraciones más específicas (Jobe & Zank, 2008:12; Phillips & Dudík, 2008:161). Las configuraciones estándares incluyen la extrapolación y el *clamping* (el uso de los valores máximos encontrados durante la calibración del

⁹ <http://www.cs.princeton.edu/~schapire/maxent/>

modelo para la extrapolación) (Phillips et al., 2006:234; Pearson, 2010:box1; Phillips, 2010). Se construyeron los MDE en base a diez réplicas.

2.7.6. LA VALIDACIÓN DEL MODELO

La validación del modelo toma lugar a través de cuatro indicadores de calidad en base del número de verdaderos positivos (a), falsos positivos (b), falsos negativos (c) y verdaderos negativos (d) (Pearson, 2010:75-76):

1. La sensibilidad del modelo $a/(a+c)$
2. La especificidad del modelo $d/(b+d)$
3. La tasa de omisión del modelo $c/(a+c)$
4. La tasa de comisión del modelo $b/(b+d) = 1\text{-especificidad}$

Los errores de omisión (falsos negativos) se deben a un MDE falso, o a un MDE correcto en base de poblaciones viables pero la presencia de poblaciones sumideros. Los errores de comisión (falsos positivos) se deben a un MDE falso, o a un MDE correcto pero la documentación incompleta de toda la distribución actual de la especie, o a un MDE correcto pero la ausencia de la especie de la distribución potencial debido a por ejemplo su dispersión limitada. Mientras que los errores de comisión son perjudiciales en el establecimiento de áreas naturales protegidas y se optan por modelos conservativos, se tratan de evitar los errores de omisión en esfuerzos de translocación o reintroducción de especies (Araújo & Peterson, 2012:tabla2, 1534-1535).

Las localidades de la validación del modelo pueden ser los mismos datos de presencia/ausencia (o datos de background/pseudo-ausencias, que son localidades aleatorias del área del modelo) usados para la calibración (aunque eso conduce a la sobreestimación de la calidad del modelo (Young, Carter, & Evangelista, 2011:18) o los datos de otras regiones, períodos o estudios. Si

existen datos de dos estrategias de recolección distintas, es preferible no mezclarlos en el MDE, sino usar unos para la calibración del modelo y los demás para su validación (Guisan & Zimmermann, 2000:172; Pearson, 2010:58, 71, 73, 74; Mateo, Felicísimo, & Muñoz, 2012:143). En el presente estudio se partieron las localidades halladas en datos de calibración y datos de validación según dos métodos:

- El sub-muestreo: Los datos de presencia se parten aleatoriamente en un set de datos para la calibración y un set de datos para la validación (Phillips et al., 2006:242; Phillips, 2010). Lo más común es usar 70% de los datos para la calibración y 30% de los datos para la validación (Pearson, 2010:74). Los datos de calibración y de validación son seleccionados aleatoriamente en cada réplica del modelo (*random seed*) (Phillips, 2010). El sub-muestreo ha sido usado para todas las especies debido a su gran cantidad de localidades (>50), con la excepción de *A. guatemalensis* y *Q. ocoteifolia*, las dos especies con la menor cantidad de localidades (21 y 22, respectivamente).
- La validación cruzada: Las localidades se parten en tantos grupos iguales como hay réplicas. Durante cada réplica, se calibra el MDE en base a los datos de n-1 grupos y se lo valida con los datos del grupo que no ha sido incluido. La ventaja de la validación cruzada es su uso eficiente de los datos, y por lo tanto ha sido usada para la validación de los modelos de *A. guatemalensis* y *Q. ocoteifolia* (Phillips, 2010).

MaxEnt proporciona los resultados del sub-muestreo/de la validación cruzada en forma del análisis de omisión y comisión que consta de dos gráficos.

El primero relaciona el área predicha en el modelo y la tasa de omisión (de los datos de validación) con diferentes umbrales que distinguen entre presencia y ausencia (Jobe & Zank, 2008:14; Scheldeman & van Zonneveld, 2011:152). En caso de modelos precisos, la tasa de omisión de los datos de validación es igual a la tasa de omisión predicha por el modelo (0,00001% según la configuración

estándar del umbral de convergencia), y aumenta con el valor del umbral. Si la tasa de omisión de los datos de validación es mayor a la tasa de omisión predicha por el modelo, el modelo ha sido calibrado con demasiada rigurosidad hacia los datos de calibración (*overfitting*) y por lo tanto omite los datos de validación.

El segundo output trata de la curva de la Característica Operativa del Receptor (ROC, por sus siglas en inglés). La curva ROC relaciona el área predicha según diferentes umbrales con la sensibilidad del modelo (la fracción de presencias predichas correctamente) y la tasa de comisión del modelo (la fracción de ausencias predichas incorrectamente como presencias) (Pearson, 2010:80). En caso de un buen modelo las curvas de los datos de calibración y de validación coinciden. Además, un buen modelo tiene una alta sensibilidad a menores áreas predichas y umbrales altamente discriminativos. Para la curva ROC eso significa que el área por debajo de la curva (AUC, por sus siglas en inglés) es mayor en caso de buenos modelos (Jobe & Zank, 2008:13-14). El AUC máxima alcanzable en teoría es 1, y el AUC mínima alcanzable es 0,5 (cuando la predicción de presencias y ausencias es aleatoria). Un AUC mayor a 0,9 es excelente, una entre 0,8 y 0,9 es buena, una entre 0,8 y 0,7 es aceptable, una entre 0,6 y 0,7 es mala, y una entre 0,5 y 0,6 no es aceptable (Scheldeman & van Zonneveld, 2011:153). Phillips y Dudík (2008) recomiendan un AUC mayor a 0,75 (op. cit. p. 166). El valor del AUC corresponde directamente a la probabilidad de que el modelo asigna una presencia o ausencia correctamente a un punto aleatorio del área del modelo y por lo tanto permite comparar el rendimiento de diferentes modelos de MaxEnt (Phillips & Dudík, 2008:166; Pearson, 2010:80-81; Young et al., 2011:23).

La tabla 2.7.6.a especifica el AUC de los tres MDE de cada especie. El modelo que dio lugar a la proyección al 2050 bajo el escenario 2,6 también dio lugar a la

distribución potencial del presente. La tasa de omisión de los modelos ha sido analizada visualmente. Los modelos de *Pinus hartwegii* y *Alnus jorullensis* tienen los mejores rendimientos bajo ambos escenarios con un AUC entre 0,92 y 0,94. Mientras que el modelo de *Pinus ayacahuite* tiene el peor rendimiento en el primero modelo, es el tercero mejor en el segundo escenario. El modelo de *Alnus acuminata* subesp. *arguta* es lo con el segundo peor y peor rendimiento en el primero y segundo escenario, respectivamente. Con la excepción del modelo de *Alnus acuminata* subesp. *arguta* en el segundo escenario, todos los modelos cuentan con un muy buen hasta excelente rendimiento.

Tabla 2.7.6.a: AUC promedio +/- desviación estándar de las curvas ROC de los dos MDE (n=10).

Especie	2050 RCP 2,6	2050 RCP 8,5
<i>Abies guatemalensis</i>	0,871 +/- 0,176	0,871 +/- 0,176
<i>Alnus acuminata</i> subesp. <i>arguta</i>	0,859 +/- 0,056	0,821 +/- 0,033
<i>Alnus jorullensis</i>	0,918 +/- 0,015	0,919 +/- 0,027
<i>Arbutus xalapensis</i>	0,910 +/- 0,012	0,891 +/- 0,009
<i>Cupressus lusitánica</i>	0,880 +/- 0,025	0,890 +/- 0,029
<i>Pinus ayacahuite</i>	0,851 +/- 0,059	0,902 +/- 0,046
<i>Pinus hartwegii</i>	0,940 +/- 0,018	0,936 +/- 0,016
<i>Pinus montezumae</i>	0,873 +/- 0,032	0,874 +/- 0,051
<i>Pinus oocarpa</i>	0,855 +/- 0,020	0,877 +/- 0,015
<i>Pinus pseudostrobus</i>	0,876 +/- 0,017	0,873 +/- 0,023
<i>Quercus ocoteifolia</i>	0,874 +/- 0,166	0,874 +/- 0,166

Fuente: Elaboración propia.

2.7.7. LA SELECCIÓN DE LAS VARIABLES DEL MODELO

MaxEnt cuenta con varias estadísticas relacionadas al rendimiento de las variables del modelo (Jobe & Zank, 2008:tabla1, 15, 16; Phillips, 2010):

- El porcentaje de la contribución normalizada de las variables al aprendizaje del algoritmo: Un mayor aprendizaje significa una mayor importancia de la variable, aunque puede haber interferencia de variables correlacionadas.
- El porcentaje de la disminución normalizada del AUC en respuesta a la permutación de la variable: Una mayor disminución significa una mayor importancia de la variable, aunque puede haber interferencia de variables correlacionadas.
- Las curvas de respuesta, que demuestran cómo cambia la probabilidad de presencia de individuos cuando se permuta la variable bajo análisis y mantiene los demás variables en su valor promedio (respuesta marginal), o cuando se permuta la variable bajo análisis en ausencia de las demás variables (respuesta individual): Si existen variables correlacionadas, la respuesta marginal difiere de la respuesta individual, porque las correlaciones interfieren con la respuesta marginal, pero no con la respuesta individual.
- El *jackknife*: El jackknife analiza el aprendizaje del algoritmo usando los datos de calibración y de validación; y analiza el AUC del modelo bajo tres condiciones:
 1. Cuando se construye el modelo en base a todas las variables, excepto la variable bajo análisis;
 2. cuando se construye el modelo solo en base a la variable bajo análisis;
 3. cuando se construye el modelo en base a todas las variables.

La variable es más importante para el modelo si la primera medida disminuye en comparación con la tercera, y la segunda medida se acerca a la tercera medida.

Según las estadísticas mencionadas, se seleccionaron las variables más importantes para el modelo de cada especie (tabla 2.7.7.a). Se eliminaron las variables de manera conservativa y solamente cuando varias de las estadísticas

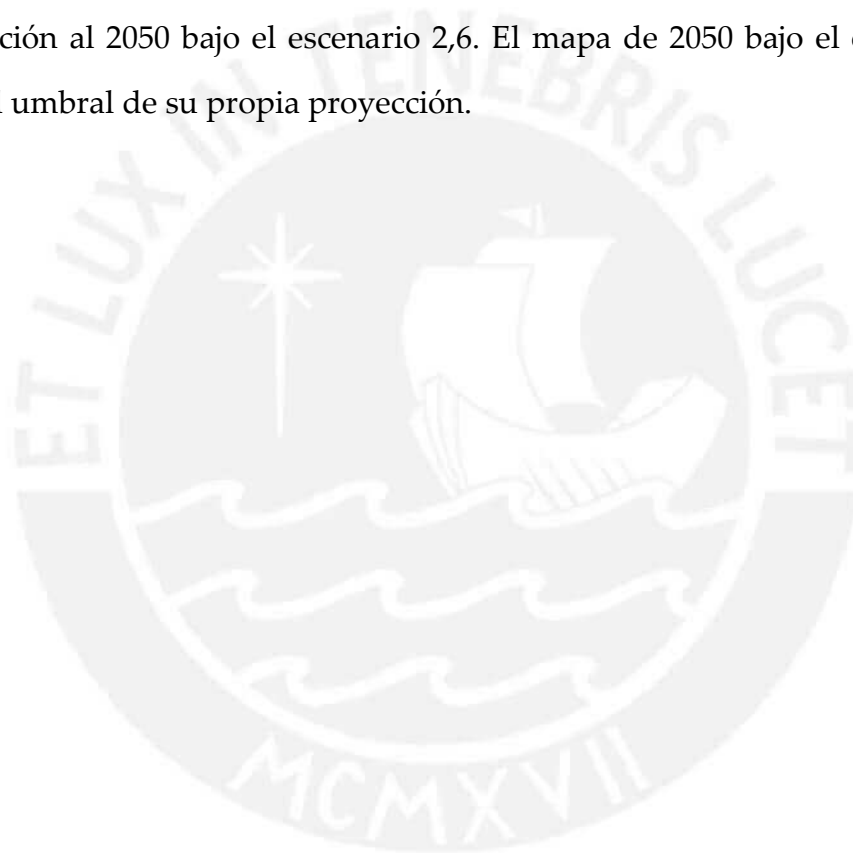
antes mencionadas indicaron que la variable representa ruido en el análisis en lugar de que contribuye a la predicción. Las variables de la isothermalidad, de la precipitación del mes más lluvioso, la precipitación del trimestre más lluvioso y la precipitación del trimestre más cálido calificaron con la mayor frecuencia como variables superfluas. En los modelos de varias especies existieron además variables correlacionadas, mayormente las variables de la temperatura media anual, la temperatura máxima del mes más cálido, la temperatura mínima del mes más frío, la temperatura media del trimestre más cálido y la temperatura media del trimestre más frío. La nueva selección de las variables fue validada en uno o varios nuevos modelos a través del AUC de la curva ROC. Solamente en caso de *P. ayacahuite* y *P. pseudostrobus* el promedio del AUC de las diez réplicas con variables seleccionadas fue estadísticamente significativamente mayor al AUC del modelo en base a las diecinueve variables ($p < 0,05$). Por lo tanto solamente en ellos dos modelos se usaron una selección de variables, en los demás modelos se usaron las diecinueve variables bioclimáticas iniciales.

Tabla 2.7.7.a: Las variables de los modelos y su porcentaje de permutación.

Variable	Especie	A G	A A	A J	A X	C L	P A	P H	P M	P O	P P	Q O
Temperatura media anual		0	3,0	0	0,1	5,9	0	0	0	7,6	/	0
Rango de temperaturas diurnas		27	0,3	1,7	3,0	3,2	/	0,2	4,8	11	0,4	0,5
Isotermalidad		0	1,5	3,0	0,6	0,9	/	1,1	0,1	7,6	0,6	0
Estacionalidad en la temperatura		9,3	0,6	5,3	7,6	3,5	1,2	3,1	0,5	2,6	5,4	0,2
Temperatura máxima del mes más cálido		0,3	0	0	4,0	1,8	6,4	0,1	0,1	1,2	/	0
Temperatura mínima del mes más frío		2,7	26	8,2	4,4	6,8	0,1	0	69	2,8	6,0	0
Rango anual de temperatura		4,2	9,3	0,1	2,5	4,1	1,0	3,1	0,5	0,9	4,2	2,6
Temperatura media del trimestre más lluvioso		18	0,9	22	0,8	1,1	2,6	0,4	0,2	3,3	2,6	0,1
Temperatura media del trimestre más seco		6,3	45	8,6	30	1,2	25	87	3,7	25	50	50
Temperatura media del trimestre más cálido		0	0	0	0,5	0,2	2,6	0	0	1,2	0	0
Temperatura media del trimestre más frío		11	0	0,5	0,1	2,8	1,6	0	1,9	1,2	7,9	0
Precipitación anual		0	0,3	2,7	11	1,3	23	0,6	4,2	0,8	/	15
Precipitación del mes más lluvioso		1,4	1,6	2,9	15	11	/	0,5	0,9	2,8	2,7	0,2
Precipitación del mes más seco		5,7	7,1	1,9	2,7	16	22	1,2	1,3	13	5,8	3,9
Estacionalidad de la precipitación		11	0,6	1,0	3,8	23	4,3	1,1	1,6	4,1	1,6	4,1
Precipitación del trimestre más lluvioso		0	0,1	6,4	4,0	1,0	/	0,1	1,1	4,4	0,9	0,4
Precipitación del trimestre más seco		0,3	3	5,2	3,0	8,9	3,4	0,4	5,4	1,4	6,4	22
Precipitación del trimestre más cálido		2,9	0,7	3,3	2,0	1,3	/	0,7	0,8	4,9	/	0,3
Precipitación del trimestre más frío		0	1,1	27	4,6	6,0	6,9	0,4	3,9	4,2	5,6	0

2.7.8. LA VISUALIZACIÓN DE LOS RESULTADOS

Los resultados de los MDE fueron visualizados usando ArcMap. El MDE del presente es aquello que dio lugar a la proyección al 2050 bajo el escenario 2,6. Como umbral distinguiendo entre presencia y ausencia se usó la probabilidad promedio de las diez réplicas a la cual 90% de las localidades de calibración están incluidas en las presencias (*10 percentile training presence*) (Scheldeman & van Zonneveld, 2011:154). El mapa del presente así como el mapa de la proyección al 2050 bajo el escenario 2,6 tienen el mismo umbral obtenido de la proyección al 2050 bajo el escenario 2,6. El mapa de 2050 bajo el escenario 8,5 tiene el umbral de su propia proyección.



CAPÍTULO 3

CARACTERIZACIÓN DE TOTONICAPÁN Y SU VÍNCULO CON LOS BOSQUES

El tercer capítulo es una caracterización del área de estudio en base a la literatura y entrevistas y corresponde al primero objetivo de la investigación de definir y comparar los diferentes vínculos que tienen las comunidades del municipio y del estudio con los bosques en términos de propiedad, administración, aprovechamiento y manejo sostenible. Para tal fin también se considera el contexto histórico del recurso forestal y como se relaciona con los medios de vida de la población. El capítulo cuenta con breves descripciones de las tres comunidades del estudio y sus percepciones del cambio climático, y termina con las implicaciones de los resultados para la vulnerabilidad de Totonicapán ante el cambio climático.

3.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL DEPARTAMENTO Y MUNICIPIO TOTONICAPÁN

Totonicapán es un departamento, un municipio y también el nombre de la cabecera departamental. Se ubica en el altiplano occidental de Guatemala a una latitud de 14° 15' 39" y longitud de 91° 29' 38" a alturas entre 1.890 y 3.400 msnm. El departamento tiene una extensión de 1061 km², divididos en ocho municipios (mapa 2.2.a): Totonicapán, Momostenango, Santa Lucía la Reforma, Santa María Chiquimula, San Bartolo, San Francisco El Alto, San Andrés Xecul y San Cristóbal Totonicapán. Existe una regionalización en base a similitudes lingüísticas, culturales, niveles de pobreza y las condiciones productivas que dividen el departamento en cuatro regiones: Aguas termales (los municipios San Bartolo y Momostenango), Tzolojehe (Santa María Chiquimula y Santa Lucía la Reforma), Samalá (San Francisco El Alto, San Andrés Xecul, San

Cristóbal Totonicapán) y Chwimequenj'a (Totonicapán). Políticamente el departamento tiene una ciudad principal en la cabecera departamental, cascos urbanos en los siete municipios restantes, villas, pueblos, parcialidades, aldeas, cantones, caseríos y parajes (Consejo Departamental de Desarrollo del departamento de Totonicapán, 2011:10, 12).

Todos los municipios cuentan con un alto crecimiento demográfico y una alta densidad poblacional (tabla 3.1.a). En 2013, la edad mediana del departamento fue de dieciséis años (y el promedio nacional de diecisiete años) (INE, 2014:15). 98% de la población pertenece al grupo étnico Maya k'iche' (a nivel nacional 45% de población es indígena) (Consejo Departamental de Desarrollo del departamento de Totonicapán, 2011:18).

Tabla 3.1.a: Población del departamento Totonicapán y de sus municipios.

Municipio	2002			2015
	Urbana	Rural	Total	Total
Totonicapán	44762	51630	96392	145448
Momostenango	22718	64622	87340	141253
San Francisco El Alto	33240	12001	45241	71629
Santa María Chiquimula	5267	29881	35148	52401
San Cristóbal Totonicapán	4233	26375	30608	40033
San Andrés Xecul	9025	13337	22362	39261
Santa Lucía la Reforma	1120	12359	13479	25174
San Bartolo	1252	7432	8684	22385
TOTAL	121617	217637	339254	537584

Fuente: INE, 2003 y 2013.

En 2014, 77,5% de la población del departamento clasificó como pobre, significativamente más que a nivel nacional (59,3%). Además, 41,1% de los pobres del departamento de Totonicapán se encontraron en condiciones de pobreza extrema, casi tres veces la prevalencia de 15,7% a nivel nacional. El

departamento es el tercero más pobre y en condición de pobreza extrema de los veintidós departamentos de Guatemala (INE, 2015:gráfico1-2). En 2011, el municipio más pobre de Totonicapán fue Santa Lucía la Reforma, y el municipio menos pobre fue San Cristóbal Totonicapán (INE, 2014:25). Especialmente Santa Lucía la Reforma, San Bartolo, Santa María Chiquimula y áreas de Momostenango, que son los municipios más alejados de la cabecera departamental, se ven afectados por condiciones socioeconómicas desfavorables (Consejo Departamental de Desarrollo del departamento de Totonicapán, 2011:17-18).

3.2. CARACTERIZACIÓN DE LOS BOSQUES DE TOTONICAPÁN

3.2.1 LA CONSERVACIÓN HISTÓRICA DE LOS BOSQUES DE TOTONICAPÁN

La sierra tropical americana y el altiplano occidental de Guatemala son densamente poblados desde épocas pre-hispánicas. Altas densidades demográficas normalmente perjudican a los bosques a través de su sustitución por terrenos agrícolas. Sin embargo, los bosques de Totonicapán son notablemente bien conservados (Veblen, 1978:417-418). Eso se debe al desarrollo socioeconómico distinto de la región que dio lugar a medios de vida¹⁰ y tipos de propiedad forestal a favor de la conservación de los bosques.

En el siglo XVI los españoles introdujeron la crianza de ovejas, la cual exigió cada vez más presión en términos cuantitativos y cualitativos (erosión) en los terrenos. El pastoreo limitó la producción agrícola y por lo tanto el tamaño de la población, por lo cual se desarrolló el comercio con otras regiones del país. Totonicapán exportó artesanías, especialmente muebles de madera, y en turno recibió alimentos. Un buen manejo del recurso forestal por lo tanto fue

¹⁰ „Modo de conseguir el dinero y los alimentos necesarios para vivir“ (Oxford University Press, 2016b)

necesario para indirectamente asegurar el abastecimiento de la población con alimentos (Veblen, 1978:427, 430-431).

Por otro lado, los españoles introdujeron estructuras políticas llamadas reducciones: Ciudades que concentraron a la población indígena para su mayor manipulación. Las reducciones se fundaron o se crearon en base de asentamientos existentes. Cada reducción dispuso de un ejido, un terreno común para el pastoreo, la corta de leña y la recolección de otros recursos forestales, pero no la agricultura (Veblen, 1978:427-428; Elías, Larson, & Mendoza, 2009:11). En caso de que la reducción fue creada en base a un asentamiento existente, el ejido correspondió al terreno común conocido como parcialidad. La valorización del autoabastecimiento que proporcionaron estas propiedades comunes y la coherencia cultural y social condujeron al respeto de las reglas de su uso y así a la conservación del recurso forestal (Veblen, 1978:428, 434; Katz, 2000:130).

Hoy en día los bosques tienen una gran importancia cultural y contribuyen sustancialmente a la identidad colectiva y organización social de la población local (Mendez, 1998:2; Elías et al., 2009:9, 15; Helvetas Guatemala, 2010:2). A pesar de que las tierras comunes a lo largo de la historia han sido sujetos de la disolución, privatización, del despojo, y la expropiación por parte de las municipalidades y militares durante la guerra civil, también existe su reconocimiento y lo de los derechos de las comunidades por ejemplo por la constitución del país y los Acuerdos de la Paz (Elías & Wittmann, 2004:2-3; Elías et al., 2009:11-12).

3.2.2. LOS MEDIOS DE VIDA ACTUALES

El departamento de Totonicapán todavía es reconocido por su comercio de pequeña escala y su industria artesanal (carpintería, tejeduría). El municipio de Totonicapán destaca por sus muebles de madera (Consejo Departamental de

Desarrollo del departamento de Totonicapán, 2011:35; IC2 y 5). La agricultura de subsistencia¹¹ de maíz, frijol y ayote es ubicua y firmemente anclada en las costumbres culturales de la población del departamento, especialmente en las zonas rurales y pobres (IC1-5). Debido a la fragmentación de los terrenos agrícolas por la presión demográfica, la producción agrícola a nivel del hogar no suele ser suficiente para cubrir las necesidades alimenticias, por lo cual las familias complementan su producción con la compra de alimentos (Veblen, 1978:423; Katz, 2000:124; Consejo Departamental de Desarrollo del departamento de Totonicapán, 2011:34; IC2-4). „Los terrenos son muy pequeños. (...) [El] promedio era de diez cuerdas¹² por familia en las aldeas. Ahora veintisiete, veintiocho años después, el promedio debe ser como una media cuerda (...). Eso ya no alcanza, no hace mayor cosa” (IC1). A menudo la agricultura está acompañada por alguna actividad pecuaria como la crianza de aves de corral, cerdos, vacas, conejos, ovejas, aunque su importancia ha disminuido en los últimos 50 años (Consejo Departamental de Desarrollo del departamento de Totonicapán, 2011:34).

En resumen, las actividades productivas de las familias en Totonicapán son varias, aunque el/la IC1 señala que tal diversificación ha disminuido debido a la menor rentabilidad de la agricultura:

„Hay una proporción de familias, que antes era más grande, (...) que tienen hasta cuatro actividades. Digamos que para cuando se acerca la navidad, la semana santa, la feria del pueblo, pues se dedican al comercio. Pasando la temporada, posiblemente se dedican a la tejeduría o alguna otra artesanía. Cuando está por entrar el periodo de lluvias, se dedican a la agricultura, y si no tienen otra actividad pueden dedicarse a los servicios. (...) Ahora parece que ha ganado mucho más el área de servicios, la artesanía ha disminuido un poco, la agricultura casi que ya no hay porque los terrenos son muy pequeños. Antes el

¹¹ de autoconsumo

¹² Una cuerda = 24 barras x 24 barras = 21² m² = 441m² (IC1 y 3)

terreno era para proveer los granos básicos de la familia para el año siguiente. Ahora ya no, el maíz con buena suerte llega hasta abril o mayo, y después se acaba, hay que comprar de maíz que viene de otros lugares, ósea la agricultura ya no representa una actividad económica muy fuerte”.

El cambio de las generaciones también contribuye a la transición entre medios de vida tradicionales, que implican la agricultura y una estrecha convivencia con la naturaleza, y medios de vida modernos, que dependen más de la compra de alimentos y son menos vinculados a los recursos naturales. „[Los] medios de vida para la juventud se han ido perdiendo, (...) si yo tengo una mejor carrera, dejo de cuidar el bosque, dejo de sembrar, o no me dedico de trabajar en los telares, ya me dedico a una empresa” (IC5).

También existe una frecuente migración laboral en el departamento, anteriormente hacia la costa para el comercio y trabajo temporal en los campos de café y caña de azúcar, hoy en día de manera semi-permanente o permanente a los EEUU (Consejo Departamental de Desarrollo del departamento de Totonicapán, 2011:33; IC1 y 3). La migración a los EEUU, testigos de que son las casas construidas en base a materiales nobles y los pueblos con significativamente más mujeres que hombres, actualmente es uno de los fenómenos más llamativos de la región (IC1 y 4). La migración implica importantes repercusiones sociales y económicas en las familias y desencadena cambios en el vínculo entre la población y la naturaleza, acelerando la transición entre tradición y modernidad como explica el/la IC5:

„una parte muy alta han migrado a los EEUU. Ellos a través de las remesas han también cambiado su nivel económico. (...) [Se] ha cambiado mucho el tema de material. Hemos visto grandes construcciones. (...) Pero se está degradando todo el tema del conocimiento comunitario. Se degrada también todo el tema de la unión social, todo el tema de la relación de la tierra, bosque y animales. Lo que

antes hacían sus papas o sus abuelos ellos ya no lo quieren hacer, porque dicen ‘encuentro mejor situación en los EEUU u en otros países’ ”.

El/la IC3 afirma que „los familiares que se han ido, se vienen a Guatemala y ya no se acostumbran con la calidad de vida, de servicios, dicen ‘ah, no, mejor regreso otra vez’, se va otra vez a EEUU. Vienen, pero ya muertos”. Aunque es indiscutible que la migración exige bastante en el capital social de las comunidades, es variado el grado en que las comunidades se ven afectadas como demuestra el siguiente detalle de la entrevista con el/la IC1 que menciona que

“[las] comunidades de aquí, cuando tienen alguna persona que migra a los EEUU, a la familia le dicen ‘aunque esté en EEUU, él tiene que prestar su servicio voluntario a la comunidad’. No puede venir, entonces le paga a otra persona para que haga el servicio voluntario, que normalmente es unos dos años más o menos de trabajo voluntario para la comunidad. No los pierden de vista. Están en Houston, Los Ángeles, donde sea, y la comunidad sabe que están allá, y les ponen obligaciones. Es más unida la comunidad. En cambio en otros lugares simplemente se van y se olvida. (...) Entonces migración definitiva es muy poca. Casi la gente se va por necesidad, pero siempre tienen la idea de regresar”.

En resumen, citando la entrevista con el/la IC3 en cuanto a los medios de vida actualmente en el municipio de Totonicapán:

„Comercio. Comercio desde varios ángulos. Comercio artesanías. Comercio alfarería. (...) Comercio carpintería. (...) No sé si se puede tomar o no, pero el tema de las remesas, allí tu podrías ver una forma de sobrevivencia de Toto (...) que no se toma en cuenta generalmente. Comercio sastrería. (...) En cambio la agricultura (...) no genera ningún tipo de ingreso, es más, genera pérdidas. Hay otro ingreso, el tema de las actividades socioproductivas. Lamentablemente, no se ha cuantificado mucho, por ejemplo (...) la crianza de aves, la crianza de cerdos, la crianza de vacas. Es muy importante esto. Y genera un ingreso para la

familia. Y otro ingreso que genera para la familia podríamos conocer como el prestar los servicios, la fuerza que uno tiene, ser jornaleros o trabajadores de campo. (...) Mano de obra no calificada remunerada. El tema de la construcción por lo mismo de las remesas, muy fuerte”.

Comparando los medios de vida del municipio de Totonicapán con los demás municipios del departamento, la entrevista con el/la IC1 menciona lo siguiente:

„En el departamento ya hay una variedad más, siempre los servicios son un sector muy importante. (...) Por ejemplo San Francisco el Alto (...), funciona un mercado (...) es el más grande en toda Centroamérica. (...) Entonces, San Francisco el Alto (...) vive mucho de esa actividad comercial. (...) Luego (...) hay algunos municipios en donde todavía la agricultura es importante, los más rurales digamos, como Santa María Chiquimula, como Santa Lucía la Reforma, un poco Momostenango, todavía tiene extensiones importantes de tierra (...). [En] los otros municipios es probable que la agricultura todavía sea bastante importante. (...) En Totonicapán los servicios y la artesanía”.

3.2.3. LOS TIPOS DE PROPIEDAD DE LOS BOSQUES Y SU ADMINISTRACIÓN

Actualmente los regímenes de propiedad forestal en Totonicapán son confusos, porque no existe una terminología congruente y a menudo tampoco títulos legales („este es el problema de la ley en este país, de que no reconocen los terrenos comunales, (...) porque ni nosotros mismos estamos claros” (IC3)). La entrevista con el/la IC3 proporciona un resumen conciso de las cuatro diferentes propiedades forestales relevantes para las comunidades de Totonicapán: Bosques que pertenece a comunidades, a personas privadas, a parcialidades y en caso del bosque comunal municipal a todos los habitantes que integran el municipio.

„En primer lugar hay bosques comunales, hay bosques privados, hay bosques en este caso de parcialidades, y hay un bosque que es compartido, la administración, es un bosque comunal municipal, que es lo de los cuarenta y ocho cantones¹³.

Hablamos de bosques comunales por la sencilla razón de que una determinada población en un territorio definido resulta de que tiene en este caso una determinada cantidad de terreno que tiene bosque y hace muchos años ellos lo han declarado (...) bosque de la comunidad. Y lo que hace caracterizar a un bosque comunal es donde hay nacimientos de agua, es un área en donde en aquellos entonces utilizaban para pastoreo para alimentación de ovejas, en donde extraen la leña, (...) donde existe una importancia cultural, por ejemplo altares Mayas. (...) Entonces en el bosque comunal la comunidad se ha organizado para una buena administración, para un buen manejo, y ellos tienen una organización que se llama Junta Directiva. En algunos lados tienen un nivel de legalidad, esta organización, que son una asociación. (...)

Un bosque particular, pues, son fracciones pequeñas de una cuerda, dos cuerdas, tres, cinco, diez a los más. (...) Entonces, efectivamente estos bosques particulares son compras que hacen la gente a otros vecinos, a otros dueños, o son herencias que los papás dejan poco a poco asignados a sus hijos, y pasa de una generación a otra generación, pero el terreno es cada vez más pequeño. (...)

Ahora, el bosque de la parcialidad desde mi punto de vista tiene una connotación privada. Muchos no lo toman así. [Por ejemplo] resulta que Don Pedro Tax, en los años 1860 tenía una tierra que era setentaicinco hectáreas, es puro bosque. Y Don Pedro Tax dijo ‘bueno, yo soy el dueño de este terreno, por lo tanto declaro, tengo cinco hijos y les digo este terreno jamás se va a repartir, este terreno será de ustedes, de sus hijos, de sus nietos, y de más generaciones’. Entonces es un bosque de setentaicinco hectáreas que hoy en día se llama parcialidad Tax. (...)

¹³ Otro IC por ejemplo usó el término „propiedad colectiva” (IC2) y luego el término „bosques comunes” (IC2) para describir los bosques de las comunidades y parcialidades. Un IC también se refirió a „bosques comunitarios” (IC4) para describir los bosques de las comunidades.

Entonces todos los descendientes de Don Pedro Tax, que son varios, ellos se organizaron, ahora tienen una Junta Directiva. Esta Junta Directiva es el representante de todo esto, y es quien administra el bosque. (...)

Ahora hablamos de un bosque que para mí es municipal comunal. [Otros dirían] es comunal de los cuarenta y ocho cantones. (...) [Para] mi es municipal comunal o comunal municipal. ¿Por qué? Los administradores de esta propiedad son dos instituciones, aunque no lo quieren aceptar así, [la Junta Directiva de los cuarenta y ocho cantones¹⁴ y la municipalidad]. (...) Una sola administrando el bosque, así debería funcionar, pero eso nunca ha funcionado así, por eso siempre hay pugnas, hay luchas de poder. (...) Junta Directiva cuarenta y ocho cantones es lo legítimo, lo original, pero ya la municipalidad es la parte política, la representación del gobierno, pero deberían de trabajar juntos para que de esa manera salgan adelante”.

La entrevista con el/la IC4 complementa que

„en el (...) bosque comunal de Totonicapán, (...) la propiedad es municipal legalmente por los documentos que poseen allí, existen dos formas de administración, porque la municipalidad tiene (...) una oficina forestal municipal que hace actividades dentro del bosque, pero siempre coordinado con la Junta Directiva del grupo llamado cuarenta y ocho cantones; que también ellos administran de alguna forma el bosque, pero más que todo lo hacen en cuanto a la protección. Ellos están organizados a través de los cantones o comunidades que viven alrededor del bosque para poder protegerlo. Entonces la administración es conjunta, municipalidad y cuarenta y ocho cantones”.

¹⁴ La Junta Directiva de los cuarenta y ocho cantones consiste de las cinco juntas directivas del consejo de alcaldes, de los alguaciles de la primera quincena, de los alguaciles de la segunda quincena, de baños, de recursos naturales y medio ambiente (IC3).

El bosque comunal municipal / de los cuarenta y ocho cantones es oficialmente un área natural protegida (ANP) llamado Parque Regional Municipal los Altos de San Miguel Totonicapán, y comprende un extenso bosque de 16404 ha a una altura entre 2400 msnm y 3400 msnm en el este del municipio. El ANP cuenta con una gran cantidad de nacimientos de agua. Hasta el inicio de la guerra civil en los sesentas el bosque había sido conservado y manejado por las comunidades Maya k'iche' que vivían dentro y alrededor del bosque. Sin embargo, los años de la guerra desintegraron el capital social en que se basó el manejo exitoso comunitario. Además hubo un brote de gorgojo (*Dendroctonus spp.*), una plaga forestal común del altiplano. Ambos factores condujeron a la degradación del bosque y la pérdida de 20% de su cobertura dentro de solamente cinco años. Por lo tanto, el bosque fue declarado ANP en 1997 por el Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP) en base de una solicitud de dichas comunidades (Parkswatch, 2003:1, 3, 6, 7, 9, 12; Elías & Wittman, 2004:8; IC4). Sin embargo, debido a los acontecimientos históricos y la interferencia del Estado en el manejo del bosque por parte las comunidades, existe poca confianza y un conflicto latente entre la población local y la municipalidad, es decir un menor capital social que prohíbe el aprovechamiento ilícito del recurso forestal en otros tipos de propiedad (Katz, 2000:129; Elías & Wittman, 2004:2, 5, 9).

Al contrario, los derechos de propiedad en los bosques comunales de las comunidades, las parcialidades o bosques de individuos privados son claros. En caso de los bosques privados, cada propietario dispone libremente de su posesión. En caso de las comunidades y parcialidades, cada una tiene su estructura administrativa y reglamento para el aprovechamiento, uso, cuidado, y la protección de su bosque (IC2 y 5). Estos reglamentos aplican a los miembros de las comunidades y parcialidades, respectivamente. Las parcialidades, es decir las 2000 a 3000 personas que constituyen cada una, a

menudo se organizan en asociaciones con personería jurídica y títulos legales de sus bosques (IC1 y 4). El uso legítimo de los bosques aseguran los guardabosques que, dependiendo de la extensión del bosque, varían en su cantidad y frecuencia de patrullas (IC1, 2 y 5). El cargo de los guardabosques es *ad honorem* por un año, después de lo cual otro miembro de la comunidad o parcialidad ejecuta el oficio (IC4). Infracciones normalmente se multan o sancionan con trabajos comunitarios como la siembra de árboles o el trabajo en el vivero (IC1-3 y 5).

3.2.4. EL APROVECHAMIENTO DEL RECURSO FORESTAL Y SU SOSTENIBILIDAD

Los bosques proveen varios RFNM como la broza, pastos para las ovejas, hongos, plantas medicinales y ornamentales, y la leña (Reyes, 1998:39; IC2-4). La leña destaca como el recurso más importante. Como leña se usan las ramas caídas, árboles secos, caídos o desramados (IC5). La leña y los RFNM se recolectan en menores cantidades, mayormente para el autoabastecimiento de los hogares, por lo cual los pobladores no requieren un permiso para su extracción, siempre cuando aprovechan los recursos de su comunidad, parcialidad, bosque privado o comunal municipal (aunque del bosque comunal municipal solamente las comunidades cercanas suelen aprovecharse) (Elías et al., 2009:9; Helvetas Guatemala, 2010:7; ECODESSA, 2015; IC5).

La extracción de RFM otros que la leña, mayormente madera para la construcción, es poca, restringida, requiere un permiso y a veces incurre un pequeño costo (Reyes, 1998:68; IC1). Generalmente los pobladores de una comunidad o parcialidad tienen el derecho a uno o dos árboles para la construcción, pero no para la venta, y solamente cuando han cumplido sus servicios comunitarios obligatorios (IC5). Se trata de usar árboles muy maduros,

enfermos, secos o muertos para que el aprovechamiento sea lo menos impactante en el bosque (IC4).

El servicio ecosistémico más importante de los bosques es la provisión del agua (IC1). El departamento Totonicapán cuenta con 1.157 nacimientos de agua (Consejo Departamental de Desarrollo del departamento de Totonicapán, 2011:29), los cuales son cada vez más importantes considerando el crecimiento demográfico y el cambio climático (Elías et al., 2009:9). El recurso hídrico también juega un rol importante en la organización social, pues la pertenencia de un hogar a menudo es definida por la comunidad que lo abastece con agua, y quitar el servicio de agua, por ejemplo en caso de que alguien no cumple su servicio comunitario o viola los reglamentos de la comunidad, es una sanción común (IC3 y 5).

Aparte de su propio recurso forestal, el municipio de Totonicapán también consume lo de otros municipios y departamentos, especialmente lo de Santa María Chiquimula, que debido a sus altos niveles de pobreza practica un mayor aprovechamiento del recurso forestal con fines comerciales (IC1-3). En cuanto a la dependencia de los habitantes del municipio de Totonicapán en el recurso forestal de su propio municipio y lo de otros municipios, la entrevista con el/la IC4 destaca:

„Sin contar el agua, creo que no es mucha la dependencia, porque como le decía ellos más se dedican a proteger sus bosques y dependen más de los bosques de otros municipios como Santa María Chiquimula, Santa Lucía la Reforma, que son los que abastecen de leña o madera a Totonicapán. Creo entonces que los habitantes de Totonicapán no dependen directamente de su recurso forestal, porque ellos lo tienen allí protegido, usan el de otro lugar”.

Como demuestra la historia del municipio Totonicapán, el aprovechamiento de su recurso forestal común ha sido mayormente sostenible y no una tragedia como lo describe Hardin (1968:1244). El aprovechamiento sostenible se debe a varias características del sistema socioecológico formado por el recurso forestal y las comunidades del municipio (Ostrom, 2009:421; Ostrom, 2011:12-14, 20-23):

- Las personas que extraen el recurso forestal también se ven afectadas por su sobreexplotación o beneficiados por su conservación (por ejemplo a través de aumentos en el precio y la escasez de la leña);
- los actores se identifican culturalmente con el sistema socioecológico y la montaña forma parte de su cosmovisión Maya;
- los bosques de las comunidades y parcialidades son de un tamaño intermedio, lo cual permite su control;
- los lugareños conocen la productividad y las características de los bosques;
- los pobladores no actúan como el *Homo economicus* de Hardin, sino como „fallible learners“ (Ostrom, 2011:13): Mientras que el *Homo economicus* maximiza su propio beneficio y está completamente informado sobre el estado del recurso, principiantes falibles carecen de la información completa o no se pueden aprovechar de toda la información disponible. Además, principiantes falibles integran el tiempo y los recursos invertidos en relaciones sociales y su credibilidad en el balance de costo-beneficio que obtienen del aprovechamiento legal o ilegal del recurso. El aprovechamiento legal o ilegal así como el aprendizaje de los principiantes falibles son garantizados por las reglas y normas de las comunidades congruentes con el contexto local como por ejemplo:
 - las reglas que restringen el acceso al recurso forestal a las personas que pertenecen a la comunidad, parcialidad o el municipio;
 - las reglas que asignan diferentes cargos a los actores, como por ejemplo el cargo del guardabosque;

- las reglas que delimitan las posibilidades de aprovechamiento, como por ejemplo la prohibición de la tala de árboles;
- las reglas de cumplimiento en forma de los reglamentos de las comunidades y parcialidades que garantizan la sanción de infractores por las autoridades.

A menudo las reglas y el capital social de los sistemas socioecológicas son difícilmente capturadas, como fue el caso en el presente estudio (Ostrom, 2011:21).

Si el aprovechamiento sostenible actual perdurará en el futuro no es cierto, debido a la violación de algunas premisas:

- A nivel del departamento, el municipio de Totonicapán consume el recurso forestal de otros municipios y no se ve afectado directamente por las consecuencias de tal aprovechamiento en forma de una disminución de sus servicios ecosistémicos;
- debido a la transición entre tradición y modernidad la identificación cultural de las personas con los recursos naturales y su conocimiento sobre ellos disminuyen;
- la migración debilita el capital social de la región que es esencial para el cumplimiento de las reglas que regulan el aprovechamiento sostenible del recurso forestal.

3.3. LAS COMUNIDADES DEL ESTUDIO

3.3.1. Nimasac

Nimasac (de Nim = grande, y Saq = campo), fundado en 1722, se ubica a 2495 msnm y tres kilómetros de la cabecera departamental. La aldea tiene una extensión de 6,5 km², consiste de diez caseríos con 649 casas y tuvo una

población de 3872 habitantes en el año 2008 (3760 en el año 2002 (INE, 2003)). 91,4% de las casas son habitadas por una familia (6,5% por dos familias y 2,0% por tres familias) (Mejía, Choxom, Aguilar, & Calijau, 2008:4, 6, 9, gráfico2). En cuanto a la educación, la comunidad cuenta con dos escuelas primarias, un colegio de primaria y nivel básico, un colegio diversificado privado y un centro de educación y formación social. Existe un puesto de salud con enfermeras y dos visitas semanales de un médico (Mejía et al., 2008:4; Alcalde Nimasac, 2016). No hay un mercado en la comunidad y el más cercano se ubica en la cabecera departamental (Alcalde Nimasac, 2016). La asamblea general es el órgano democrático mayor y elige al consejo de autoridades. La base de la organización de la comunidad forma la cooperación, es decir los cincuenta y cuatro comités educativos, escolares, bibliotecarios, de agua, de recursos naturales, de baños, los fontaneros y pregoneros etc. (Alcalde Nimasac, 2016). Respeto al recurso forestal, aproximadamente la mitad de la población tiene bosque privado, y 30% del territorio de la comunidad consiste de bosque. La deforestación toma lugar en las parcelas privadas, con pocos proyectos institucionales de reforestación. Aunque el crecimiento poblacional no perjudica la cobertura boscosa directamente, la expansión de la frontera agrícola sí conduce a una disminución del bosque. El aprovechamiento de los bosques es a través del agua y la leña (Alcalde Nimasac, 2016).

3.3.2. Paquí

La aldea Paquí (Pa = en o entre, y quí = maguey) se ubica en el noroeste del municipio de Totonicapán cerca de los municipios Santa María Chiquimula (en el norte) y San Francisco El Alto (en el oeste) a una altura de 2470 msnm. La comunidad tiene una extensión de 4,5 km², 80% de los cuales constituyen su bosque. Los 20% restantes son de propiedad privada y agrícola, divididos en aproximadamente quince parajes. La comunidad es el lugar de nacimiento del

personaje histórico Atanasio Tzul (Alvarado, 1980:9-10, 12). Durante el censo del año 2002 se registraron 2774 pobladores (INE, 2003). La cabecera municipal está a aproximadamente nueve kilómetros. La comunidad cuenta con tres escuelas primarias y un instituto básico. Para acceder al nivel diversificado los estudiantes tienen que ir a los institutos cerca de o en la cabecera departamental. En cuanto a la salud la comunidad tiene un puesto de salud y dos centros de convergencia. Un médico visita la comunidad una vez a la semana. Los mercados más cercanos se ubican en Totonicapán, San Francisco El Alto o San Cristóbal (Alcalde Paquí, 2016). La comunidad está organizada en catorce comités, varios guardabosques y fontaneros. Existen dos ríos en la comunidad que se descargan en el río Samalá, que desemboca en el océano pacífico (Alvarado, 1980:16). 40% - 45% de los miembros de la comunidad que son inscritas en el registro de la asociación del bosque tienen acceso a la montaña. También existe la parcialidad Tzul, organizada en forma de asociación, que declara derecho sobre el mismo bosque (Alcalde Paquí, 2016). El bosque de la comunidad anteriormente ha sido la parcialidad Tzul (IC3), los principales dirigentes de la cual fueron descendientes del héroe Atanasio Tzul y los treinta a treintaicinco miembros de la cual mayormente llevaron los apellidos Tzul, Batz y Bulux (Alvarado, 1980:49,120). Como lo describe una persona ajena a dicho conflicto, „allí era la parcialidad Tzul, pero hoy en día está en lucha de poder para entender verdaderamente que es. Pero eso va a seguir toda la vida” (IC3). La tala por parte de los miembros de la parcialidad es un problema en la comunidad. Existen proyectos de reforestación en el bosque. El crecimiento poblacional pronunciado no afecta la cobertura forestal y no hay un avance de la frontera agrícola. El aprovechamiento del bosque principalmente se da en forma del agua, la leña y ocasionalmente madera (Alcalde Paquí, 2016).

3.3.3. Barraneché

El terreno de la aldea Barraneché fue adquirido en el año 1882. La comunidad tiene una extensión de 8,84 km² y se ubica a 2400 msnm de altura y a sesentaicinco kilómetros de la cabecera municipal (Tzaj, 2012; CDRO, 2014:3). En 2002 la comunidad contó con 2.469 habitantes (INE, 2003), y había aumentado a 3317 personas y 715 familias en 2012. La comunidad está integrada por dieciséis caseríos, cada uno representado por un consejo (Vice-alcalde Barraneché, 2016). Existen cuatro escuelas primarias y un instituto básico en la comunidad. Para el nivel diversificado los estudiantes tienen que ir a la cercana comunidad Argueta, a Sololá, Totonicapán o Quetzaltenango (Vice-alcalde Barraneché, 2016). La comunidad cuenta con un puesto de salud con dos enfermeras auxiliares (CDRO, 2014:8). La organización de la comunidad comprende seis guardabosques, seis viveristas y tres comités de agua potable. La comunidad cuenta con cuatro ríos y tres nacimientos de agua. Además existe un bosque comunal que representa 60% del territorio (CDRO, 2014:4, 7). Todos los habitantes tienen acceso a dicho bosque y pueden extraer recursos forestales no maderables. El crecimiento poblacional o la frontera agrícola no perjudican al bosque. La comunidad reforesta anualmente (Vice-alcalde Barraneché, 2016).

3.4. LA PERCEPCIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN TOTONICAPÁN

Los informantes claves mayormente percibieron incendios forestales, plagas de gorgojo y sequías como las principales amenazas del cambio climático a nivel del municipio y departamento (IC1-4).

„[La] primera afectación ha sido la destrucción del bosque. El bosque ya no es el mismo, los cambios que han habido de temperatura en el municipio han sido drásticos. Ha afectado sino fuertemente, pero ya ha afectado, toda la producción agrícola, la producción agrícola ya no es la misma, la producción de agua ya no

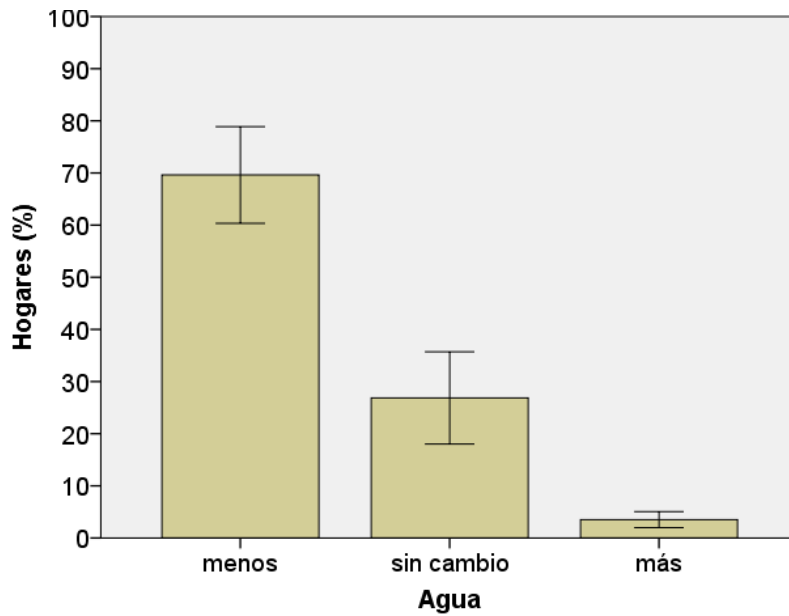
es la misma, ósea ha cambiado sustancialmente el caudal de las fuentes de agua. (...) [Ya] no se puede seguir proporcionando fuentes o nacimientos de agua a los municipios [cercanos] (...). Por ejemplo, al departamento de Quiché se le ha estado negando ya nacimientos de agua, porque ya no hay" (IC2).

En cuanto a los factores que resultan en que el municipio es vulnerable ante el cambio climático se mencionaron con mayor frecuencia la alta densidad demográfica y el crecimiento poblacional (IC1 y 4):

„[Yo] creo que aquí en poco tiempo vamos a tener serios conflictos. Ya tenemos conflictos, con relación al suministro del agua, con relación a población, (...) los recursos naturales cada vez son menos, más contaminados, y la población ha ido en aumento. Las condiciones de vida son graves. Las condiciones de vida en unos cinco o diez años (...) van a ser complicadas y el nivel de conflictividad social va a aumentar" (IC2).

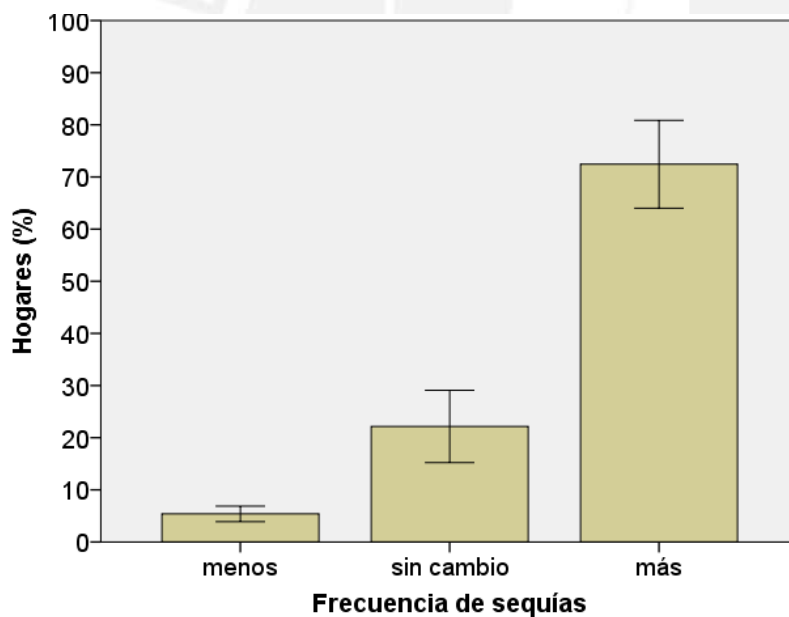
En segundo lugar destaca la falta de educación que resulta en que la población de Totonicapán sea vulnerable ante el cambio climático (IC1, 3 y 4).

La población de las comunidades identificó una disminución en el abastecimiento del agua (CHI-CUADRADO: $x^2=66,417$; d.f.=2; $p<0,001$) (figura 3.3.a), un aumento en la frecuencia de sequías (CHI-CUADRADO: $x^2=72,022$; d.f.=2; $p<0,001$) (figura 3.3.b), un aumento en las temperaturas (figura 3.3.c) y temperaturas más extremas, así como una disminución de la lluvia (figura 3.3.d) como efectos del cambio climático actualmente.



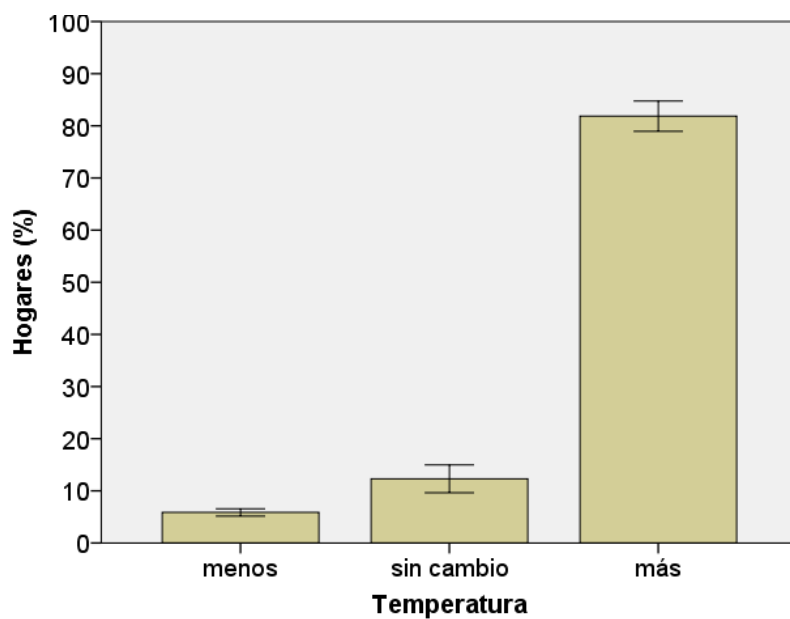
Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.3.a: La percepción de cambios en el abastecimiento del agua. El porcentaje de los hogares de las tres comunidades que (no) percibieron un cambio +/- EEM.



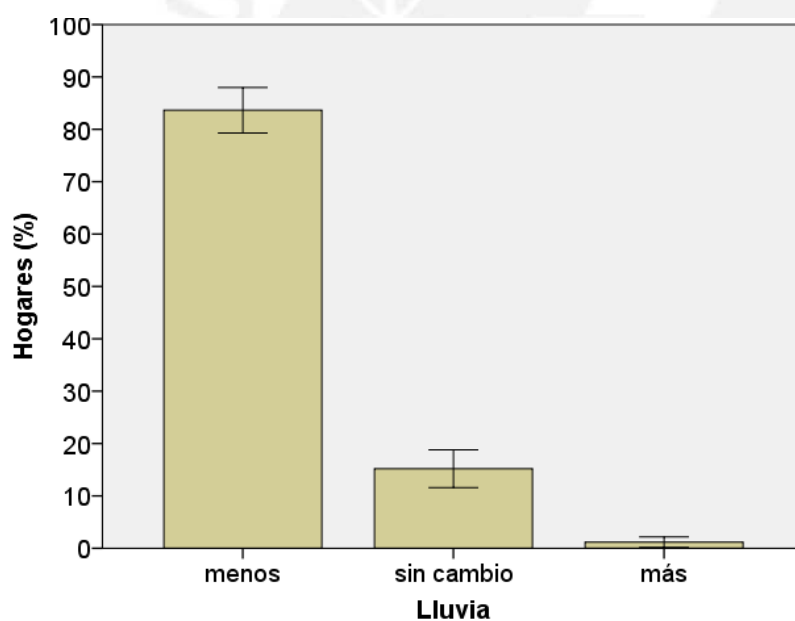
Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.3.b: La percepción de cambios en la frecuencia de sequías. El porcentaje de los hogares de las tres comunidades que (no) percibieron un cambio +/- EEM.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.3.c: La percepción de cambios en la temperatura. El porcentaje de los hogares de las tres comunidades que (no) percibieron un cambio +/- EEM.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.3.d: La percepción de cambios en la lluvia. El porcentaje de los hogares de las tres comunidades que (no) percibieron un cambio +/- EEM.

3.5. LAS IMPLICACIONES PARA LA VULNERABILIDAD DE TOTONICAPÁN

La caracterización de la población de Totonicapán y su vínculo con los bosques resulta en tres importantes implicaciones respecto a la vulnerabilidad del municipio y departamento ante el cambio climático:

1. Totonicapán es un departamento desigual y con altos niveles de pobreza. La desigualdad y pobreza direccionan el aprovechamiento del recurso forestal a escala del departamento (con una mayor explotación del recurso forestal en los municipios más pobres, guiada por la conservación de los bosques en los municipios más afortunados) y a escala de las comunidades (con una tendencia hacia una mayor dependencia en los RFNM por parte de los hogares pobres). Mientras que antes causa y efecto coincidieron geográficamente y los medios de vida artesanales como la carpintería garantizaron el aprovechamiento sostenible de los bosques de las comunidades, la exportación de la huella ecológica hoy en día posiblemente esconda un deterioro neto del ecosistema forestal a nivel de la región. La pobreza en sí misma, así como la mayor explotación del recurso forestal que provoca, incrementan la sensibilidad del sistema socioecológico ante el cambio climático.
2. La capacidad de carga del ecosistema ha sido sobrepasada continuamente desde siglos atrás por el sistema socioprodutivo en forma del pastoreo durante la época colonial, la alta densidad poblacional hoy en día y la explotación agrícola constante. Las consecuencias son una menor calidad de los suelos, la menor disponibilidad de terreno, un avance de la frontera agrícola y de los asentamientos a costo de la cobertura forestal, y un mayor consumo de leña y otros RFNM. Mientras que la presión en el ecosistema aumenta, sus posibilidades de regeneración son cada vez menores. Dicha

situación maximiza la sensibilidad y disminuye la capacidad adaptativa del sistema socioecológico.

3. Totoncapán está en transición. La modernidad y la migración traen consigo una menor identificación de la población con los recursos naturales, su menor comprensión del sistema ecológico, y la erosión del capital social. El conocimiento tradicional del sistema agrícola y de los bosques puede proveer importantes estrategias de adaptación que benefician a la componente social así como natural del sistema socioecológico. Al mismo tiempo existe la necesidad de crear nuevos conocimientos e información sobre el comportamiento de los sistemas ecológicos en el contexto del cambio climático para garantizar un aprovechamiento informado y sostenible. El capital social de la región es indispensable para el cumplimiento de las reglas que garantizan la conservación de los bosques. Una sobreexplotación del recurso forestal incrementaría su sensibilidad y disminuiría su capacidad adaptativa en el contexto del cambio climático.

CAPÍTULO 4

LA SENSIBILIDAD DE LOS HOGARES DE TOTONICAPÁN

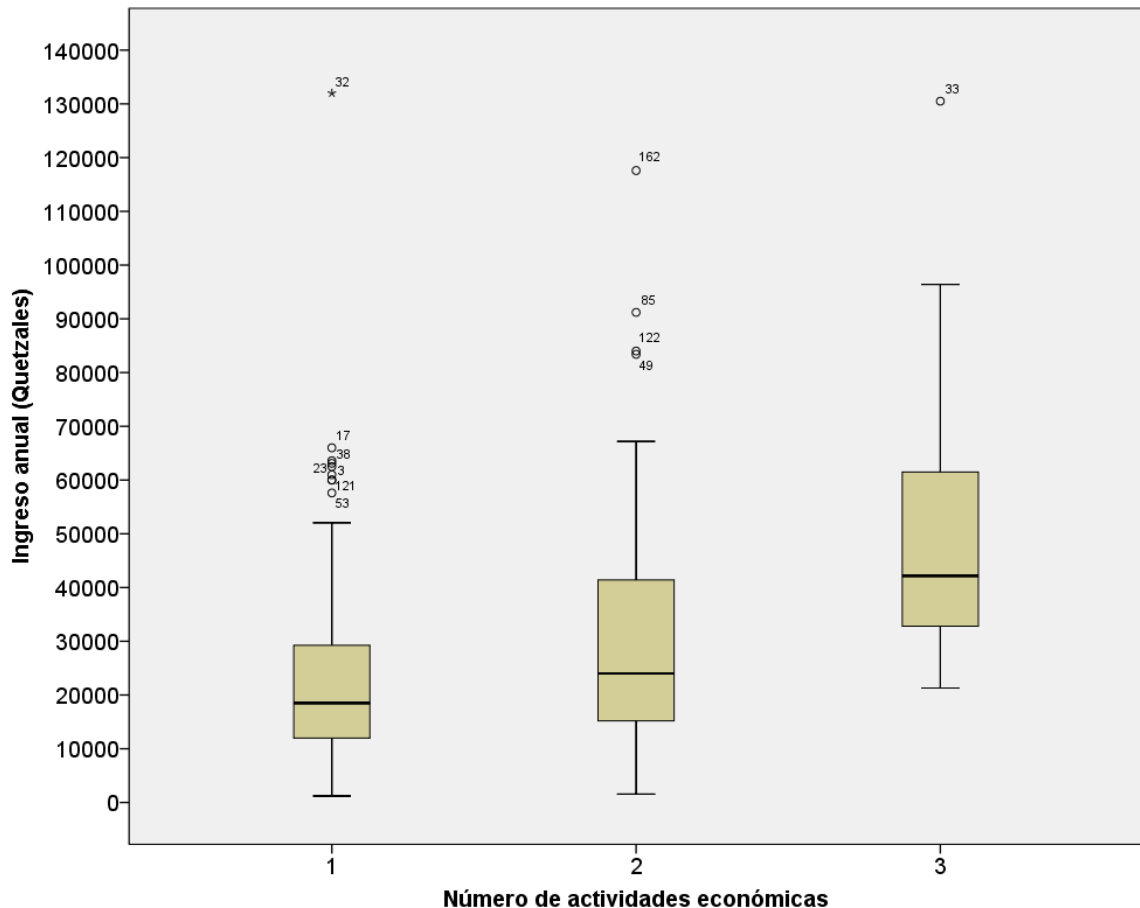
El cuarto capítulo aborda la primera parte del segundo objetivo de la investigación, la evaluación y comparación de la sensibilidad de las tres comunidades a través del análisis singular de los indicadores socioeconómicos. Se categorizaron los indicadores en factores económicos, sociales, de infraestructura y de recursos naturales. El capítulo termina con un resumen y las conclusiones del análisis.

4.1. LOS INDICADORES ECONÓMICOS

4.1.1. LA DIVERSIFICACIÓN DEL INGRESO

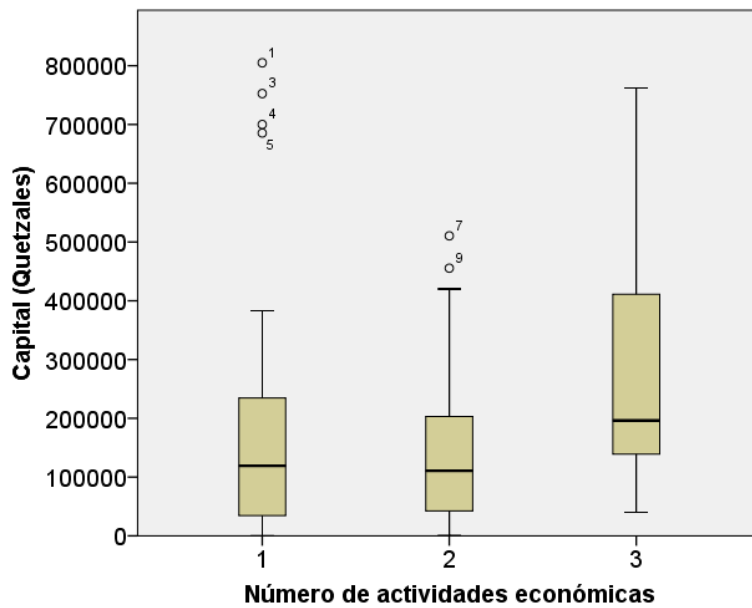
La diversificación del ingreso se refiere a la multitud de trabajos a que se dedican los miembros de un hogar. La diversificación guarda relaciones estadísticamente significativas con otras variables económicas como el ingreso anual y el capital financiero y físico. Mientras que los hogares con una actividad económica ganan en mediana 18500 Quetzales al año y tienen un capital de 119200 Quetzales, hogares con tres actividades económicas reciben en mediana 42180 Quetzales al año y disponen de un capital de 196140 Quetzales, lo cual es significativamente más (MANN-WHITNEY: $p=0,000$; $N=87$; $U=1012$; y MANN-WHITNEY: $p=0,005$; $N=83$; $U=839$, respectivamente) (figuras 4.1.1.a-b). Las medianas del ingreso anual y del capital financiero y físico de los hogares con tres actividades económicas también difieren significativamente de hogares con dos actividades que tienen un ingreso anual de 24000 Quetzales y un capital de 110600 Quetzales (MANN-WHITNEY: $p=0,001$; $N=91$; $U=1003$; y MANN-WHITNEY: $p=0,001$; $N=83$; $U=875$, respectivamente) (figuras 4.1.1.a-b). Una mayor diversificación del ingreso también permite ahorrar dinero a través de un ingreso elevado. Mientras que solamente 14,5% y 16,2% de los hogares con

una y dos actividades económicas, respectivamente, tienen ahorros, dos veces el número de hogares (31,6%) con tres actividades económicas tiene ahorros, lo cual es estadísticamente significativo (CHI-CUADRADO: $\chi^2=8,524$; d.f.=2; $p<0,025$). Los resultados resaltan que especialmente tres actividades económicas conducen a un desempeño económico mejor.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.1.1.a: Mediana del ingreso anual de hogares con diferentes niveles de diversificación de su ingreso. El ingreso de hogares con tres actividades económicas es significativamente más alto que lo de hogares con dos ($p<0,01$) o una ($p<0,001$) actividad económica.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.1.1.b: Mediana del capital financiero y físico de hogares con diferentes niveles de diversificación de su ingreso. El capital de hogares con tres actividades económicas es significativamente más alto que lo de hogares con dos o una actividad económica ($p < 0,01$).

En general se puede apreciar que los hogares a menudo diversifican su ingreso, pero que también existe una especialización en caso de hogares grandes dedicándose a las artesanías como la talabartería y zapatería, los trabajos con textiles y la carpintería, donde casi todos los miembros trabajan lo mismo. Mientras que en Nimasac y Paquí el número medio de oficios es dos, en Barraneché sólo es uno, porque menos mujeres trabajan debido a una división del trabajo tradicional. Existen hogares con ninguna actividad económica (p.e. hogares que subsisten a través del autoconsumo de su producción de maíz), hasta un hogar con cuatro y uno con cinco actividades. Los resultados concuerdan con que Nimasac y Paquí tienen más ahorros que Barraneché, y que Nimasac tiene el mayor capital financiero y físico de las tres comunidades. Sin embargo, Barraneché es la comunidad con el mayor ingreso anual y Paquí dispone del menor capital. Eso subraya que el número de actividades económicas solamente es un determinante del ingreso, capital y de los ahorros

en hogares con tres actividades económicas. El ingreso, capital y los ahorros de los hogares se abordan en su respectivo capítulo sobre la capacidad adaptativa.

Los trabajos tradicionales en las artesanías y el campo¹⁵ emplean a la mitad de las personas (figura 4.1.1.c). El sector textiles (amarar hilo, confección, costurera, tejeduría, sastrería; tabla 4.1.1.a) emplea a casi un cuarto de la población económicamente activa, especialmente en Paquí (n=99), donde un porcentaje de significación estadística mayor a las demás comunidades se dedica al trabajo en este sector (CHI-CUADRADO: $x^2=28,59$; d.f.=2; $p<0,001$). El segundo sector más importante es la carpintería, incluso la fabricación del instrumento típico la marimba, cual frecuencia predomina significativamente como actividad económica en Barraneché (n=85) (CHI-CUADRADO: $x^2=36,49$; d.f.=2; $p<0,001$). Las especialidad de Nimasac (n=101) es la talabartería y zapatería, que solo se encontraron allá (CHI-CUADRADO: $x^2=31,68$; d.f.=2; $p<0,001$). Nimasac también tiene un mayor número de personas trabajando en el sector transporte y el comercio, debido a su cercanía a la cabecera departamental.

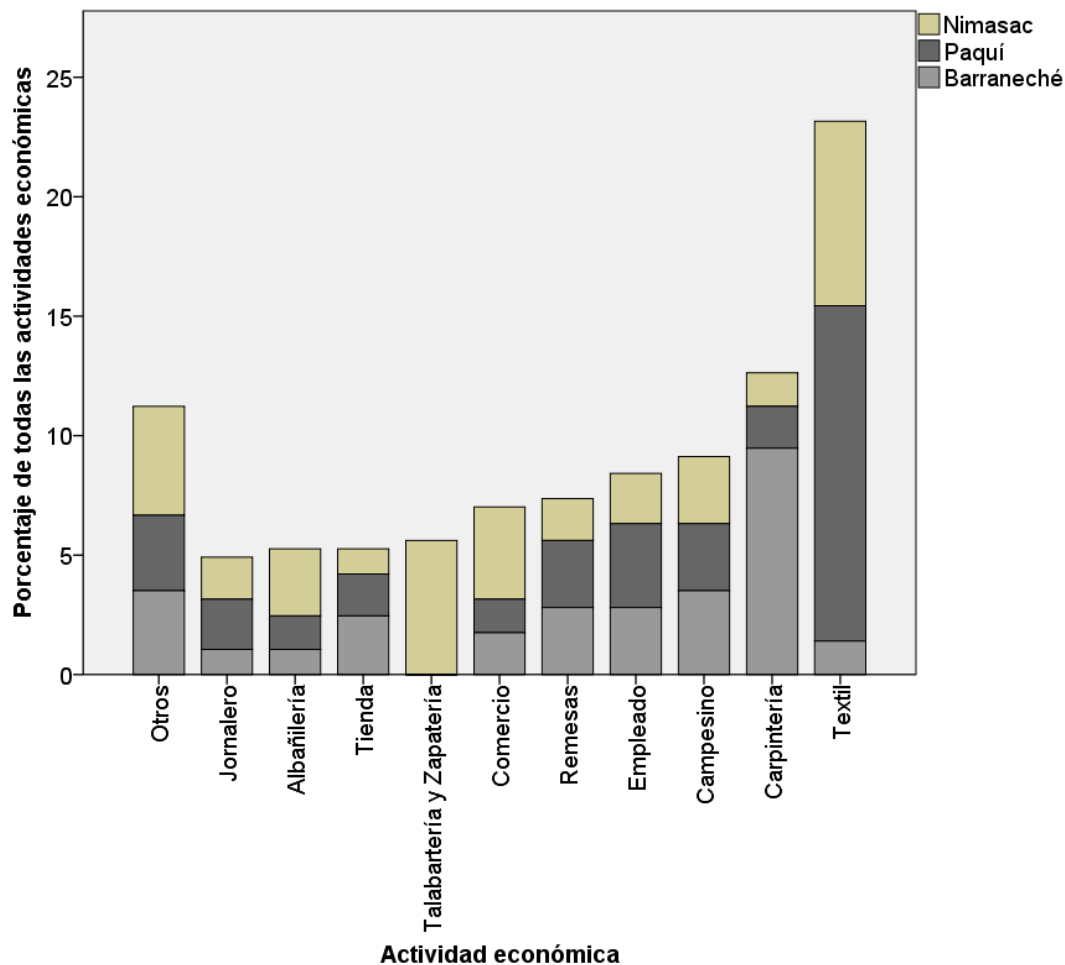
Tabla 4.1.1.a: Desglose de las actividades económicas categorizadas como textiles, empleado y otros, y el número de personas empleadas en las tres categorías.

Actividad económica	Ocupaciones	No. de personas
Textiles	Amarar hilo	7
	Confección (camisetas, playeras)	7
	Costurera	10
	Tejeduría	17
	Sastrería	25
	Total	66

¹⁵ Los campesinos trabajan en la producción agrícola de otra persona. Los jornaleros se dedican a cualquier trabajo remunerado, incluso lo de los campesinos.

Empleado	Camarero	1	
	Capacitador	1	
	Empleado en construcción	1	
	Experto en contabilidad	1	
	Coordinadora técnica	1	
	Madre cuidadora	1	
	Mozo	1	
	Perito contador	1	
	Empleado en Walmart	1	
	Empleado en un banco	2	
	Agente de seguridad	2	
	Enfermera	2	
	Maestro	6	
		Total	21
Otros	Abogado	1	
	Carnicería	1	
	Electricista	1	
	Ferretería	1	
	Pensión	1	
	Reciclador	1	
	Cosmética	2	
	Mecánico	2	
	Música	2	
	Panadería	2	
	Producción de velas	2	
	Agricultores	4	
	Reciben dinero de hijos	4	
	Transporte (taxista, chofer, empresa de microbuses)	8 (5 de ellos en Nimasac)	
		Total	32

Fuete: Elaboración propia.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.1.1.c: Prevalencia de las diferentes actividades económicas en los hogares de las tres comunidades. En Paquí predomina el sector textiles, en Barraneché la carpintería y en Nimasac la talabartería y zapatería.

Así que una mayor proporción (23,7%) estadísticamente significativa de los hogares de Nimasac vende algún producto en los mercados en comparación con las otras dos comunidades (ca. 10%) (CHI-CUADRADO: $\chi^2=8,229$; d.f.=2; $p<0,025$). Cabe destacar que la proporción de personas dedicándose al comercio, que es típico de la región, hoy en día es menor a la de hogares recibiendo remesas de familiares en los EEUU o la del empleo formal. Existen estimaciones de que hasta 20% de la población del departamento de Totonicapán vive de las remesas familiares (Consejo Departamental de Desarrollo del departamento de Totonicapán, 2011:33-34). Respeto a la agricultura, solamente se registraron cuatro agricultores (dos comerciales y dos que subsisten exclusivamente a

través del autoconsumo de su producción), subrayando la predominancia del autoconsumo y no la venta de la producción agrícola en la región.

Los resultados concuerdan aquellos del censo de 2012 de Barraneché, donde 30,0% de los padres de familia fueron carpinteros. Sin embargo, un mayor porcentaje aún se dedicó a la agricultura (35,6%). Los demás padres de familia trabajaron como comerciantes (13,4%), albañiles (6,0%), maestros (1,8%), jornaleros (1,4%) o trabajos domésticos (11,9%) (Tzaj, 2012:cuadro2). Según otro informe de la comunidad, 27,0% de las familias son agricultores, 24,3% carpinteros, 13,5% comerciantes, 9,7% reciben remesas y solamente 2,7% trabajan en el sector textil (CDRO, 2014:10).

En caso de Nimasac, un estudio de 2008 que distingue entre los oficios de los hombres y mujeres señala que 18,6% de los padres de familia trabajan en la albañilería, 15,6% en el sector textil, 11,4% como comerciantes, 10,8% en la agricultura y 8,6% en la talabartería. En caso de las madres de familia, 50,4% son amas de casa, 17,4% trabajan en el sector textil y 9,0% como comerciantes (Mejía et al., 2008:gráfico13-14).

En cuanto a la vulnerabilidad ante el cambio climático la predominancia de la carpintería en Barraneché es preocupante. Esta actividad económica depende directamente del recurso forestal. La deforestación contribuye a la emisión de gases de efecto invernadero de los suelos, prohíbe la secuestro de carbono por parte de los bosques y exagera efectos del cambio climático como las sequías. Mientras que crecientes niveles de gases de efecto invernadero indudablemente afectarán a Barraneché, es debatible si se verá directamente afectado por la disminución en los servicios ecosistémicos debido a la deforestación: el recurso forestal de las tres comunidades, en forma de madera para la carpintería y leña para cocinar, no proviene del municipio de Totonicapán sino de otros municipios y departamentos cercanos y más pobres.

Sin embargo, es posible que las actividades basadas en el recurso forestal sean menos rentables en el futuro debido a un aumento en el precio de la madera. En combinación con el hecho de que los hogares en Barraneché no diversifican su ingreso, estas circunstancias pueden causar una mayor sensibilidad ante el cambio climático en Barraneché.

4.1.2. LA PRECARIEDAD DEL INGRESO

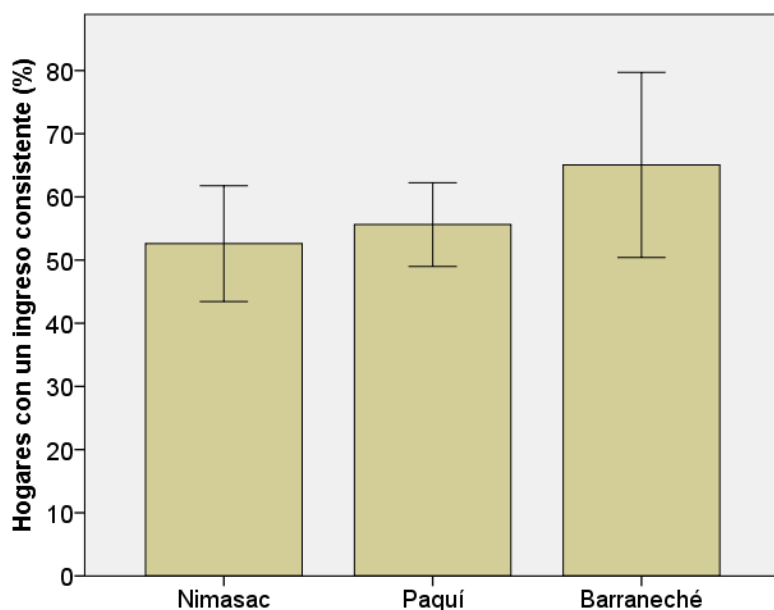
La precariedad del ingreso denomina la inconsistencia del ingreso en los doce meses del año. Especialmente los ingresos en base de las artesanías y el comercio son precarios, porque las ventas se ven afectadas por la semana santa, la feria del pueblo y la navidad. Los ingresos de los trabajadores del sector agrícola (agricultores comerciales, campesinos y jornaleros) varían según el ciclo productivo del maíz. La precariedad del ingreso no correlaciona con ninguna otra variable (tabla 4.1.2.a).

Tabla 4.1.2.a: Correlaciones entre los indicadores y su significación estadística (Spearman two-tailed).

		Precariedad	Ingreso anual	Edad JDH	Educación JDH	Dependencia	Capital	Bilingüismo	Analfabetismo	Escolaridad	Edades extremas	Dependencia RRF	Dependencia RRAAPP
Precariedad del ingreso	r	1,000	0,026	-0,116	0,106	-0,125	-0,065	0,054	-0,121	0,093	-0,127	0,134	0,021
	p		0,744	0,145	0,187	0,123	0,440	0,497	0,127	0,240	0,108	0,099	0,804
Ingreso anual	r	0,026	1,000	-0,087	0,240	-0,007	0,296	0,079	-0,216	0,352	-0,154	-0,437	-0,174
	p	0,744		0,274	0,002	0,932	0,000	0,321	0,006	0,000	0,050	0,000	0,034
Edad del jefe de hogar	r	-0,116	-0,087	1,000	-0,509	-0,167	-0,053	-0,138	0,515	-0,396	0,086	0,255	0,386
	p	0,145	0,274		0,000	0,039	0,526	0,080	0,000	0,000	0,273	0,001	0,000
Educación del jefe de hogar	r	0,106	0,240	-0,509	1,000	0,093	0,180	0,156	-0,574	0,718	-0,001	-0,302	-0,246
	p	0,187	0,002	0,000		0,250	0,028	0,047	0,000	0,000	0,994	0,000	0,003
Dependencia	r	-0,125	-0,007	-0,167	0,093	1,000	0,031	-0,086	0,068	-0,047	0,248	-0,075	0,126
	p	0,123	0,932	0,039	0,250		0,718	0,288	0,397	0,562	0,002	0,367	0,135
Capital financiero y físico	r	-0,065	0,296	-0,053	0,180	0,031	1,000	0,179	-0,126	0,208	-0,055	-0,146	-0,014
	p	0,440	0,000	0,526	0,028	0,718		0,028	0,126	0,010	0,500	0,083	0,875
Bilingüismo	r	0,054	0,079	-0,138	0,156	-0,086	0,179	1,000	-0,126	0,095	-0,308	-0,127	-0,108
	p	0,497	0,321	0,080	0,047	0,288	0,028		0,105	0,222	0,000	0,114	0,189
Analfabetismo	r	-0,121	-0,216	0,515	-0,574	0,068	-0,126	-0,126	1,000	-0,673	0,220	0,249	0,335
	p	0,127	0,006	0,000	0,000	0,397	0,126	0,105		0,000	0,004	0,002	0,000
Escolaridad del hogar	r	0,093	0,352	-0,396	0,718	-0,047	0,208	0,095	-0,673	1,000	-0,148	-0,352	-0,388
	p	0,240	0,000	0,000	0,000	0,562	0,010	0,222	0,000		0,056	0,000	0,000
Edades extremas	r	-0,127	-0,154	0,086	-0,001	0,248	-0,055	-0,308	0,220	-0,148	1,000	0,013	0,077
	p	0,108	0,050	0,273	0,994	0,002	0,500	0,000	0,004	0,056		0,875	0,351
Dependencia en el recurso forestal	r	0,134	-0,437	0,255	-0,302	-0,075	-0,146	-0,127	0,249	-0,352	0,013	1,000	0,172
	p	0,099	0,000	0,001	0,000	0,367	0,083	0,114	0,002	0,000	0,875		0,040
Dependencia en el recurso agropecuario	r	0,021	-0,174	0,386	-0,246	0,126	-0,014	-0,108	0,335	-0,388	0,077	0,172	1,000
	p	0,804	0,034	0,000	0,003	0,135	0,875	0,189	0,000	0,000	0,351	0,040	

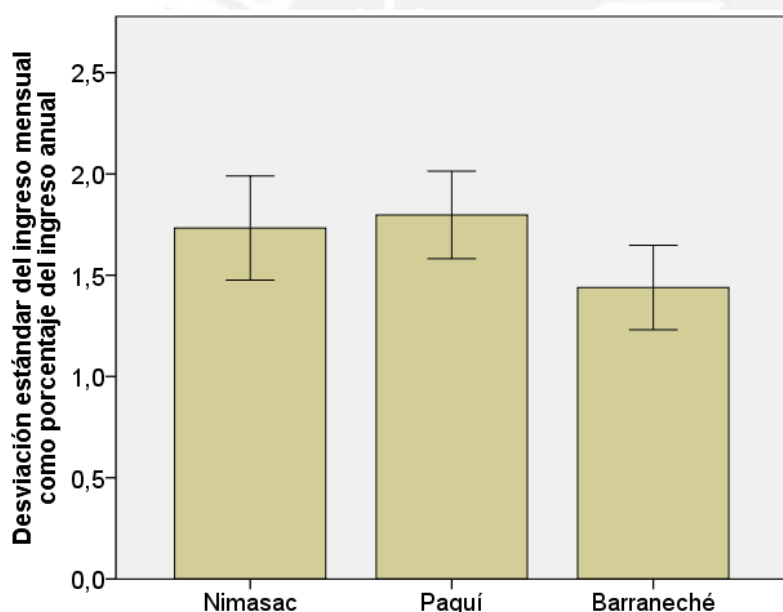
Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a todas las actividades económicas registradas (Nimasac n=97; Paquí n=96; Barraneché n=83), 73% de ellas brindan un ingreso anual consistente sin diferencias significativas entre las comunidades. Aunque el ingreso de una actividad económica sea inconsistente, en conjunto con otra actividad económica el ingreso a nivel del hogar puede ser consistente (por ejemplo en caso de campesinos que se dedican a otras actividades durante la temporada baja). De los hogares analizados (Nimasac n=53; Paquí n=56; Barraneché n=51), 57% tienen un ingreso anual consistente sin diferencias significativas entre las tres comunidades (figura 4.1.2.a). Sin embargo, existe la tendencia de que más hogares en Barraneché (62,7% de los hogares) que en Paquí (55,4%) o Nimasac (52,8%) tienen ingresos consistentes. La magnitud de la precariedad del ingreso a nivel del hogar concuerda con esta observación y demuestra que los ingresos inconsistentes de Barraneché son menos precarios, aunque el resultado no es estadísticamente significativo (figura 4.1.2.b). En conclusión, actualmente los hogares de Barraneché tienen un ingreso menos diversificado y por lo tanto más consistente. Sin embargo, la deforestación continúa de la región y cambios en los precios de la madera, así como la adopción de múltiples trabajos por la misma razón, pueden aumentar la precariedad del ingreso de las actividades económicas y de los hogares de Barraneché en el futuro.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.1.2.a: Frecuencia de hogares con un ingreso consistente a través del año +/- EEM.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.1.2.b: Promedios de la desviación estándar de los doce ingresos mensuales inconsistentes expresados como porcentajes del ingreso anual +/- EEM.

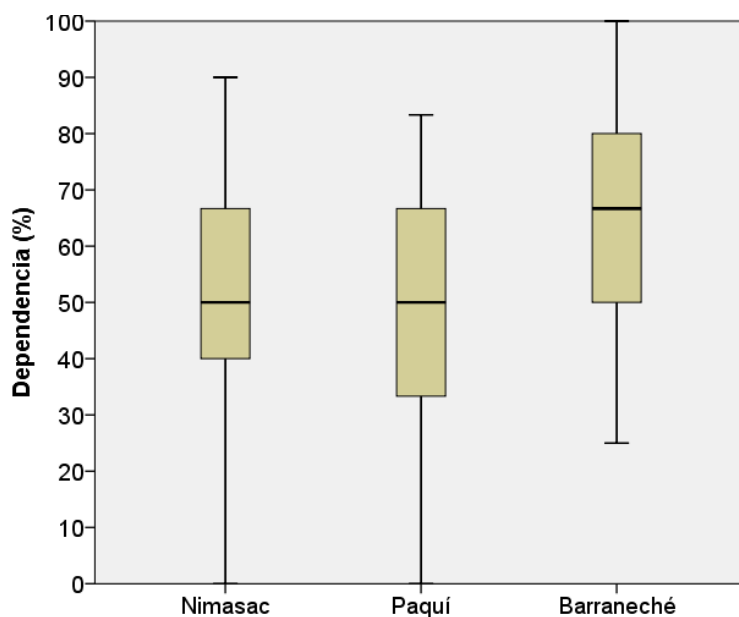
4.1.3. EL DESEMPLEO

En Nimasac (n=59), algún miembro de cada quinto hogar es o ha sido desempleado, a diferencia estadísticamente significativa de Paquí (n=56) y Barraneché (n=51), donde 8,9% y 3,9%, respectivamente, de los hogares son

afectados (CHI-CUADRADO: $\chi^2=12,779$; d.f.=2; $p<0,01$). En general, el desempleo afecta a pocas personas jóvenes sobrecalificadas que buscan un trabajo que corresponde a su nivel de educación. Sin embargo, el desempleo no está causado por el nivel de educación, pues los hogares de Nimasac tienen una menor escolaridad que Paquí (abordada en el capítulo de la capacidad adaptativa). Más bien Nimasac se ubica con mayor cercanía a la cabecera departamental, la cual lo posiciona entre tradición y modernidad en cuanto a los medios de vida y las aspiraciones de sus pobladores.

4.1.4. LA DEPENDENCIA

La dependencia describe el porcentaje de miembros del hogar no trabajando y por ende dependientes del ingreso provisto por los miembros económicamente activos. Se asume que una mayor dependencia conduce a una mayor sensibilidad económica ante los efectos del cambio climático. La mediana de la dependencia en Barraneché es significativamente mayor a la de Nimasac (MANN-WHITNEY: $p=0,002$; $N=103$; $U=1792$) y la de Paquí (MANN-WHITNEY: $p=0,000$; $N=101$; $U=1840,5$) (figura 4.1.4.a). Mientras que en Nimasac y Paquí la mitad de los miembros del hogar trabaja, en Barraneché solamente es un tercio, lo cual es la causa de la menor diversificación del ingreso en esa comunidad. La mayor dependencia en Barraneché se debe a que solamente 21,5% de las mujeres con dieciseis años o más de edad ($n=79$) trabajan, mientras que son 47,0% en Nimasac ($n=117$) y 51,0% en Paquí ($n=102$), un resultado estadísticamente significativo (CHI-CUADRADO: $\chi^2=12,858$; d.f.=2; $p<0,01$). Aunque Barraneché cuenta con la mayor dependencia, el ingreso anual de sus hogares es el mayor en comparación con las demás comunidades, indicando que las actividades económicas llevadas a cabo en Barraneché, como la carpintería, son altamente rentables.



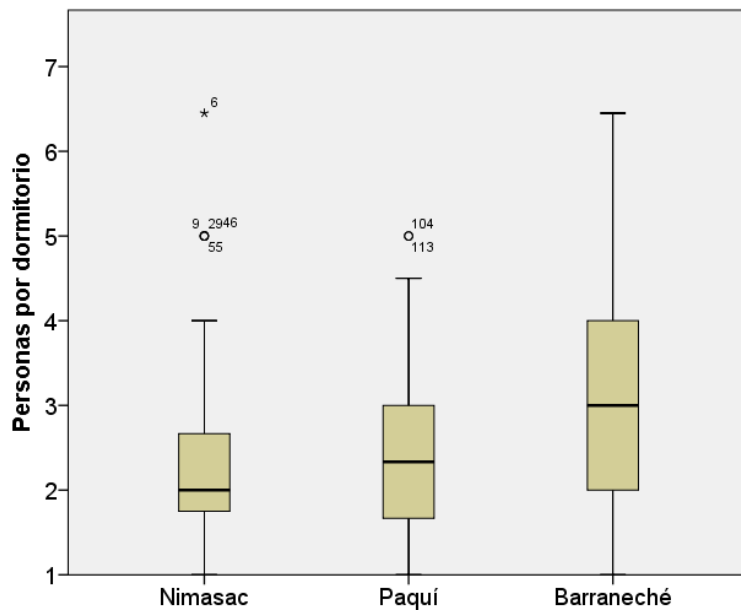
Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.1.4.a: Las medianas de la dependencia de los hogares en las tres comunidades. La dependencia de Barraneché es significativamente más alta que la de Nimasac ($p < 0,01$) y la de Paquí ($p < 0,001$).

4.1.5. EL HACINAMIENTO

El hacinamiento es un indicador comúnmente usado como sustitutivo del bienestar económico de un hogar. En 2002 en promedio 3,4 personas durmieron en un dormitorio en el departamento Totonicapán, y 3,1 personas por dormitorio a nivel del municipio Totonicapán (INE, 2003:cuadro2). En 2011, la mitad de los hogares del departamento Totonicapán fueron hacinados (INE, cuadro11).

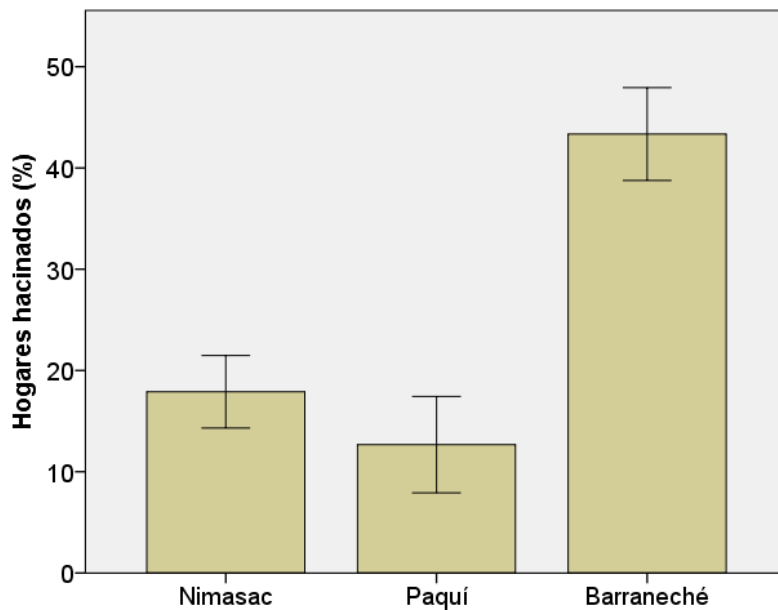
Comparando las tres comunidades, la mediana del número de personas durmiendo en un dormitorio es significativamente mayor en Barraneché que en Nimasac (MANN-WHITNEY: $p = 0,010$; $N = 109$; $U = 1893$) y en Paquí (MANN-WHITNEY: $p = 0,016$; $N = 107$; $U = 1810$) (figura 4.1.5.a). En Barraneché comúnmente tres personas duermen en un dormitorio, mientras que en Nimasac solamente dos.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.1.5.a: Medianas del hacinamiento expresado como el promedio de personas durmiendo en un dormitorio en las tres comunidades. Barraneché tiene hogares significativamente más hacinados que los de Paquí o Nimasac ($p < 0,05$).

Un análisis de la frecuencia de hogares donde duermen más que tres personas en un dormitorio replica esos resultados: En Barraneché 42,0% de los hogares son hacinados, al contrario a Nimasac y Paquí donde solamente 17,9% y 17,5%, respectivamente, lo son, lo cual es una diferencia estadísticamente significativa (CHI-CUADRADO: $\chi^2 = 15,259$; d.f.=2; $p < 0,001$) (figura 4.1.5.b).



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.1.5.b: Frecuencias de hogares hacinados (con más que tres personas durmiendo en un dormitorio) +/- EEM.

Los resultados sugieren que más personas componen un hogar en Barraneché, o que sus hogares son más pequeños. Sin embargo, en mediana cinco personas viven en un hogar en cada una de las tres comunidades. En cuanto al tamaño del hogar, Barraneché cuenta con la fracción más grande de hogares modernos construidos en base de block (27,5%), y es la comunidad con el mayor ingreso anual. Por lo tanto, el hacinamiento se debe a factores culturales en lugar de económicos y no se recomienda su uso como indicador sustitutivo de la prosperidad de los hogares en Totonicapán. Barraneché es la comunidad más rural de las tres comunidades del estudio, y la comunidad con la mayor prevalencia de una división del trabajo en base del sexo de los miembros del hogar. Estas características tradicionales de Barraneché sugieren que también el hacinamiento de sus hogares se debe a la costumbre de que los miembros del hogar duermen juntos, en lugar de factores económicos.

4.1.6. LA SUFICIENCIA DEL INGRESO

Se pidió a los hogares opinar subjetivamente sobre la suficiencia de su ingreso. Un tercio de los hogares de las tres comunidades percibe su ingreso como suficiente, desde 30,5% de los hogares en Nimasac (n=59) hasta 35,7% de los hogares en Paquí (n=51), sin diferencias significativas en las proporciones entre las tres comunidades (figura 4.1.6.a). Los hogares con un ingreso suficiente obtienen un ingreso anual en mediana 7000 Quetzales mayor a los hogares que lo declaran insuficiente (KRUSKAL-WALLIS: $p=0,012$; $N=161$; $\chi^2=6,315$) y significativamente menos frecuentemente gastan todo su ingreso (CHI-CUADRADO: $\chi^2=8,211$; d.f.=1; $p<0,01$).

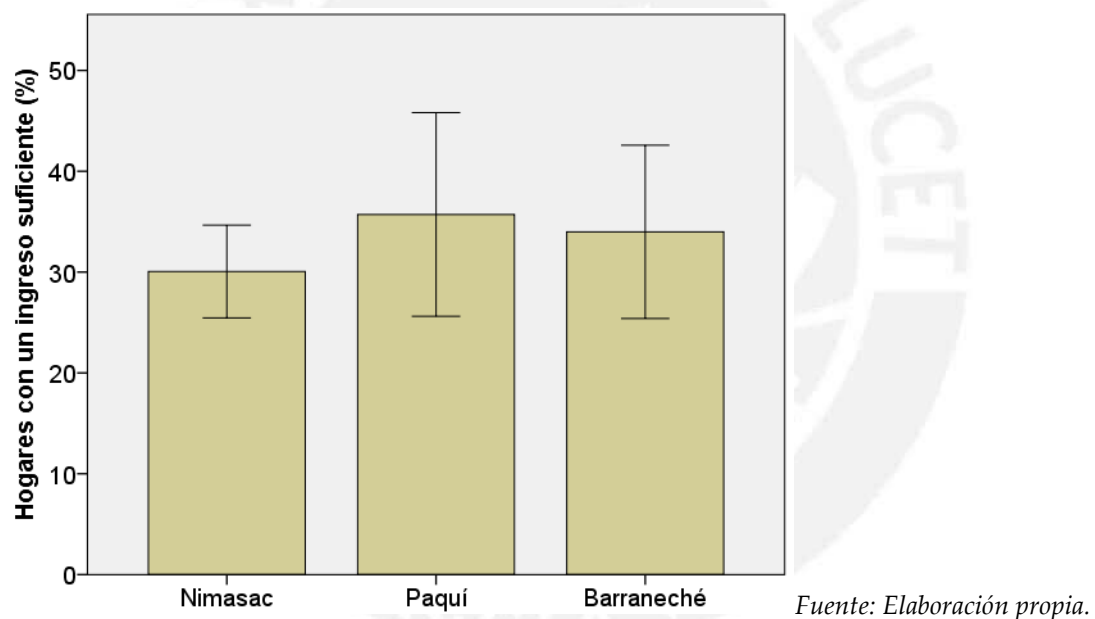


Figura 4.1.6.a: Frecuencias de hogares que declaran su ingreso como suficiente en las tres comunidades +/- EEM.

El ingreso anual de hogares en Barraneché es significativamente mayor a lo de hogares en Nimasac, y en Barraneché más frecuentemente sobra algo del ingreso. Sin embargo, un porcentaje parecido de hogares en ambas comunidades considera su ingreso como suficiente. Por lo tanto, hay factores latentes aparte del ingreso anual y de la liquidez financiera que determinan la

suficiencia del ingreso, los cuales no han sido detectados en el análisis estadístico. Estos factores latentes pueden incluir a la modestia de las personas en declarar su ingreso como suficiente, y las aspiraciones de las comunidades en mejorar su condición económica.

4.2. LOS INDICADORES DE LA INFRAESTRUCTURA

4.2.1. LOS FUENTES DE ENERGÍA

Más que 98% de los hogares cuentan con electricidad. Para cocinar, la fuente predominante de energía es la leña, usada por 94,0% de los hogares (n=166) sin diferencias significativas en las frecuencias de su uso entre las tres comunidades. Los hogares que no usan leña usan solamente gas. Comparando las comunidades, no existen diferencias significativas en la frecuencia del uso de gas (figura 4.2.1.a). Sin embargo, se puede distinguir que en Barraneché (n=50) el uso de gas es lo menos común (37,3% de los hogares) en comparación con Nimasac (n=60; 46,7% de los hogares) y Paquí (n=57; 50,9%), donde alrededor de la mitad de los hogares tiene una fuente alternativa de energía. El censo de 2012 de Barraneché estima el uso de gas tan infrecuente como solamente 3,3% de las viviendas (Tzaj, 2012:cuadro25). En 2002 el gas prevaleció en 9,9% de las cocinas del departamento de Totonicapán y en 16,4% de las cocinas del municipio de Totonicapán, por lo cual el diagnóstico del puesto de salud probablemente ha sido equivocado (INE, 2003:cuadroB4). En Paquí algunos hogares trabajando en el sector textil usan restos de tela como un combustible adicional. En Barraneché muchos hogares complementan la leña con asserín (viruta) de las numerosas carpinterías de su comunidad, posiblemente por lo cual un menor porcentaje de hogares usa gas. Es poco probable que factores económicos sean responsables de la baja prevalencia del gas en Barraneché, porque es la comunidad con el mayor ingreso anual. Parte

de la diversificación energética también arraiga en base de patrones culturales entre la tradición y modernidad, pues Barraneché es la comunidad que más abastece su consumo de leña todavía con el recurso forestal de su propia montaña.

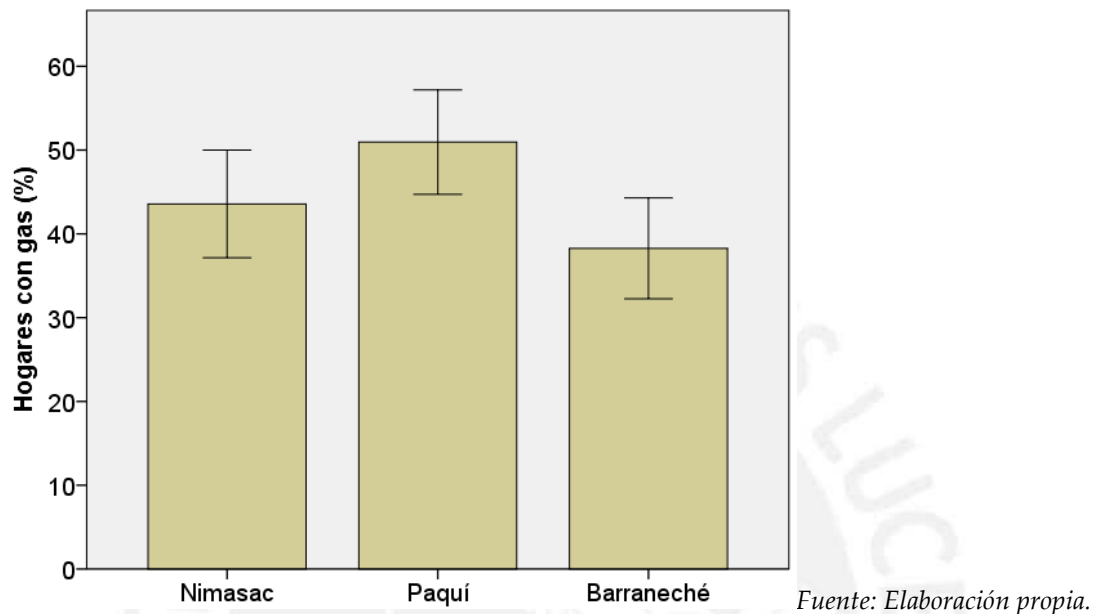


Figura 4.2.1.a: Frecuencias de hogares con gas en las tres comunidades +/- EEM.

La mayoría de la leña no proviene del municipio de Totonicapán sino de otros municipios cercanos y por lo tanto su uso en Nimasac, Paquí y Barraneché no conduce a una disminución de servicios ecosistémicos de que se benefician estas comunidades directamente. Sin embargo, la deforestación y quema de madera contribuyen al avance del cambio climático, y eso en mayor grado que lo hace la quema de gas, que conserva los bosques y es más energéticamente eficiente.

En caso de hogares que recogen leña, el uso de gas además ahorra tiempo. En este respecto un informante clave mencionó que

„hay una corriente que existe en donde las mujeres se están empleando más desde un punto de vista de horario más formal, en cambio antes no, entonces

daba más chance, daba más oportunidad para que se queden en casa y busquen su leña y dependamos de la leña. En cambio ahora ya no” (IC3).

Sin embargo significa un gasto familiar adicional, lo cual puede ser compensado por el mayor empleo. Los hogares con gas más frecuentemente tienen un ingreso suficiente (CHI-CUADRADO: $x^2=4,452$; d.f.=1; $p<0,05$), tienen un ingreso anual en mediana 1200 Quetzales mayor (KRUSKAL-WALLIS: $p=0,023$; $N=161$; $x^2=5,137$) y un capital financiero en mediana 63175 Quetzales mayor (KRUSKAL-WALLIS: $p=0,001$; $N=151$; $x^2=10,084$) a lo de hogares sin gas (figuras 4.2.1.b-c). Lógicamente, los hogares con gas dependen significativamente menos en el recurso forestal, que constituye solamente 7,0% del ingreso anual en lugar de 14,2% como es el caso en hogares sin gas (KRUSKAL-WALLIS: $p=0,001$; $N=158$; $x^2=10,174$) (figura 4.2.1.d).

Hogares con gas además tienen un jefe de hogar en mediana nueve años más joven y dos años y medio más educado (KRUSKAL-WALLIS: $p=0,012$; $N=164$; $x^2=6,280$ y KRUSKAL-WALLIS: $p=0,000$; $N=164$; $x^2=15,416$) (figuras 4.2.1.e-f). Un jefe de hogar más joven y menos tradicional más probablemente diversifique sus fuentes energéticas, y un jefe de hogar con una mayor educación más probablemente tenga el recurso financiero para hacerlo.

Del punto de vista de la salud, la combustión de gas es mucho más limpia que la de la leña, el humo de la cual puede causar enfermedades respiratorias. En caso de eventos hidrometeorológicos extremos puede ser conveniente contar con ambas fuentes de energía¹⁶: lluvias extremas mojan la leña e impiden su

¹⁶ „Te voy a contar una experiencia que tuvimos en el año 2004 si no estoy mal, o 2002. Cuando precisamente paso el Agatha. El Agatha fue un huracán que paso en Guatemala. Y uno de los municipios que pareciera más inseguros o de alta vulnerabilidad es Totonicapán. Pero resulta que no. Totonicapán, la capacidad de resiliencia de la población de Totonicapán fue extraordinaria. Llovía día tras día. ¿La gente, que hicieron? Fueron a cortar su leña para la fuente energía y lo colgaron en su cocina para secarlo. Y tuvieron lo necesario para mantenerse. Pero uno de los departamentos que fue más afectado es Quetzaltenango. Ellos no lograron buscar una alternativa para la generación de combustible de energía, ellos dependían del gas. Entonces aquí el gas subió hasta el doble de precio, y ya no había. Entonces mucha gente sufrieron de Quetzaltenango por la falta en este caso de este tipo de recurso que es para la generación de energía, para la preparación de alimentos. Toto tranquilo. (...) Había mucha lluvia. Y como efecto de la gran cantidad de agua que cayó destruyó muchos puentes, destruyó muchos puntos en las

combustión, lo cual hace necesario tener gas. Por el otro lado, deslizamientos bloqueando las carreteras impiden el suministro de gas, lo cual exige disponer de una fuente de energía autónoma como la es la leña. Sin embargo, para el uso diario se puede establecer que el gas es la fuente de energía preferida.

La posesión de gas coincide con la posesión de otro aspecto de la infraestructura, el drenaje (CHI-CUADRADO: $\chi^2=14,529$; d.f.=1; $p<0,001$).

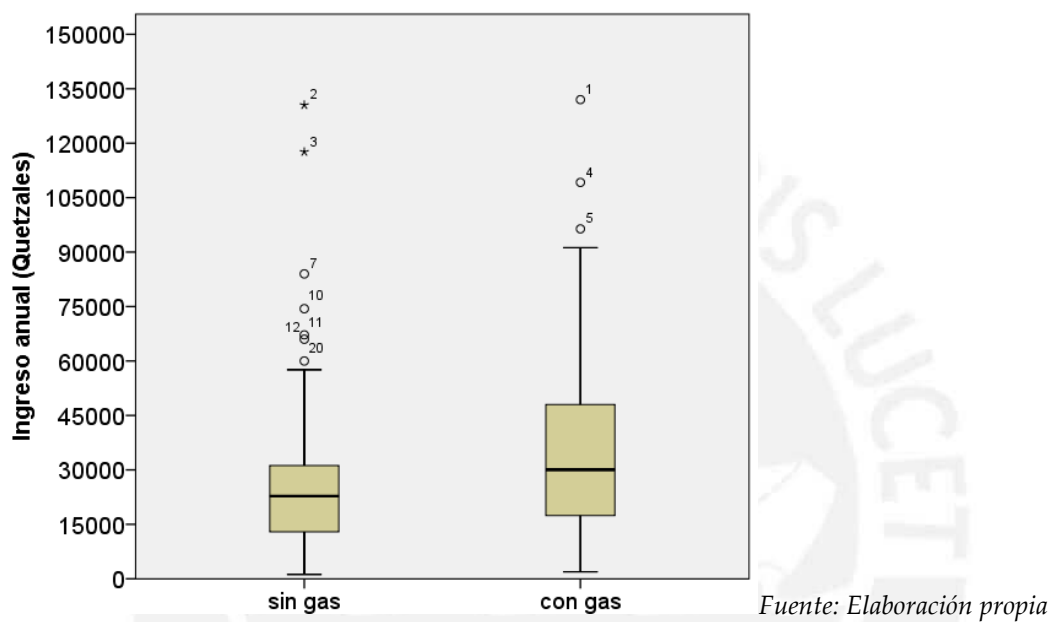
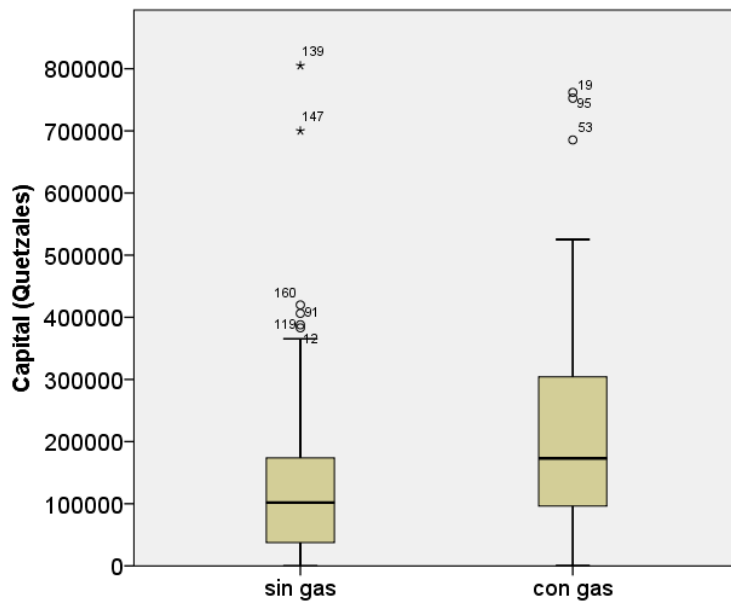


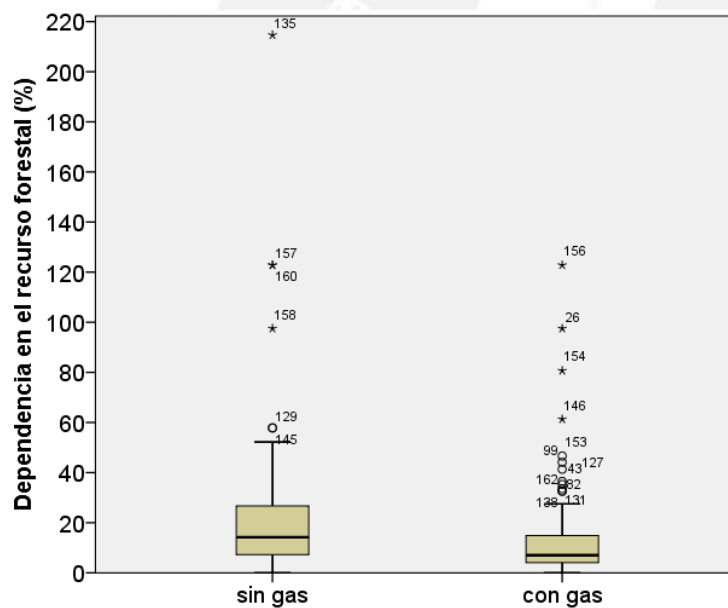
Figura 4.2.1.b: Mediana del ingreso anual en hogares sin y con gas. Hogares con gas tienen una mediana significativamente mayor a hogares sin gas ($p<0,05$).

carreteras, hubo deslave, entonces eso hizo a que no hubo transporte de materia prima, de productos, y eso fue realmente la catástrofe a nivel de este país. Pienso que aunque se hubiera aumentado de precio, tal vez las personas lo hubieran comprado, pero como ya no existía, ya no había más, allí es donde fue el problema" (IC3).



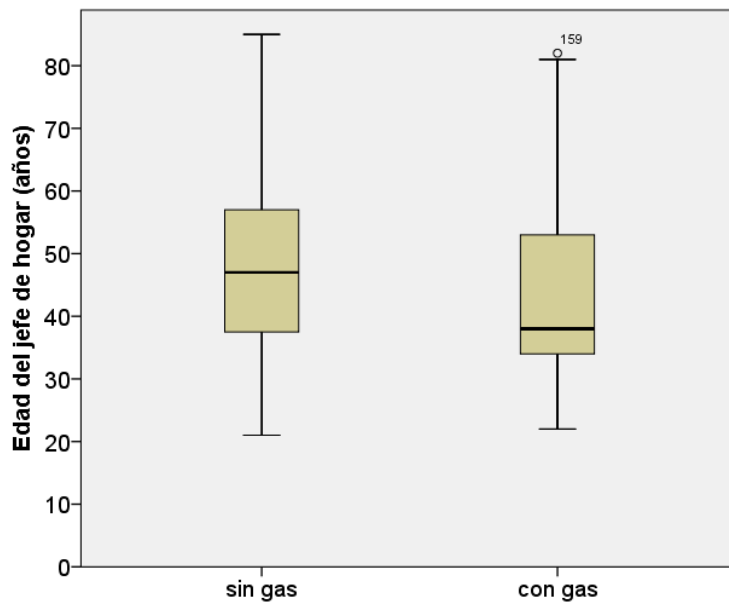
Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.2.1.c: Mediana del capital financiero y físico en hogares sin y con gas. Hogares con gas tienen una mediana significativamente mayor a hogares sin gas ($p < 0,01$).



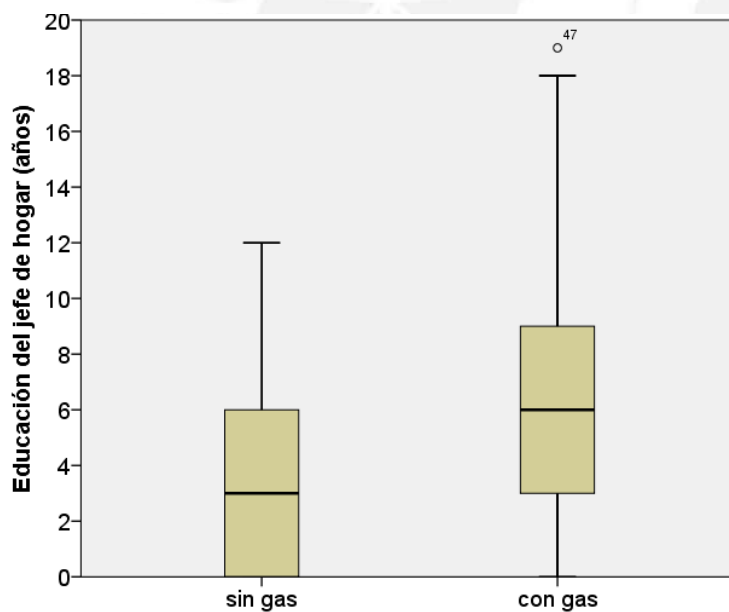
Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.2.1.d: Mediana de la dependencia en el recurso forestal expresada como porcentaje del ingreso anual en hogares sin y con gas. Hogares con gas tienen una dependencia en el recurso forestal significativamente menor a hogares sin gas ($p < 0,01$).



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.2.1.e: Mediana de las edades de los jefes de hogar en hogares sin y con gas. Hogares con gas tienen un jefe de hogar significativamente más joven que hogares sin gas ($p < 0,05$).



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.2.1.f: Mediana de la educación de los jefes de hogar en hogares sin y con gas. Hogares con gas tienen un jefe de hogar significativamente más educado que hogares sin gas ($p < 0,001$).

4.2.2. EL AGUA Y DESAGÜE

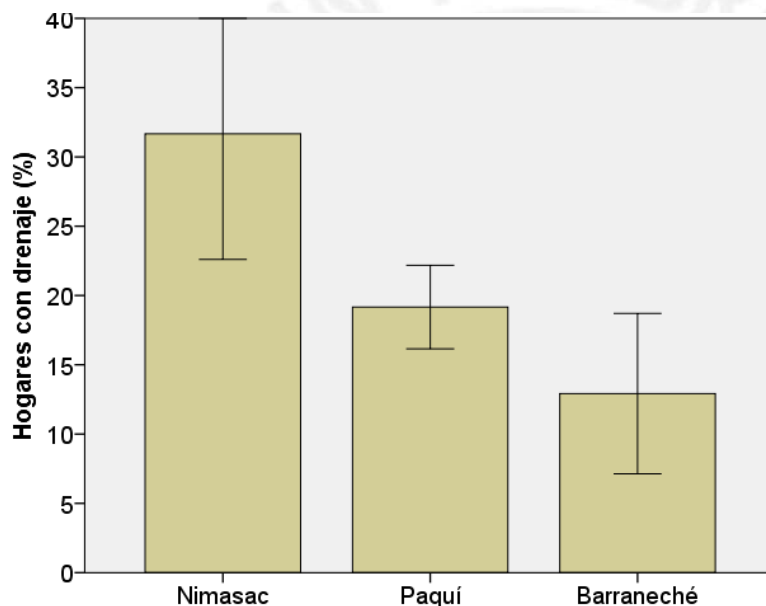
El agua y desagüe funcionan como indicadores sustitutos de la condición socioeconómica de un hogar. Diferentes sistemas de suministro de agua existen en las tres comunidades: el agua potable; pozos privados (en tres hogares de Nimasac y tres hogares de Paquí); y chorros públicos a la disponibilidad de varias casas de un vecindario, una forma de suministro que solo existe en algunas partes de Nimasac y fue utilizada por seis de 59 hogares en la encuesta (10,2%). La gran mayoría (90,5%) de los hogares cuenta con agua potable sin diferencias significativas en las frecuencias entre las comunidades, por lo cual no es recomendable usar el agua como un indicador sustitutivo en Totonicapán.

El agua es uno de los recursos más importantes y frágiles de las comunidades. El suministro de agua normalmente define la pertenencia del hogar a la comunidad que lo proviene, y las comunidades cuentan con comités que velan por los nacimientos de agua. Sin embargo, la escasez de agua ya es una realidad para muchos hogares que no tienen acceso al agua durante ciertas horas del día o los fines de semana, lo cual se agravará debido al cambio climático en el futuro. La exposición al cambio climático en forma de escasez hídrica en el área de estudio urgentemente requiere más investigación.

Respeto al desagüe, solamente tres de 166 hogares declararon no contar con drenaje ni con letrina. De las tres comunidades, Nimasac (n=60) tiene una frecuencia significativamente mayor de hogares con drenaje que Paquí (n=57) o Barraneché (n=51) (CHI-CUADRADO: $\chi^2=13,087$; d.f.=3; $p<0,01$) (figura 4.2.2.a). Mientras que alrededor de un tercio de los hogares de Nimasac cuenta con drenaje, en Barraneché son poco más que un décimo de los hogares.

Parecido a la posesión de gas, los hogares con drenaje tienen un ingreso anual en mediana 2000 Quetzales mayor (KRUSKAL-WALLIS: $p=0,003$; N=161;

$x^2=9,037$), y un capital financiero en mediana 246750 Quetzales mayor (KRUSKAL-WALLIS: $p=0,000$; $N=156$; $x^2=20,406$) a lo de los hogares sin drenaje. Los hogares con drenaje más frecuentemente tienen ahorros (CHI-CUADRADO: $x^2=23,235$; d.f.=1; $p<0,001$), y más frecuentemente les queda algo del ingreso (CHI-CUADRADO: $x^2=4,845$; d.f.=1; $p<0,05$). También la educación del jefe de hogar y de los miembros es significativamente mayor en hogares con drenaje (KRUSKAL-WALLIS: $p=0,005$; $N=164$; $x^2=7,792$ y KRUSKAL-WALLIS: $p=0,000$; $N=167$; $x^2=13,249$, respectivamente). Por lo tanto, el drenaje es un buen indicador sustitutivo de la compleja situación socioeconómica de un hogar.



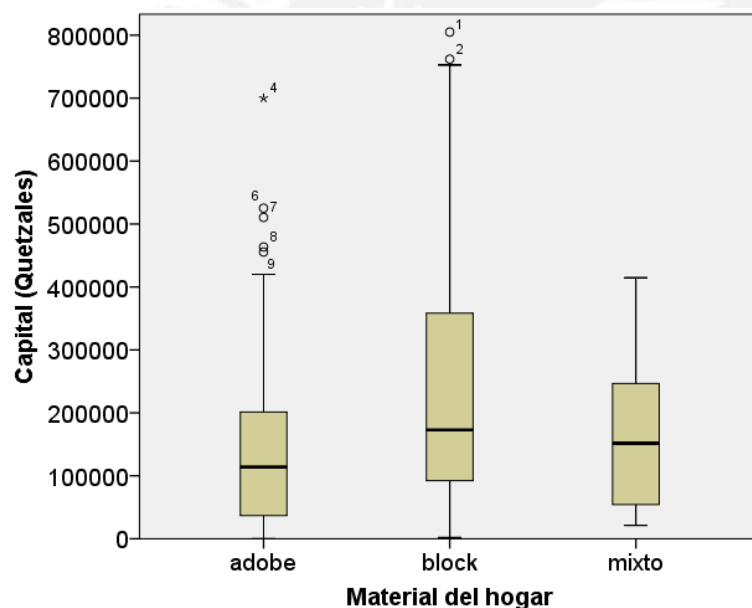
Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.2.2.a: Frecuencias de hogares con drenaje en las tres comunidades +/- EEM.

4.2.3. EL MATERIAL DEL HOGAR

El material de la casa determina su resistencia ante eventos hidrometeorológicos extremos. Los materiales predominantes de la región son el adobe y el block (cemento). Existen también casas mixtas, en donde un anexo de block complementa una antigua casa tradicional de adobe. El cemento como

material noble es más costoso pero más duradero y muchas familias aspiran a una casa moderna de block. A menudo su sueño se hace realidad cuando un miembro de la familia logra migrar a los EEUU y mandar remesas. Mientras que el esposo trabaja en el extranjero la esposa e hijos viven en la casa de block que se está construyendo en Totonicapán, lo cual explica que hay significativamente más jefas de hogar en casas de block (40%) que en hogares de adobe (21,2%) o mixtos (17,4%) (CHI-CUADRADO: $\chi^2=11,210$; d.f.=2; $p<0,01$). Hogares de block tienen un capital financiero y físico 59050 Quetzales mayor a casas de adobe debido al alto valor de esas casas modernas, las cuales se incluyen en la estimación del capital (MANN-WHITNEY: $p=0,023$; $N=129$; $U=1854$) (figura 4.2.3.a).

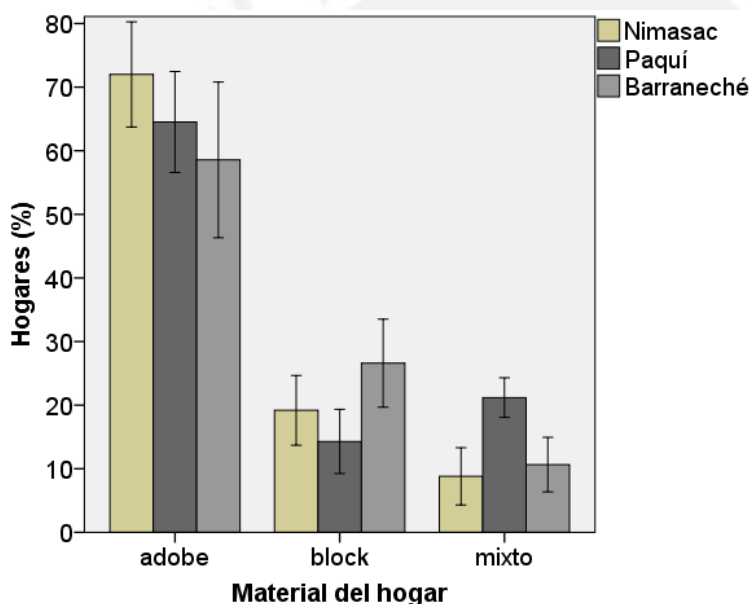


Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.2.3.a: Medianas del capital financiero y físico de hogares construidos en base de diferentes materiales. Hogares de block tienen un capital financiero y físico significativamente mayor a hogares de adobe ($p<0,05$).

En la encuesta se registraron dos casas que no fueron de block ni de adobe: una casa de madera y una casa de ladrillo. La gran mayoría de las casas (64,1% de 167) son de adobe, con la mayor frecuencia de este tipo de casas en Nimasac (69,5%) (figura 4.2.3.b). Aproximadamente un quinto de los hogares son de

block, con la mayor frecuencia de casas modernas en Barraneché (27,5%). Los hallados sugieren una tendencia hacia una mayor emigración en Barraneché. Sin embargo, Barraneché es la comunidad con la mayor frecuencia de jefes de hogar masculinos. Las frecuencias de casas de adobe y casas de block no se distinguen significativamente entre las comunidades. Sin embargo, una proporción de hogares (21,1%) significativamente mayor en Paquí que en Barraneché o Nimasac se basa en adobe y block (CHI-CUADRADO: $\chi^2=6,185$;d.f.=2; $p<0,05$). A pesar de que cada comunidad parece representar un patrón de materiales, cabe destacar que en todas las comunidades las casas de adobe son las más comunes.



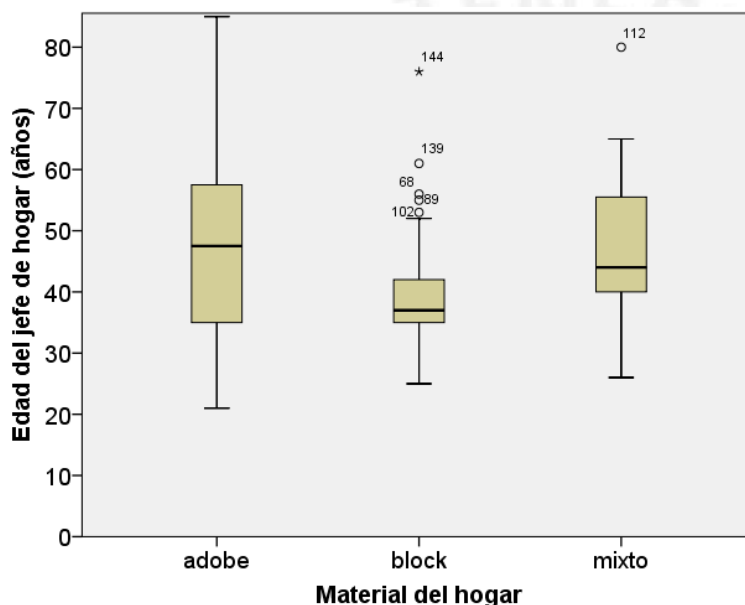
Fuente: Elaboración propia

Figura 4.2.3.b: Frecuencias de hogares de diferentes materiales en las tres comunidades +/- EEM. Paquí tiene significativamente más casas mixtas que Paquí o Barraneché ($p<0,05$).

El censo del año 2002 indica que a nivel del departamento Totonicapán 20,6% de los hogares fueron construidos de block y 75,7% de adobe, mientras que a nivel del municipio la frecuencia de hogares de block es levemente elevada (22,2%) y la de hogares de adobe algo menor (73,8%) (INE, 2003:cuadroD3). El censo de 2012 de Barraneché indica una prevalencia de 20,8% de hogares de

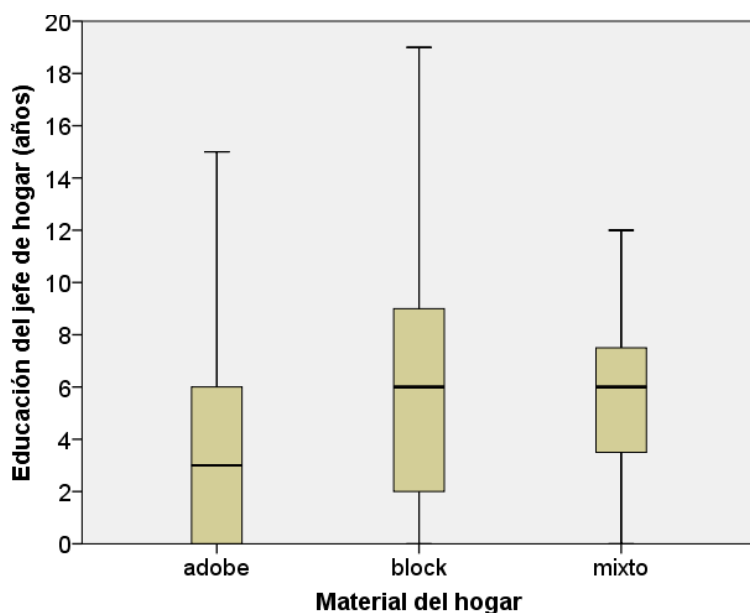
block y 77,7% de hogares de adobe en esa comunidad (y no contuvo la categoría de material mixto) (Tzaj, 2012:cuadro21).

Parecido a la posesión de fuentes alternativas de energía y de drenaje, en el material del hogar subyacen varios factores socioeconómicos que se distinguen significativamente entre hogares de block u hogares mixtos y hogares de adobe. Menos diferencias existen entre hogares de block y hogares mixtos (figuras 4.2.3.c-g).



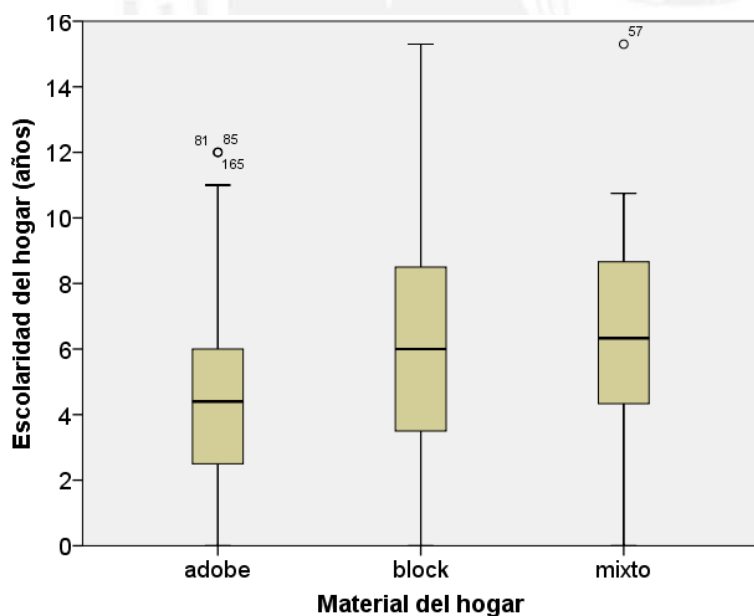
Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.2.3.c: Medianas de la edad de los jefes de hogar encabezando los hogares de los distintos materiales. Hogares de block tienen un jefe de hogar ocho años más joven que hogares de adobe (MANN-WHITNEY: $p=0,008$; $N=139$; $U=1270$), y hogares de material mixto tienen un jefe de hogar tres años y medio más joven que hogares de adobe (MANN-WHITNEY: $p=0,003$; $N=58$; $U=589$).



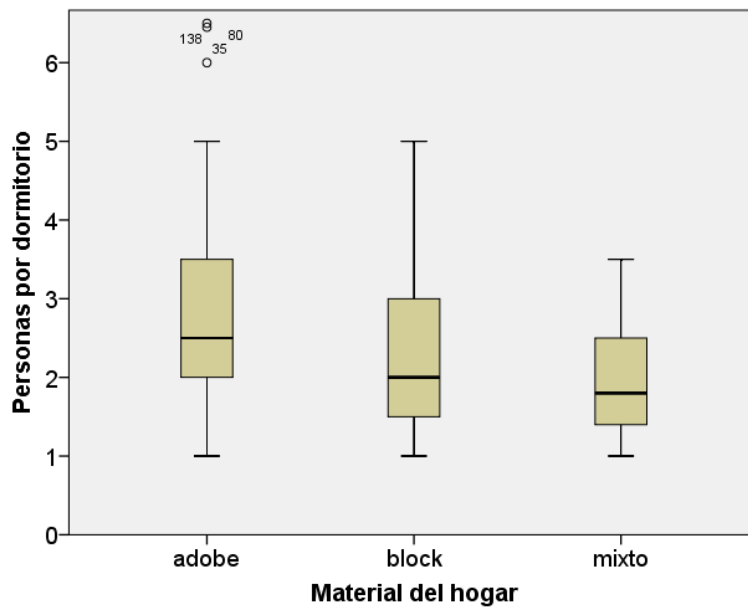
Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.2.3.d: Medianas de la educación de los jefes de hogar encabezando los hogares de los distintos materiales. Hogares de block tienen un jefe de hogar dos años y medio más educado que hogares de adobe (MANN-WHITNEY: $p=0,012$; $N=139$; $U=2329$), y hogares de material mixto tienen un jefe de hogar tres años más educado que hogares de adobe (MANN-WHITNEY: $p=0,003$; $N=127$; $U=1664$).



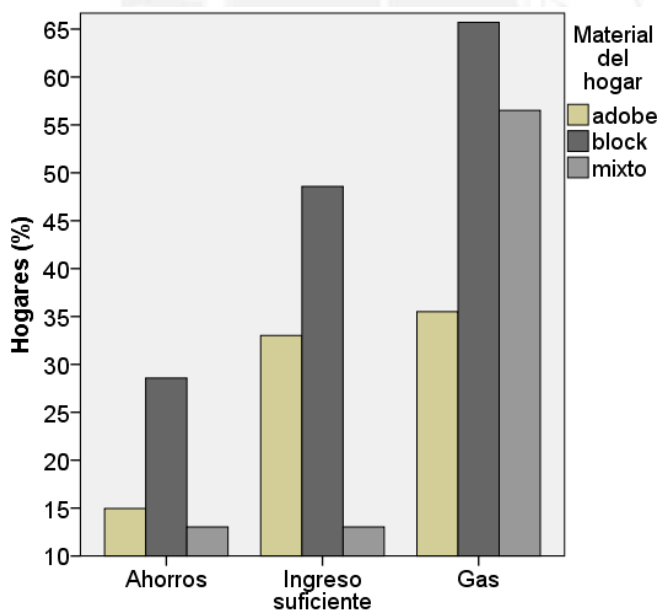
Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.2.3.e: Medianas de la educación promedio de los hogares de distintos materiales. Hogares de block tienen una escolaridad 1,6 años mayor a hogares de adobe (KRUSKAL-WALLIS: $p=0,005$; $N=142$; $\chi^2=7,964$), y hogares de material mixto una escolaridad 1,9 años mayor a hogares de adobe (KRUSKAL-WALLIS: $p=0,004$; $N=130$; $\chi^2=8,361$).



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.2.3.f: Medianas del hacinamiento (promedio de personas durmiendo en un dormitorio) en los hogares de distintos materiales. Hogares de block son significativamente menos hacinadas los de adobe (MANN-WHITNEY: $p=0,018$; $N=141$; $U=1363,5$) y hogares de material mixto son significativamente menos hacinados que los de adobe (MANN-WHITNEY: $p=0,002$; $N=129$; $U=716$).



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.2.3.g: Frecuencias de hogares con ahorros, un ingreso suficiente y gas, y construidos en base de adobe, block o adobe y block. Los hogares de block más frecuentemente tienen ahorros (CHI-CUADRADO: $\chi^2=7,605$; d.f.=2; $p<0,025$) y un ingreso suficiente (CHI-CUADRADO: $\chi^2=20,111$; d.f.=2; $p<0,001$). 65,7% de los hogares de block cuentan con gas, pero solamente 56,2% (35,5%) de los hogares mixtos (de adobe) (CHI-CUADRADO: $\chi^2=9,115$; d.f.=2; $p<0,01$).

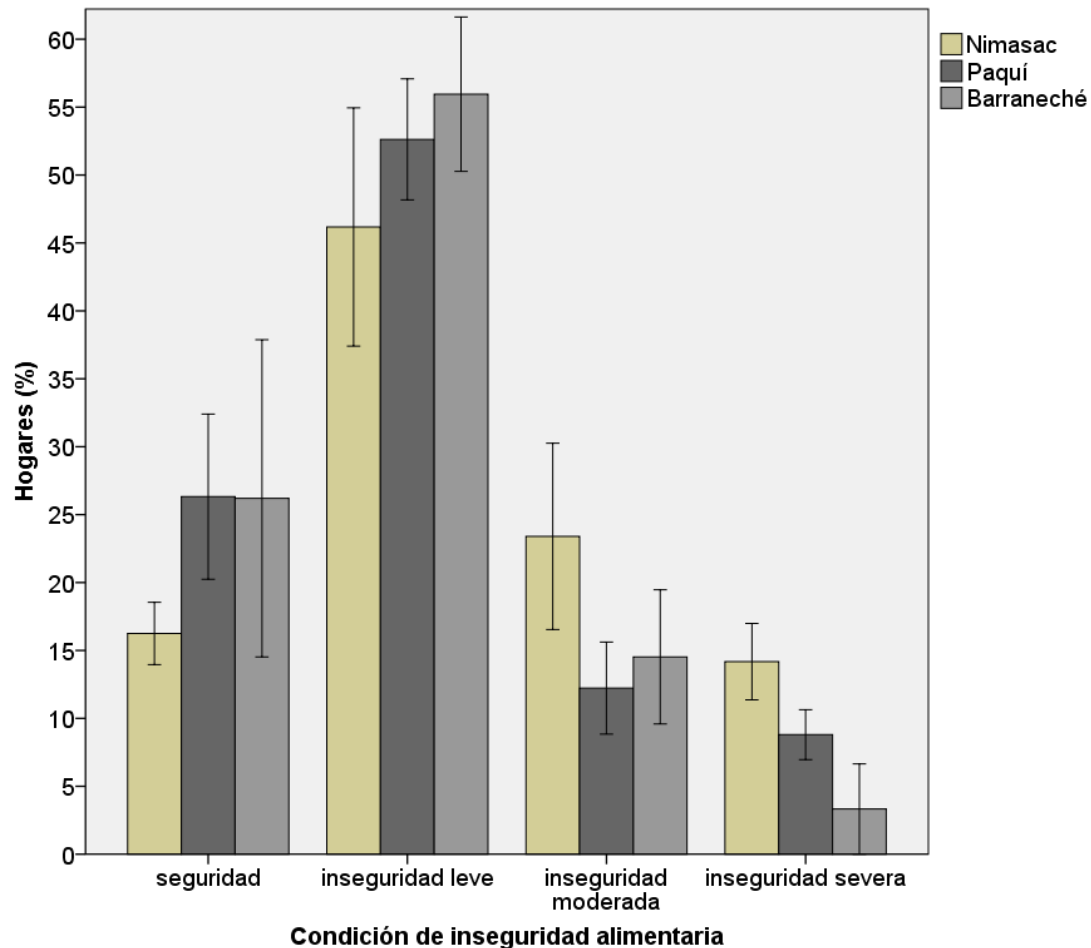
4.3. LOS INDICADORES SOCIALES

4.3.1. LA INSEGURIDAD ALIMENTARIA

En cuanto a la (in)seguridad alimentaria no existen diferencias significativas entre las comunidades en los porcentajes de hogares que califican para las cuatro categorías del análisis (seguridad alimentaria, inseguridad leve, moderada y severa). Un quinto de los hogares tiene una alimentación adecuada, pero la mayoría de los hogares (52,1%) está en condición de inseguridad alimentaria leve, seguido por 16,8% en condición de inseguridad moderada y 9,0% en condición de inseguridad severa (figura 4.3.1.a). Nimasac (n=56) es la comunidad con el menor porcentaje de hogares seguros (16,9%) y levemente inseguros (47,5%), y la comunidad con el mayor porcentaje moderadamente (22,0%) y severamente (13,6%) inseguros. Paquí (n=57) tiene la mayor proporción de hogares seguros (26,3%), superando Nimasac en casi 10%. En las demás categorías, Paquí asume valores entre Nimasac y Barraneché. Barraneché cuenta con la mayor fracción de hogares levemente inseguros (56,9%) y la menor proporción de casos severos (3,9%). Sin embargo, a pesar de los diferentes patrones de inseguridad alimentaria que demuestran las comunidades, cabe destacar que la mayoría de los hogares en todas las comunidades se encuentra en condición de inseguridad alimentaria leve. En general, se puede decir que Nimasac es la comunidad con la mayor inseguridad alimentaria, seguida por Barraneché y Paquí, que clasifican como igualmente inseguros.

En 2011 a nivel del departamento de Totonicapán, 9,9% de los hogares estuvieron en condición segura, 38,1% en condición insegura leve, 39,0% en condición insegura moderada y 13,0% en condición insegura severa. El departamento de Totonicapán por lo tanto cuenta con menos hogares seguros

que el promedio nacional (19,2%) y más hogares moderadamente inseguros que el promedio nacional (27,1%) (INE, cuadro10).



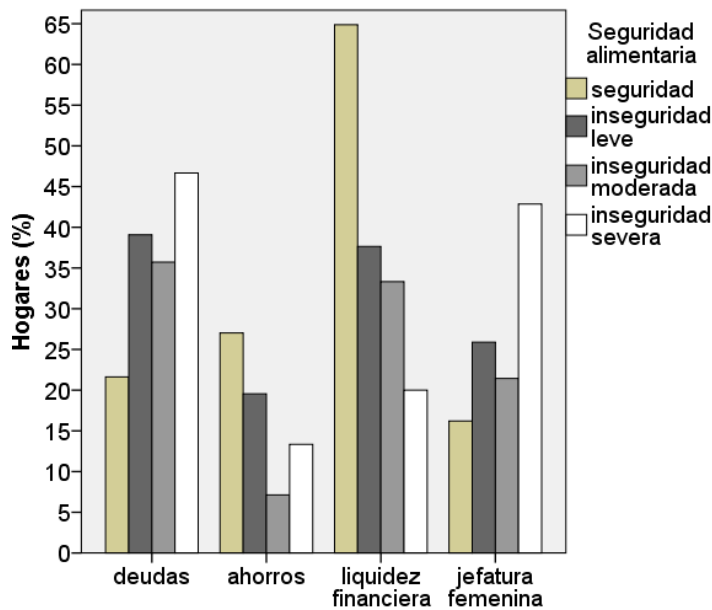
Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.3.1.a: Frecuencias de los hogares en las tres comunidades clasificando en las cuatro categorías de la (in)seguridad alimentaria leve, moderada y severa +/- EEM.

La inseguridad alimentaria es directamente relacionada a la producción de maíz. Hogares en condición de seguridad alimentaria producen en mediana 700 libras de maíz, significativamente más que hogares en condición de inseguridad moderada (300 libras/hogar) (MANN-WHITNEY: 0,038; N=43; U=141,5) y severa (350 libras/hogar) (MANN-WHITNEY: 0,028; N=35; U=65,5).

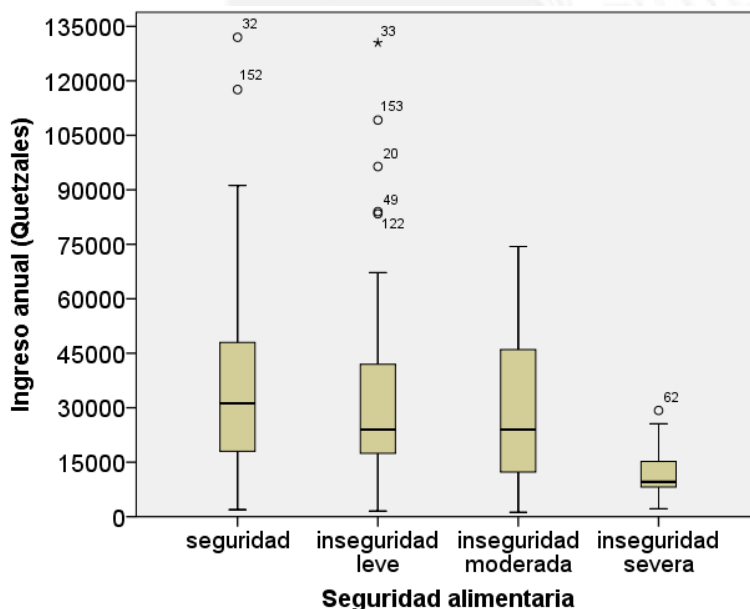
La seguridad alimentaria además guarda un vínculo con otros indicadores socioeconómicos como el ingreso, su liquidez, ahorros, deudas, la escolaridad del hogar, la educación y el sexo del jefe de hogar (figura b-e). Los indicadores económicos responden directamente a la posibilidad de poder comprar alimentos. Los indicadores sociales están estrechamente vinculados a los indicadores económicos, pues la mayor educación brinda más oportunidades para obtener un ingreso suficiente y capacita para racionalizar la disponibilidad de los alimentos en el hogar. Debido a la menor educación de las mujeres y su bajo ingreso, la jefatura femenina coincide con los hogares severamente inseguros. Se puede apreciar que la diferencia estadísticamente significativa entre la educación de los jefes de hogar de hogares seguros (representados por Paquí) y aquella de hogares moderadamente y severamente inseguros (representados por Nimasac) refleja la diferencia significativa (dos años) en la educación de los jefes de hogar entre esas dos comunidades.

En algunas comparaciones, hogares en condición de inseguridad alimentaria leve muestran una incidencia parecida a hogares seguros (en caso de la frecuencia de ahorros, de la suficiencia del ingreso, de la posesión de gas, la escolaridad y la educación del jefe de hogar). Por lo tanto, estos indicadores pueden servir bien para distinguir entre hogares en condición segura o levemente insegura, y hogares moderadamente y severamente inseguros. En otras comparaciones, las categorías de la inseguridad alimentaria leve y moderada forman un grupo que se distingue de la seguridad alimentaria e inseguridad severa (en caso de la frecuencia de liquidez financiera y de deudas). En este caso, los indicadores son útiles para distinguir entre hogares seguros, levemente y moderadamente inseguros, y severamente inseguros.



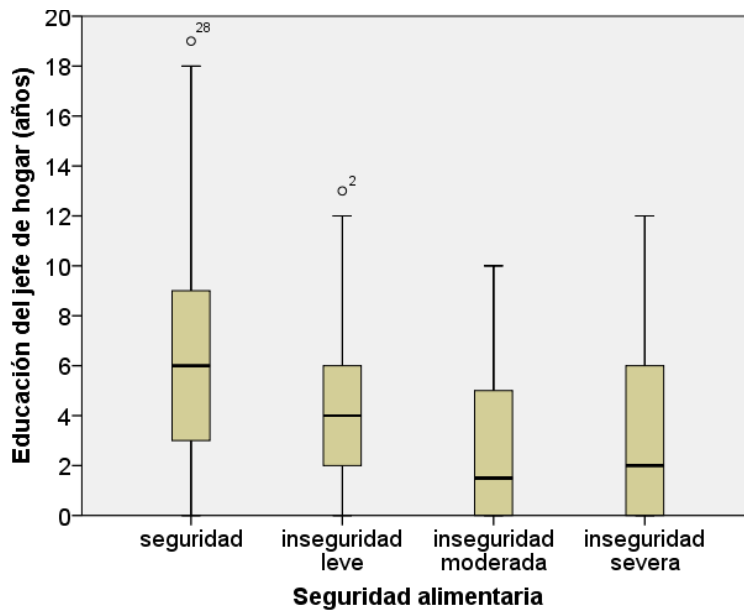
Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.3.1.b: Frecuencias de hogares de las cuatro categorías de (in)seguridad alimentaria teniendo deudas, ahorros, liquidez financiera y una jefatura femenina. Las frecuencias son significativamente diferentes entre las categorías (deudas: CHI-CUADRADO: $\chi^2=9,222$; d.f.=3; $p<0,05$; ahorros: CHI-CUADRADO: $\chi^2=12,969$; d.f.=3; $p<0,01$; liquidez financiera: CHI-CUADRADO: $\chi^2=27,307$; d.f.=3; $p<0,001$; jefatura femenina: CHI-CUADRADO: $\chi^2=15,016$; d.f.=3; $p<0,01$).



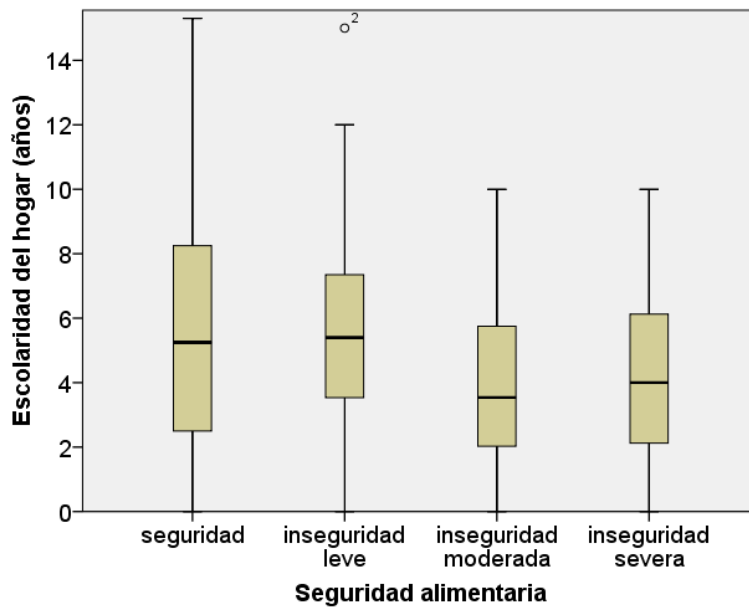
Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.3.1.c: Medianas del ingreso anual en las cuatro categorías de (in)seguridad alimentaria. La mediana de los hogares en condición de inseguridad severa se distingue significativamente de los demás categorías (seguridad: MANN-WHITNEY: $p=0,000$; $N=50$; $U=84,5$; leve: MANN-WHITNEY: $p=0,000$; $N=99$; $U=231$; severa: MANN-WHITNEY: $p=0,009$; $N=42$; $U=103,5$).



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.3.1.d: Medianas de los años de educación del jefe de hogar en las cuatro diferentes categorías de (in)seguridad alimentaria. Los jefes de hogar de los hogares seguros son cuatro años más educados que los jefes de hogar de hogares en condición de inseguridad alimentaria moderada y severa (MANN-WHITNEY: $p=0,000$; $N=65$; $U=250,5$ y MANN-WHITNEY: $p=0,014$; $N=51$; $U=143,5$, respectivamente). Los jefes de hogar de los hogares en condición de inseguridad leve son dos años más educados que los jefes de hogar de hogares en condición de inseguridad alimentaria moderada (MANN-WHITNEY: $p=0,007$; $N=113$; $U=788$).



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.3.1.e: Medianas de la educación promedio de los hogares en las cuatro categorías de (in)seguridad alimentaria. Hogares seguros tienen una educación promedio 1,8 años mayor a hogares en condición de inseguridad alimentaria moderada (KRUSKAL-WALLIS: $p=0,036$; $N=65$; $\chi^2=4,392$). Hogares en condición de inseguridad alimentaria leve tienen una educación promedio 1,9 años mayor a hogares en condición de inseguridad moderada (KRUSKAL-WALLIS: $p=0,010$; $N=115$; $\chi^2=6,644$).

4.3.2. EDADES EXTREMAS

Paquí ($n=57$) es la comunidad con la mayor mediana del porcentaje de edades extremas con 20%. Este porcentaje es significativamente mayor al porcentaje de Nimasac ($n=59$) con 0% en mediana (MANN-WHITNEY: $p=0,002$; $N=116$; $U=2213,5$). Barraneché ($n=51$) tiene un porcentaje en mediana entre Nimasac y Paquí con 9,1% (figura 4.3.2.a). El porcentaje de miembros en edad extrema correlaciona con el porcentaje de miembros no trabajando (la dependencia) (SPEARMAN: $r=0,248$; $p=0,002$), el analfabetismo (SPEARMAN: $r=0,220$; $p=0,004$) y negativamente con el bilingüismo (SPEARMAN: $r=-0,308$; $p=0,000$) (tabla 4.1.2.a). Suponiendo que las tres comunidades tienen la misma esperanza de vida y la misma tasa de crecimiento, y dado que los menores a cinco años de edad siempre viven con otros adultos, las medianas difieren debido a la

distribución de las personas mayores a sesentaicinco años de edad. Un hogar con solamente mayores de sesentaicinco años de edad alcanza un índice de 100%, por lo cual no se registra en la mediana, y por lo cual Nimasac tiene una mediana de 0%, pues los ancianos viven solos. En Paquí no viven solos, sino distribuidos en los hogares de sus hijos, por lo cual la comunidad tiene la mayor mediana. Este resultado significa que más hogares en Paquí son sensibles al cambio climático, pero en menor grado que algunos pocos hogares en Nimasac.

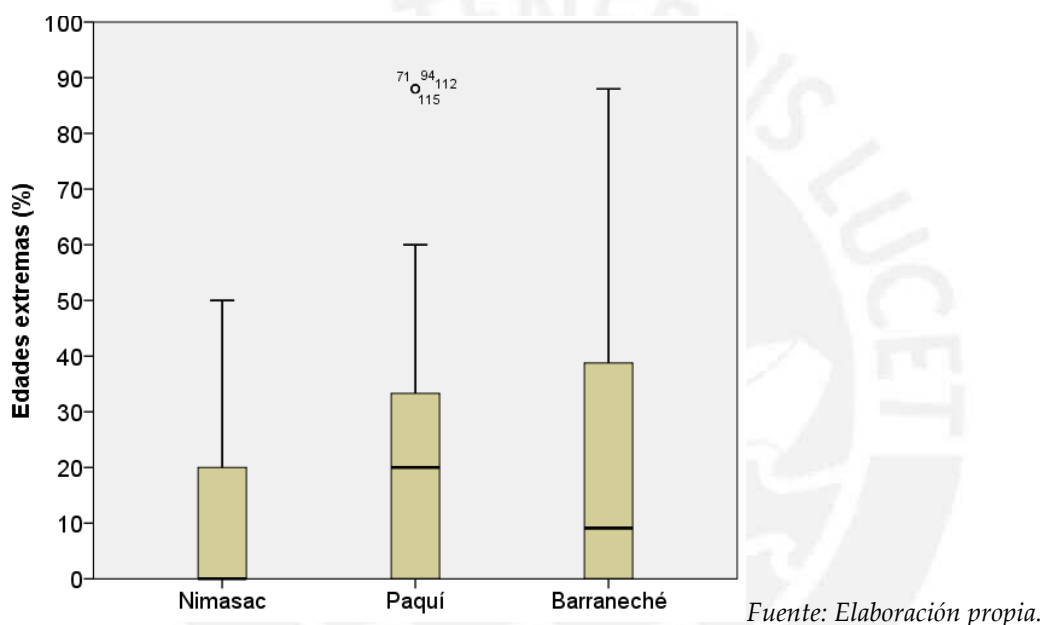


Figura 4.3.2.a: Medianas de los porcentajes de miembros del hogar menores a cinco años de edad o mayores a sesentaicinco años de edad. Paquí tiene una mediana significativamente mayor a la de Nimasac ($p < 0,01$).

4.4. LOS INDICADORES DE LOS RECURSOS NATURALES

4.4.1. LA DEPENDENCIA EN EL RECURSO AGRÍCOLA

El altiplano occidental de Guatemala es una región rural caracterizada por una actividad agrícola ubicua e imprescindible para el empleo y la alimentación de la población. El cultivo principal es el maíz. El segundo cultivo más importante es el frijol, y un significativamente mayor porcentaje de agricultores de Nimasac

(n=38; 65,8%) que de Paquí (n=40; 15,0%) o Barraneché (n=38; 23,7%) cuenta con frijoles (CHI-CUADRADO: $\chi^2=41,118$; d.f.=2; $p<0,01$). El tercer cultivo más frecuente son las habas (8,6% de los 116 agricultores). También se registraron en menor cantidad hogares con avena, chilacayote, albergas, durazno, zanahoria, papas y coliflor (tabla 4.4.1.a). En caso de las zanahorias, papas y coliflor los tres pertenecieron a un mismo agricultor comercial. Los chilacayotes crecen libres en los terrenos agrícolas y no son cultivados activamente, por lo cual es posible que los encuestados los omitan cuando hacen el inventario de su producción, así como que omitan frutales u hortalizas que son secundarios a su producción de maíz.

El censo de 2012 de Barraneché señala que 85,0% de los agricultores tienen maíz, 13,1% tienen maíz y frijol, y 1,9% tienen hortalizas (Tzaj, 2012:cuadro44).

Tabla 4.4.1.a: Cultivos no comunes, el número de hogares y las comunidades donde fueron hallados.

Cultivo	No. de hogares	Comunidades
Avena	2	Nimasac
Chilacayote	4	Nimasac, Paquí
Avas	10	Nimasac, Paquí
Albergas	1	Nimasac
Durazno	2	Barraneché
Zanahoria	1	Barraneché
Papas	1	Barraneché
Coliflor	1	Barraneché

67,8% de los hogares en Nimasac (n=59), 70,2% de los hogares en Paquí (n=57) y 76,0% de los hogares en Barraneché (n=50) se dedican a la agricultura (cifra que asciende a 84,5% en Barraneché según el último censo de 2012 (Tzaj, 2012:cuadro44)). Aunque las diferencias entre las frecuencias de las comunidades son pronunciadas, no son estadísticamente significativas. Nimasac tiene el menor porcentaje de agricultores debido a su cercanía a la

cabecera departamental y la sustitución de la producción agrícola por el trabajo remunerado y la compra de alimentos. Al mismo tiempo dos hogares que subsisten exclusivamente a través de su producción agrícola, así como uno de los dos agricultores comerciales encuestados se ubicaron en Nimasac (el otro vive en Barraneché). La producción se destina casi exclusivamente al autoconsumo, especialmente en Paquí y Barraneché (n=78; 94,9%), y mayormente en Nimasac también (n=38; 86,8%). Solamente 9,5% de los agricultores (once de cientodiciseis hogares) venden algo de su producción (en general maíz), y con significativamente mayor frecuencia en Nimasac (seis de los once hogares se encuentran en esa comunidad) (CHI-CUADRADO: $\chi^2=12,473$; d.f.=2; $p<0,01$).

Respeto a la producción agrícola, Barraneché tiene la mayor producción con una mediana de 650 libras anuales por hogar, seguido por Nimasac con 525 libras/hogar y finalmente Paquí con solamente 400 libras/hogar al año. Barraneché produce más que 50% más que Paquí. Sin embargo, los resultados no son estadísticamente significativos. El análisis de la productividad agrícola (producción por superficie) brinda que Nimasac tiene terrenos significativamente más productivos (278 libras/cuerda) que los de Paquí (229 libras/cuerda) (LSD-ANOVA: $p=0,038$), y significativamente más productivos que los de Barraneché (214 libras/cuerda) (LSD-ANOVA: $p=0,008$). El hecho de que Barraneché tiene la mayor producción pero la menor productividad significa que los hogares en Barraneché disponen de más terreno agrícola (2,8 cuerdas en comparación con 2,5 cuerdas por hogar en Nimasac y 2 cuerdas por hogar en Paquí), aunque estas diferencias no son estadísticamente significativas.

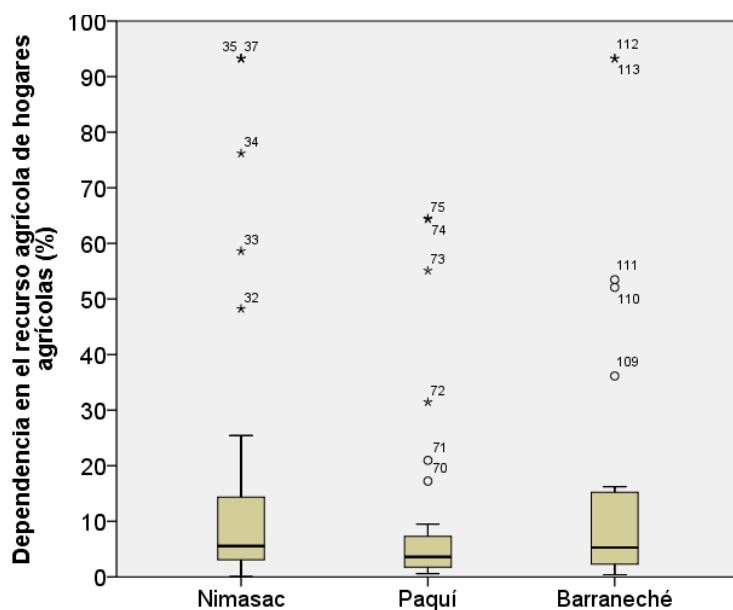
La alta productividad de los suelos en Nimasac sugiere una explotación más intensa de los terrenos agrícolas. El uso de fertilizante químico es ubicuo en la

región y más que la mitad de los agricultores de Nimasac además emplea estiércol, y alrededor de un quinto broza. Sin embargo, el estiércol y la broza son insumos aún más frecuentes en la agricultura de Barraneché, que tiene una menor productividad. Una mayor intensificación probablemente es necesaria en Nimasac debido a su alta densidad poblacional y cercanía a la cabecera departamental que requieren una mayor producción de alimentos en menos terreno, lo cual también puede conducir a la deforestación para la creación de espacio urbano o agrícola. Este hecho también se ve reflejado en que cada cuerda en Nimasac cuesta tres a cuatro veces el precio de una cuerda en Paquí o Barraneché, respectivamente. Respeto a Barraneché, la mayor disponibilidad de tierras todavía permite una agricultura extensiva. Este resultado se afirma con la significativamente mayor frecuencia de terrenos fuera de uso¹⁷ en Barraneché (CHI-CUADRADO: $\chi^2=7,583$; d.f.=2; $p<0,025$). Por ende, es probable que la calidad de los suelos sea mejor en Barraneché y Paquí que en Nimasac, y que las cosechas en Barraneché y Paquí sean menos sensibles a los efectos del cambio climático.

Expresar el valor del autoconsumo de maíz y frijol, de la venta de la producción agrícola y del trabajo en el sector agrícola como porcentaje del ingreso evalúa la dependencia de los hogares en el recurso agrícola. El autoconsumo sólo representa una mediana entre 3,1% (Barraneché; n=35) y 3,9% (Nimasac; n=35) del ingreso de los hogares agrícolas. Los porcentajes demuestran que en el caso extremo de que los hogares pierden toda su cosecha, tienen que invertir lo señalado en la compra de alimentos. La venta de productos agrícolas y del trabajo en el sector agrícola representa una mediana entre 12,9% (Barraneché; n=12) y 30,0% (Paquí; n=6) del ingreso de los hogares dedicándose a ello. En total, la mediana de la dependencia entera de ambos componentes es la mayor

¹⁷ Se define terreno agrícola en descanso como terreno destinado a la producción agrícola futura, y terreno fuera de uso como terreno no destinado a la producción agrícola futura.

en Nimasac (n=35), representando 5,6% del ingreso, seguido por Barraneché (n=36), donde representa 5,3% del ingreso, y finalmente por Paquí (n=38), donde representa solamente 3,6% del ingreso (figura 4.4.1.a). No se encontraron diferencias significativas entre las medianas de los porcentajes alcanzados por las comunidades. Sin embargo, se puede apreciar que Paquí es menos dependiente del recurso agrícola, especialmente cuando se analiza la mediana de los porcentajes de todos los hogares, agrícolas y no agrícolas, de las comunidades: allí es donde Nimasac (n=59) tiene una mediana de 3,2%, Barraneché (n=50) una mediana de 2,6% y Paquí (n=57) una mediana de solamente 1,8%. Este resultado concuerda con la menor producción de maíz y el menor terreno dedicado a ella en la comunidad de Paquí. En general, las dependencias son bajas en las tres comunidades, con la excepción de los hogares con ventas o trabajo en el sector agrícola, donde la dependencia asciende hasta una mediana de 30% del ingreso. Nimasac tiene la mayor dependencia agrícola y actualmente la mayor inseguridad alimentaria. En combinación con su modesto ingreso y producción de maíz, Nimasac es especialmente sensible a la susceptibilidad de las cosechas a la variabilidad climática y eventos hidrometeorológicos extremos.

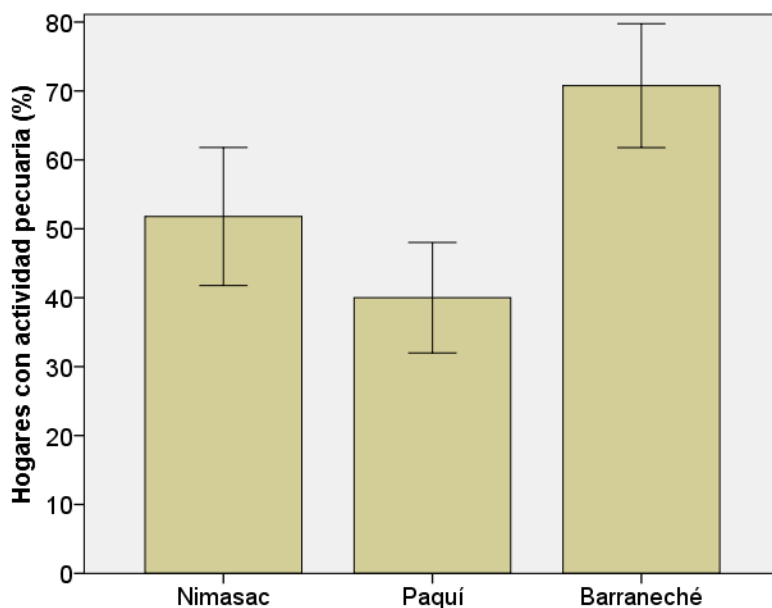


Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.4.1.a.: Medianas de las dependencias en el recurso agrícola expresadas como porcentajes del ingreso anual en las tres comunidades. La muestra solo incluyó aquellos hogares con una dependencia mayor a cero.

4.4.2. LA DEPENDENCIA EN EL RECURSO PECUARIO

Aparte de la agricultura, la mayoría de los hogares (n=166; 53,4%) se dedica a la crianza de animales para la venta o el autoconsumo de los mismos y sus productos. Especialmente en Barraneché (n=51) un alto porcentaje de hogares posee algún recurso pecuario (68,6%). Al contrario en Paquí (n=57) significativamente menos hogares (40,4%) cuentan con animales con fines productivos (CHI-CUADRADO: $\chi^2=8,898$; d.f.=2; $p<0,025$) (figura 4.4.2.a).



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.4.2.a: Frecuencia de la actividad pecuaria en las tres comunidades +/- EEM. Las frecuencias son significativamente diferentes ($p < 0,025$) por la alta actividad pecuaria de Barraneché y la menor actividad pecuaria de Paquí.

De las tres comunidades la gran mayoría de los hogares que cría animales ($n=89$) tiene pollos (83,1%). En Barraneché además se encuentran con significativamente mayor frecuencia cerdos (CHI-CUADRADO: $\chi^2=28,182$; d.f.=2; $p < 0,001$) y pavos (CHI-CUADRADO: $\chi^2=21,028$; d.f.=2; $p < 0,001$). Barraneché tiene la producción pecuaria más diversificada. Nimasac tiene la venta más frecuente de animales o sus productos (CHI-CUADRADO: $\chi^2=22,532$; d.f.=2; $p < 0,001$), un resultado que refleja los hallados de la sección anterior y la cercanía de Nimasac a la cabecera departamental y el mercado. Sin embargo, la venta de productos pecuarios no es común, solamente ocho de treintaun hogares con animales en Nimasac vendieron un producto pecuario. 47,6% de los animales que generan un producto de venta son pollos, que producen carne (45,2% de los pollos), huevos (60,3% de los pollos), abono (11,0% de los pollos), y se compran, crían y venden como acciones de capital a corto plazo. 12,3% los pollos ($n=72$) no generan ningún producto para el autoconsumo o ingreso. 10 (7 en Paquí) de los 166 hogares con animales pecuarios no obtuvieron ningún beneficio de ellos.

Los cerdos siguen los pollos como el segundo recurso pecuario más común (figura 4.4.2.b). Sin embargo, los cerdos tienen otra función socioeconómica distinta, pues son un ahorro a largo plazo y producen abono para la agricultura. Los conejos también son frecuentes, aunque solamente producen poco abono. Las ovejas con la cuarta frecuencia mayor cumplen una función similar a la de los cerdos. El quinto lugar ocupan los pavos, que parecido a los pollos pueden producir huevos y sirven como ahorro a corto plazo, aunque significan un ahorro más grande que los pollos. Además de los cinco recursos pecuarios principales mencionados se registraron vacas, toros, caballos y mulas a menor frecuencia. Ellos producen abono y son ahorros grandes y a largo plazo. El caballo y la mula además son animales de carga a función del hogar o para el alquiler.

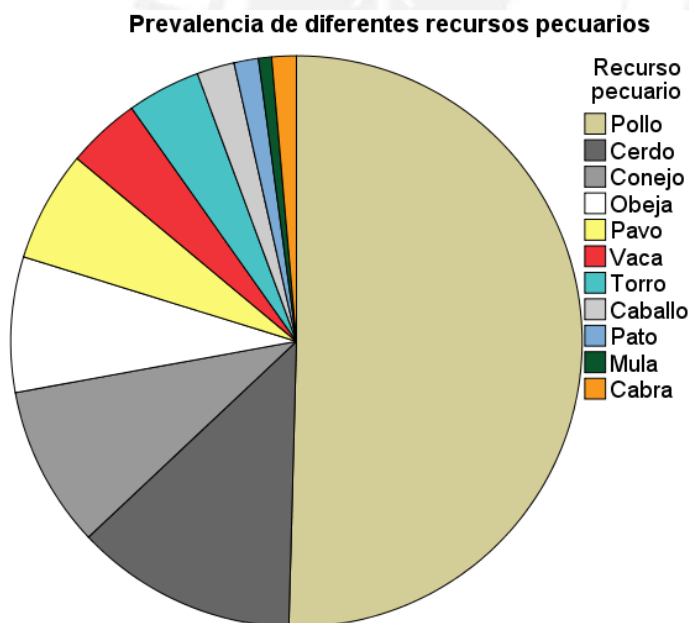
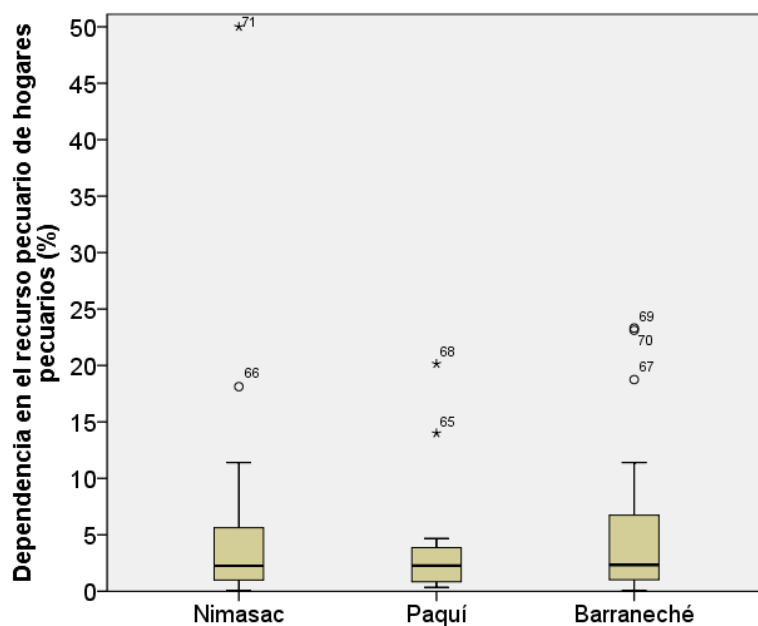


Figura 4.4.2.b: Frecuencia de los diferentes recursos pecuarios.

Parecido al análisis del recurso agrícola, primero se analizaron las medianas del porcentaje del ingreso que representa el autoconsumo de animales en los hogares con productos pecuarios. Nimasac (n=19) tiene el autoconsumo mayor

de productos pecuarios de en mediana 2,1% del ingreso anual, casi igual a Barraneché con 2,0% (n=30). Paquí (n=14) tiene un autoconsumo considerablemente pero no significativamente menor a las otras dos comunidades de solamente 1,4% del ingreso anual. En cuanto a la venta de productos pecuarios, la mediana del ingreso obtenido de ella en relación con el ingreso anual tampoco se distingue significativamente entre las comunidades. La cifra varía entre 3,4% en Nimasac (n=8), 1,6% en Paquí (n=3) y 1,0% en Barraneché (n=4). Estos resultados subrayan que Nimasac es la comunidad especializada en la venta, incluso de productos pecuarios. La dependencia total de los hogares que obtuvieron algún bien de los animales fue la misma en las tres comunidades y en mediana 2,3% del ingreso anual (figura 4.4.2.c). Considerando incluso los hogares no pecuarios, Nimasac y Paquí en mediana no son dependientes del recurso pecuario, mientras que Barraneché tiene una dependencia de en mediana 0,6% del ingreso anual.

Los resultados demuestran que la actividad pecuaria es menos importante para la alimentación y el ingreso de los hogares que la actividad agrícola, porque menos hogares crían animales y los hogares son menos dependientes del recurso pecuario, aunque el valor de los productos pecuarios es mucho mayor al valor del maíz o frijol. Del análisis se puede apreciar que los animales tienen un propósito más bien económico, pues funcionan como ahorros a corto o largo plazo, siendo la generación de productos para el autoconsumo o la venta objetivos secundarios. En cuanto al cambio climático cabe destacar que los animales pecuarios se pueden ver afectados por una mayor frecuencia de heladas, eventos hidrometeorológicos extremos, deslizamientos, incendios forestales o por enfermedades que se transmiten más eficientemente bajo las nuevas condiciones climáticas. Por lo tanto, Barraneché es la comunidad más sensible al cambio climático en cuanto al recurso pecuario.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.4.2.c: Medianas de las dependencias en el recurso pecuario expresadas como porcentajes del ingreso anual en las tres comunidades. La muestra solo incluyó aquellos hogares con una dependencia mayor a cero.

4.4.3. LA DEPENDENCIA EN EL RECURSO AGROPECUARIO

Finalmente, se combinó la dependencia agrícola con la dependencia pecuaria, debido a que los dos sistemas interactúan y se desarrollan en el mismo espacio. La comunidad con los hogares agropecuarios más dependientes en ambos recursos es Nimasac (n=35) con una mediana de 8,1% del ingreso anual representado por el autoconsumo, la venta y el trabajo en el sector. La segunda comunidad más dependiente es Barraneché (n=39) con una mediana de 6,5%. Ambas comunidades se distinguen significativamente de Paquí, que solamente depende en 4,0% del sector agropecuario (MANN-WHITNEY: Nimasac/Paquí p=0,016; N=75; U=472,5; Barraneché/Paquí p=0,047; N=79; U=982,5) (figura 4.4.3.a). Considerando no solamente los hogares que se desempeñan en la actividad agropecuaria, sino todos los hogares de las comunidades, el resultado cambia: en este análisis, Barraneché (n=45) tiene la mayor dependencia con una mediana de 5,2%, seguido por Nimasac (n=52) con 3,8% y finalmente Paquí

(n=45) con 2,7%. Sin embargo, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas (figura 4.4.3.b).

Los resultados demuestran que los hogares en Nimasac, que participan activamente en el sector agropecuario, son más dependientes de él que los de Barraneché, donde más hogares se dedican a la actividad agropecuaria pero con menos ímpetus. La dependencia de ambas comunidades las predispone ante el cambio climático, aunque de diferentes maneras: mientras que en Nimasac pocos hogares se ven afectados fuertemente, en Barraneché son la mayoría de los hogares que se ven afectados moderadamente. Los resultados implican diferentes estrategias de intervención en la adaptación al cambio climático por parte de las dos comunidades.

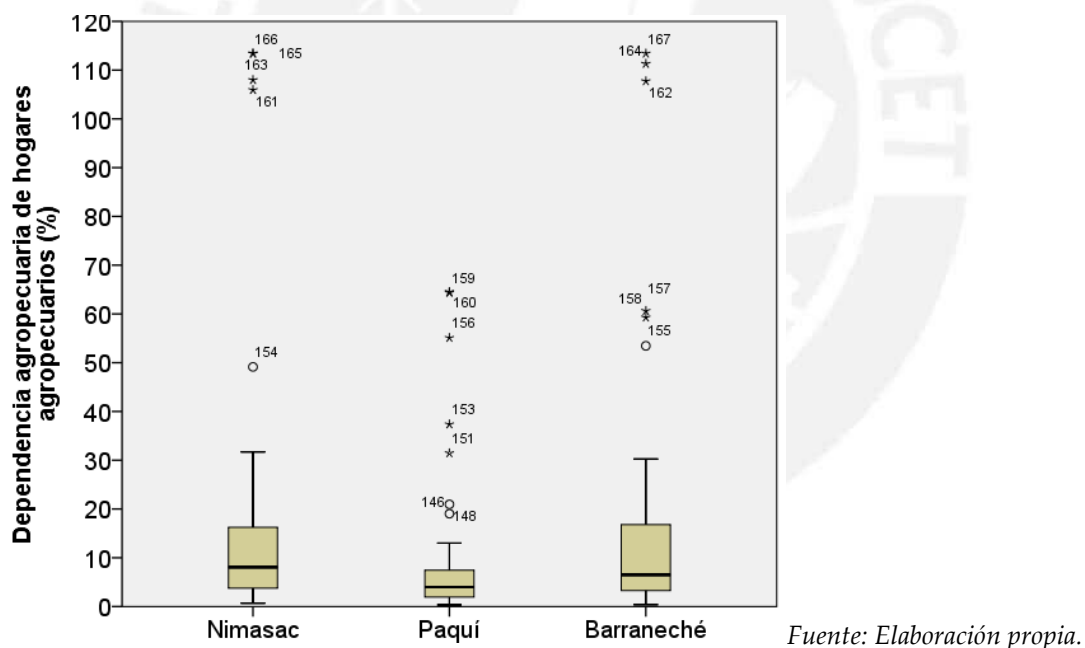
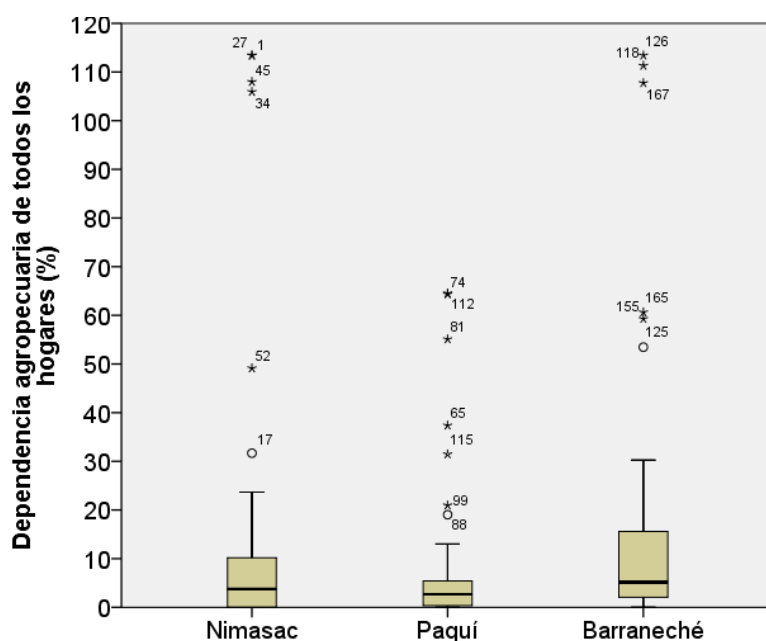


Figura 4.4.3.a: Medianas de las dependencias en el recurso agropecuario expresadas como porcentajes del ingreso anual en las tres comunidades. La muestra solo incluyó aquellos hogares con una dependencia mayor a cero.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.4.3.b: Medianas de las dependencias en el recurso agropecuario expresadas como porcentajes del ingreso anual en las tres comunidades. La muestra incluye todos los hogares sin o con actividad agropecuaria.

La dependencia en el recurso agropecuario correlaciona fuertemente con indicadores relacionados a la educación, como la edad del jefe de hogar (SPEARMAN: $r=0,386$; $p=0,000$), su educación (SPEARMAN: $r=-0,246$; $p=0,003$), la escolaridad (SPEARMAN: $r=-0,388$; $p=0,000$) y el analfabetismo del hogar (SPEARMAN: $r=0,335$; $p=0,000$) (tabla 4.1.2.a). Leves correlaciones existen también con el ingreso anual (SPEARMAN: $r=-0,174$; $p=0,034$) y la dependencia en el recurso forestal (SPEARMAN: $r=0,172$; $p=0,040$). Hogares con mayor educación dependen menos del recurso agropecuario, porque adoptan estilos de vida modernos menos vinculados a la actividad rural tradicional y sustituyen su propia producción por trabajo remunerado y la compra de alimentos. Un mayor ingreso significa una mayor sustitución, y hogares más educados pueden acceder trabajos mejor remunerados, por lo cual el ingreso es negativamente correlacionado con la dependencia en el recurso agropecuario. Además, dado el mismo aprovechamiento agropecuario, un hogar con mayor ingreso siempre calificará como menos dependiente, debido a que el ingreso anual es el denominador del índice. Respeto al cambio climático, una menor

dependencia en el recurso agropecuario es beneficiaria, debido a los impactos negativos de la variabilidad climática y eventos hidrometeorológicos extremos en él. Sin embargo, una mayor independencia también significa la pérdida de estilos de vida tradicionales y por lo tanto de capital social, así como de la soberanía alimentaria de la región.

4.4.4. LA DEPENDENCIA EN EL RECURSO FORESTAL

El recurso forestal es uno de los más importantes de la región. Las maneras en que las comunidades se aprovechan de él son a través del uso de la leña para cocinar, la madera para la carpintería, la broza en la actividad agropecuaria, las plantas medicinales y los hongos para el consumo humano. Con la excepción de la leña comprada y de la madera para la carpintería, el recurso forestal proviene directamente de los bosques en los alrededores de las comunidades.

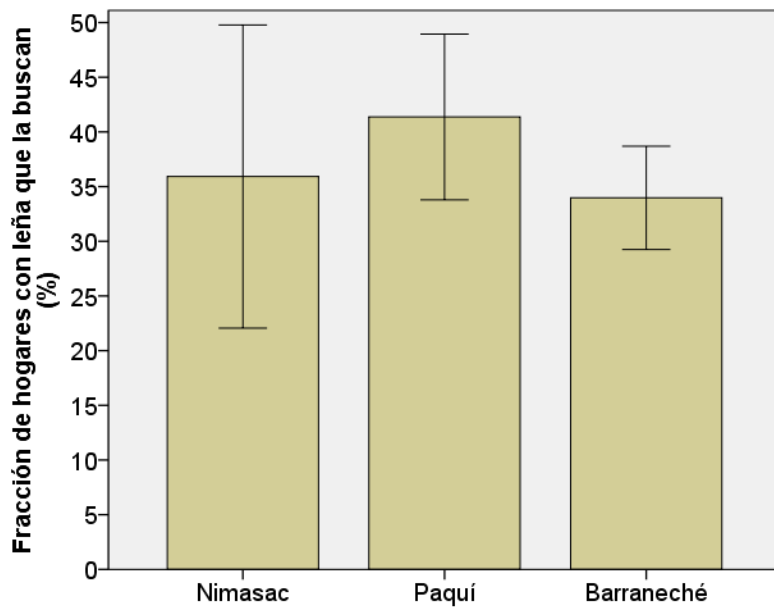
La leña

La leña es el combustible predominante de la región, aunque toma lugar su lenta sustitución por parte del gas. Los hogares consumen en mediana doce (Nimasac n=54, Barraneché n=46) a trece (Paquí n=54) tareas al año, es decir aproximadamente una tarea al mes. El consumo de leña depende del número de miembros del hogar, la cocina que utilizan, y si cuentan con un temascal (baño maya) (Reyes, 1998:40). 93,0% de los hogares que usan leña (n=157) la compran, sin diferencias significativas entre las comunidades. De los 93,0%, casi un tercio (31,8%) complementa su consumo con leña recogida de la montaña. Como abordado en el capítulo anterior, la extracción de leña de los bosques solamente comprende recoger palitos secos del suelo y no la tala de árboles ni la

corta de ramas¹⁸. En Paquí la búsqueda de leña es más común (35,2% de los hogares con leña) que en Nimasac (30,4%) o Barraneché (29,8%), aunque no significativamente (figura 4.4.4.a). En Barraneché, los hogares que recogen leña abastecen más que la mitad de su consumo (n=18; 60,1%) de la montaña; en Paquí (n=23) el porcentaje promedio desciende a 47,1%, y en Nimasac (n=19) solamente constituye poco más que un tercio (37,1%) del combustible, lo cual es significativamente menos que en Barraneché (ANOVA-LSD: p=0,026) (figura 4.4.4.b). Nimasac no cuenta con un bosque que pertenece a la comunidad, sino solamente con parcelas privadas de bosque de las cuales los dueños pueden extraer leña y madera. Este régimen de propiedad limita la frecuencia y cantidad en que se busca leña en Nimasac. Además, alrededor de la mitad de los hogares de Nimasac y Paquí son energéticamente diversificados donde la recolección de leña se convierte en una actividad superflua. Sin embargo, la recolección de leña también se basa en el vínculo cultural tradicional que tienen las comunidades con sus bosques, pues Barraneché tiene el mayor ingreso anual para la sustitución de la recolección con la compra de leña o el gas pero es la comunidad que más abastece su consumo con leña de su propia montaña.

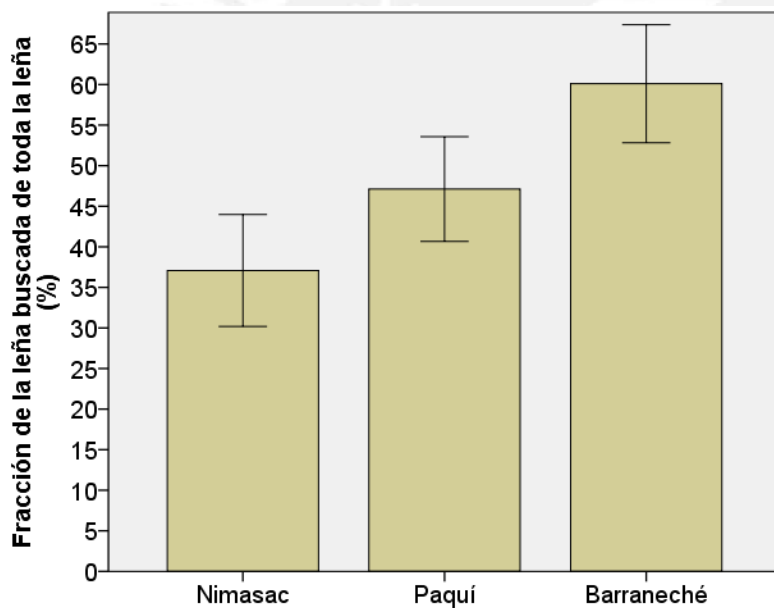
Considerando que más que tres cuartos (n=142; 78,9%) opinaron que el precio de la leña había subido en los últimos cinco años, y que la leña en la montaña se había convertido más escasa (n=57; 87,7%), es cierto que el recurso forestal en los alrededores de las comunidades así como en la región está disminuyendo, y que esa tendencia seguirá dándose en el futuro. De este punto de vista, la diversificación energética de los hogares especialmente en Barraneché, que cuenta con una fracción de hogares altamente dependientes de la leña que recogen, es imprescindible.

¹⁸ Sin embargo quince hogares contestaron cortar leña en los bosques de la comunidad, un resultado que probablemente se debe a un malentendido, porque es poco probable que confesaron la infracción de las normas comunales en la encuesta.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.4.4.a: Frecuencia de hogares en las tres comunidades que buscan leña +/- EEM. La muestra incluye solamente los hogares que usan leña.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.4.4.b: Porcentaje de la leña con precedencia de los bosques del entorno de las comunidades (leña recogida) +/- EEM. Nimasac abastece significativamente menor de su consumo de sus propios bosques que Barraneché ($p < 0,05$).

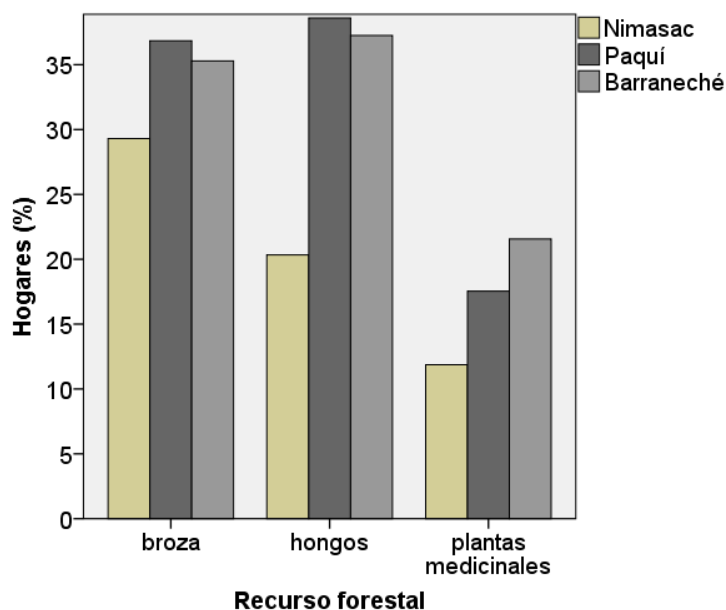
La broza

La broza es follaje del bosque caído y parcialmente descompuesto. Existen dos formas de broza: la broza de pino, que se usa en los establos de los animales

como colchón para ellos, y que en contacto con los desechos sigue descomponiéndose hasta formar un abono; y la broza de los árboles latifoliados, que se colecta durante la temporada de lluvias y se usa especialmente para frutales y hortalizas. Ambos tipos de broza no solamente proporcionan y retienen nutrientes, sino también mejoran la consistencia del suelo y previenen su compactación.

Alrededor de un tercio de los hogares recoge broza de la montaña sin diferencias significativas entre las comunidades. Paquí tiene la mayor proporción de hogares que usan broza (n=57; 36,8%) (figura 4.4.4.c). En segundo lugar se ubica Barraneché (n=51; 35,3%). Nimasac tiene la extracción más infrecuente con solamente 29,3% de sus 58 hogares afirmando el uso de broza. Sin embargo, Nimasac extrae la mayor cantidad de broza con una mediana de 30 costales al año por hogar (n=16), significativamente más que Barraneché con una mediana de solamente once costales por hogar (n=18) (MANN-WHITNEY: p=0,011; N=34; U=71,5). Paquí asume una mediana entre las dos comunidades anteriores, con 18 costales (n=21).

Interesantemente, Veblen (1977) menciona que la dependencia en la broza antes del uso de fertilizante químico, lo cual ha sustituido a la broza, probablemente haya sido mayor (op. cit. p. 425). Las diferencias en las proporciones de hogares usando broza en las tres comunidades de nuevo reflejan los distintos tipos de propiedad forestal que existen en la región. Las comunidades Barraneché y Paquí cuentan con sus propios bosques, mientras que en Nimasac solamente dueños privados tienen acceso a la montaña. Barraneché más frecuentemente extrae broza que leña debido su alta actividad pecuaria, especialmente la crianza de animales grandes como cerdos que requieren broza. Sin embargo, Nimasac es la comunidad que extrae la mayor cantidad de broza, posiblemente porque Barraneche otra vez complementa su consumo del recurso forestal con el aserrín de las carpinterías.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.4.4.c: Diferentes recursos forestales y la frecuencia con la cual los hogares de las tres comunidades extraen los recursos de los bosques en su entorno. Los hogares de Nimasac recogen con significativamente menor frecuencia hongos del bosque que Paquí o Barraneché ($p < 0,05$).

Las plantas medicinales

En 2011, 31,0% de las personas enfermas del departamento Totonicapán se automedicaron o pidieron asistencia a familiares del hogar, probablemente involucrando el uso de plantas medicinales (41,9% consultaron a un médico o una enfermera, 9,6% no hicieron nada) (INE, cuadro18). El conocimiento de las plantas medicinales se transmite por las comadronas, entre las generaciones dentro de las familias y entre los vecinos de las comunidades. A menudo los pobladores tienen un mayor conocimiento tradicional de lo que son conscientes. En el uso de las plantas medicinales destaca la preparación de baños para mujeres postparto y la cura de infecciones respiratorias (ECODESSA, 2015:34). A pesar de que una gran parte de la población todavía usa la medicina tradicional, a menudo los preparados de la farmacia eliminan las síntomas más rápidamente y hoy en día son fácilmente accesibles, por lo cual el uso de plantas medicinales está disminuyendo (IC1).

La extracción de plantas medicinales es más común en las comunidades con bosque: Barraneché (n=51) tiene la mayor proporción de hogares recolectando plantas medicinales (21,6%). En Paquí (n=57) el porcentaje desciende a 17,5%, hasta a 12,5% en Nimasac (n=56) (figura 4.4.4.c). Otra vez, menos hogares en Nimasac extraen plantas medicinales, pero en mayor cantidad (3,5 veces al año en comparación con dos veces en Paquí y Barraneché). Debido a la cercanía de Nimasac a la cabecera departamental y su posición entre modernidad y tradición es probable que para la mayoría de la población las plantas medicinales hayan sido sustituidas por la farmacia, pero que sin embargo prevalece una minoría de hogares que todavía extrae recursos como la broza y plantas medicinales de la montaña.

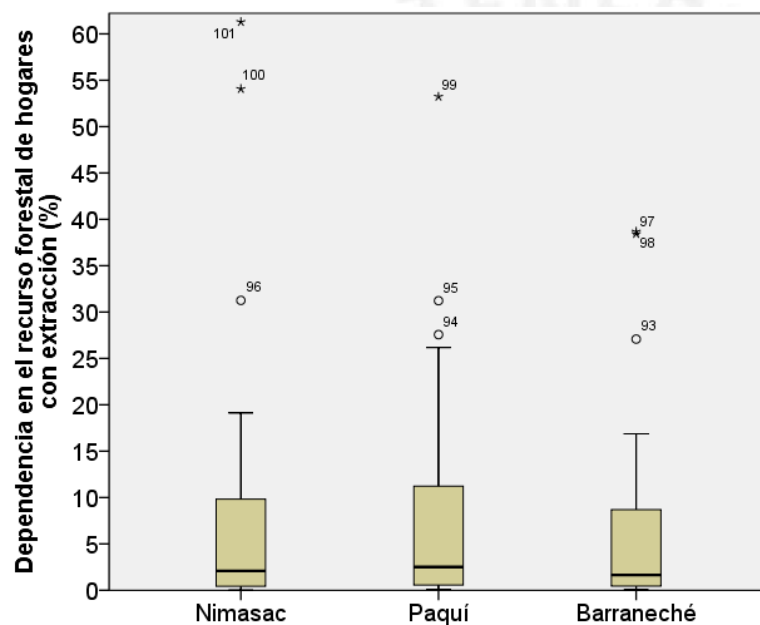
Los hongos

El mismo patrón se reconoce en la frecuencia de la recolección de hongos comestibles, donde existe una leve pero significativa diferencia entre las comunidades (CHI-CUADRADO: $\chi^2=6,459$; d.f.=2; $p<0,05$). Menos hogares buscan hongos en Nimasac (n=56; 21,4%) que en Paquí (n=57; 38,6%) o Barraneché (n=51; 38,6%), pero de nuevo los hogares de Nimasac extraen más hongos, en mediana 4,5 libras (n=12), mientras que son 4 libras en Barraneché (n=18) y 3,5 libras en Paquí (n=22) (figura 4.4.4.c).

La dependencia en el recurso forestal del entorno

Estimando el valor entero de la leña recogida, la broza, las plantas medicinales y los hongos, y el porcentaje del ingreso que representan, se evaluó la dependencia de los hogares en el recurso forestal de su entorno inmediato. Paquí tiene la mayor dependencia en el recurso forestal de su comunidad, el consumo representando 2,5% del ingreso anual (n=39) (figura 4.4.4.d). Nimasac tiene la segunda dependencia más pronunciada, con un consumo del recurso forestal equivaliendo a 2,1% del ingreso (n=27). Los porcentajes solamente

reflejan la dependencia de los hogares que sí recogen algún recurso de la montaña y no de todos los hogares de la comunidad. Por lo tanto, Nimasac demuestra una alta dependencia, concordando con los resultados anteriores que mostraron que pocos hogares recolectan mucho recurso forestal en esa comunidad. Sorprendentemente, Barraneché tiene la dependencia más baja con solamente 1,6% de su ingreso representado por el recurso forestal consumido en sus hogares (n=29), posiblemente debido al alto ingreso anual de la comunidad.



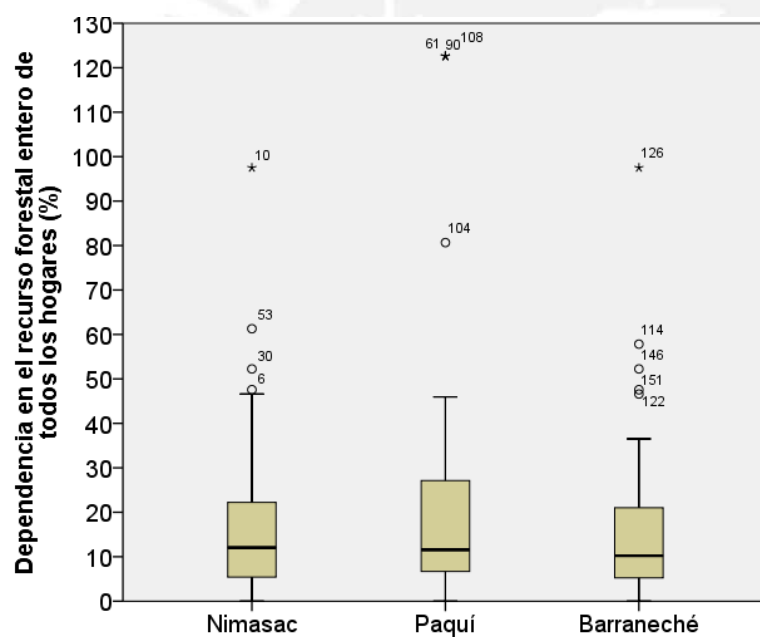
Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.4.4.d: Medianas de la dependencia de los hogares en el recurso forestal de su entorno expresada como el porcentaje del ingreso anual. La muestra solo incluyó hogares con consumo de algún recurso forestal de su entorno.

La dependencia en el recurso forestal entero

Evaluando la dependencia en el recurso forestal entero (además sumando el valor de la leña comprada de otros municipios y contando los siete de 153 hogares que no consumen ningún recurso forestal), se puede apreciar que Nimasac (n=50) tiene la mayor dependencia en el recurso forestal de las tres comunidades, con una mediana de 12,0%. Paquí (n=56) tiene una dependencia de 11,5% y Barraneché (n=47) la dependencia más baja con 10,2% (figura

4.4.4.e). La leña comprada representa la gran mayoría del recurso forestal consumido por las comunidades, pues la dependencia en el recurso forestal entero asume un valor cinco a seis veces lo de la dependencia en el recurso forestal del entorno inmediato de las comunidades. El resultado que casi un décimo del ingreso está destinado a la compra de leña resalta la importancia de la diversificación energética. Aunque Nimasac y Paquí cuentan con un alto grado de diversificación, son las comunidades más dependientes de la leña comprada, y un aumento en el precio de la leña puede perjudicar especialmente a los hogares económicamente débiles. En Barraneché la motivación para una diversificación energética más bien es la conservación del recurso forestal, pues la comunidad no es la más dependiente en los bosques pero la más extractiva.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.4.4.e: Medianas de la dependencia de los hogares en el recurso forestal expresada como porcentaje del ingreso anual. La muestra incluyó a todos los hogares.

La dependencia en el recurso forestal correlaciona con los mismos indicadores que la dependencia en el recurso agropecuario: la edad del jefe de hogar (SPEARMAN: $r=0,255$; $p=0,001$), su educación (SPEARMAN: $r=-0,302$; $p=0,000$), la escolaridad del hogar (SPEARMAN: $r=-0,352$; $p=0,000$), el analfabetismo

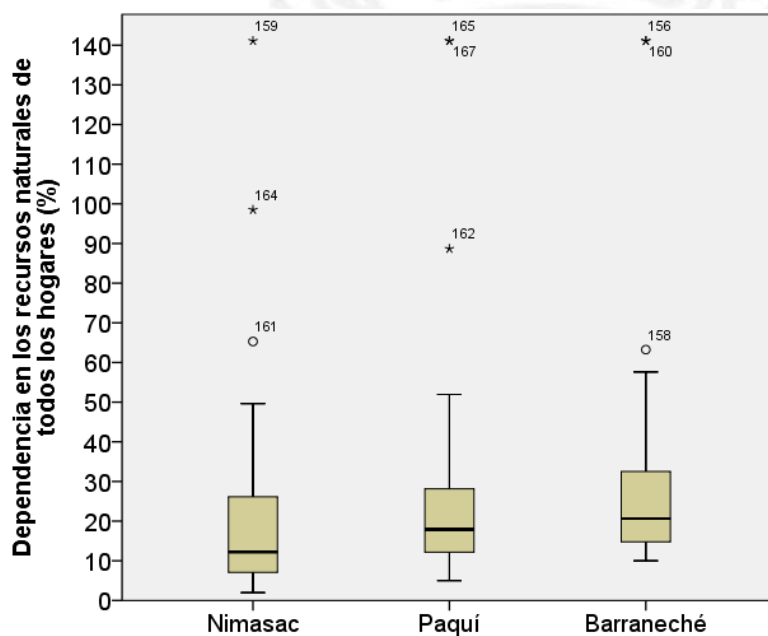
(SPEARMAN: $r=0,249$; $r=0,002$) y el ingreso (SPEARMAN: $r=-0,437$; $p=0,000$) (tabla 4.1.2.a). Como es el caso con el recurso agropecuario, se supone que hogares con mayor educación dependen menos del recurso forestal, porque adoptan estilos de vida modernos y menos vinculados a la extracción tradicional de recursos forestales como hongos y plantas medicinales, y en caso de que todavía dependen de algún recurso forestal como la leña lo sustituyen por el trabajo remunerado y su compra. Mientras que el ingreso correlacionó débilmente con la dependencia en el recurso agropecuario, correlaciona fuertemente con la dependencia en el recurso forestal. Dado que el consumo de leña aporta la mayor proporción al recurso forestal analizado, y que el consumo de leña no es significativamente diferente entre las comunidades (doce a trece tareas al año), el ingreso anual, que es el denominador del índice, correlaciona negativamente con el índice.

4.4.5. LA DEPENDENCIA EN LOS RECURSOS NATURALES

La dependencia en el recurso forestal es mucho mayor que la dependencia en el recurso agropecuario. En Paquí, que tiene la menor dependencia agropecuaria con 2,7%, el recurso forestal representa 4,3 veces el porcentaje del ingreso que representa el recurso agropecuario. En Nimasac, la brecha es menos pronunciada, con una dependencia agropecuaria de 3,8% y una dependencia forestal de 12,0%. La menor diferencia entre las dependencias en los recursos existe en Barraneché, que tiene la mayor dependencia agropecuaria (5,2%) pero la menor dependencia en el recurso forestal (10,2%).

Sumando la dependencia agropecuaria con la dependencia forestal, se puede estimar la dependencia en recursos naturales. A pesar de que Barraneché tiene el mayor ingreso anual, Barraneché ($n=43$) tiene la mayor dependencia en recursos naturales, con cada hogar en mediana consumiendo 20,6% de su

ingreso en forma de recursos naturales. En segundo lugar está Paquí con 17,9% (n=53), y finalmente Nimasac con 12,2% (n=47) (figura 4.4.5.a). La mediana de Nimasac es significativamente más baja que la de Paquí (MANN-WHITNEY: $p=0,021$; $N=100$; $U=1578,5$) y la de Barraneché (MANN-WHITNEY: $p=0,018$; $N=85$; $U=1171$). Estos resultados, que todavía no han cuantificado el recurso forestal que se consume en las carpinterías, sugieren que Barraneché es la comunidad más sensible al cambio climático, y Nimasac la comunidad menos sensible al cambio climático en cuanto a su dependencia en los recursos naturales.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.4.5.a: Medianas de la dependencia de los hogares en los recursos naturales (agropecuarios y forestales) expresada como porcentaje del ingreso anual. La muestra incluyó a todos los hogares. La dependencia de Nimasac es significativamente menor a la de Paquí y Barraneché ($p<0,05$).

4.5. RESUMEN Y CONCLUSIONES

La tabla 4.5.a da un resumen de los hallados de cada indicador de la sensibilidad, seguida por las conclusiones finales.

Tabla 4.5.a: Resumen de los indicadores de la sensibilidad.

<p>La diversificación del ingreso</p>	<p>Los hogares de Nimasac y Paquí en mediana se dedican a dos actividades económicas, los de Barraneché a una, porque un porcentaje menor de mujeres trabaja. Especialmente tres actividades económicas resultan en un ingreso y capital mayor. Nimasac representa a la zapatería y talabartería, el comercio y transporte; Barraneché a la carpintería; Paquí al sector textiles. La carpintería es la actividad, y Barraneché la comunidad, más sensible al cambio climático y su mayor contribuyente a través de la deforestación.</p>
<p>La precariedad del ingreso</p>	<p>73% de las actividades económicas son precarias. Menos hogares en Barraneché tienen un ingreso precario (porque los ingresos son menos diversificados) y sus ingresos inconsistentes son precarios en menor grado. Con el cambio climático la carpintería será una actividad más precaria y los hogares de Barraneché asumirán más oficios, incrementando la precariedad a nivel del hogar.</p>
<p>Des-empleo</p>	<p>Nimasac es lo más afectado, porque su población tienen las mayores aspiraciones a un trabajo que corresponde a su formación (aunque Paquí tiene la mayor escolaridad).</p>
<p>Dependencia</p>	<p>En Paquí y Nimasac la mitad de las personas del hogar trabajan, en Barraneché solo un tercio, debido a que la solamente 22% en lugar de 47%-51% de las mujeres trabajan.</p>
<p>Hacinamiento</p>	<p>Barraneché es la comunidad más hacinada, pero tiene las casas más modernas y el mayor ingreso anual. Barraneché es la comunidad más rural y tradicional y el hacinamiento puede ser una característica sociocultural en lugar de representar patrones económicos.</p>
<p>Suficiencia del ingreso</p>	<p>No hay diferencias entre las comunidades. La suficiencia del ingreso está vinculada a la cantidad del ingreso y la liquidez financiera; posiblemente también incorpore factores como la modestia de las personas y sus aspiraciones en mejorar su situación económica.</p>
<p>Fuentes alternativas de energía</p>	<p>Casi todos los hogares usan leña. 37% (Barraneché, que además usa aserrín como combustible) a 51% (Paquí) de los hogares usan gas, que es asociado a un ingreso y capital financiero mayor, una menor edad del jefe de hogar y su mayor educación. En general es preferible usar gas que disminuye la deforestación y dependencia en el recurso forestal. En caso de eventos hidrometeorológicos extremos es conveniente contar con leña y gas.</p>

Agua y desagüe	<p>La mayoría de las personas tienen agua potable. El recurso agua es muy importante en la región y en peligro.</p> <p>Nimasac más frecuentemente tiene drenaje. El drenaje representa el ingreso, capital financiero, ahorros, la liquidez financiera, educación del jefe de hogar y escolaridad del hogar. El drenaje es un buen indicador sustitutivo socioeconómico.</p>
Material del hogar	<p>La mayoría de las casas son de adobe. Casas de block son más resistentes al clima y más costoso. El material está vinculado a la educación del jefe de hogar, su edad, la escolaridad y el hacinamiento del hogar, la posesión de ahorros, gas, y la suficiencia del ingreso, sobre todo entre hogares de block o mixtos y hogares de adobe. Especialmente en Barraneché prevalecen hombres que emigran a los EE.UU. y mandan remesas para la construcción de una casa de block donde viven su esposa e hijos.</p>
Inseguridad alimentaria	<p>Alrededor de la mitad de los hogares están en condición de inseguridad alimentaria leve, y alrededor de un quinto en condición segura. Nimasac tiene la mayor inseguridad alimentaria. La seguridad alimentaria se relaciona con la producción agrícola, la educación del jefe de hogar y de los miembros del hogar, y varias variables económicas como el ingreso. Hogares con jefatura femenina son predispuestos ante la inseguridad alimentaria.</p>
Edades extremas	<p>El porcentaje de miembros en edad extrema correlaciona con la dependencia, el analfabetismo y negativamente con el bilingüismo. Las medianas, en donde Paquí (Nimasac) tiene el porcentaje mayor (menor) de miembros en edad extrema, corresponden a la mayor (menor) distribución de las personas mayores a sesentaicinco años de edad. Con mayor (menor) distribución, más (menos) hogares son poco (altamente) sensibles.</p>

Recurso agrícola	<p>El cultivo principal es el maíz, seguido por el frijol. Entre dos tercios a tres cuartos de los hogares practican la agricultura, mayormente para el autoconsumo con alguna venta en Nimasac. Barraneché tiene la mayor producción y practica una agricultura extensiva, menos sensible. Nimasac tiene la mayor productividad por su alta densidad poblacional y la intensificación agrícola, lo cual puede conducir a más deforestación. La dependencia agrícola de los agricultores (y de todos los hogares) es la mayor en Nimasac (5,6% y 3,2%), seguido por Barraneché (5,3% y 2,6%) y Paquí (3,6% y 1,8%). Nimasac es la comunidad más sensible debido a su modesta producción, bajo ingreso y alta inseguridad alimentaria.</p>
Recurso pecuario	<p>Barraneche tiene la actividad pecuaria más frecuente y diversificada (cerdos y pavos). Paquí tiene la actividad pecuaria menos frecuente y productiva. Nimasac tiene el mayor autoconsumo y la mayor venta de productos pecuarios. El pollo es el animal más común. Todos los hogares pecuarios tienen una dependencia de 2,3%. De las comunidades enteras, la dependencia es cero en Nimasac y Paquí, y 0,6% en Barraneché, que es la más sensible. El recurso pecuario no es muy importante y cumple alguna función económica.</p>
Recurso agropecuario	<p>De los hogares agropecuarios (de todos los hogares), la dependencia es la mayor en Nimasac (Barraneché). Menos hogares se desempeñan más en Nimasac que en Barraneché, donde más hogares se desempeñan menos en el sector agropecuario. Paquí es un actor modesto. La dependencia agropecuaria correlaciona con el ingreso y la educación. Una mayor educación conduce a estilos de vida modernos menos vinculados a la actividad rural tradicional y sustituye la propia producción por el trabajo remunerado y la compra de alimentos. Respeto al cambio climático una menor dependencia es favorable.</p>
Recurso forestal	<p>93% de los hogares usan aproximadamente una tarea de leña al mes para cocinar. Un tercio de los hogares recoge leña además de comprarla, y en Barraneché este tercio abastece más que la mitad de su consumo así. En Nimasac, el bosque privatizado restringe la recolección de recursos forestales, incluso de leña, aunque Paquí y Nimasac también tienen una alta prevalencia de gas. Debido a que la leña se convierte cada vez más costosa y escasa, se debe aumentar el uso de gas en Barraneché. 29%-37% de los hogares, especialmente con</p>

animales, recolectan broza y la usan en los establos y como abono. 13%-22% de los hogares recogen plantas medicinales. 21%-39% de los hogares recolectan hongos. Nimasac recoge recursos con menor frecuencia pero en mayor cantidad. La dependencia en el recurso forestal del entorno inmediato es pequeña (2,5%-1,6%). Sin embargo, con la leña comprada el valor del recurso forestal aumenta a 12%-10,2% del ingreso anual. El resultado resalta la importancia de la diversificación energética para la protección de hogares socioeconómicamente débiles en Nimasac y Paquí, y para la disminución de la deforestación en Barraneché.

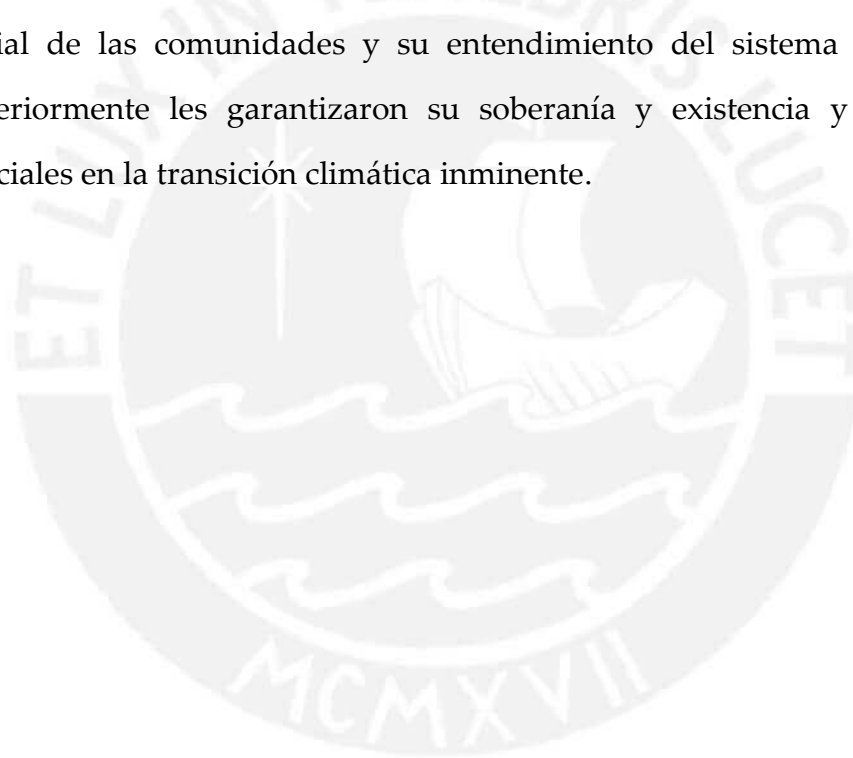
Recurso natural

La dependencia en el recurso forestal es múltiples veces la en el recurso agropecuario. Sumando las dependencias, Barraneché tiene la mayor dependencia con 20,6% (sin la cuantificación del consumo de las carpinterías), Paquí una dependencia de 17,9%, y Nimasac una de 12,2%. Barraneché es la comunidad más sensible al cambio climático.

El análisis de la sensibilidad de los hogares afirma las tres conclusiones del capítulo anterior:

1. Existe un vínculo entre la pobreza y el uso de los recursos naturales. Hogares de menor nivel socioeconómico son más dependientes del recurso agropecuario y del recurso forestal, y por lo tanto más sensibles ante los efectos del cambio climático como la disminución de los rendimientos agrícolas, la propagación de enfermedades y plagas, y la disminución del recurso forestal en el entorno de las comunidades y el departamento Totonicapán. Hogares con jefatura femenina que no reciben remesas destacan como particularmente vulnerables. Considerando que el municipio Totonicapán es uno de los municipios menos rurales del departamento; uno de los municipios menos pobres; y un municipio que además exporta su huella ecológica a los municipios menos afortunados, la consideración de dicho vínculo es sumamente importante en perspectiva a todo el departamento.

2. La densidad poblacional exige una alta presión en los terrenos agrícolas, especialmente en Nimasac que cuenta con la mayor población y cercanía a la cabecera departamental, una agricultura ya intensificada y sin embargo la mayor inseguridad alimentaria.
3. La transición entre medios de vida tradicionales y modernos es un arma de doble filo. Fuentes alternativas de energía como el gas, hogares de materiales nobles construidos gracias a la migración, una mayor educación de las últimas generaciones y por lo tanto ingresos más altos y una menor dependencia en los recursos naturales disminuyen la sensibilidad de los hogares y aumentan su calidad de vida, pero también disuelven el capital social de las comunidades y su entendimiento del sistema natural, que anteriormente les garantizaron su soberanía y existencia y pueden ser cruciales en la transición climática inminente.



CAPÍTULO 5

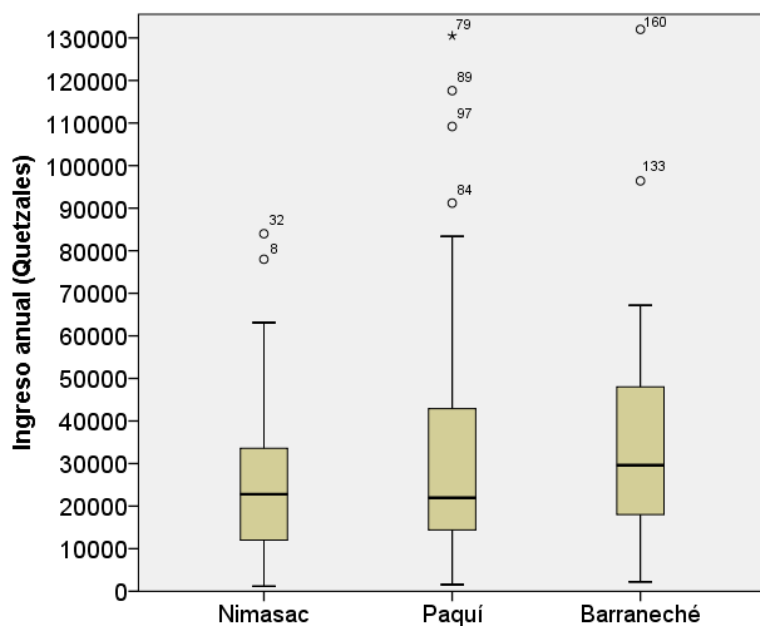
LA CAPACIDAD ADAPTATIVA DE LOS HOGARES DE TOTONICAPÁN

El quinto capítulo aborda la segunda parte del segundo objetivo de la investigación, la evaluación y comparación de la capacidad adaptativa de las tres comunidades a través del análisis singular de los indicadores socioeconómicos. Parecido al capítulo anterior, se categorizaron los indicadores en factores económicos, sociales y de recursos naturales. El capítulo termina con un resumen y las conclusiones del análisis.

5.1. LOS INDICADORES ECONÓMICOS

5.1.1. EL INGRESO

El ingreso anual es uno de los indicadores más importantes. La mediana del ingreso anual de Paquí (n=56) es la más pequeña con 21950 Quetzales al año. Nimasac (n=57) tiene un ingreso anual un poco más elevado con una mediana de 22800 Quetzales al año, que es significativamente más bajo que el ingreso anual de Barraneché (n=49) con 29600 Quetzales (MANN-WHITNEY: $p=0,015$; $N=106$; $U=1781,5$) (figure 5.1.1.a). La mediana del ingreso de Paquí no se distingue significativamente de la mediana del ingreso de Barraneché.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5.1.1.a: Comparación de las medianas del ingreso anual entre las comunidades. El ingreso de Barraneché es significativamente mayor a lo de Nimasac ($p < 0,05$).

El alto ingreso anual de los hogares en Barraneché sorprende, porque menos mujeres trabajan en Barraneché, existe una mayor dependencia en los hogares y su actividad económica es menos diversificada; porque indicadores sustitutos comúnmente usados para estimar la situación socioeconómica de un hogar (como el hacinamiento y el desagüe) transmiten que Barraneché tiene un bajo nivel socioeconómico. Sin embargo, el resultado concuerda con que Barraneché tiene la mayor proporción de casas modernas, y con que Nimasac se ve lo más afectado por el desempleo y la inseguridad alimentaria.

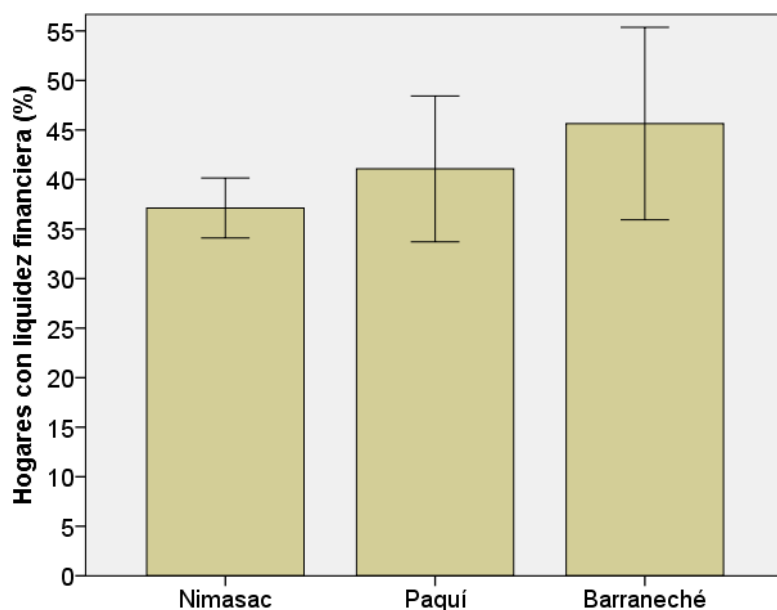
Un diagnóstico de la comunidad Barraneché estimó el ingreso anual sustancialmente menor a la cifra de este informe, a 17229 Quetzales al año (CDRO, 2014:10). Sin embargo, esta evaluación no incluyó las remesas que reciben las familias y contribuyen sustancialmente al sustento familiar.

El ingreso anual correlaciona fuertemente con indicadores de la educación como la escolaridad del jefe de hogar (SPEARMAN: $r = 0,240$; $p = 0,002$), del hogar

(SPEARMAN: $r=0,352$; $p=0,000$) y el analfabetismo (SPEARMAN: $r=-0,216$; $p=0,006$), porque una mayor educación conduce al conseguimiento de un trabajo más rentable (tabla 4.1.2.a). El ingreso también correlaciona con el capital financiero y físico (SPEARMAN: $r=0,296$; $p=0,000$), debido a que hogares con un mayor ingreso pueden adquirir un mayor capital. La correlación fuertemente negativa con la dependencia en el recurso forestal (SPEARMAN: $r=-0,437$; $p=0,000$) se debe mayormente a que el ingreso mismo es el denominador de dicho índice. La leve correlación con la dependencia en el recurso agropecuario (SPEARMAN: $r=-0,174$; $p=0,034$) demuestra que la actividad agropecuaria no solamente se desarrolla en base del ingreso del hogar sino también de su estilo de vida tradicional o moderno.

1.1.2. LA LIQUIDEZ FINANCIERA

En 41,5% de los hogares de las tres comunidades sobra algo del ingreso al fin del mes. Cabe destacar que la mayoría de las personas no gana mensualmente, sino a la quincena, al día o la semana. Las comunidades no difieren significativamente en la frecuencia de hogares con liquidez financiera: en Nimasac ($n=57$) 38,6%, en Paquí ($n=56$) 41,1%, y en Barraneché ($n=51$) 45,1% de los hogares no gastan todo su ingreso (figura 5.1.2.a). En cuanto a la mediana del monto que les queda no hay diferencias significativas entre las comunidades. En Nimasac sobran en mediana 450 Quetzales ($n=22$), en Paquí 500 Quetzales ($n=23$) y en Barraneché 550 Quetzales ($n=23$). Los resultados de la frecuencia y la cantidad de la liquidez financiera de las comunidades reflejan los hallados anteriores del ingreso anual.

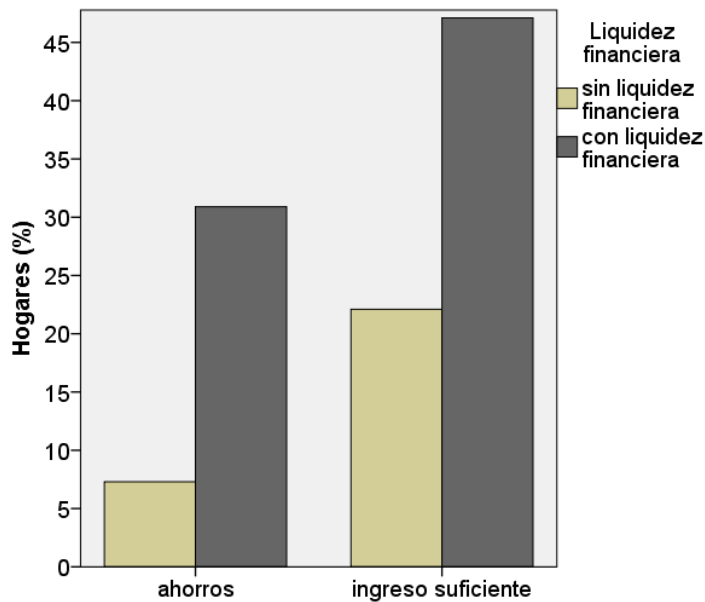


Fuente: Elaboración propia.

Figura 5.1.2.a: Promedio de hogares en donde queda algo del ingreso +/- EEM.

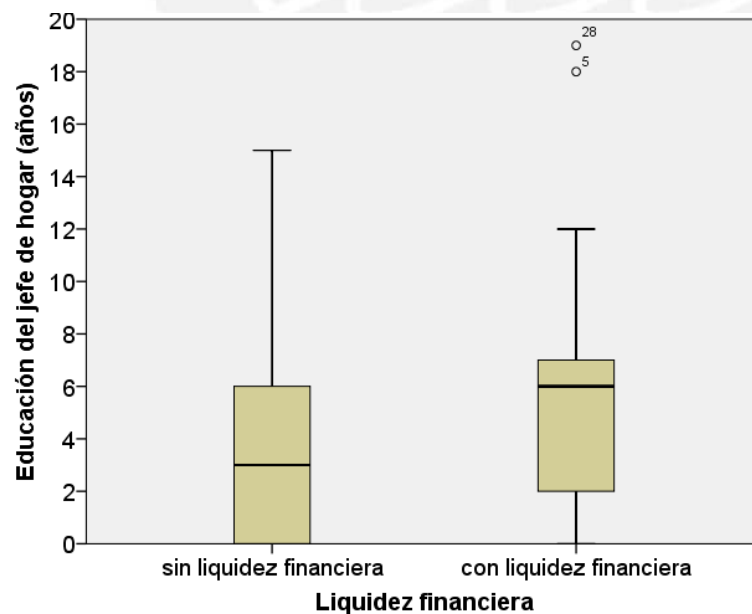
La liquidez financiera está asociada al ingreso anual, y hogares donde queda algo del ingreso tienen un ingreso anual en mediana 12900 Quetzales mayor a los hogares donde no queda algo del ingreso (KRUSKAL-WALLIS: $p=0,000$; $N=160$; $\chi^2=17,787$). Los hogares con un mayor ingreso menos probablemente lo gastan todo. Hogares con liquidez financiera también más frecuentemente tienen ahorros (CHI-SQUARED: $\chi^2=14,579$; d.f.=1; $p<0,001$) y perciben su ingreso como suficiente (CHI-SQUARED: $\chi^2=9,003$; d.f.=1; $p<0,01$) (figura 5.1.2.b). Parecido al ingreso anual, la liquidez financiera está estadísticamente vinculada a indicadores de la educación (el analfabetismo KRUSKAL-WALLIS: $p=0,038$; $N=163$; $\chi^2=4,320$; d.f.=1; la educación del jefe de hogar KRUSKAL-WALLIS: $p=0,018$; $N=161$; $\chi^2=5,630$; la escolaridad KRUSKAL-WALLIS: $p=0,041$; $N=164$; $\chi^2=4,161$) (figura 5.1.2.c-d). Cabe destacar que la edad del jefe de hogar no correlaciona con el ingreso anual, pero sí es significativamente diferente entre los hogares con y sin liquidez financiera (KRUSKAL-WALLIS: $p=0,017$; $N=161$; $\chi^2=5,662$), lo cual sugiere que jefes de hogar más jóvenes tienen una actitud beneficiosa en cuanto a la racionalización de los recursos económicos (figura 5.1.2.e). Finalmente, los hogares con liquidez financiera también

dependen menos del recurso forestal (KRUSKAL-WALLIS: $p=0,011$; $N=157$; $\chi^2=6,422$) y del recurso natural (KRUSKAL-WALLIS: $p=0,007$; $N=144$; $\chi^2=7,254$) (figura 5.1.2.f-g).



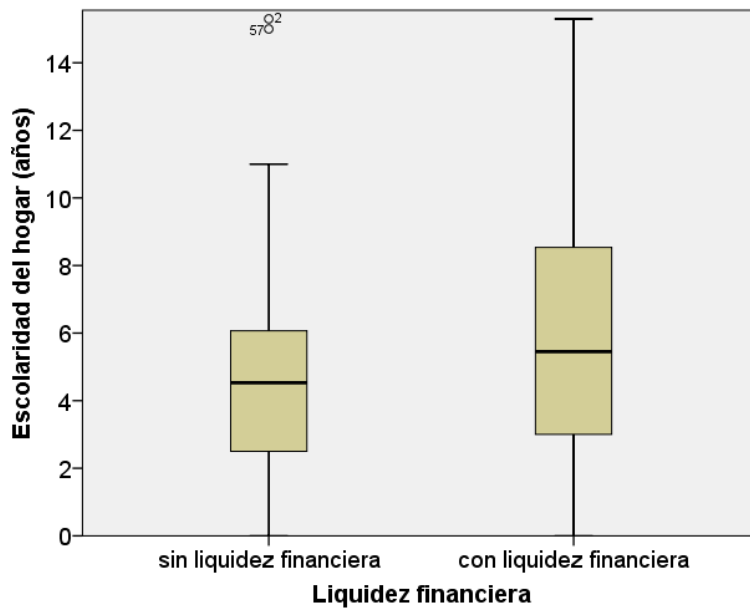
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5.1.2.b: Hogares sin y con liquidez financiera y su posesión de ahorros y percepción de la suficiencia del ingreso. Hogares con liquidez financiera estadísticamente más frecuentemente tienen ahorros ($p<0,001$) y perciben su ingreso como suficiente ($p<0,01$).



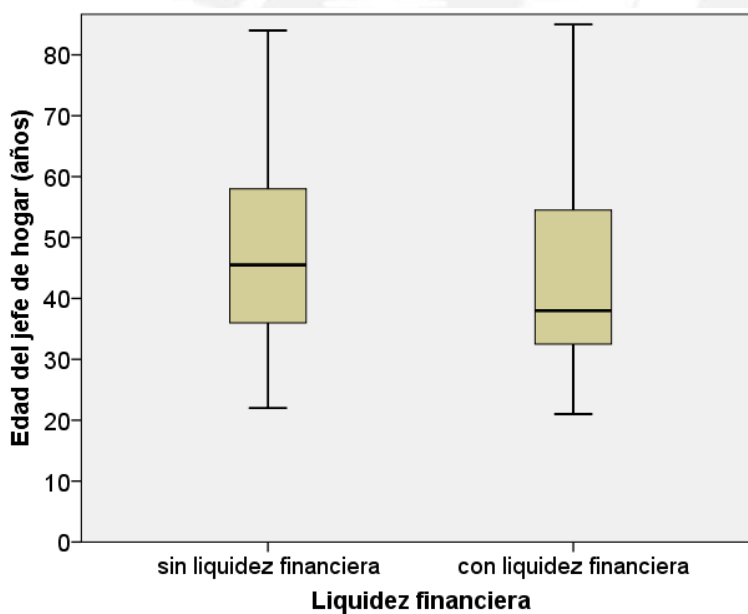
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5.1.2.c: Hogares sin y con liquidez financiera y la mediana de educación del jefe de hogar. La diferencia es estadísticamente significativa ($p<0,05$).



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5.1.2.d: Hogares sin y con liquidez financiera y la mediana de la escolaridad promedio recibida por los miembros que forman el hogar. La diferencia es estadísticamente significativa ($p < 0,05$).



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5.1.2.e: Hogares sin y con liquidez financiera y la mediana de la edad del jefe de hogar. La diferencia es estadísticamente significativa ($p < 0,05$).

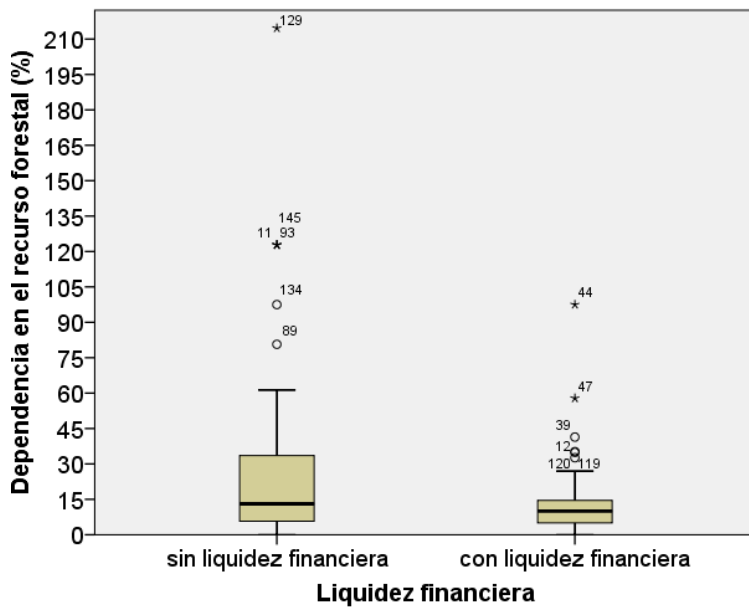
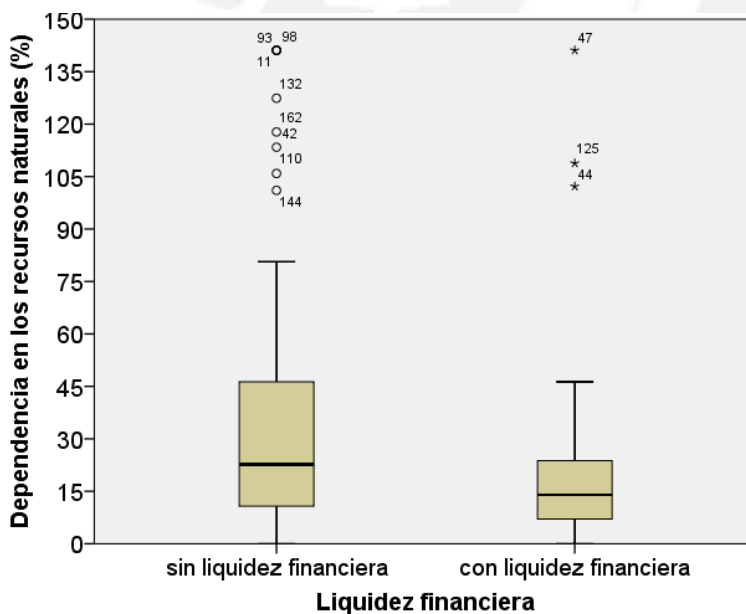


Figura 5.1.2.f: Hogares sin y con liquidez financiera y la mediana de la dependencia en el recurso forestal expresada como porcentaje del ingreso anual. La diferencia es estadísticamente significativa ($p < 0,05$).



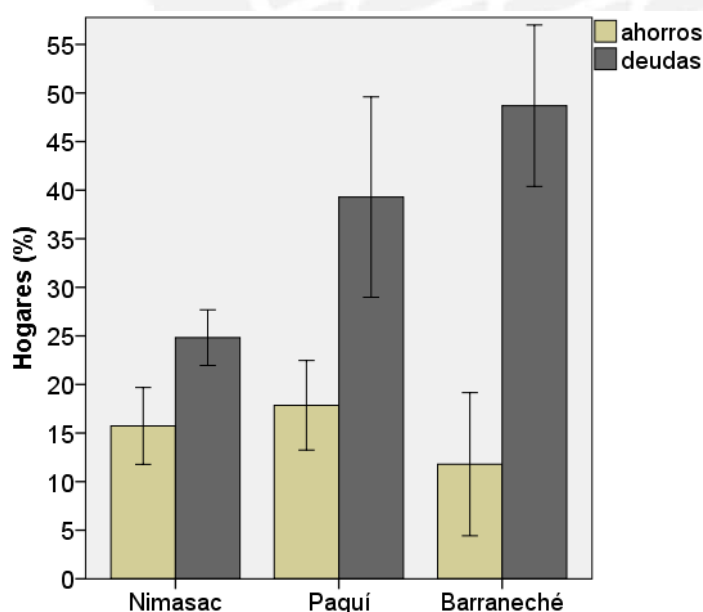
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5.1.2.e: Hogares con y sin liquidez financiera y las medianas de la dependencia en los recursos naturales expresada como porcentaje del ingreso anual. La diferencia es estadísticamente significativa ($p < 0,01$).

1.1.3. EL CAPITAL FINANCIERO Y FÍSICO

La evaluación del capital financiero y físico se divide en cuatro componentes: ahorros y deudas (capital financiero) y activos y animales (capital físico).

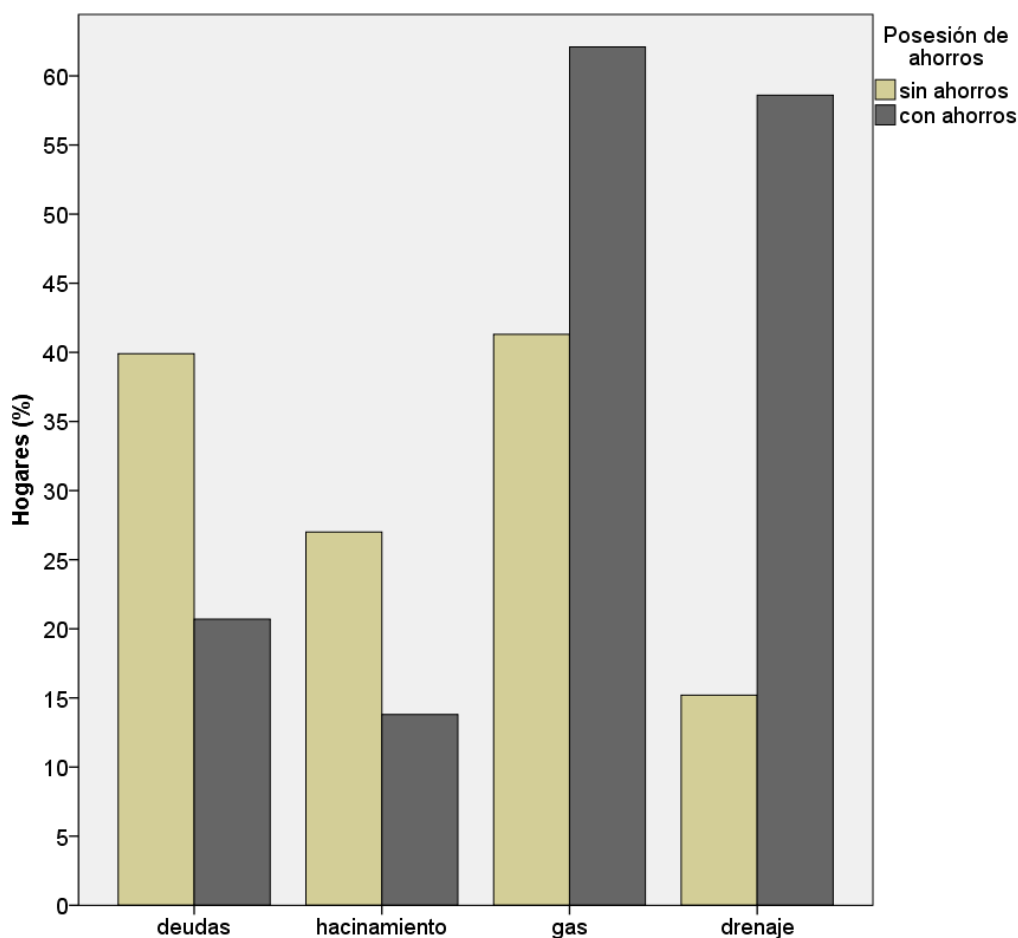
Es más común que los hogares (n=166) tienen deudas (36,7%) que ahorros (17,5%), lo que en general es desfavorable. Aunque Barraneché (n=51) tiene el mayor ingreso, y la mayor y más frecuente liquidez financiera, sus hogares a menor frecuencia cuentan con ahorros (15,7%) (figura 5.1.3.a). Al contrario, Nimasac (n=59), que cuenta con un ingreso bajo y una menor liquidez financiera, tiene la mayor frecuencia de ahorros (18,6%). Sin embargo, los hogares con ahorros tienen un ingreso anual 10900 Quetzales mayor a lo de hogares sin ahorros (KRUSKAL-WALLIS: $p=0,024$; $N=161$; $\chi^2=5,070$). En Paquí, 17,9% de los hogares cuentan con ahorros. Las frecuencias de los hogares con ahorros se reflejan en la mediana de los montos ahorrados. Mientras que en Nimasac (n=11) los hogares cuentan con 2000 Quetzales ahorrados, los hogares de Barraneché (n=7) disponen solamente de la mitad de ello, y los de Paquí (n=9) se encuentran en el medio con una mediana de 1500 Quetzales ahorrados.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5.1.3.a: Frecuencias de los hogares que tienen ahorros y deudas en las tres comunidades +/- EEM.

Los hogares con ahorros son menos frecuentemente hacinados (CHI-SQUARED: $\chi^2=4,280$; d.f.=1; $p<0,05$), y más frecuentemente tienen gas (CHI-SQUARED: $\chi^2=4,171$; d.f.=1; $p<0,05$) y drenaje (CHI-SQUARED: $\chi^2=25,513$; d.f.=1; $p<0,001$), los cuales implican un costo de adquisición y por ende se relacionan con los ahorros. Lógicamente, los hogares con ahorros significativamente menos frecuentemente tienen deudas (CHI-SQUARED: $\chi^2=6,067$; d.f.=1; $p<0,025$) (figura 5.1.3.b).



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5.1.3.b: Las frecuencias de hogares con deudas, hacinamiento, gas y drenaje, dependiendo de si tienen ahorros. Las diferencias en las frecuencias son estadísticamente significativas.

En cuanto a las deudas, se reproducen los resultados anteriores con significación estadística (CHI-SQUARED: $\chi^2=7,729$; d.f.=2; $p<0,025$): hogares en

Nimasac (n=59) con la menor frecuencia (23,7%) tienen deudas (figura 5.1.3.a). En Paquí (n=56) son sustancialmente más (39,3%), y la mayor frecuencia se encuentra en Barraneché (n=51), donde casi la mitad de los hogares (49,0%) es endeudada. Como en caso de los ahorros, comunidades con deudas más frecuentes tienen mayores deudas: los hogares de Nimasac (n=14) en mediana deben 10000 Quetzales, en Paquí (n=22) son 10500 Quetzales, hasta 13750 Quetzales en Barraneché (n=24).

Los hogares endeudados son más hacinados (KRUSKAL-WALLIS: $p=0,016$; $N=166$; $\chi^2=5,851$) y tienen un jefe de hogar en mediana 9,5 años más joven (KRUSKAL-WALLIS: $p=0,003$; $N=164$; $\chi^2=8,641$). Sorprendentemente, el endeudamiento no guarda una relación con el ingreso anual. Por lo tanto, Barraneché, que tiene el mayor ingreso anual pero también la menor edad mediana de los jefes de hogar (cuarenta y dos años) es la comunidad más endeudada. El frecuente endeudamiento de Barraneché es preocupante, porque niega cualquiera adaptación que requiere algún financiamiento. Es posible que jefes de hogar más jóvenes asuman mayores riesgos financieros y por lo tanto se endeudan más, aunque previamente en caso de la liquidez financiera la menor edad de los jefes de hogar fue económicamente beneficiosa.

En cuanto a los activos físicos, aproximadamente tres cuartos de los hogares cuentan con un televisor, desde 64,4% en Nimasac (n=56) hasta casi todos los hogares (88,2%) en Barraneché (n=51). Algunos hogares que se dedican al comercio tienen vehículos. Es común que los hogares trabajando en artesanías como el sector textiles, la carpintería o la zapatería y talabartería poseen equipos costosos, aunque las máquinas del sector textiles frecuentemente pertenecen al patrón para quien produce el hogar. Los hogares con gas cuentan con una estufa. La posesión de lavadoras o computadoras es infrecuente. Refrigeradores son estadísticamente más comunes en Paquí (n=57; 56,1%) que en Barraneché (n=51; 39,2%) o Nimasac (n=56; 28,8%) (CHI-SQUARED: $\chi^2=9,192$;

d.f.=2; $p < 0,025$). La mayoría de las personas son propietarios de sus casas, pocas personas alquilan o prestan una vivienda. Algunos hogares también cuentan con bosque ($n=164$; 10,2%), especialmente en Nimasac ($n=56$; 16,9%), debido a la privatización del bosque alrededor de dicha comunidad (CHI-SQUARED: $\chi^2=7,451$; d.f.=2; $p < 0,025$).

Más que tres cuartos de los hogares en Barraneché ($n=51$) cuentan con terreno agrícola (78,4%), mientras que en Paquí ($n=57$) y Nimasac ($n=59$) son 64,9% y 66,1% de los hogares, respectivamente. Los porcentajes reflejan la frecuencia de la actividad agrícola en las comunidades y la existencia de terrenos fuera de uso en Barraneché. El precio por cuerda difiere significativamente entre las comunidades (KRUSKAL-WALLIS: $\chi^2=16,997$; $n=111$; d.f.=2; $p=0,000$), debido a su cercanía a la cabecera departamental y la presión demográfica dentro de las comunidades. La mediana del precio por cuerda en Nimasac es significantivamente mayor a la de Paquí (MANN-WHITNEY: $p=0,006$; $n=73$; $U=416,5$) y la de Barraneché (MANN-WHITNEY: $p=0,000$; $n=75$; $U=362,0$). También la mediana del precio por cuerda en Paquí es significantivamente mayor a la de Barraneché (MANN-WHITNEY: $p=0,021$; $n=74$; $U=470,5$). En Nimasac, una cuerda cuesta en mediana 45000 Quetzales, mientras que en Paquí son solamente 15000 Quetzales y en Barraneché 10000 Quetzales.

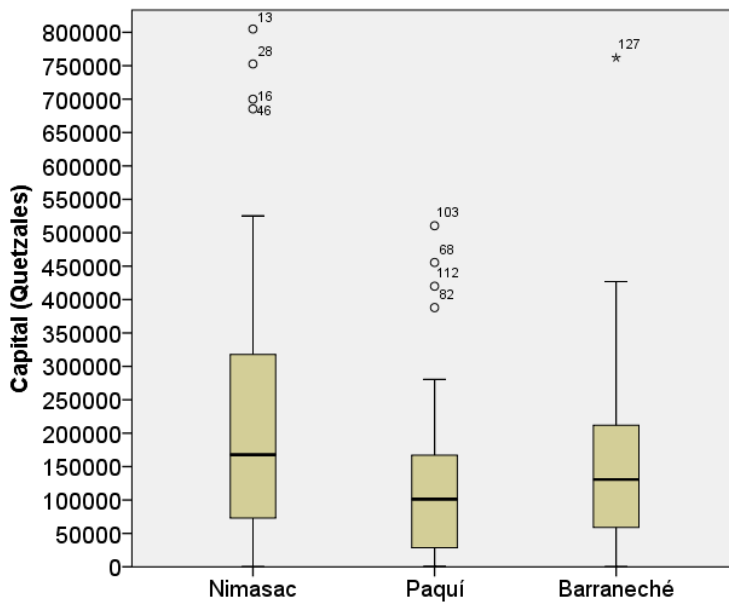
Las medianas del valor total de los activos físicos entre las comunidades difieren significantivamente. Nimasac ($n=54$) tiene los mayores activos (148290 Quetzales), significantivamente diferentes de los de Paquí ($n=57$; 57300 Quetzales) (MANN-WHITNEY: $p=0,003$; $N=111$; $U=1042$). Barraneché ($n=49$; 114000 Quetzales) también tiene activos significantivamente mayores a los de Paquí (MANN-WHITNEY: $p=0,042$; $N=106$; $U=1717,5$), pero no diferentes de los de Nimasac. El pequeño capital financiero de Paquí sorprende, porque su ingreso, sus ahorros y deudas se han ubicado en el medio entre los de Nimasac

y Barraneché. El hecho de que Nimasac alcanza el capital financiero más alto se debe mayormente al valor de sus terrenos. En Barraneché existe la mayor frecuencia de casas de block, que también contribuyen sustancialmente al capital financiero de los hogares.

Respeto al valor del recurso pecuario existen grandes diferencias. Mientras que los animales en Nimasac y Paquí valen en mediana 350 y 250 Quetzales por hogar pecuario, respectivamente, respectivamente, en Barraneché representan en mediana 825 Quetzales por hogar, significativa más que en Paquí (MANN-WHITNEY: $p=0,028$; $N=58$; $U=541$). Los resultados replican los hallados del capítulo anterior: hogares en Barraneché no solamente con mayor frecuencia tienen animales sino también se animales más grandes y costosos como cerdos y pavos. El resultado compensa la baja frecuencia y cantidad de ahorros monetarios en Barraneché. A pesar de que la crianza de animales multiplica los ahorros, el recurso pecuario es susceptible a enfermedades y la pérdida de los ahorros, especialmente cuando existe una mayor variabilidad climática.

Respeto al capital financiero y físico total (los ahorros más los activos más los animales menos las deudas), Nimasac ($n=51$) tiene una mediana de 167680 Quetzales de capital por hogar, Paquí ($n=54$) una mediana de 101200 Quetzales y Barraneché ($n=46$) una mediana de de 130663 Quetzales (figura 5.1.3.c). El capital de Nimasac es significativamente mayor a lo de Paquí (MANN-WHITNEY: $p=0,004$; $N=105$; $U=924,5$). El capital total correlaciona significativamente con el ingreso anual (SPEARMAN: $r=0,296$; $p=0,000$) (tabla 4.1.2.a). Además, existen varias relaciones significativas con indicadores de la educación como la escolaridad del hogar (SPEARMAN: $r=0,208$; $p=0,010$) y la educación del jefe de hogar (SPEARMAN: $r=0,180$; $p=0,028$). Una mayor educación conduce a la adopción de trabajos más rentables y la mejor inversión

del dinero en capital. El bilingüismo también correlaciona positivamente con el capital (SPEARMAN: $r=0,179$; $p=0,028$).



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5.1.3.c: Medianas de los capitales en las tres comunidades. La diferencia entre las medianas de Nimasac y Paquí es estadísticamente significativa ($p<0,01$).

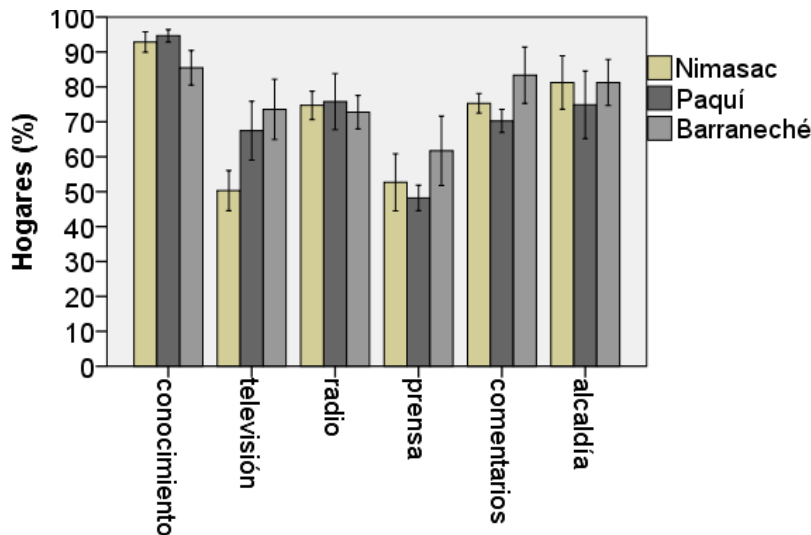
En general, un mayor capital financiero y físico es mejor y otorga una mayor capacidad adaptativa a los hogares. Mientras que la liquidez financiera y los ahorros pueden responder inmediatamente a necesidades pequeñas, animales y activos pueden ser convertidos a su valor monetario a corto plazo. Sin embargo, terrenos y casas solamente en casos extremos cubren gastos financieros, pues no es lo común vender su hogar o terreno. Por lo tanto, Nimasac y Paquí son las comunidades con la mayor capacidad adaptativa en cuanto a su capital financiero, beneficiándose de pocas deudas y algunos ahorros. Barraneché es la comunidad más vulnerable, porque es altamente endeudada y asigna una mayor proporción de su capital a animales propensos a enfermedades.

5.2. LOS INDICADORES SOCIALES

5.2.1. EL ACCESO A INFORMACIÓN

El análisis del acceso a información toma en cuenta el nivel municipal así como el nivel nacional.

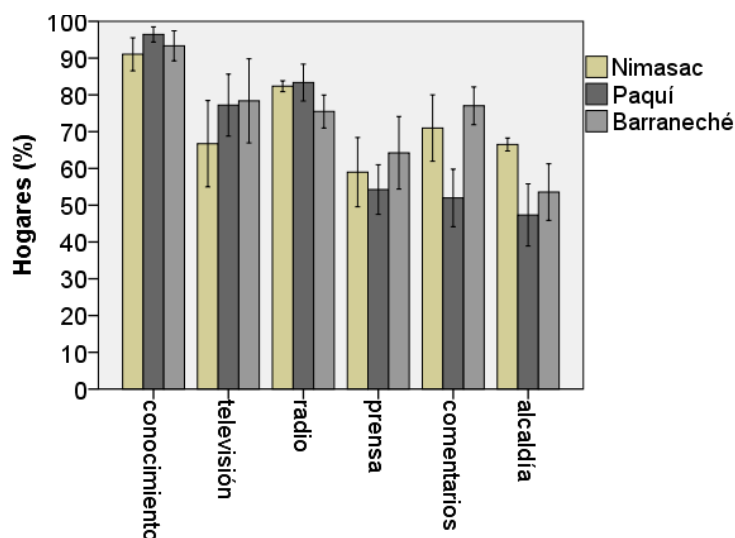
A nivel del municipio, 91,6% de los hogares (n=157) son informados de lo que sucede sin diferencias significativas entre las comunidades (figura 5.2.1.a). Barraneché (n=51) tiene la menor frecuencia de hogares informados (86,3%) con Paquí (n=57) y Barraneché (n=59) alcanzando proporciones de 94,7% y 93,2% de los hogares, respectivamente. En cuanto a los medios de comunicación que les brindan las noticias, tampoco existen diferencias significativas entre las comunidades. La prensa escrita con una frecuencia de 51,6% de los hogares brinda la menor cantidad de información, debido al analfabetismo de la región y a la existencia de medios más fácilmente accesibles como la televisión o la radio. La televisión abastece información a 64,1% de los hogares y la radio a 74,5% de los hogares, casi tres cuartos de la población. La radio tiene una mayor frecuencia que la televisión por el menor costo del equipo, y las frecuencias de hogares con televisión se ven reflejadas en las frecuencias de los hogares que se informan a través de ella. 75,8% de los hogares se enteran de las noticias locales a través de comentarios de familiares y vecinos, y el porcentaje más grande de los hogares (77,8%) a través de la alcaldía, asambleas y el trabajo en comités. Estos medios intrínsecos subrayan la importancia del capital social de las comunidades, su autoorganización y gobernación.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5.2.1.a: Nivel de conocimiento y medios de comunicación a nivel del municipio +/- EEM.

La frecuencia del conocimiento de las noticias a nivel del país supera la a nivel del municipio con un promedio de 94,0% de los hogares enterados (n=157). No existen diferencias significativas entre las comunidades, y Barraneché en este análisis no destaca como la comunidad que se entera menos (94,1% de los hogares son informados). A nivel del país, la alcaldía proporciona la minoría de la información (en caso de 56,1% de los hogares), seguida por la prensa escrita (57,3%). La gran mayoría se informa a través de la televisión (75,2%) o la radio en cuatro de cinco hogares. De nuevo, las frecuencias de los hogares que se informan a través de la televisión reflejan la posesión de dicho equipo (figura 5.2.1.b).



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5.2.1.b: Nivel de conocimiento y medios de comunicación a nivel del país +/- EEM.

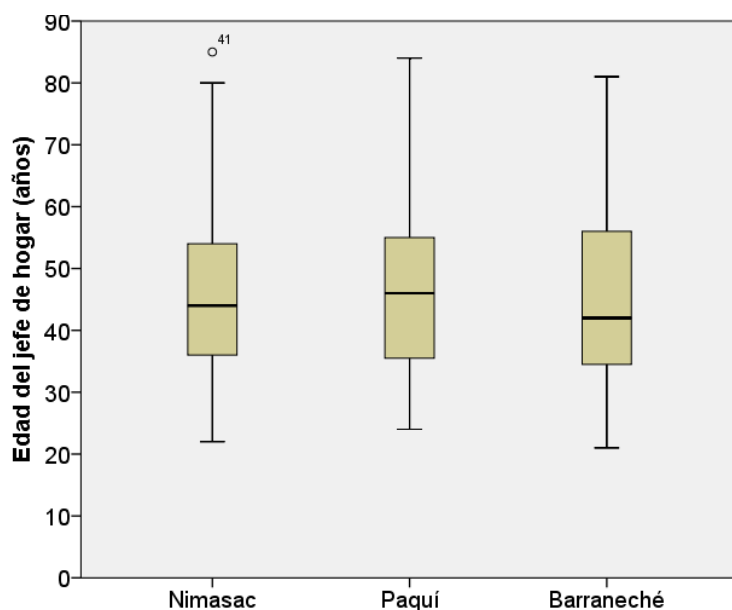
El hecho de que la frecuencia del conocimiento a nivel del país supera la del conocimiento a nivel del municipio se debe a dos factores: los hogares con televisión y/o radio se enteran más de las noticias nacionales debido a los programas que ven y escuchan; los hogares encuestados no entendieron bien el concepto del municipio, aunque se lo parafraseó. También se tomó nota de que las respuestas fueron más precisas cuando contestaron acerca del uso de la televisión, la radio y la prensa para informarse, debido a que los hogares poseen o compran dichos medios o no; y las respuestas fueron menos respecto al acceso a información a través de comentarios de otros pobladores y la alcaldía. Varias personas además mencionaron la obtención y el intercambio de información a través del internet. Para llegar a conclusiones más concretas sobre el estado de información de los hogares sería necesario examinar su conocimiento de acontecimientos recientes.

5.2.2. LOS JEFES DE HOGAR

Respecto al jefe de hogar / la jefa de hogar se analizaron su edad, educación y sexo.

Las medianas de las edades de los jefes de hogar de las tres comunidades no fueron significativamente diferentes (figura 5.2.2.a). Paquí (n=55) tiene los mayores jefes de hogar con una edad de 46 años en mediana, y Barraneché (n=51) los jefes de hogar más jóvenes con una edad de 42 años en mediana. Los jefes de hogar en Nimasac (n=55) tienen una edad de 45 años en mediana.

La edad del jefe de hogar correlaciona negativamente con su educación (SPEARMAN: $r=-0,509$; $p=0,000$), la escolaridad (SPEARMAN: $r=-0,396$; $p=0,000$) y el analfabetismo del hogar (SPEARMAN: $r=0,515$; $p=0,000$) (tabla 4.2.1.a). Los jefes de hogar con mayor edad más probablemente se beneficiaron de menos o ninguna educación debido a que la región relativamente recién se está escolarizando. Considerando que el jefe de hogar frecuentemente es el miembro mayor del hogar, el padre o la madre de la familia, un mayor jefe de hogar también implica que los miembros del hogar son mayores que aquellos miembros de hogares con un joven jefe de hogar, probablemente tampoco se beneficiaron de una educación y más probablemente son analfabetos. Así mismo, jefes de hogar jóvenes atribuyen una mayor importancia a la educación que jefes de hogar mayores. En adición, la edad del jefe de hogar correlaciona levemente negativamente con la dependencia del hogar (SPEARMAN: $r=-0,167$; $p=0,039$), debido a que Barraneché tiene la mayor dependencia (en base de que menos mujeres son económicamente activas) y que Barraneché también tiene los jefes de hogar más jóvenes. Finalmente, la edad del jefe de hogar correlaciona con la dependencia en el recurso forestal (SPEARMAN: $r=0,255$; $p=0,001$) y el recurso agropecuario (SPEARMAN: $r=0,386$; $p=0,000$). Personas mayores tienen estilos de vida más tradicionales, de las cuales la extracción de recursos forestales y agropecuarios forma una parte integral. Además su menor educación a menudo no les permite ganar un ingreso suficiente para la sustitución de la recolección de los recursos naturales por su compra.



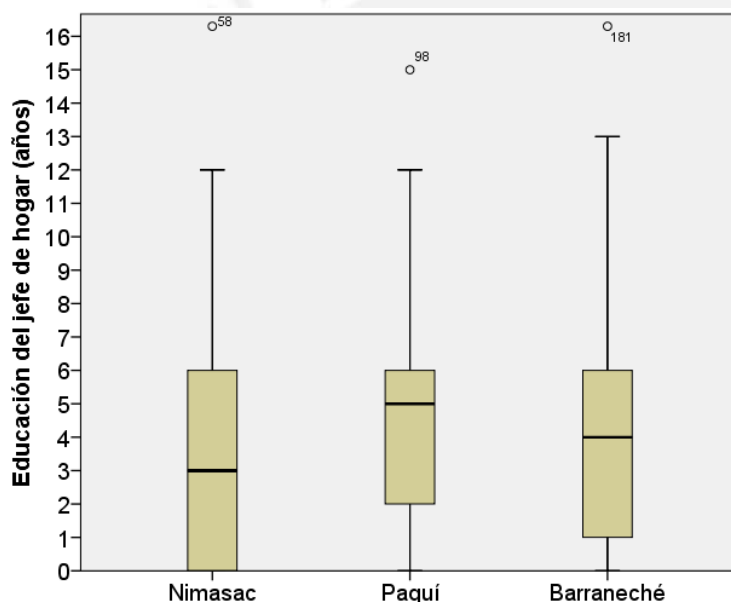
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5.2.2.a: Medianas de las edades de los jefes de hogar en las tres comunidades.

En cuanto a la educación del jefe de hogar tampoco existe una diferencia significativa entre las medianas de las tres comunidades. En Paquí (n=55) recibieron la mayor educación con en mediana 5,0 años, seguido por Barraneché (n=51) con en mediana 4,0 años y Nimasac (n=58) con solamente 3,0 años en mediana (figura 5.2.2.b). El hecho de que Paquí tiene los mayores jefes de hogar, pero también los más educados demuestra que la comunidad tiene el mejor sistema escolar, lo cual se afirma en el análisis de la escolaridad del hogar (abajo). Las jefas de hogar recibieron una mediana de 2,5 años menos de educación que los jefes de hogar (KRUSKAL-WALLIS: $p=0,004$; $N=164$; $\chi^2=8,494$). La educación del jefe de hogar correlaciona por las razones elaboradas anteriormente con la edad del jefe de hogar, la escolaridad (SPEARMAN: $r=0,718$; $p=0,000$) y el analfabetismo del hogar (SPEARMAN: $r=-0,574$; $p=0,000$), su dependencia en recursos forestales (SPEARMAN: $r=-0,302$; $p=0,000$) y agropecuarios (SPEARMAN: $r=-0,246$; $p=0,003$), el ingreso del hogar (SPEARMAN: $r=0,240$; $p=0,002$) y su capital financiero y físico (SPEARMAN: $r=0,180$; $p=0,028$) (tabla 4.1.2.a).

Según el censo de 2008 de Nimasac, 18,9% de los padres de familia cursaron la primaria, 10,0% el nivel básico, 8,1% el diversificado y 14,6% la universidad. Sin embargo, 12,8% no contaron con ningún estudio. En caso de las madres de familia, las cifras son menores, con la excepción de la fracción que no recibió ninguna educación, la cual asciende a 37,5% (Mejía et al., 2008:cuadro 2).

Según el censo de 2012 de Barraneché, los padres de familia recibieron en mediana tres años de educación. La mayoría (26,6%) no recibió ninguna educación, 6,7% completaron el primero año de la primaria, 13,2% el segundo año y 15,3% el tercer año. 13,4% terminaron su educación después del último (sexto) año de primaria (Tzaj, 2012:cuadro6).



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5.2.2.b: Medianas de la educación de los jefes de hogar en las tres comunidades.

Respeto al sexo de los jefes de hogar, son mayormente hombres sin diferencias significativas entre las comunidades. En promedio más que tres cuartos de los hogares son encabezados por un hombre, con mayor frecuencia en Barraneché (n=51; 86,3%) que en Nimasac (n=58; 72,4%) o Paquí (n=55; 72,7%) (figura 5.2.2.c). Un diagnóstico de la comunidad Barraneché también señala una prevalencia de la jefatura femenina de 12% (CDRO, 2014:6). A nivel nacional el

censo de 2002 señala una prevalencia de la jefatura femenina de 23% (INE, 2003:24). El resultado concuerda con la división tradicional del trabajo según los sexos y el predominio del patriarcado en Barraneché. Los hogares con jefas de hogar tienen un ingreso anual 7450 Quetzales menor a los hogares con jefes de hogar (KRUSKAL-WALLIS: $p=0,030$; $N=158$; $\chi^2=4,700$) pero son 3,1% menos dependientes en el recurso agropecuario (KRUSKAL-WALLIS: $p=0,001$; $N=147$; $\chi^2=11,328$), posiblemente porque no cuentan con terreno agrícola (o no lo cultivan en la ausencia del esposo).

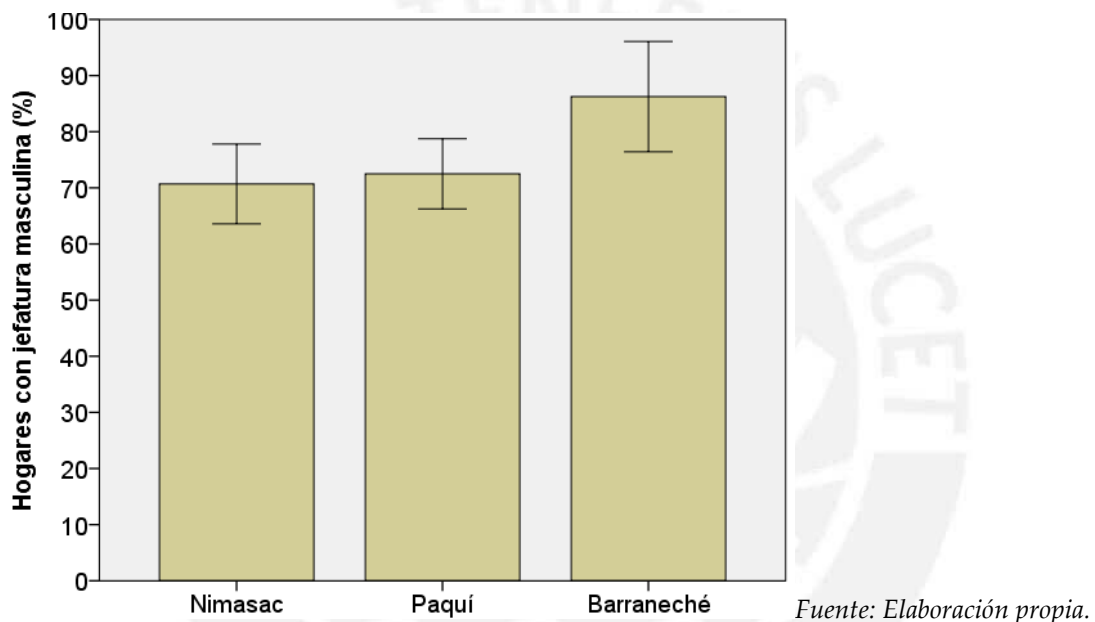


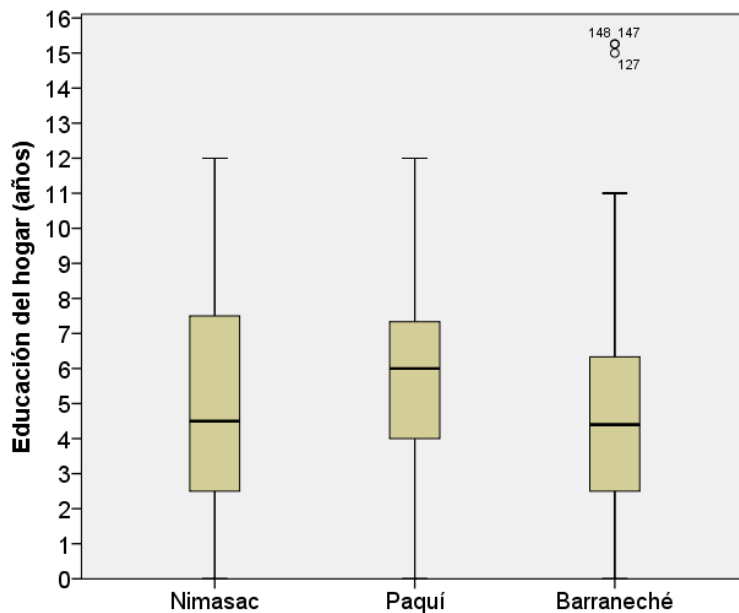
Figura 5.2.2.c: Prevalencia de la jefatura masculina en las tres comunidades.

5.2.3. LOS MIEMBROS DEL HOGAR

En cuanto a los miembros del hogar, se analizaron el analfabetismo, el bilingüismo y la escolaridad. El estudio trabajó con 852 miembros de los hogares en las tres comunidades.

Respeto a la escolaridad de los hogares, Paquí ($n=57$) tiene la escolaridad mediana más alta con 6 años. Nimasac ($n=59$) y Barraneché ($n=51$) tienen una escolaridad mediana similar con 4,5 años y 4,4 años (figura 5.2.3.a). Las

diferencias entre los hogares de Paquí y Barraneché son levemente significativos (MANN-WHITNEY: $p=0,042$; $N=108$; $U=122$). Aunque Nimasac se encuentra en mayor cercanía a la cabecera departamental e instituciones educativas no tiene la mayor escolaridad. Los resultados reproducen la alta educación de los jefes de hogar de Paquí.

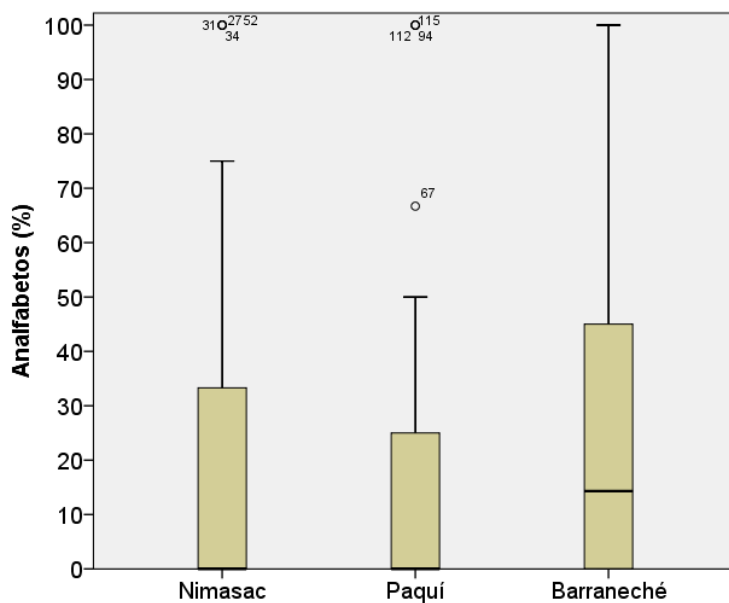


Fuente: Elaboración propia.

Figura 5.2.3.a: Medianas de los años de educación promedio de los hogares en las tres comunidades. Paquí tiene una educación significativamente mayor a Barraneché ($p<0,05$).

En cuanto al porcentaje de miembros analfabetos del hogar no existen diferencias significativas entre las tres comunidades. Sin embargo, mientras que las medianas en Nimasac ($n=58$) y Paquí ($n=57$) son cero (con tendencia hacia un menor analfabetismo en Paquí debido a su alta escolaridad), en Barraneché ($n=51$) el analfabetismo alcanza en mediana 24,2% de los miembros del hogar (figura 5.2.3.b). Este resultado reproduce lo hallado en el censo de 2012 de Barraneché, en donde 24,3% de los padres de familia fueron analfabetos (Tzaj, 2012:cuadro 5). Según un censo de Nimasac del año 2008, 80,6% de la población de siete años o más de edad saben leer, y 76,7% saben escribir, y los que no saben son mayormente adultos de la tercera edad (Mejía et al., 2008:11-12). Por

lo tanto, el analfabetismo correlaciona con el porcentaje de miembros del hogar en edad extrema (SPEARMAN: $r=0,220$; $p=0,004$) (tabla 4.1.2.a). En 2013 el analfabetismo a nivel del departamento afectó a 17,6% de la población, y a nivel del municipio de Totonicapán a alrededor de 20% de la población (INE, 2014:23). En 2002, el departamento tuvo una alfabetización de 62,5%, y el municipio de 72,0% de las personas con siete años o más de edad (INE, 2003:cuadroA4).

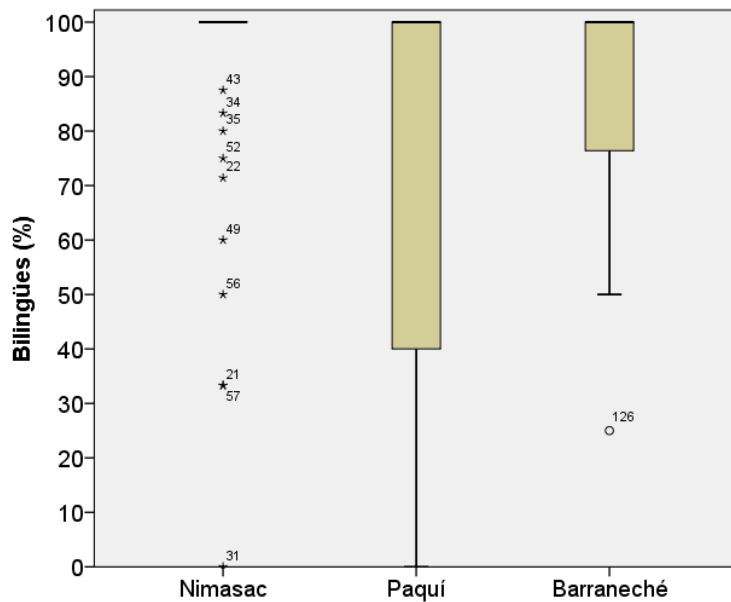


Fuente: Elaboración propia.

Figura 5.2.3.b: Medianas de los porcentajes de miembros del hogar analfabetos en las tres comunidades.

La escolaridad y el analfabetismo del hogar son negativamente correlacionados (SPEARMAN: $r=-0,673$; $p=0,000$) (tabla 4.1.2.a). Además, la escolaridad así como el analfabetismo son correlacionados con los indicadores del ingreso anual (SPEARMAN: $r=0,352$; $p=0,000$ y SPEARMAN: $r=-0,216$; $p=0,006$, respectivamente); la educación y la edad del jefe de hogar (ver arriba); la dependencia en el recurso forestal (SPEARMAN: $r=-0,352$; $p=0,000$ y SPEARMAN: $r=0,249$; $p=0,002$, respectivamente) y el recurso agropecuario (SPEARMAN: $r=-0,388$; $p=0,000$ y SPEARMAN: $r=0,335$; $p=0,000$, respectivamente) por las razones elaboradas anteriormente.

En cuanto al porcentaje de miembros del hogar bilingües, las medianas de las tres comunidades son 100% (y 92,7%, 70,9% y 87,9% en promedio en Nimasac (n=58), Paquí (n=57) y Barraneché (n=51), respectivamente) (figura 5.2.3.c). La mediana de Nimasac es significativamente mayor a la de Paquí (MANN-WHITNEY: $p=0,000$; $N=115$; $U=1131$) y la de Barraneché (MANN-WHITNEY: $p=0,042$; $N=109$; $U=1222$); y la mediana de Barraneché es significativamente mayor a la de Paquí (MANN-WHITNEY: $p=0,044$; $N=108$; $U=1744,5$). Cabe destacar que existen personas monolingües hispano-hablantes (como es el caso mayormente en Paquí) o monolingües k'iche'-hablantes (como es el caso en los mayores de edad de Nimasac y Barraneché). El censo de 2012 de Barraneché halló que 80,3% de los padres de familia son bilingües, mientras que 19,4% solamente dominan el idioma indígena (Tzaj, 2012:cuadro 7). El bilingüismo correlaciona con la educación del jefe de hogar (SPEARMAN: $r=0,156$; $p=0,047$) y negativamente con su edad (SPEARMAN: $r=-0,308$; $p=0,000$) debido al aprendizaje del castellano. También existe una correlación entre el bilingüismo y el capital financiero (SPEARMAN: $r=0,179$; $p=0,028$), se supone especialmente comparando hogares k'iche'-monohablantes con hogares bilingües (en lugar de comparando hogares hispano-monohablantes con hogares bilingües).



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5.2.3.c: Medianas de los porcentajes de miembros del hogar bilingües en las tres comunidades. Nimasac tiene una mediana significativamente mayor a la de Paquí ($p < 0,001$) y Barraneché ($p < 0,05$). Barraneché tiene una mediana significativamente mayor a la de Paquí ($p < 0,05$).

El hecho de que la comunidad con la mayor escolaridad tiene la menor frecuencia de bilingüismo demuestra que la educación puede transformar la identidad cultural. Nimasac es la comunidad que más ha conservado su lengua nativa, a pesar de su cercanía a la cabecera departamental y su modernidad en muchos otros aspectos (económicos, o por ejemplo la diversificación energética). El bilingüismo es una expresión de la integración sociocultural de las personas en su entorno. Conocimientos ancestrales pueden provenir importantes estrategias de adaptación al cambio climático. Como mencionó el/la IC5,

„muchas veces las instituciones (...) nos dicen de que tenemos que sembrar ciertas cosas que no son propias de nosotros para tener una resistencia, una resiliencia al cambio climático. Pero muchas veces hemos visto que nuestras comunidades han sobrevivido y han salido adelante por estos declinaciones o estos puntajes altos del clima, teniendo sus propios métodos y sus propias particularidades de siembra, de plantas, de semillas criollas y propias. Entonces

nosotros miramos que eso sería una amenaza si se perdería todo este tema muy particular, muy propio, muy autónomo de las comunidades”.

Por lo tanto, aunque Paquí se beneficia de la mejor educación, ha perdido en cierto grado su forma tradicional de vivir y sobrevivir en su entorno, y Nimasac representa la comunidad con las personas mejores adaptadas al cambio climático debido a su grado de escolaridad y analfabetismo intermedio, pero frecuente bilingüismo.

5.3. LOS INDICADORES DE LOS RECURSOS NATURALES

5.3.1. LA INTENSIFICACIÓN AGRÍCOLA

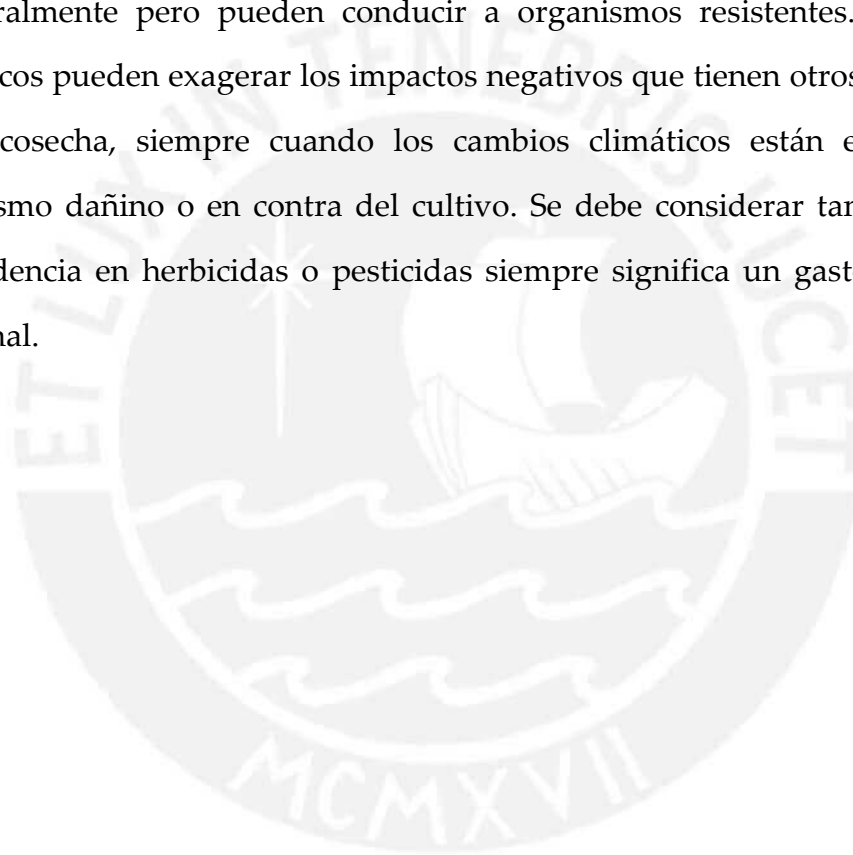
Solamente un agricultor comercial cultivó organismos genéticamente modificados y dos agricultores comerciales emplearon riego. En cuanto al uso de riego uno de los informantes claves proporcionó la información de que „las fuentes de agua son cuidadas con mucho celo por los comités y las comunidades, porque cada vez son más escasas las fuentes de agua. Entonces no se pueden hacer proyectos de riego, sino que la agricultura depende de la época de lluvias” (IC1). Casi todos los agricultores (n=118) usan fertilizante químico (figura 5.3.1a), resultado que concuerda con lo hallado en el diagnóstico de la comunidad, en donde 100% de los agricultores usaron fertilizante químico (CDRO, 2014:5). Dos agricultores solo usaron estiércol. El uso de estiércol es significativamente más común en Nimasac (n=40; 57,5% de los hogares) y Barraneché (n=38; 68,4%) que en Paquí (n=40; 40,0%) (CHI-SQUARED: $\chi^2=7,433$; d.f.=2; $p<0,025$). Este resultado refleja la frecuencia de la actividad pecuaria en las comunidades, donde solamente 40,4% de los hogares en Paquí tienen animales, pero 53,4% de los hogares en Nimasac y 68,6% de los hogares en Barraneché. En promedio, más que la mitad de los hogares (55,1%) usan esa fuente orgánica de nutrientes. Debido a las ventajas del estiércol sobre

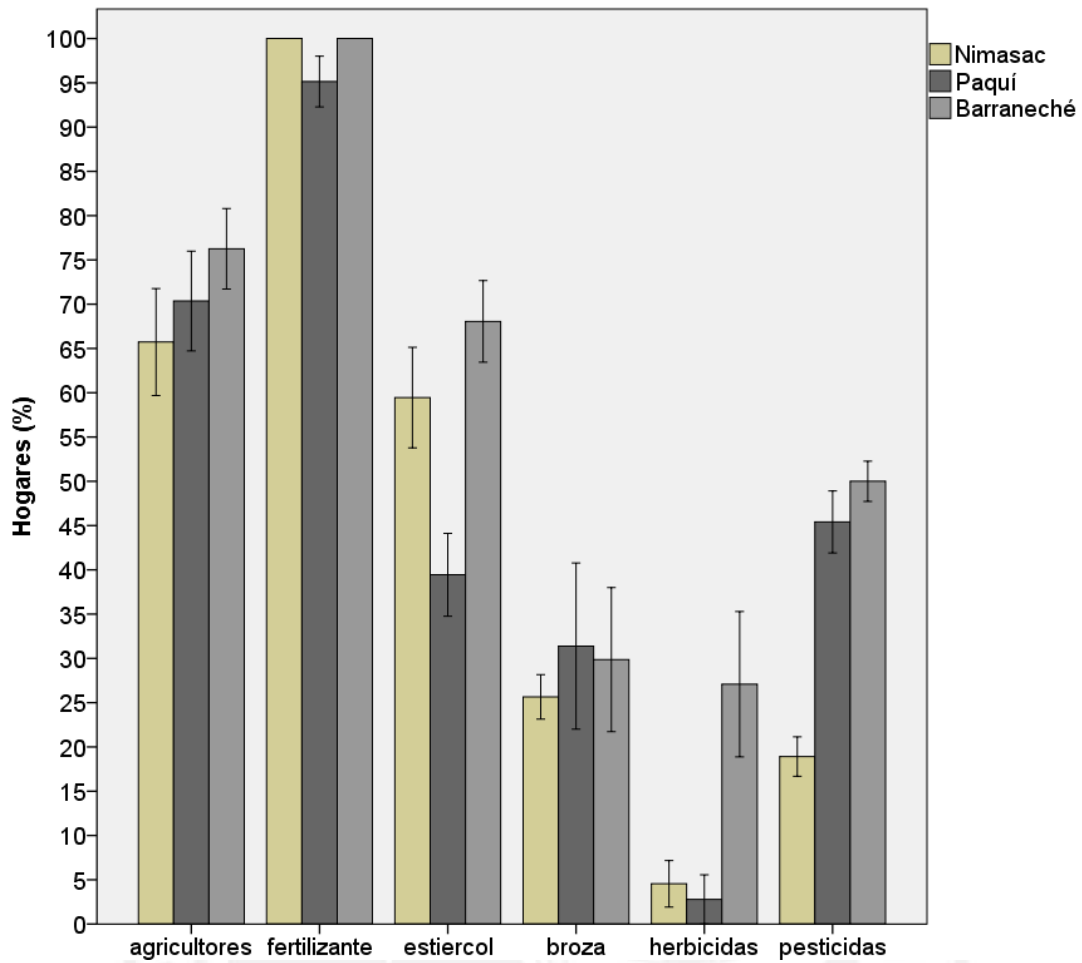
fertilizante químico, como la mejora de la textura del suelo y la retención de los nutrientes, los terrenos agrícolas y los cultivos en Nimasac y Barraneché son menos sensibles a los efectos del cambio climático que aquellos en Paquí. Sin embargo, considerando la alta productividad de los suelos en Nimasac (278 libras/cuerda) en comparación con la de Barraneché (214 libras/cuerda), y la mayor frecuencia de terreno fuera de uso en Barraneché, es probable que el estilo de una agricultura extensiva en Barraneché en comparación con una intensiva en Nimasac haya preservado mejor los suelos en Barraneché y que tengan una mayor capacidad adaptativa que los suelos en Nimasac o Paquí. Sin embargo, sería necesario analizar el contenido de nutrientes y otras calidades de los suelos en las tres comunidades para llegar a conclusiones definitivas.

29,6% de los agricultores (n=118) usan broza (mayormente de pino y mezclado con los desechos de los animales). No existen diferencias significativas entre la frecuencia de su uso entre las comunidades, en donde 22,5% de los agricultores en Nimasac (n=40), pero 32,5% y 31,6% de los agricultores en Paquí (n=40) y Barraneché (n=38), respectivamente, aplican este insumo. Estos resultados coinciden con las frecuencias de la extracción de broza en las comunidades (29,3% de los hogares en Nimasac, 36,8% en Paquí y 35,9% de los hogares en Barraneché). La broza, como el estiércol, es un insumo económico y orgánico que aumenta la capacidad adaptativa de la agricultura al cambio climático.

Los usos de herbicidas, pesticidas y compost fueron evaluados pero las respuestas no son confiables debido a dificultades en la comunicación de los conceptos. A veces los encuestados no sabían a que se refieren herbicidas, pesticidas y compost, y aunque se sustituyeron las palabras (por ejemplo por fumigación en caso de herbicidas) o se parafrasearon los conceptos, no se obtuvieron respuestas correctas, por lo cual existen altas diferencias en las frecuencias del uso de herbicidas y pesticidas. Las respuestas en cuanto al uso

de compost fueron completamente excluidas del análisis porque se trata de un concepto redundante considerando el análisis de otros insumos orgánicos como la broza y el estiércol. Se pudo apreciar durante el levantamiento de las encuestas que el uso de herbicidas es común en la región. Posiblemente las frecuencias del uso de herbicidas en Paquí y Barraneché (hallados después de la mejora de la técnica de encuestar esta pregunta en Nimasac) se aproximen a las frecuencias reales, es decir aproximadamente la mitad de los agricultores usa herbicidas. Insumos como pesticidas y herbicidas mejoran la cosecha temporalmente pero pueden conducir a organismos resistentes. Fenómenos climáticos pueden exagerar los impactos negativos que tienen otros organismos en la cosecha, siempre cuando los cambios climáticos están en favor del organismo dañino o en contra del cultivo. Se debe considerar también que la dependencia en herbicidas o pesticidas siempre significa un gasto económico adicional.





Fuente: Elaboración propia.

Figura 5.3.1.a: Insumos de la agricultura y su frecuencia de uso en las tres comunidades.

5.4. RESUMEN Y CONCLUSIONES

La tabla 5.4.a da un resumen de los hallados de cada indicador de la capacidad adaptativa, seguida por las conclusiones finales.

Tabla 5.4.a: Resumen de los indicadores de la capacidad adaptativa.

Ingreso anual	<p>Paquí y Nimasac tienen un ingreso anual aproximadamente 7000 Quetzales menor a lo de Barraneché, aunque Barraneché tiene una actividad económica menos diversificada, hogares más dependientes, hacinados y sin desagüe. Sin embargo, Nimasac tiene las casas más básicas, el mayor desempleo y la mayor inseguridad alimentaria. El ingreso correlaciona con indicadores de la educación, porque una mayor educación permite conseguir un trabajo más rentable; con el capital financiero; y con la dependencia en el recurso forestal (porque el ingreso es el denominador del índice) y agropecuario (porque el ingreso influye el estilo de vida del hogar entre tradición y modernidad).</p>
Liquidez financiera	<p>En 41,5% de los hogares quedan en mediana 500 Quetzales al mes. La frecuencia y la magnitud de la liquidez financiera de las comunidades reflejan sus ingresos anuales. La liquidez financiera está asociada al ingreso anual, la posesión de ahorros, la suficiencia del ingreso, la mayor educación del (jefe de) hogar, la menor edad del jefe de hogar y la menor dependencia en el recurso forestal y natural.</p>

Capital financiero y físico

Más hogares tienen deudas (36,7%) que ahorros (17,5%). Barraneché tiene el mayor ingreso y la mayor liquidez financiera, pero lo menos frecuentemente cuenta con ahorros monetarios (aunque sí en forma de animales) y casi la mitad de su población está endeudada. Nimasac más frecuentemente tiene ahorros y menos frecuentemente deudas. Aunque los hogares con un mayor ingreso anual más probablemente tengan ahorros, el endeudamiento corresponde a la menor edad del jefe de hogar y posiblemente la disposición de asumir riesgos. En cuanto a los activos físicos, más hogares en Nimasac son propietarios de bosque debido a la privatización del recurso forestal de Nimasac. Respecto a los terrenos agrícolas, sus frecuencias reflejan la actividad agrícola de las comunidades. El precio de una cuerda es significativamente mayor en Nimasac, por lo cual Nimasac tiene los mayores activos, seguido por Barraneché con una mayor proporción de casas de block. Nimasac tiene el mayor, y Paquí el menor capital financiero y físico (los ahorros más los activos más los animales menos las deudas). Sin embargo, considerando que el terreno agrícola o las casas forman una gran parte del capital pero son menos convertibles en recursos monetarios, Barraneché tiene la menor capacidad adaptativa en cuanto a su capital debido a su alto endeudamiento y su mayor inversión en animales propensos a enfermedades. El capital correlaciona con el ingreso anual, la educación del jefe y los miembros del hogar, y el bilingüismo.

Información

91,6% de los hogares se enteran de las noticias del municipio, y 94,0% de las noticias nacionales. La difusión y adquisición de conocimiento a nivel del municipio subyacen medios de información intrínsecos como comentarios entre los pobladores y la alcaldía, haciendo hincapié en el capital social de las comunidades. En caso de las noticias nacionales, los medios más importantes son la televisión y la radio.

Jefes de hogar

Paquí tiene los mayores jefes de hogar con una edad mediana de 46 años, y Barraneché tiene los jefes de hogar más jóvenes con una edad mediana de 42 años. Aunque la edad del jefe de hogar correlaciona negativamente con su educación y la escolaridad del hogar, Paquí tiene los jefes de hogar más educados. La edad y la educación del jefe de hogar también correlacionan con la dependencia en los recursos naturales, debido a que mayores jefes tienen estilos de vida más tradicionales y su menor educación e ingreso les brindan menos alternativas. Respeto al sexo de los jefes de hogar predomina el patriarcado, especialmente en Barraneché. Jefas de hogar tienen una menor educación, un ingreso anual menor pero son menos dependientes del recurso agropecuario.

Miembros del hogar

La escolaridad de hogares en Paquí es mayor a la de los hogares de Nimasac y Barraneché. Barraneché tiene la mayor fracción de analfabetos correlacionados con miembros en edad extrema. La escolaridad y el analfabetismo del hogar son negativamente correlacionados. Ambos correlacionan con el ingreso anual, la educación y la edad del jefe de hogar, la dependencia en el recurso forestal y agropecuario. El porcentaje de bilingües es el menor en Paquí (hispano-monohablantes). El bilingüismo correlaciona con la educación del jefe de hogar y su edad por el aprendizaje del castellano, y con el capital financiero. Una alta educación coincide con un bajo bilingüismo y demuestra que la educación puede transformar la identidad cultural. Debido a que el bilingüismo expresa la integración sociocultural de las personas en su entorno y su acceso a conocimientos ancestrales importantes para la adaptación al cambio climático, Nimasac es la comunidad con la mayor capacidad adaptativa.

Intensificación agrícola

Casí todos los hogares usan fertilizante, y en adición más que la mitad de los agricultores de Barraneché y Nimasac aplican el estiércol de su alta actividad pecuaria. Los hogares también usan la broza, mayormente mezclado con los desechos de los animales, y con mayor frecuencia en Paquí y Barraneché con acceso al bosque. Se estima que la mitad de los agricultores además usa herbicidas. Los insumos orgánicos mejoran la calidad de los suelos y su capacidad adaptativa. Barraneché practica la agricultura más orgánica y extensiva, por lo cual su agricultura tiene la mayor capacidad adaptativa.

El quinto capítulo brinda un aspecto interesante y adicional a la segunda conclusión sobre la densidad poblacional y la capacidad de carga del ecosistema de los dos capítulos anteriores:

1. La alta densidad demográfica exige demasiado en los terrenos agrícolas de la región y el rendimiento de granos básicos no es suficiente para cumplir con las necesidades alimenticias de la población. La producción agrícola podría aumentar bajo el uso de riego y así fomentar la seguridad y soberanía alimentaria, lo cual disminuiría la sensibilidad y aumentaría la capacidad adaptativa de Totonicapán. Sin embargo, la escasez actual y futura del recurso hídrico no posibilitan tal desarrollo.

Los resultados también aportan a la tercera conclusión de los análisis anteriores sobre la identidad cultural y el capital social:

2. La educación brinda muchas oportunidades para el desarrollo socioeconómico de la región y el fomento de su capacidad adaptativa; sin embargo, también es un factor central en la transición entre tradición y modernidad e influye la identidad sociocultural de la región más que otros factores como por ejemplo la urbanización.

CAPÍTULO 6

EL ÍNDICE DE LA VULNERABILIDAD

El sexto capítulo se basa en los resultados del cuarto y quinto capítulo y corresponde al tercer objetivo de la investigación. En una primera parte se analizan los componentes principales de los datos hallados en las encuestas y se determinan los indicadores y conceptos socioeconómicos más importantes para la vulnerabilidad de las comunidades y del municipio. En una segunda parte se comparan los índices de la vulnerabilidad contextual entre las tres comunidades con implicaciones para el municipio. Un análisis de sensibilidad garantiza la robustez del índice y permite conclusiones finales metodológicas y teóricas.

6.1. LOS COMPONENTES PRINCIPALES DEL ÍNDICE

Los indicadores de la sensibilidad y capacidad adaptativa correlacionan fuerte con los CPs que resumen la mayor parte de la varianza de sus datos (tabla 6.1.a). Debido a que existe un menor número de CPs (ocho) que indicadores (quince), algunos CPs resumen varios indicadores. Los primeros dos CPs representan a indicadores de la capacidad adaptativa así como de la sensibilidad. Cada CP subyace un concepto definido por los indicadores que representa. Un mayor valor de los indicadores y de los CPs corresponde a una mayor vulnerabilidad según la preparación de los datos (capítulo 2). Los ocho conceptos se expresan de manera distinta en las tres comunidades, con diferencias significativas entre las comunidades para el segundo, tercer, sexto y séptimo CP.

Tabla 6.1.a: Los componentes principales del ACP. La tabla demuestra las correlaciones r entre los indicadores y los CPs, la varianza de cada variable que los ocho CPs representan, la categoría a que los indicadores pertenecen (CA = capacidad adaptativa; S = Sensibilidad), el concepto que subyace el CP y su autovalor

CP	Auto-valor	Concepto	Factor	Indicador	Varianza	Componente Principal							
						1	2	3	4	5	6	7	8
1	2,901	Educación	CA	Escolaridad	79,9%	0,804	0,102	0,093	-0,103	0,189	0,102	-0,117	0,250
			CA	Analfabetismo	73,1%	0,776	0,117	0,117	0,308	0,083	-0,020	0,005	0,000
			CA	Educación JDH	81,9%	0,753	0,099	-0,154	-0,201	0,191	0,143	-0,141	0,318
			CA	Edad JDH	65,3%	0,701	0,129	-0,216	0,262	0,102	0,004	-0,007	-0,136
			S	Dep. RRAAPP	69,0%	0,637	0,183	0,258	0,019	-0,273	-0,032	0,269	-0,187
2	1,469	Ingreso	S	Dep. RRF	70,5%	0,195	0,768	-0,137	0,191	0,113	-0,065	0,012	0,073
			CA	Ingreso anual	77,6%	0,171	0,765	0,335	-0,034	-0,027	0,149	0,013	0,157
3	1,362	División del trabajo	S	Diversificación	79,1%	0,020	0,126	0,849	0,012	0,162	0,021	0,099	-0,128
			S	Dependencia	83,1%	-0,052	-0,325	0,535	0,326	-0,215	-0,023	-0,341	0,408
4	1,260	Precariedad social	S	Edades extrem.	78,6%	0,178	0,149	0,069	0,814	0,178	0,155	-0,067	-0,064
5	1,213	Precariedad física	S	Material hogar	81,7%	0,179	0,072	0,096	0,182	0,857	-0,012	0,038	0,028
6	1,207	Desarrollo sociocultural	CA	Bilingüismo	85,8%	-0,004	0,000	-0,070	0,332	-0,149	0,848	-0,009	-0,022
			CA	Capital	74,0%	0,183	0,091	0,180	-0,294	0,413	0,635	-0,020	0,070
7	1,145	Precariedad económica	CA	Precariedad in.	88,6%	-0,066	0,002	0,054	-0,051	0,023	-0,017	0,918	0,184
8	1,118	Inseguridad alimentaria	S	Inseguridad al.	79,3%	0,121	0,228	-0,094	-0,077	0,055	0,009	0,254	0,802

Fuente: Elaboración propia.

El primero CP tiene un autovalor considerablemente mayor a los demás CPs, porque representa a cinco indicadores: la escolaridad, el analfabetismo, la educación del jefe de hogar, la edad del jefe de hogar y la dependencia en el recurso agropecuario (tabla 6.1.a). Los primeros tres indicadores son directamente relacionados a la educación y altamente correlacionados con el CP ($r=0,804$; $0,776$; $0,753$ respectivamente). La edad del jefe de hogar es indirectamente relacionada a la educación y por lo tanto menos correlacionada con el CP ($r=0,701$). De la edad del jefe de hogar además solo se ve 65,3% de la información representado en el ACP, el menor valor de todo el análisis. La dependencia en el recurso agropecuario desde el punto de vista de la educación y edad está vinculada a la dinámica de medios de vida entre tradición y modernidad en Totonicapán. De los cinco indicadores que representan el primero CP, la dependencia en el recurso agropecuario es

- el único indicador de la rama sensibilidad y guarda las menores correlaciones con los demás cuatro indicadores de su CP (tabla 2.6.5.a);
- el indicador con la correlación más baja con su CP ($r=0,637$);
- el indicador con la segunda menor información representada en todo el ACP (69,0%).

Por ende, el primero CP representa el concepto de la educación.

El segundo CP tiene un autovalor la mitad del primero CP y resume los indicadores de la dependencia en el recurso forestal (sensibilidad) y del ingreso anual (capacidad adaptativa). Entre 70,5% y 77,6% de la información original de los indicadores están representados en los resultados del ACP. Ambos indicadores correlacionan altamente y casi idénticamente con el segundo CP ($r=0,768$; $0,765$ respectivamente). Se supone que un menor ingreso conduce a una mayor dependencia en el recurso forestal. Debido a la causalidad entre las variables y la mayor reproducción de la información del ingreso anual, el segundo CP representa el concepto del ingreso. El segundo CP obtiene un valor

promedio significativamente mayor en Paquí que en Barraneché, debido al alto ingreso de Barraneché (ANOVA-LSD: $p=0,020$) (figura 6.1.a).

El tercer CP lleva dos indicadores de la sensibilidad bien representados en el ACP (alrededor de 80% de su información está reproducida). La diversificación del ingreso y la dependencia son significativamente correlacionadas, aunque en el menor grado en comparación con las correlaciones entre los demás indicadores que forman otros CPs ($r=0,196$; tabla 2.6.5.a). El capítulo anterior señala que la actividad económica femenina es un determinante importante en la diversificación del ingreso y la dependencia. Por lo tanto, el tercer CP describe la división del trabajo. Barraneché tiene una división del trabajo significativamente mayor a Nimasac (ANOVA-LSD: $p=0,009$) y Paquí (ANOVA-LSD: $p=0,005$), porque menos mujeres en Barraneché son económicamente activas (figura 6.1.a).

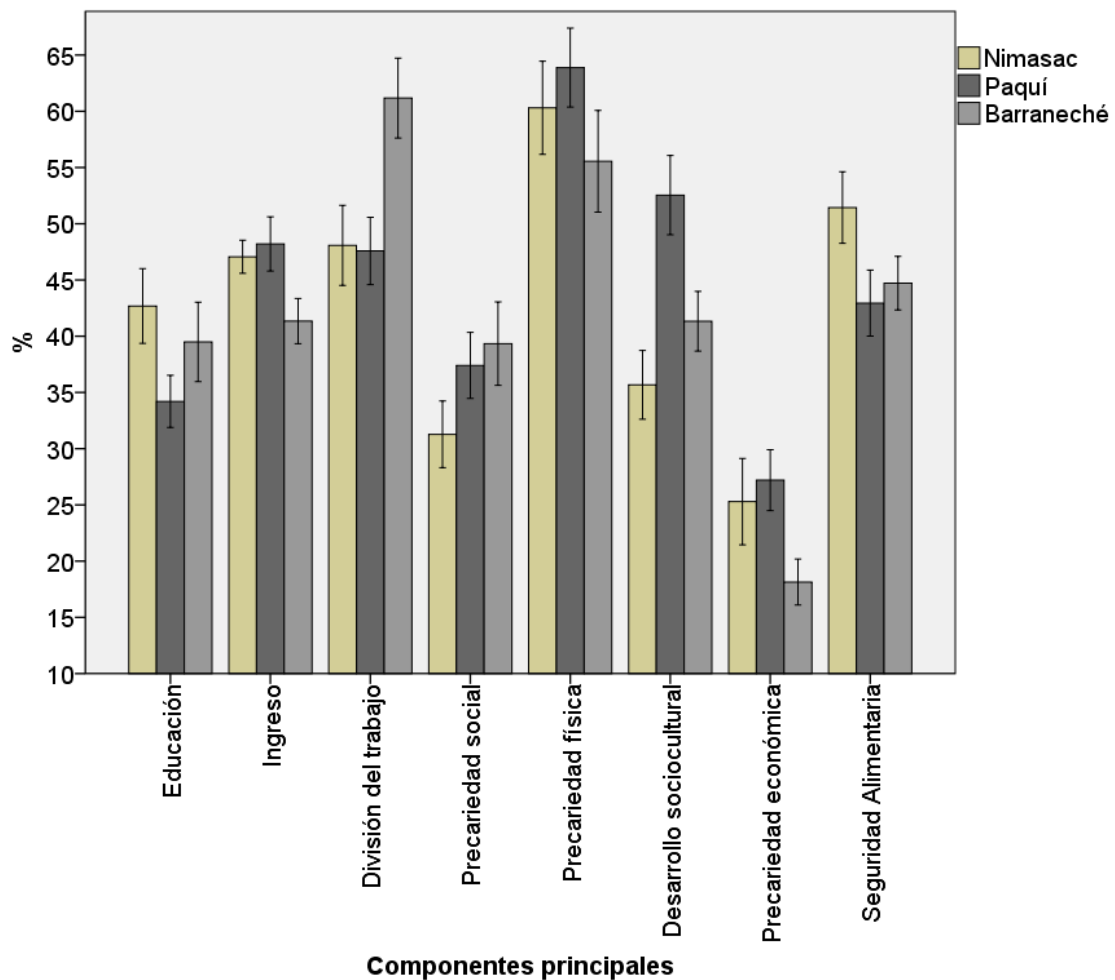
El cuarto y quinto CP solamente representan dos indicadores de la sensibilidad, edades extremas y el material del hogar, respectivamente. En ambos casos, un porcentaje alto de la información de los indicadores está representado (78,6% y 81,7% respectivamente) y los indicadores correlacionan significativamente con sus CPs. Se adoptan los nombres precariedad social y precariedad física, respectivamente.

El sexto CP resume dos indicadores de la capacidad adaptativa: el bilingüismo y el capital financiero y físico. El bilingüismo correlaciona más con el CP ($r=0,848$) que el capital ($r=0,635$), y 11,8% más de su varianza se ven representados en el análisis. De hecho, el bilingüismo es el indicador con la segunda mejor reproducción de la varianza de sus datos en el ACP (85,8%). La correlación entre los indicadores es la segunda más leve de todos los CPs ($r=0,201$). El sexto CP es una expresión del desarrollo sociocultural en

Totonicapán. El desarrollo sociocultural en Paquí es significativamente menos favorable a lo de Nimasac (MANN-WHITNEY: $p=0,001$; $N=82$; $U=1180$) o lo de Barraneché (MANN-WHITNEY: $p=0,020$; $N=79$; $U=535$), porque Paquí tiene la mayor prevalencia de hispano-monohablantes (figura 6.1.a).

El séptimo CP lleva solamente el indicador de la precariedad del ingreso. Este indicador tiene la correlación más alta con su CP de todo el análisis ($r=0,918$). Además, es el indicador con la mayor información representada en el análisis (88,6%). El CP lleva el nombre precariedad económica. Barraneché tiene una precariedad económica significativamente menor a la de Paquí (MANN-WHITNEY: $p=0,031$; $N=79$; $U=551$), porque la división del trabajo es más tradicional en Barraneché, menos mujeres son económicamente activas, y el ingreso es menos diversificado (figura 6.1.a). El séptimo CP está estrechamente vinculado con el tercer CP.

El octavo CP trata de la inseguridad alimentaria y tiene un autovalor un tercio lo del primero CP. La representación de su varianza (79,3%) y su correlación con el CP ($r=0,802$) son adecuados. Se mantiene el nombre del indicador y el CP se llama inseguridad alimentaria.

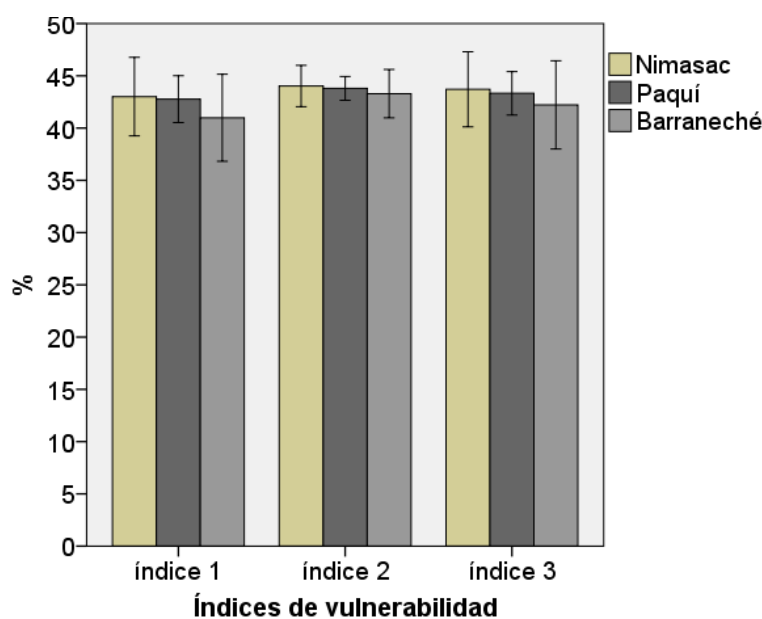


Fuente: Elaboración propia.

Figura 6.1.a: Promedios de los CPs normalizados y expresados como porcentajes de cada comunidad +/- EEM. Un mayor valor corresponde a una mayor contribución a la vulnerabilidad.

6.2. EL ÍNDICE DE VULNERABILIDAD

Después del análisis singular de los CPs, los conceptos fueron agregados en un índice de vulnerabilidad. Nimasac (n=38) tiene el índice de vulnerabilidad más alto (43,01% +/- 3,92% EEM), seguido por Paquí (n=44) (42,77% +/- 2,24% EEM). Barraneché (n=35) tiene el índice de vulnerabilidad más bajo de las tres comunidades (40,99% +/- 4,00% EEM) (figura 6.2.a, índice 1). Sin embargo, las diferencias no son significativas.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 6.2.a: Promedios de los índices de vulnerabilidad normalizados y expresados como porcentaje en cada comunidad +/- EEM. El índice 1 corresponde al índice construido en base de los CPs; el índice 2 corresponde al índice construido en base de pesos iguales; el índice 3 corresponde al índice construido en base de los dos sub-índices de la sensibilidad y capacidad adaptativa.

6.3. LA SENSIBILIDAD DEL ÍNDICE

Para el análisis de la sensibilidad se construyeron dos índices adicionales (índice 2 e índice 3) y se los compararon con el índice anterior. En el segundo índice, las comunidades adoptaron valores de vulnerabilidad muy parecidos al primero índice y se mantuvo el orden de las comunidades. La comunidad con la mayor vulnerabilidad sigue siendo Nimasac (44,02% +/- 2,06% EEM), seguido por Paquí (43,29% +/- 1,14% EEM) y Barraneché (43,08% +/- 2,22% EEM). De nuevo las diferencias entre las comunidades no son significativas (figura 6.2.a).

En el tercer índice Nimasac otra vez clasificó como la comunidad más vulnerable con un índice de 43,71% +/- 3,75% EEM, Paquí como la segunda comunidad más vulnerable con 43,33% +/- 2,08% EEM y Barraneché como la

menos vulnerable con 42,22% +/- 4,05% EEM. Los resultados no son estadísticamente significativos (figura 6.2.a).

El tercer índice además distingue entre dos sub-índices de la sensibilidad y capacidad adaptativa. Paquí tiene la sensibilidad más baja (35,28% +/- 1,34% EEM), seguido por Nimasac (35,70% +/- 2,13% EEM) y Barraneché (36,28% +/- 2,09% EEM), que es la comunidad más sensible. Sin embargo, Barraneché también es la comunidad con la mayor capacidad adaptativa (48,70% +/- 2,91% EEM), seguido por Paquí (46,47% +/- 1,76% EEM) y Nimasac (46,46% +/- 2,72% EEM). Las diferencias son matices no estadísticamente significativos, parecido a los resultados anteriores.

La similitud entre los índices se ve reflejada en una pronunciada y estadísticamente significativa correlación entre los tres índices, especialmente entre los dos índices contruidos en base de pesos iguales (índice 2 e índice 3) (tabla 6.3.a).

Tabla 6.3.a: Correlaciones (Pearson two-tailed) entre los índices.

		Índice 1	Índice 2	Índice 3
Índice 1	r	1,000	0,983	0,981
	p		0,000	0,000
Índice 2	r	0,983	1,000	0,999
	p	0,000		0,000
Índice 3	r	0,981	0,999	1,000
	p	0,000	0,000	

Fuente: Elaboración propia.

Además, el orden de los datos está bien conservado entre los tres índices, en particular entre los dos índices contruidos en base de pesos iguales (índice 2 e índice 3): entre el índice 1 y el índice 2, cada caso sube o baja en promedio 6 posiciones cuando se ordenan los casos por el valor de sus índices (+30 y -19 posiciones en los casos más extremos). Entre el índice 1 y el índice 3, el

promedio son también 6 posiciones (+34 y -18 posiciones en los casos extremos). Entre los dos índices contruidos en base de pesos iguales, los casos solo cambian 2 posiciones en promedio (+6 y -10 posiciones en los casos extremos).

6.4. CONCLUSIONES

La construcción y los valores del índice de vulnerabilidad brindan cuatro conclusiones en cuanto a la vulnerabilidad del municipio Totonicapán, y dos consideraciones metodológicas:

1. La educación es el concepto más importante de la vulnerabilidad del municipio ante el cambio climático. La educación es un concepto que se despliega casi exclusivamente en el ámbito de la capacidad adaptativa. En los capítulos anteriores se menciona que la educación puede contribuir a la desintegración sociocultural de la región y la pérdida de capital social. Sin embargo, en el presente análisis la educación y el desarrollo sociocultural en forma del hispano-monolingüismo constituyen conceptos distintos. Además, el desarrollo sociocultural representa un concepto de menor importancia para la vulnerabilidad. El resultado resalta las grandes oportunidades que la inversión en capital humano a través de la educación brinda para el municipio.
2. La pobreza y dependencia en recursos naturales, especialmente el recurso forestal, son el segundo concepto más importante de la vulnerabilidad del municipio ante el cambio climático. Este hallado replica las conclusiones de los capítulos anteriores y señala prioridades para la disminución de la sensibilidad del municipio.
3. La organización familiar en forma de la división y diversificación del trabajo influye en la sensibilidad de los hogares y en aspectos de la capacidad adaptativa como la precariedad económica. La importancia de la organización familiar para la vulnerabilidad de los hogares ante el cambio

climático resalta el rol activo que tienen las familias en moldear sus condiciones de vida en el presente y el futuro, y -considerando la complejidad de la dimensión humana- la insuficiencia de estrategias de talla única en la disminución de la vulnerabilidad.

4. En general, las comunidades clasificaron como igualmente vulnerables y se supone que su nivel de vulnerabilidad es representativo del municipio Totonicapán. Sin embargo, es incierto hasta qué grado su nivel es representativo de los demás municipios del departamento, especialmente aquellos más pobres y socioeconómicamente menos desarrollados.
5. El análisis demuestra que altos niveles de sensibilidad pueden ser compensados por altos niveles de capacidad adaptativa. Esta suposición no es cierta y su aclaración demanda investigación adicional.
6. El índice de vulnerabilidad construido en base del ACP, un método relativamente laborioso, brindó los mismos resultados que los índices construidos fácilmente en base de pesos iguales. Por lo tanto actores e investigadores locales pueden construir índices de vulnerabilidad en base de pesos iguales sin la necesidad de aprender el ACP o disponer de paquetes estadísticos para el procesamiento de datos, siempre cuando siguen la metodología del presente estudio.

CAPÍTULO 7

EL MODELO DE DISTRIBUCIÓN DE ESPECIES

El séptimo capítulo corresponde al cuarto objetivo de la investigación y evalúa la exposición del municipio en forma de cambios en la extensión y biodiversidad de los bosques a través de la proyección de la distribución potencial de las once especies más importantes al 2050 bajo dos escenarios climáticos. Primero se presentan los resultados de los pinos que son la familia arbórea más importante de la región. Después se abordan el ciprés y las cuatro especies latifoliadas del estudio. Para cada especie se demuestra la distribución potencial en el presente y en el año 2050 bajo los dos escenarios climáticos RCP 2,6 y 8,5; primero para el área del MDE y después para el departamento Totonicapán representado por una imagen satélite que indica la cobertura forestal actual. El capítulo termina con las conclusiones del análisis.

7.1. DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DE LAS ESPECIES EN LOS DIFERENTES CONTEXTOS CLIMÁTICOS

Abies guatemalensis (pinabete)

Abies guatemalensis es la especie ecológicamente más importante de Totonicapán, porque es un endemismo regional en peligro de extinción. En el presente el hábitat idóneo de la especie abarca lugares dispersos del Eje Neovolcánico y de la Sierra Madre sur, la Sierra Madre oriental, y la Sierra de Chiapas en México (mapa 7.1.a). Grandes extensiones de la Cordillera Centroamericana en Honduras y el norte de Nicaragua también forman hábitat idóneo de *A. guatemalensis*. Sin embargo, el hábitat más idóneo se ubica en el altiplano occidental y la Sierra de los Cuchumatanes de Guatemala.

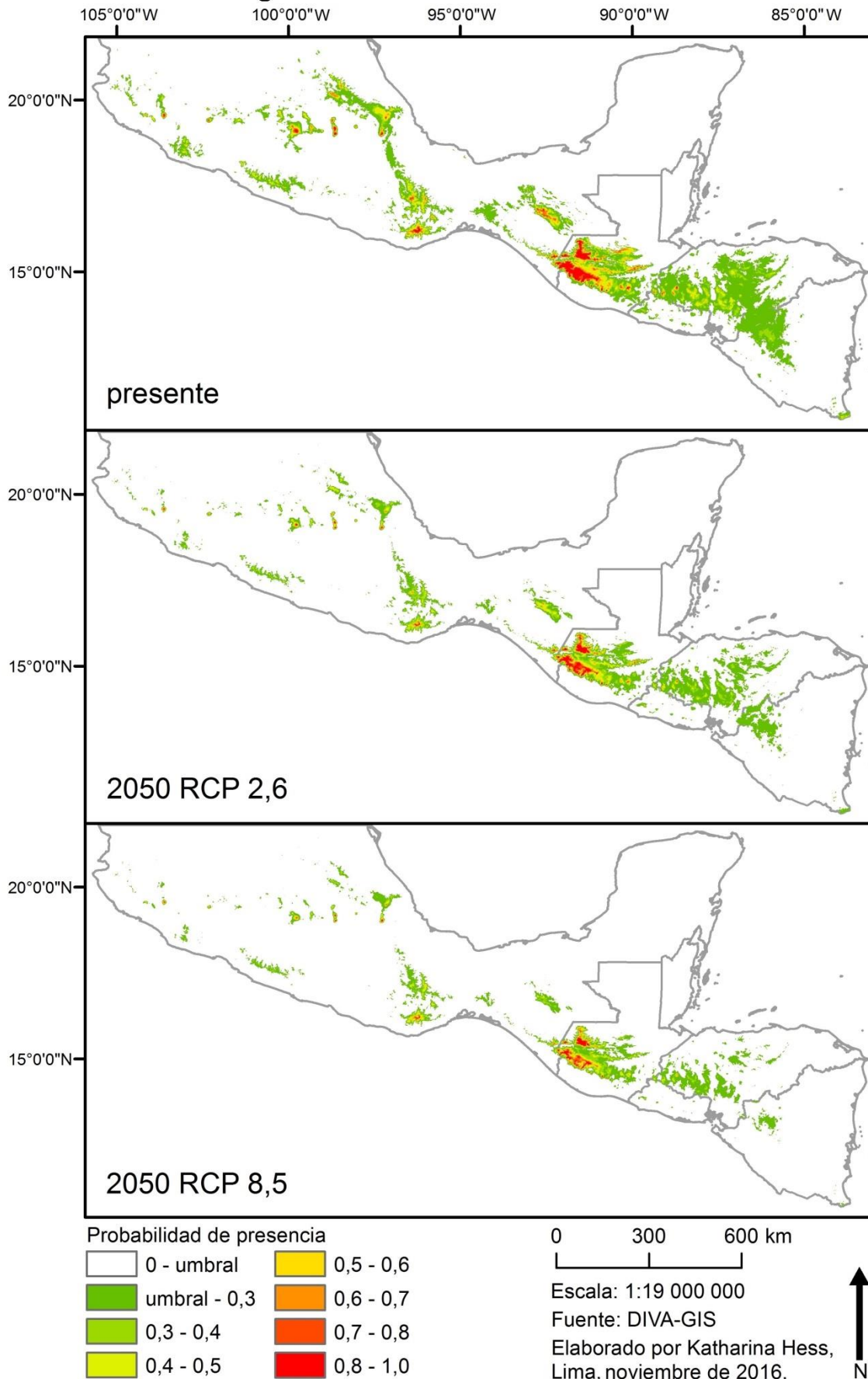
En las dos proyecciones futuras las grandes extensiones de hábitat idóneo en Honduras y Nicaragua disminuyen drásticamente. El hábitat altamente idóneo

en Guatemala se convierte menos idóneo, aunque el altiplano occidental y la Sierra de los Cuchumatanes siguen siendo el refugio principal de *A. guatemalensis* bajo los escenarios RCP 2,6 y 8,5.

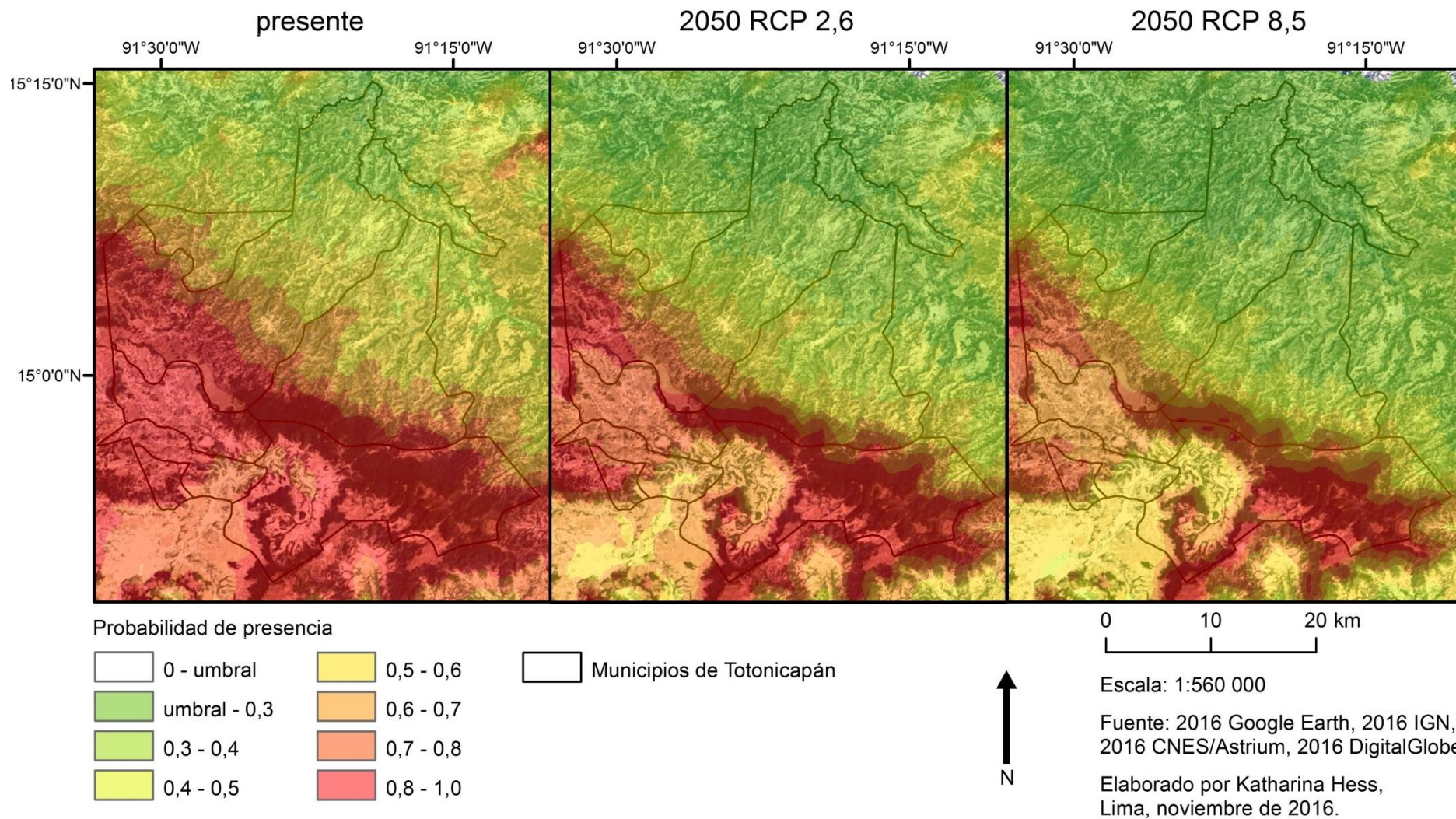
Respeto al departamento Totonicapán, toda su extensión califica como idónea para *A. guatemalensis* actualmente (mapa 7.1.b). Además, la mitad de su área incluso el bosque comunal municipal, la parte sur de Santa María Chiquimula, el oeste de Momostenango y los municipios San Andrés Xecul, San Francisco El Alto y San Cristóbal Totonicapán representa hábitat altamente idóneo para el Pinabete. En los escenarios futuros solamente el bosque comunal municipal y el oeste del departamento siguen siendo hábitat altamente idóneo.



Mapa 7.1.a: Distribución potencial de *Abies guatemalensis* en el área del MDE



Mapa 7.1.b: Distribución potencial de *Abies guatemalensis* en el departamento Totonicapán



***Pinus ayacahuite* (pino blanco)**

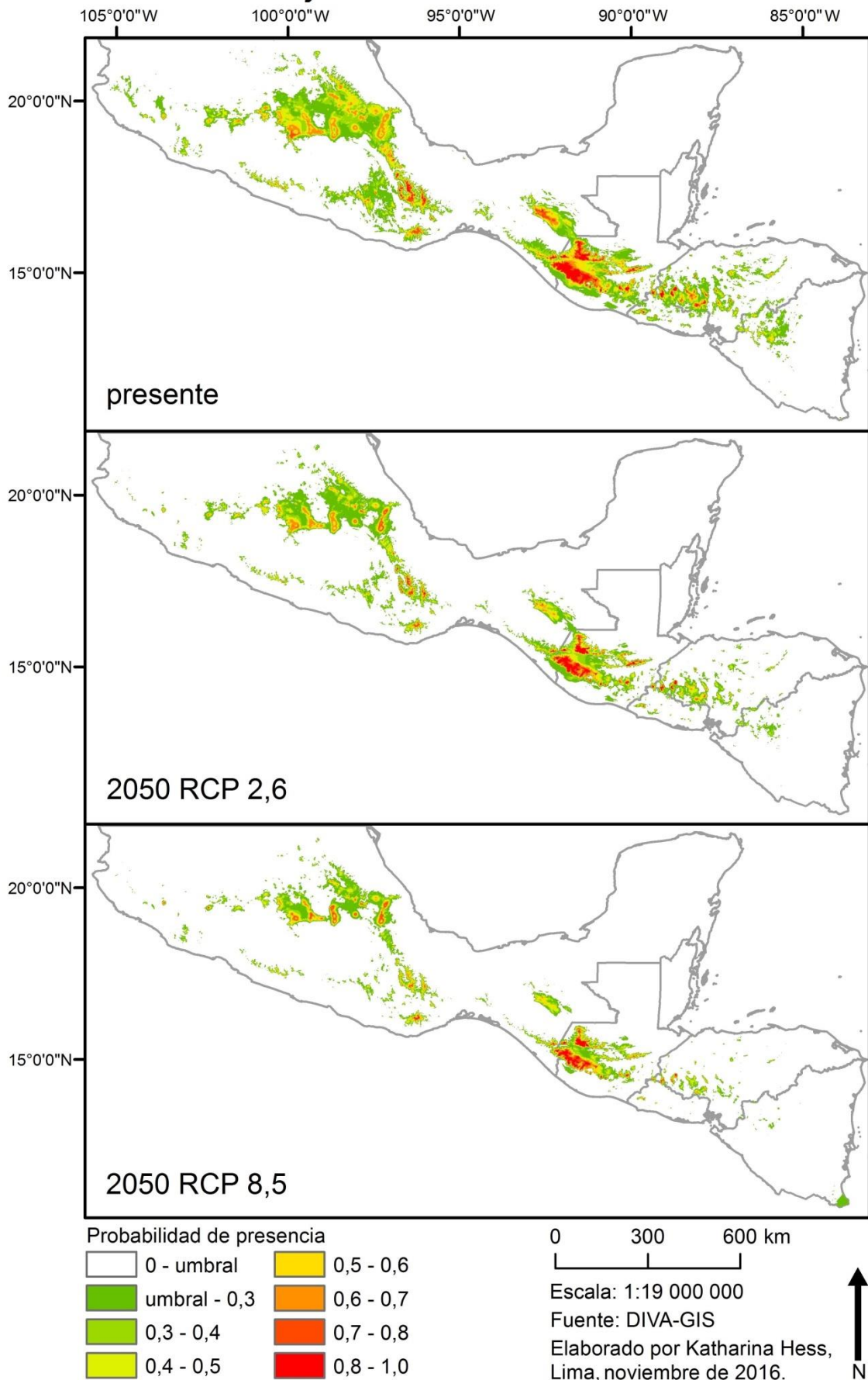
El endémico pino blanco es imprescindible para la carpintería del municipio y como madera de construcción. La distribución potencial en el presente se extiende desde el Eje Neovolcánico de México hasta el norte de Nicaragua (mapa 7.1.c). Especialmente la Sierra de Chiapas, el altiplano occidental y la Sierra de los Cuchumatanes presentan condiciones altamente idóneas para la especie.

Bajo los escenarios RCP 2,6 y RCP 8,5, muchos lugares pierden su idoneidad y la distribución potencial disminuye. El altiplano occidental y la Sierra de los Cuchumatanes persisten como los principales lugares de hábitat altamente idóneo.

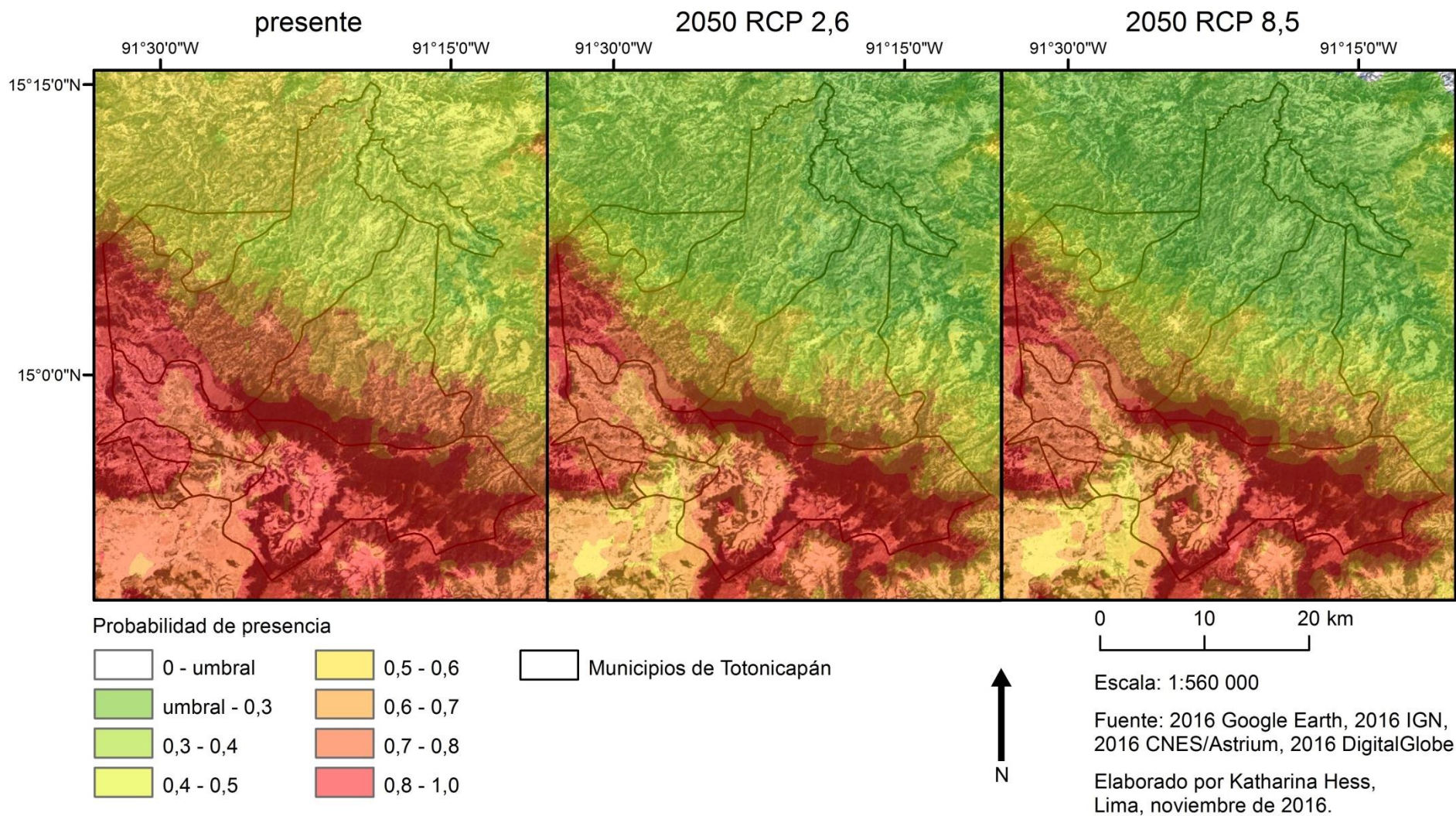
Respeto al departamento Totonicapán, todo el municipio Totonicapán es actualmente altamente idóneo, incluso el bosque comunal municipal (mapa 7.1.d). También alrededor de la mitad de Santa María Chiquimula y Momostenango, y los municipios San Francisco El Alto, San Andrés Xecul y San Cristóbal son altamente idóneos.

En los escenarios futuros, especialmente el bosque comunal municipal, el sur de Santa María Chiquimula y partes del oeste del departamento permanecen altamente idóneos. Entre los dos escenarios futuros existen solamente menores diferencias.

Mapa 7.1.c: Distribución potencial de *Pinus ayacahuite* en el área del MDE



Mapa 7.1.d: Distribución potencial de *Pinus ayacahuite* en el departamento Toticapán



***Pinus hartwegii* (pino rojo)**

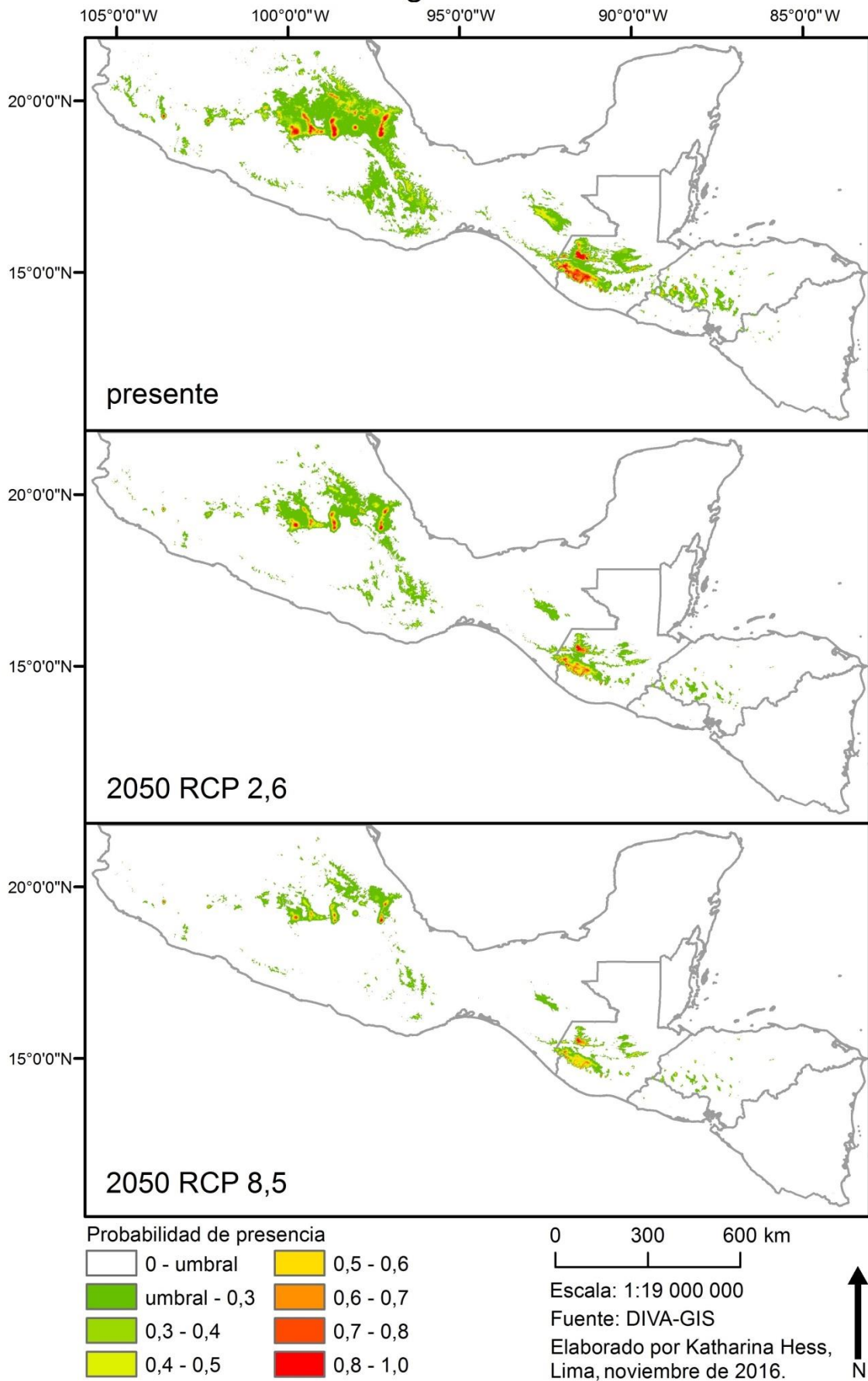
Las mayores extensiones de hábitat idóneo, incluso de hábitat altamente idóneo, de pino rojo en el presente se ubican en el Eje Neovolcánico, el altiplano occidental y Sierra de los Cuchumatanes. La distribución potencial se extiende hasta el sur de Honduras por la Cordillera Centroamericana.

Bajo los dos escenarios futuros la distribución potencial y la idoneidad del hábitat se disminuyen en toda la extensión descrita. En el escenario RCP 8,5 solamente el Eje Neovolcánico y altiplano occidental permanecen como grandes áreas idóneas.

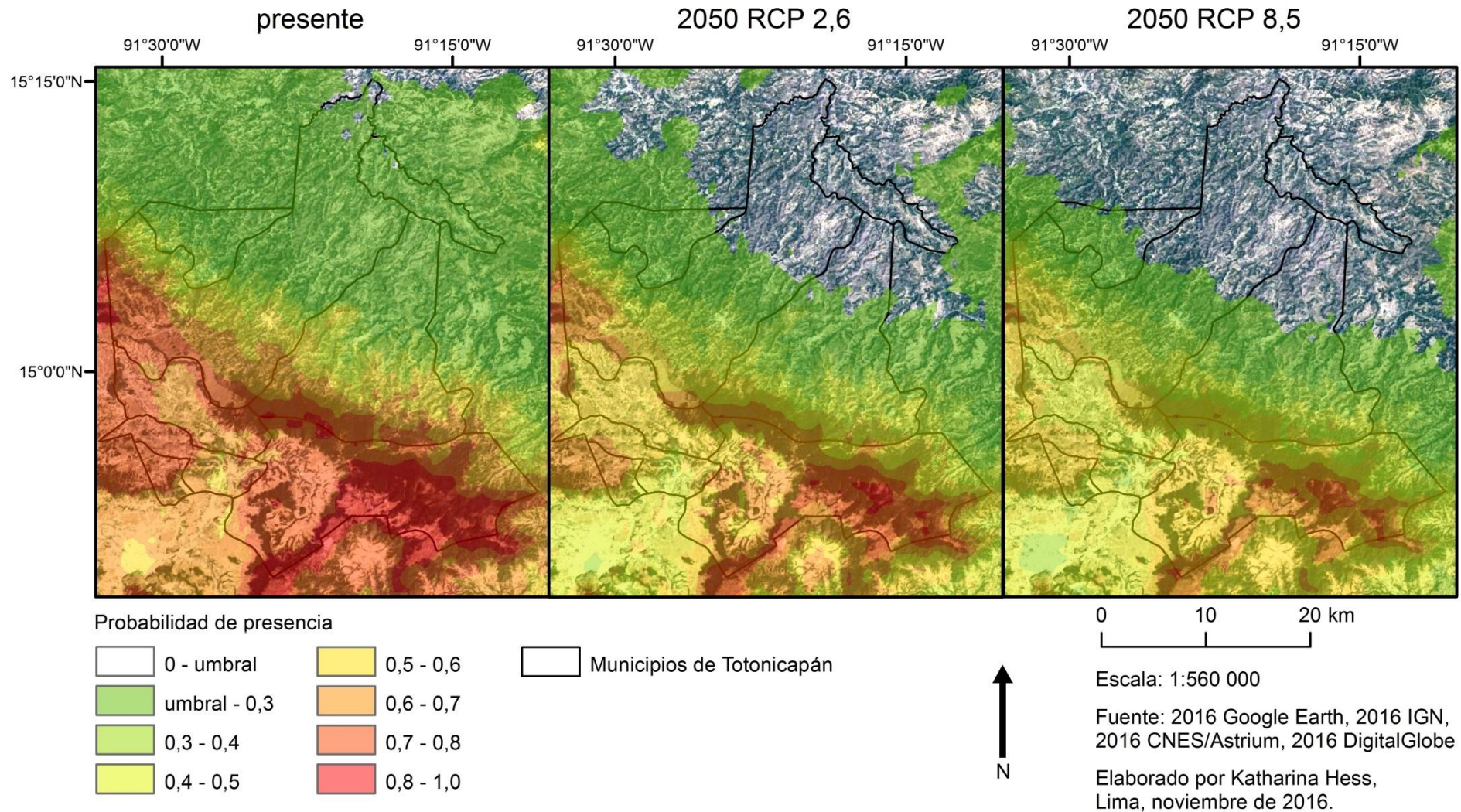
Respeto al departamento Totonicapán, actualmente solo el bosque comunal municipal y partes del oeste del departamento representan hábitat altamente idóneo (mapa 7.1.f). San Bartolo, Santa Lucía la Reforma y el este de Momostenango y Santa María Chiquimula también constituyen hábitat idóneo pero en menor grado.

En el escenario RCP 2,6, solamente el bosque comunal municipal permanece altamente idóneo y la distribución potencial no abarca el norte del departamento. En el escenario RCP 8,5, la mayoría del departamento todavía constituye hábitat idóneo como bajo el escenario RCP 2,6, pero ya no existe hábitat altamente idóneo en el bosque comunal municipal.

Mapa 7.1.e: Distribución potencial de *Pinus hartwegii* en el área del MDE



Mapa 7.1.f: Distribución potencial de *Pinus hartwegii* en el departamento Totonicapán



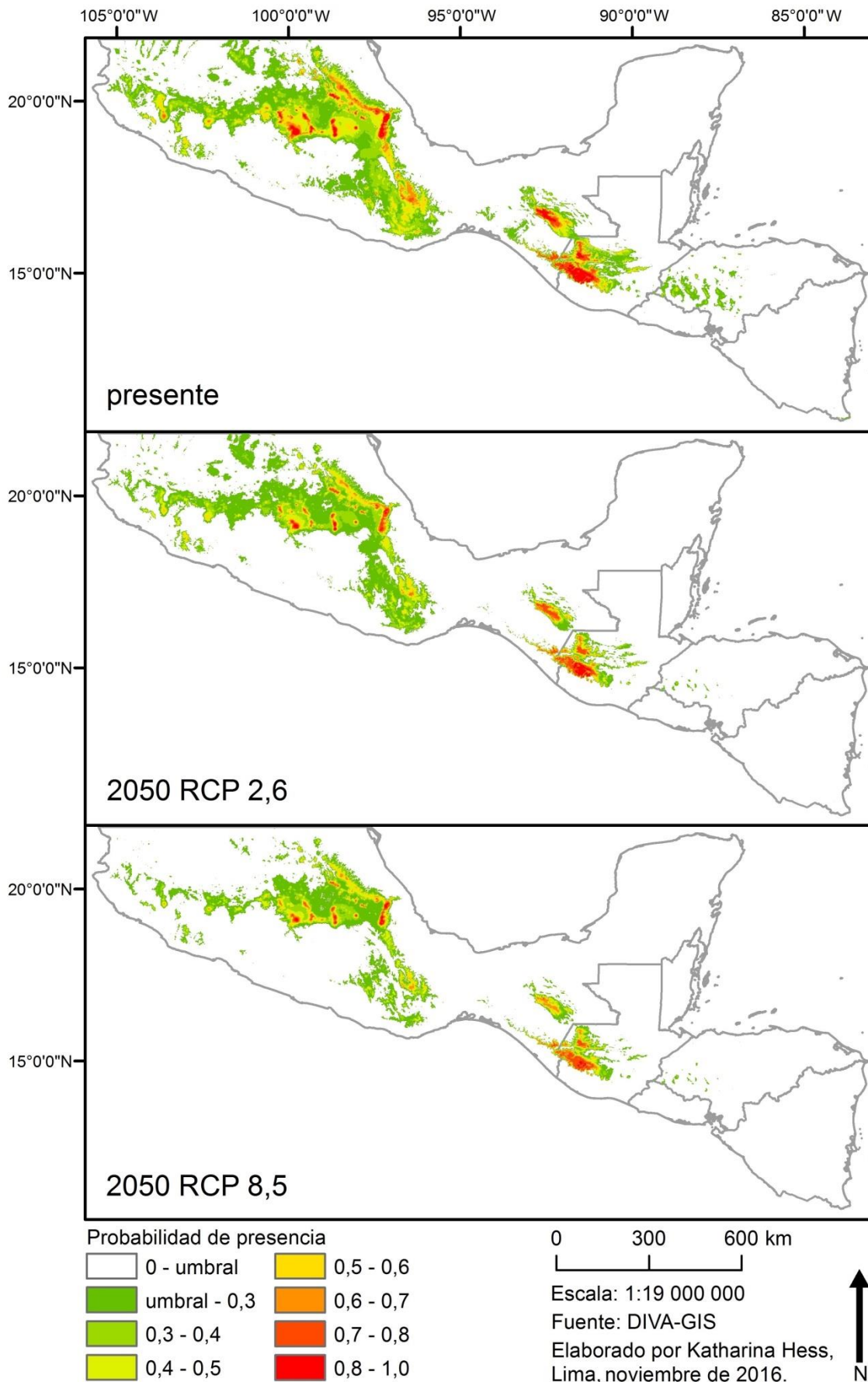
***Pinus montezumae* (pino macho)**

El pino macho es un endemismo regional. La distribución potencial del presente se concentra en el Eje Neovolcánico, la Sierra Madre sur y la Sierra de Chiapas (mapa 7.1.g). También la Sierra de los Cuchumatanes y el altiplano occidental constituyen hábitat altamente idóneo. A través de la Cordillera Centroamericana la distribución potencial se extiende hasta Honduras en el presente.

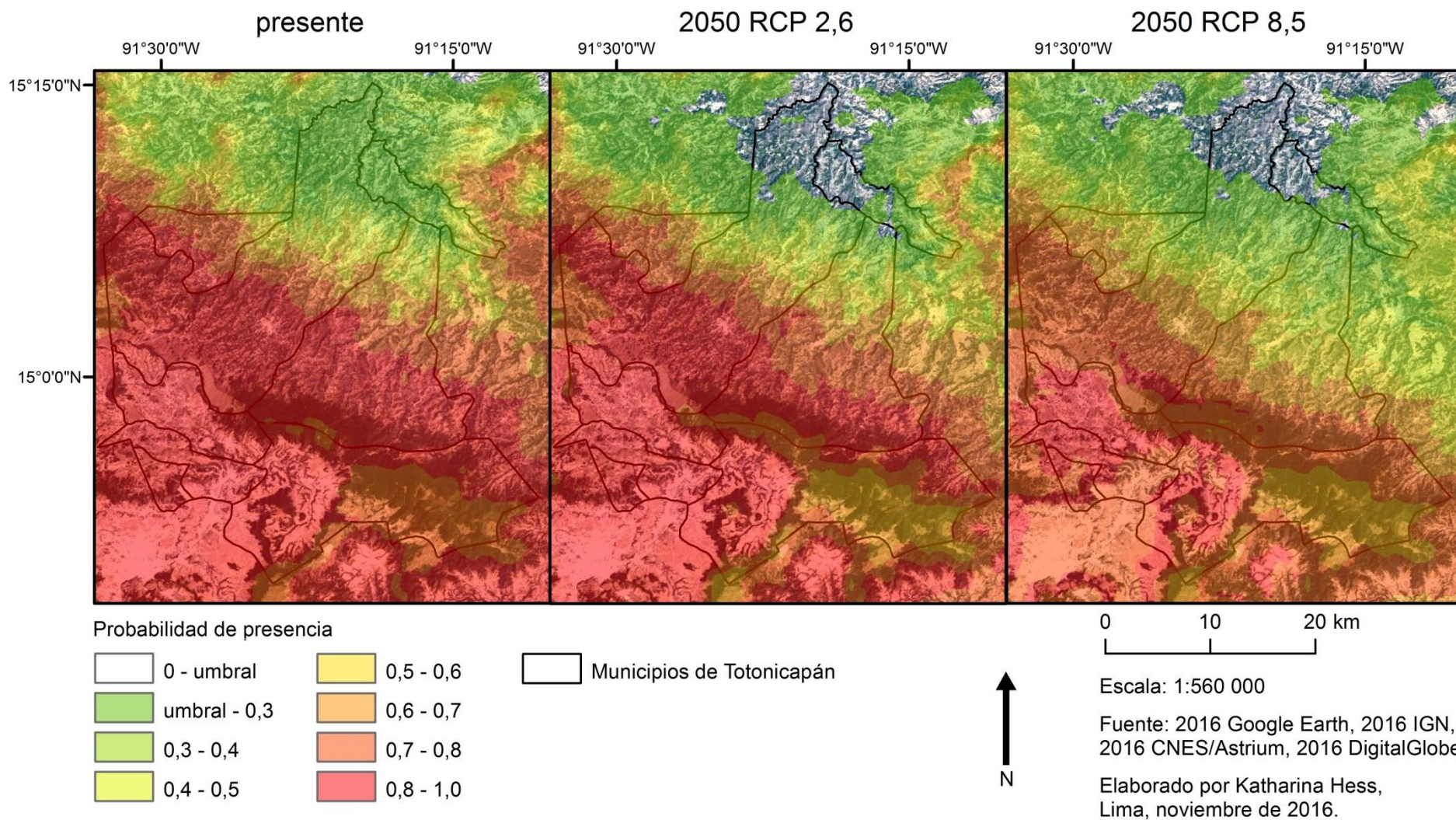
Bajo el escenario RCP 2,6, el altiplano occidental y la Sierra de los Cuchumatanes permanecen como el mayor refugio en calidad y cantidad, respectivamente. Mientras que la Sierra de Chiapas representa un refugio importante de la especie bajo el escenario RCP 2,6, su idoneidad es la que más disminuye bajo el escenario RCP 8,5. Bajo ambos escenarios futuros la distribución potencial de *Pinus montezumae* desaparece de Honduras.

Respeto al departamento Totonicapán, se puede apreciar que la distribución potencial actual de la especie incluye pero no favorece al bosque comunal municipal (mapa 7.1.h). En lugar de ello, la parte este del municipio y departamento Totonicapán, incluso San Bartolo, la mitad de Momostenango y Santa María Chiquimula, San Francisco El Alto, San Andrés Xecul y San Cristóbal son favorables. En el futuro la idoneidad se reduce especialmente en el norte del departamento, y partes de Momostenango y Santa Lucía La Reforma dejan de constituir hábitat idóneo.

Mapa 7.1.g: Distribución potencial de *Pinus montezumae* en el área del MDE



Mapa 7.1.h: Distribución potencial de *Pinus montezumae* en el departamento Totoncapán



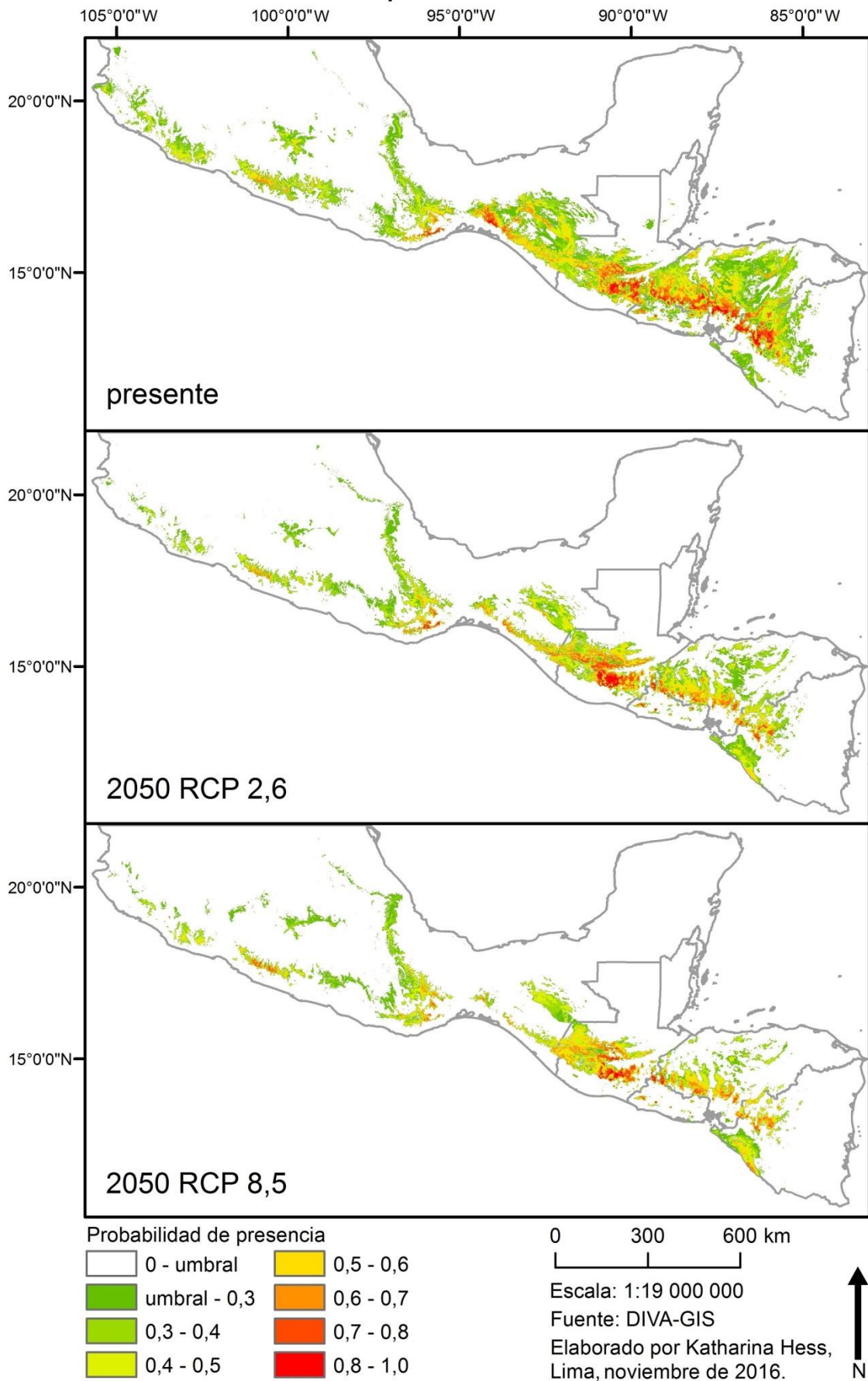
***Pinus oocarpa* (pino ocote)**

La distribución potencial del endémico pino ocote actualmente está sesgada hacia el sur del área del MDE (mapa 7.1.i). Sin embargo, incluye grandes extensiones de la Sierra Madre Sur, la Sierra de Chiapas y de los Cuchumatanes, del altiplano occidental y toda la Cordillera Centroamericana hasta el norte de Nicaragua. Su hábitat más idóneo se encuentra en el Sur de Guatemala, Honduras y el norte de Nicaragua.

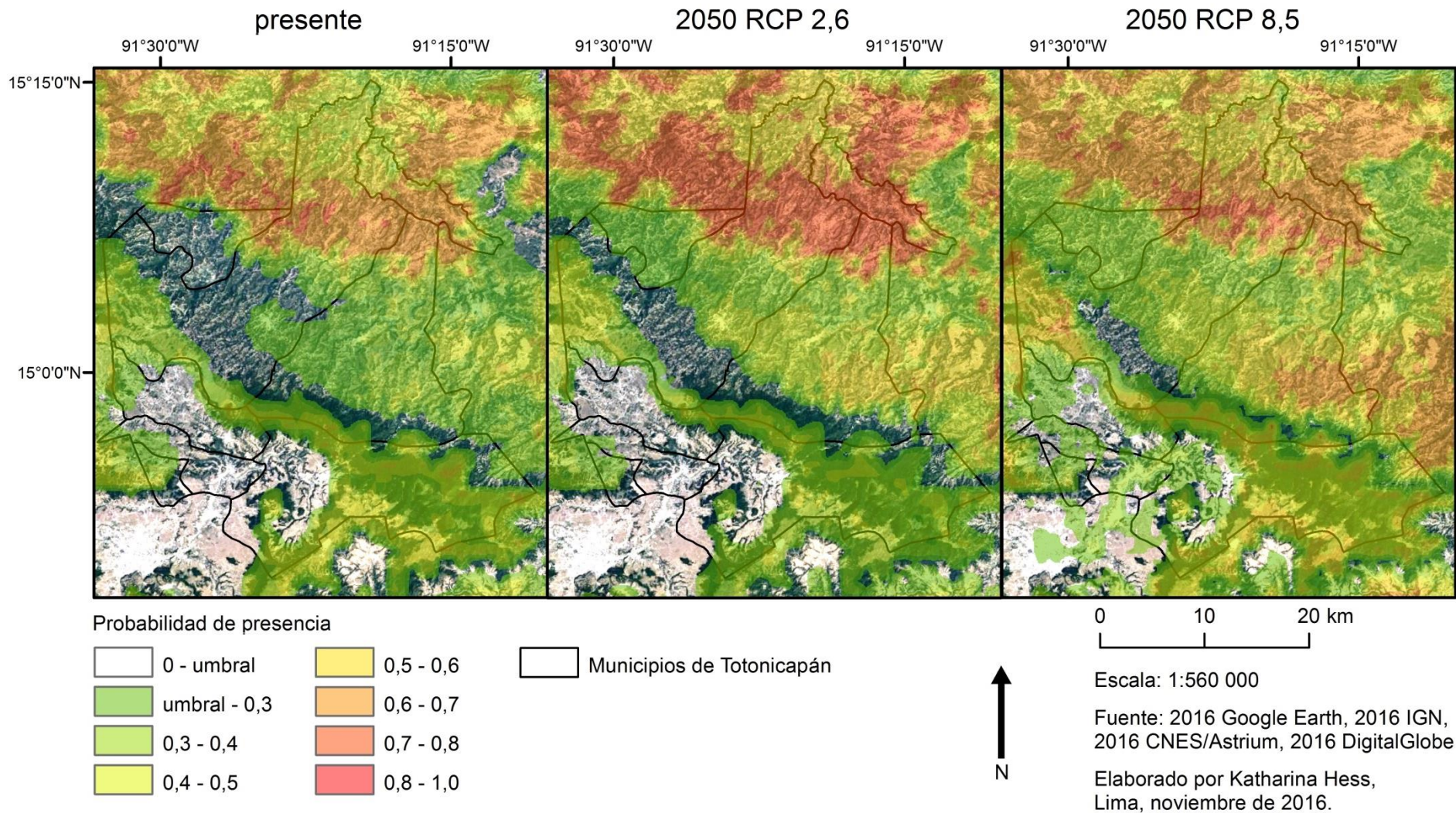
Bajo el escenario RCP 2,6, el hábitat más idóneo de la especie se encuentra en la Cordillera Centroamericana en el este de Guatemala, con una moderación de la idoneidad del hábitat en Honduras. Esta tendencia se intensifica bajo el escenario RCP 8,5.

Respeto al departamento Totonicapán, partes de Momostenango, San Bartolo, San Francisco El Alto y San Cristóbal actualmente no forman parte de la distribución potencial de la especie (mapa 7.1.j). El bosque comunal municipal tiene un nivel de idoneidad elevado. En el norte de Momostenango y en Santa Lucía la Reforma existe hábitat altamente idóneo, especialmente bajo los escenarios futuros. El escenario futuro RCP 8,5, favorece a la idoneidad del bosque comunal municipal, aunque no se convierte en hábitat altamente idóneo.

Mapa 7.1.i: Distribución potencial de *Pinus oocarpa* en el área del MDE



Mapa 7.1.j: Distribución de *Pinus oocarpa* en el departamento Toticapán



***Pinus pseudostrobus* (pino triste)**

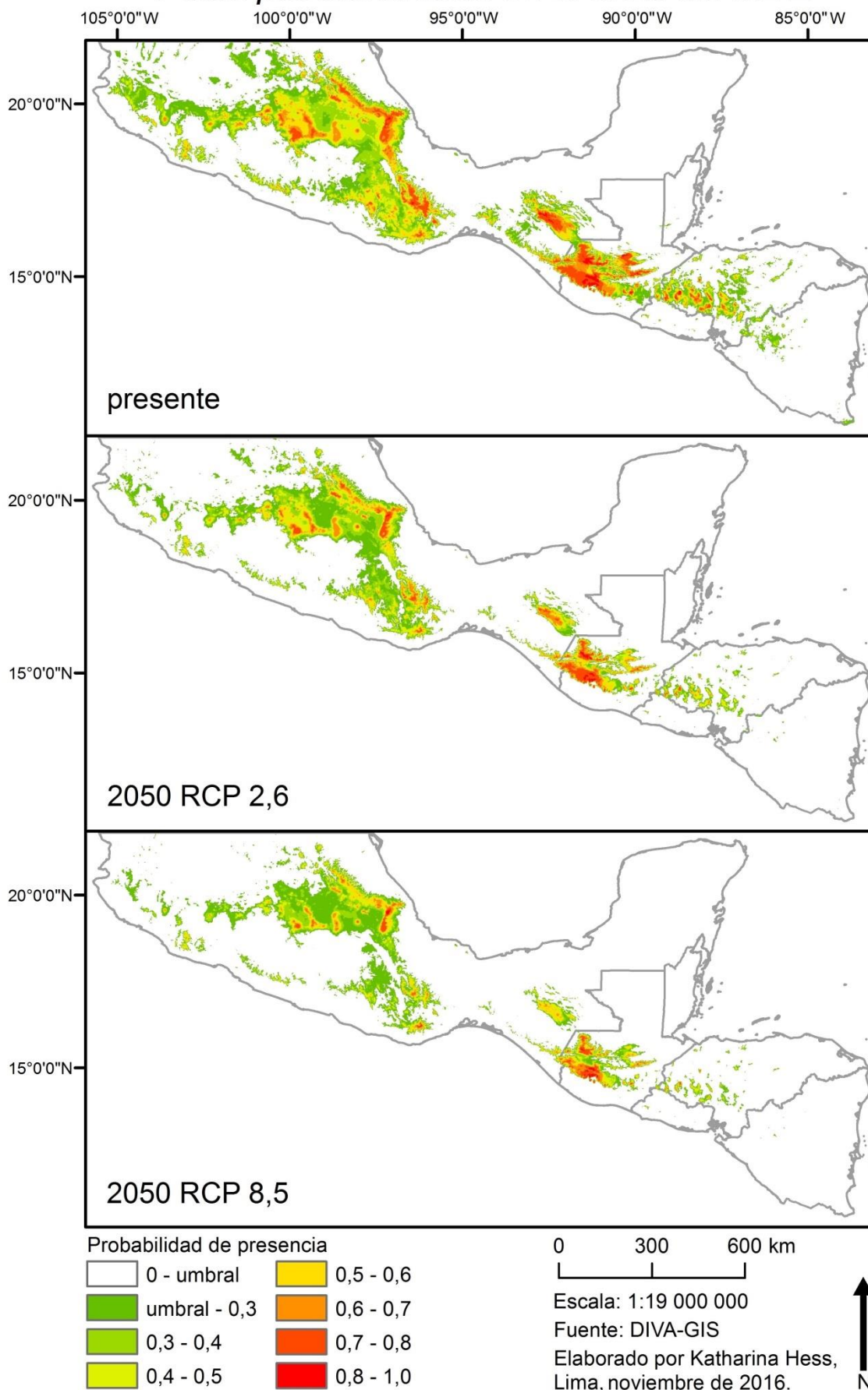
El endemismo regional *Pinus pseudostrobus* se ubica mayormente en el Eje Neovolcánico, la Sierra Madre sur, la Sierra de Chiapas y de los Cuchumatanes, y el altiplano occidental en el presente (Mapa 7.1k). Las áreas mencionadas cuentan con localidades de hábitat altamente idóneo. La distribución potencial continúa hasta el norte de Nicaragua por la Cordillera Centroamericana.

Bajo el escenario RCP 2,6, y especialmente en el RCP 8,5, el altiplano occidental de Guatemala permanece un refugio altamente idóneo para la especie. En extensión pero no en idoneidad lo supera el Eje Neovolcánico en México. El norte de Nicaragua y Honduras drásticamente reducen su idoneidad en el futuro.

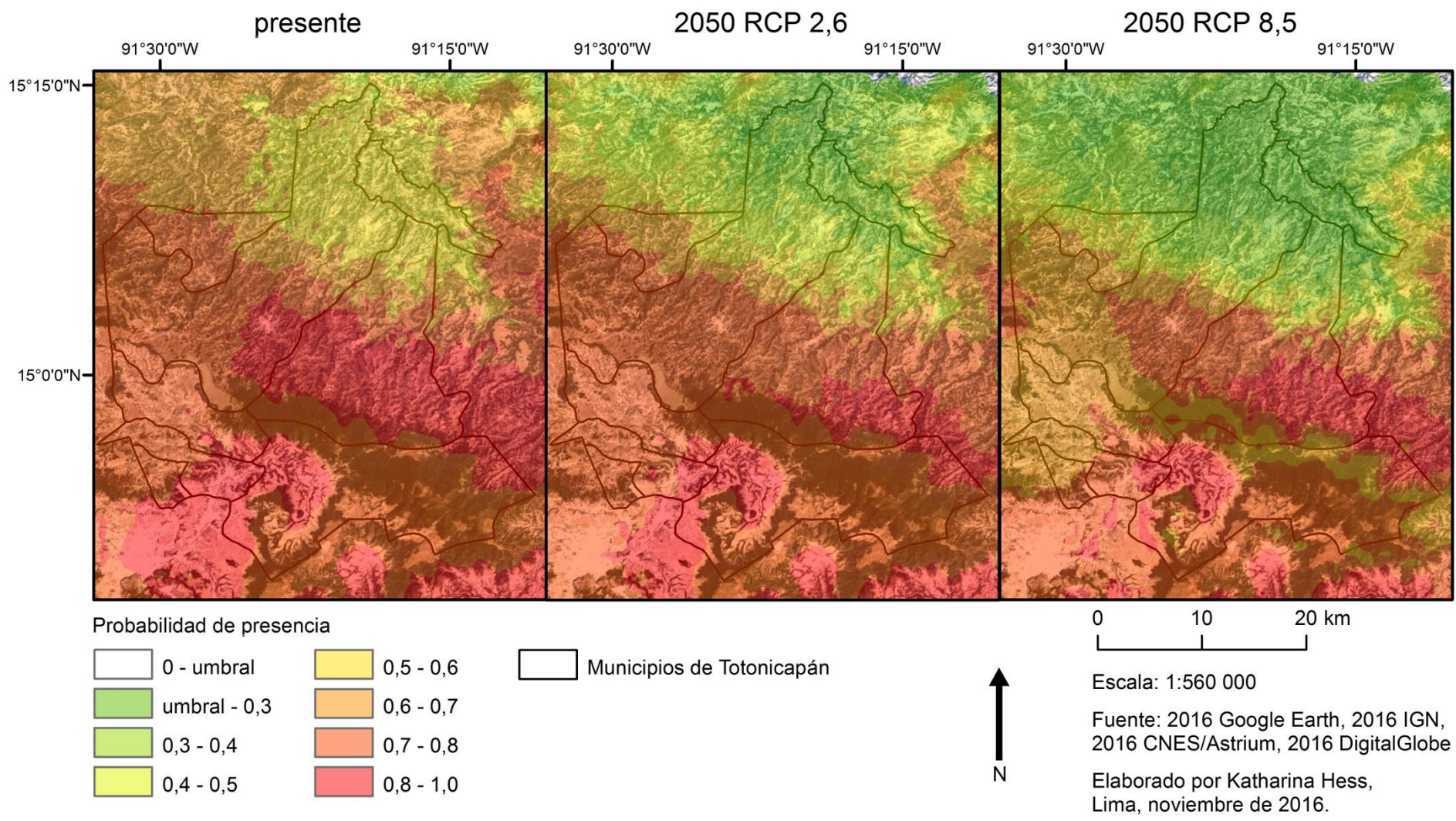
Respeto al departamento Totonicapán, el nor-este del departamento actualmente es lo menos idóneo para la especie (mapa 7.1.l). La mayor idoneidad se encuentra en la parte sur del municipio Santa María Chiquimula y la parte sur-oeste del departamento en partes de Totonicapán, San Francisco el Alto y San Cristóbal. El bosque comunal municipal no cuenta como hábitat altamente idóneo actualmente.

Bajo los dos escenarios futuros mayormente la parte sur de Santa María Chiquimula permanece hábitat altamente idóneo, mientras que el norte del departamento pierde idoneidad.

Mapa 7.1.k: Distribución potencial de *Pinus pseudostrobus* en el área del MDE



Mapa 7.1.I: Distribución potencial de *Pinus pseudostrobus* en el departamento Toticapán



Cupressus lusitanica (ciprés)

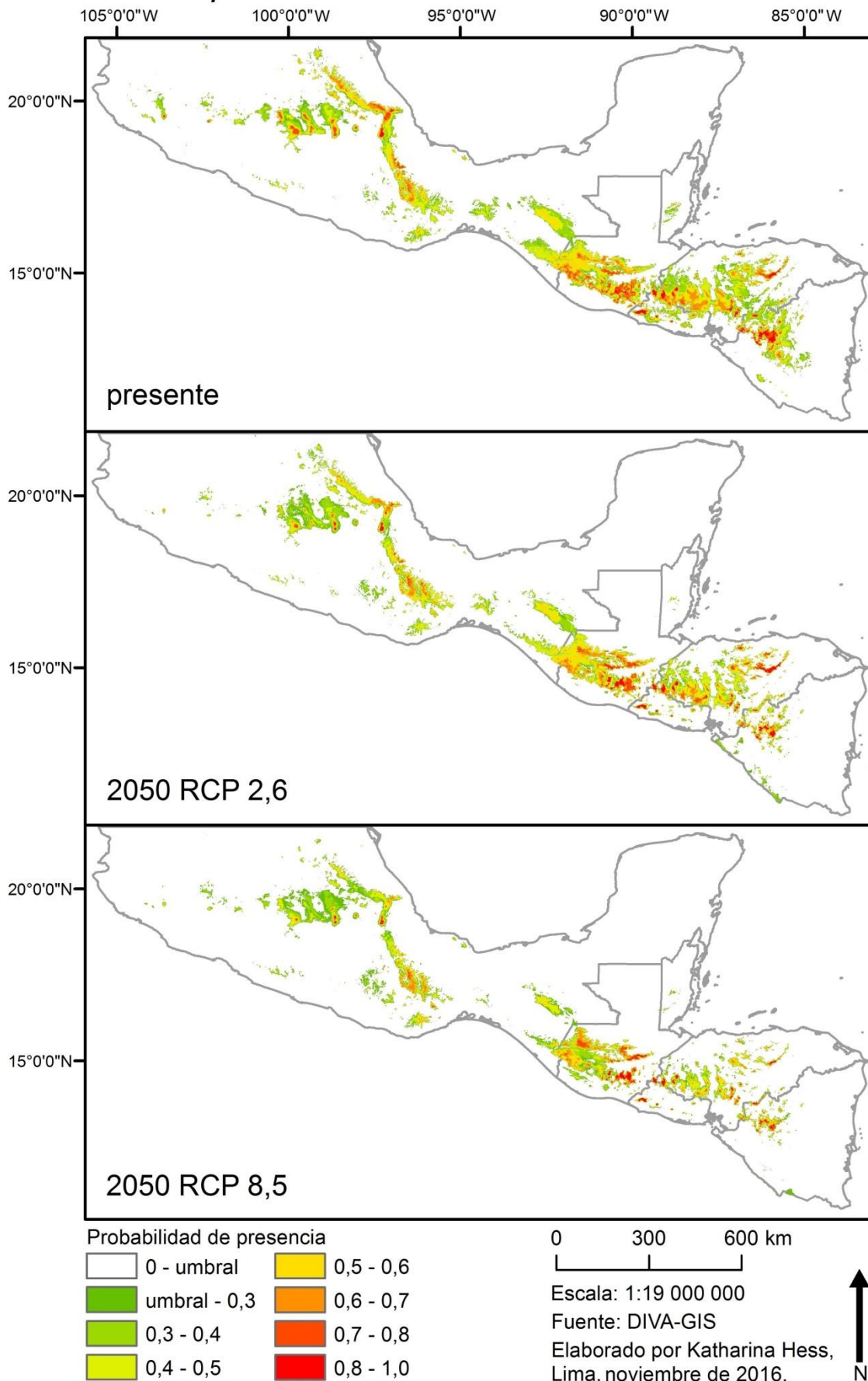
El ciprés es una especie endémica y la única especie del análisis de la familia Cupressaceae. Actualmente la distribución potencial del ciprés incluye a la Sierra Madre oriental, el Eje Neovolcánico, y toda la Cordillera Centroamericana, incluso el altiplano occidental (mapa 7.1.m). El límite sur de la distribución se encuentra en el norte de Nicaragua. Áreas de hábitat altamente idóneo no se encuentran concentrados, sino dispersos a lo largo de la distribución potencial.

Bajo el escenario RCP 2,6, la distribución potencial no cambia mucho, pero bajo el escenario RCP 8,5, especialmente la distribución potencial en Honduras y Nicaragua disminuye.

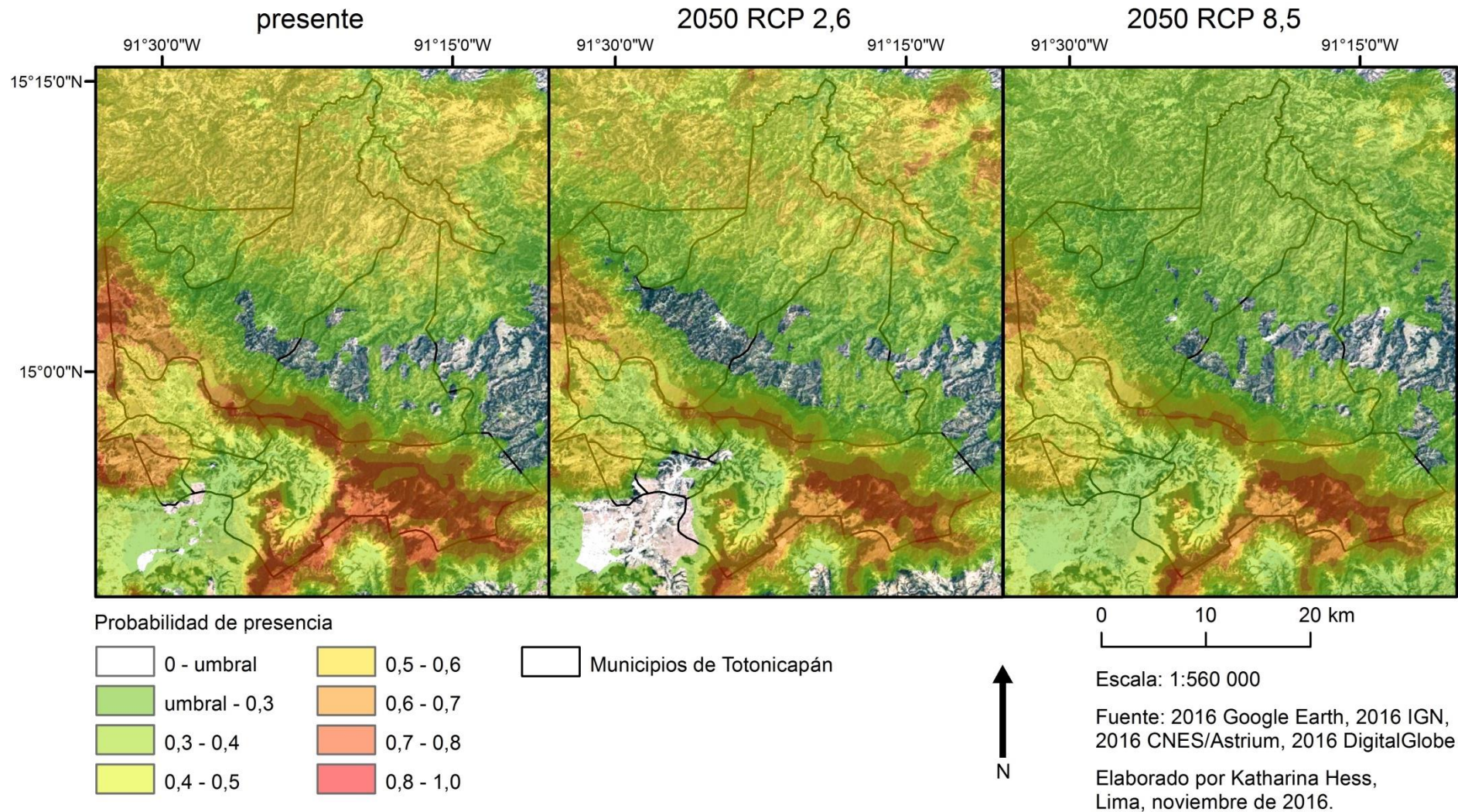
Respeto al departamento Totonicapán, el bosque comunal municipal y la parte sur de Santa María Chiquimula destacan como altamente idóneos en el presente (mapa 7.1.n). Por el otro lado, una franja que abarca partes de Momostenango y Santa María Chiquimula no forma parte de la distribución potencial. Los demás partes del departamento cuentan con una idoneidad baja.

Bajo los escenarios futuros, el bosque comunal municipal funciona como un refugio del ciprés y mantiene su hábitat altamente idóneo.

Mapa 7.1.m: Distribución potencial de *Cupressus lusitanica* en el área del MDE



Mapa 7.1.n: Distribución potencial de *Cupressus lusitanica* en el departamento Tonicapán



Quercus ocoteifolia (encino)

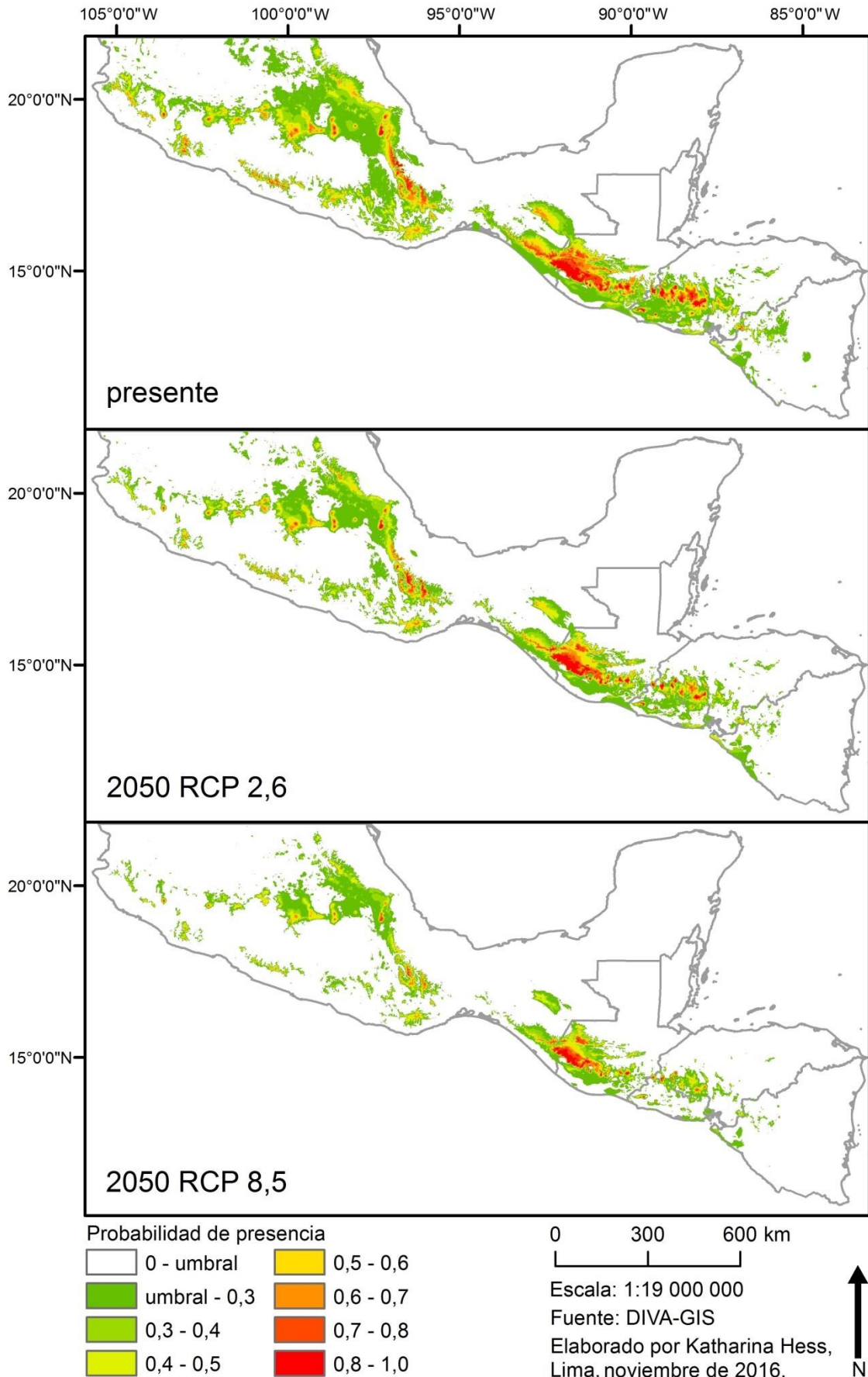
El encino es la única especie del análisis de la familia Fagaceae. Su distribución potencial abarca grandes partes del área del MDE en el presente. Especialmente la Sierra Madre oriental y sur, así como el altiplano occidental y la Cordillera Centroamericana en Honduras forman parte de su hábitat altamente idóneo (mapa 7.1.o). Casi todo El Salvador cuenta como hábitat idóneo, aunque en menor grado.

Bajo los escenarios futuros, especialmente el escenario RCP 8,5, el altiplano occidental forma el refugio más importante del encino y mantiene sus altos niveles de idoneidad.

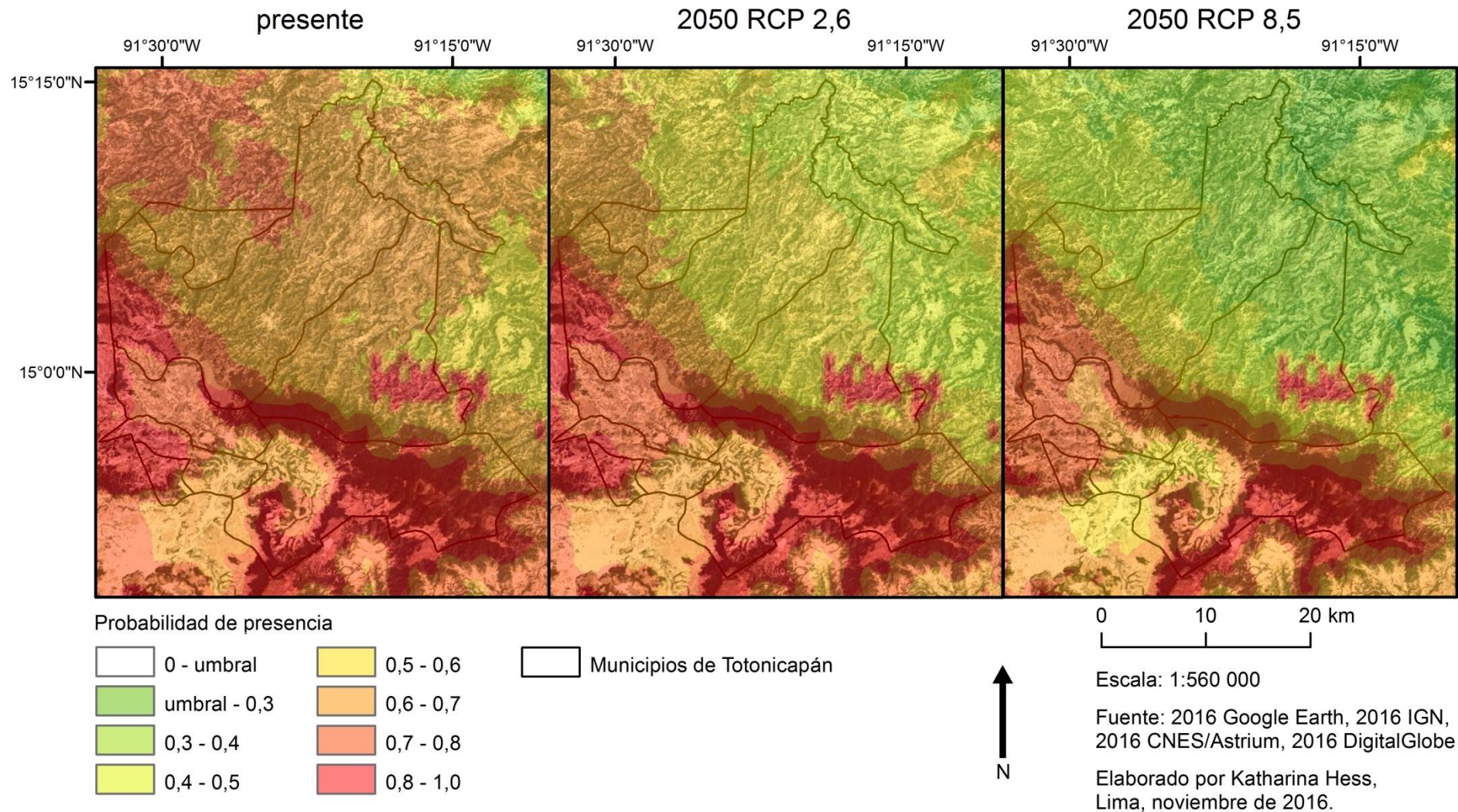
Respeto al departamento Totonicapán, el bosque comunal municipal cuenta con alta idoneidad para el encino (mapa 7.1.p). Partes al oeste del departamento como San Andrés Xecul, el oeste de San Cristóbal, San Francisco El Alto y Momostenango también son importantes constituyentes de su distribución potencial en el presente. El resto del departamento es idóneo pero en menor grado.

Bajo el escenario RCP 2,6 y el escenario RCP 8,5, los lugares altamente idóneos incluso el bosque comunal municipal permanecen, mientras que la baja idoneidad de Santa Lucía la Reforma, la mayor parte de Momostenango y Santa María Chiquimula sigue disminuyendo.

Mapa 7.1.o: Distribución potencial de *Quercus ocoteifolia* en el área del MDE



Mapa 7.1.p: Distribución potencial de *Quercus ocoteifolia* en el departamento Totonicapán



***Alnus acuminata* subesp. *arguta* (aliso)**

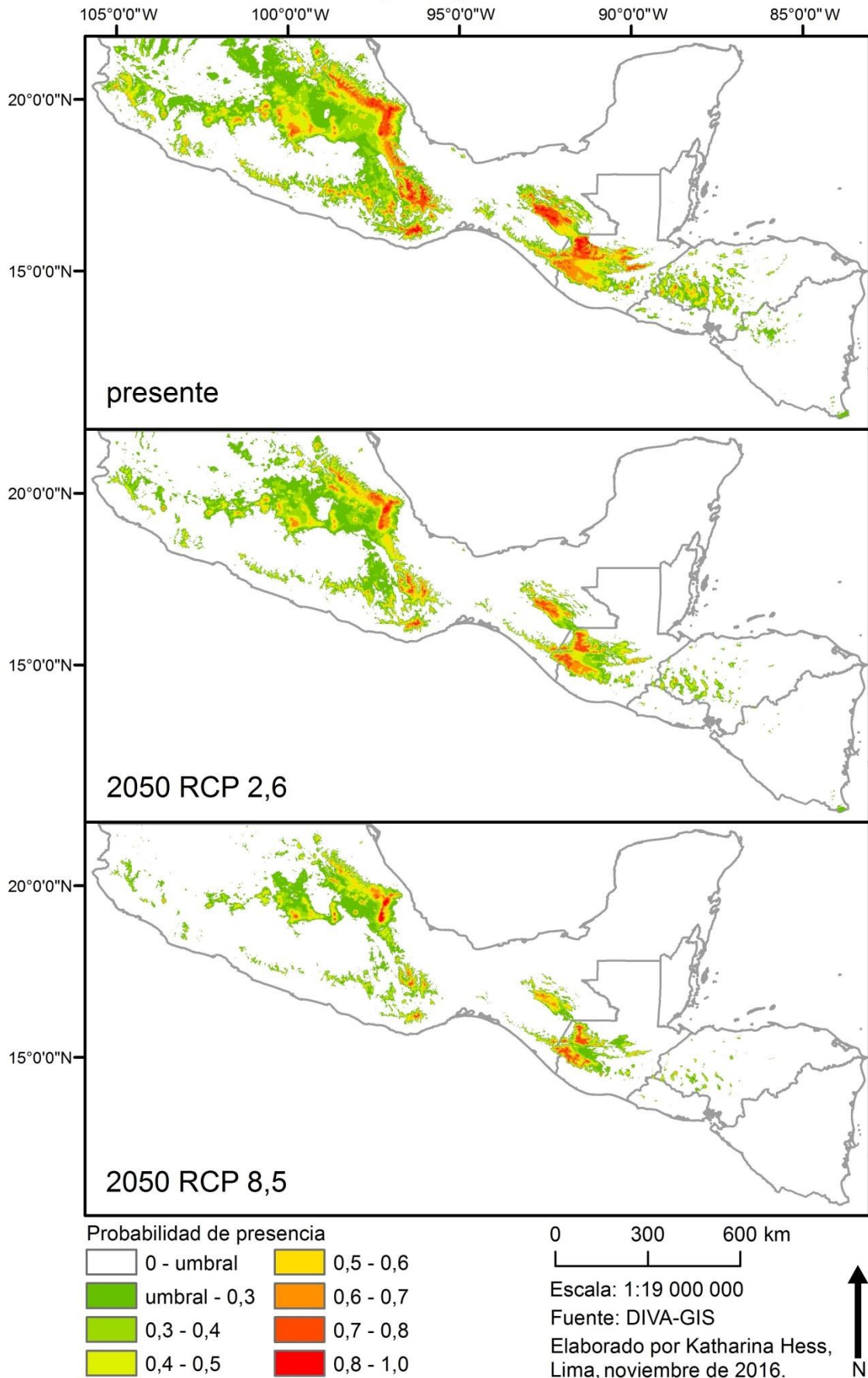
El aliso *Alnus acuminata* subesp. *arguta* es uno de dos alisos del presente estudio y como árbol latifoliado una fuente importante de broza en la región. La distribución potencial actual se concentra en el Eje Neovolcánico, la Sierra Madre oriental y la Sierra Madre sur (mapa 7.1.q). También incluye a la Sierra de Chiapas y de los Cuchumatanes y el altiplano occidental, que forman hábitat altamente idóneo. La distribución potencial se extiende hasta el sur de Honduras por la Cordillera Centroamericana.

Bajo los escenarios futuros, la distribución potencial disminuye especialmente en el Eje Neovolcánico. La distribución potencial en Honduras casi desaparece en el escenario RCP 8,5. El altiplano occidental, la Sierra de los Cuchumatanes y de Chiapas, y el Eje Neovolcánico permanecen como refugios en ambos escenarios futuros.

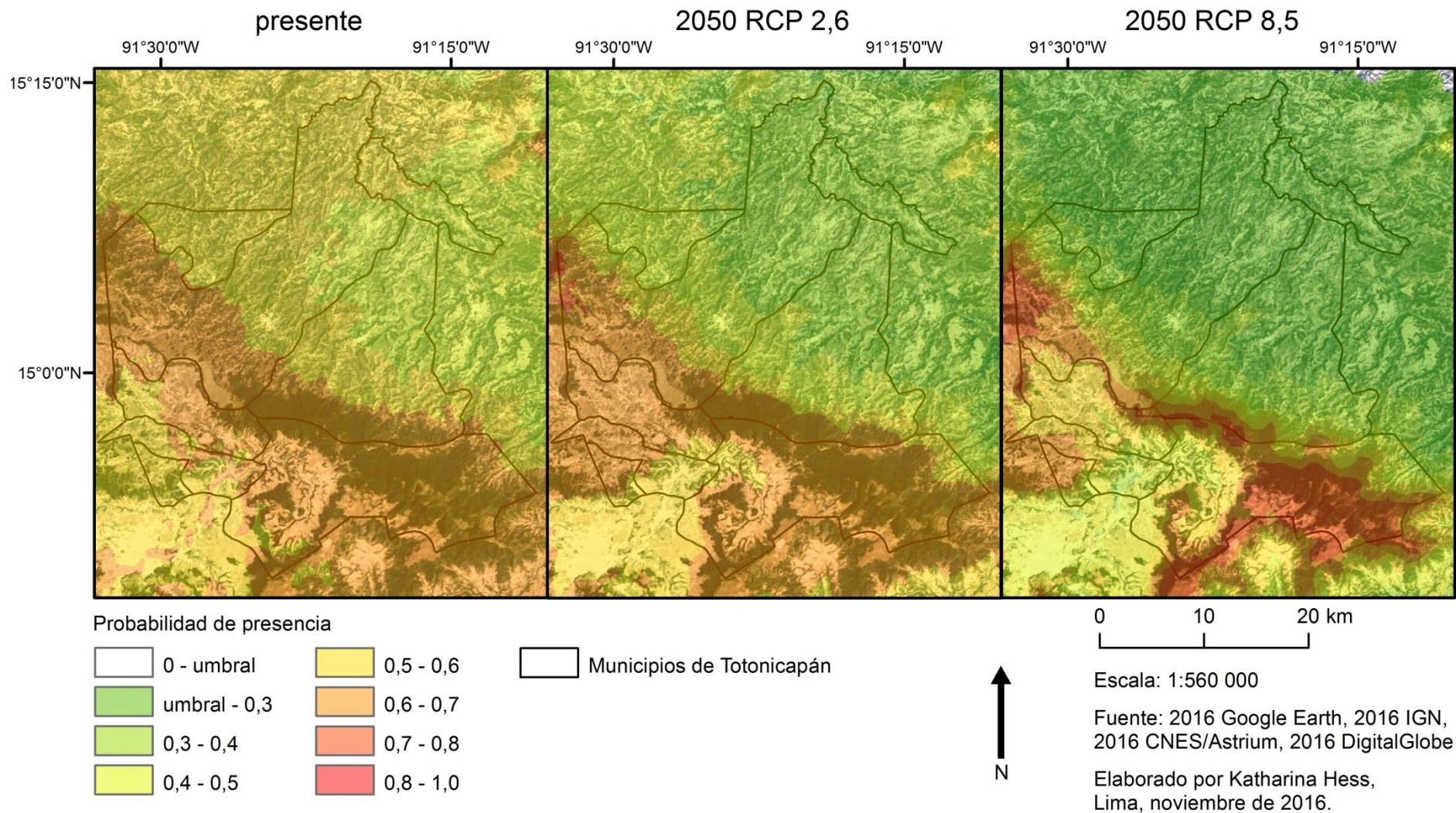
Respeto al departamento Totonicapán, no existen áreas altamente idóneas actualmente (mapa 7.1.r). Los mayores niveles de idoneidad se encuentran en el bosque comunal municipal y las partes al oeste de Santa María Chiquimula y Momostenango.

Bajo el escenario RCP 2,6, la idoneidad del norte del departamento disminuye. Bajo el escenario RCP 8,5, el bosque comunal municipal se convierte en hábitat altamente idóneo para el aliso.

Mapa 7.1.q: Distribución potencial de *Alnus acuminata* subesp. *arguta* en el área del MDE



Mapa 7.1.r: Distribución potencial de *Alnus acuminata* subesp. *arguta* en el departamento Totonicapán



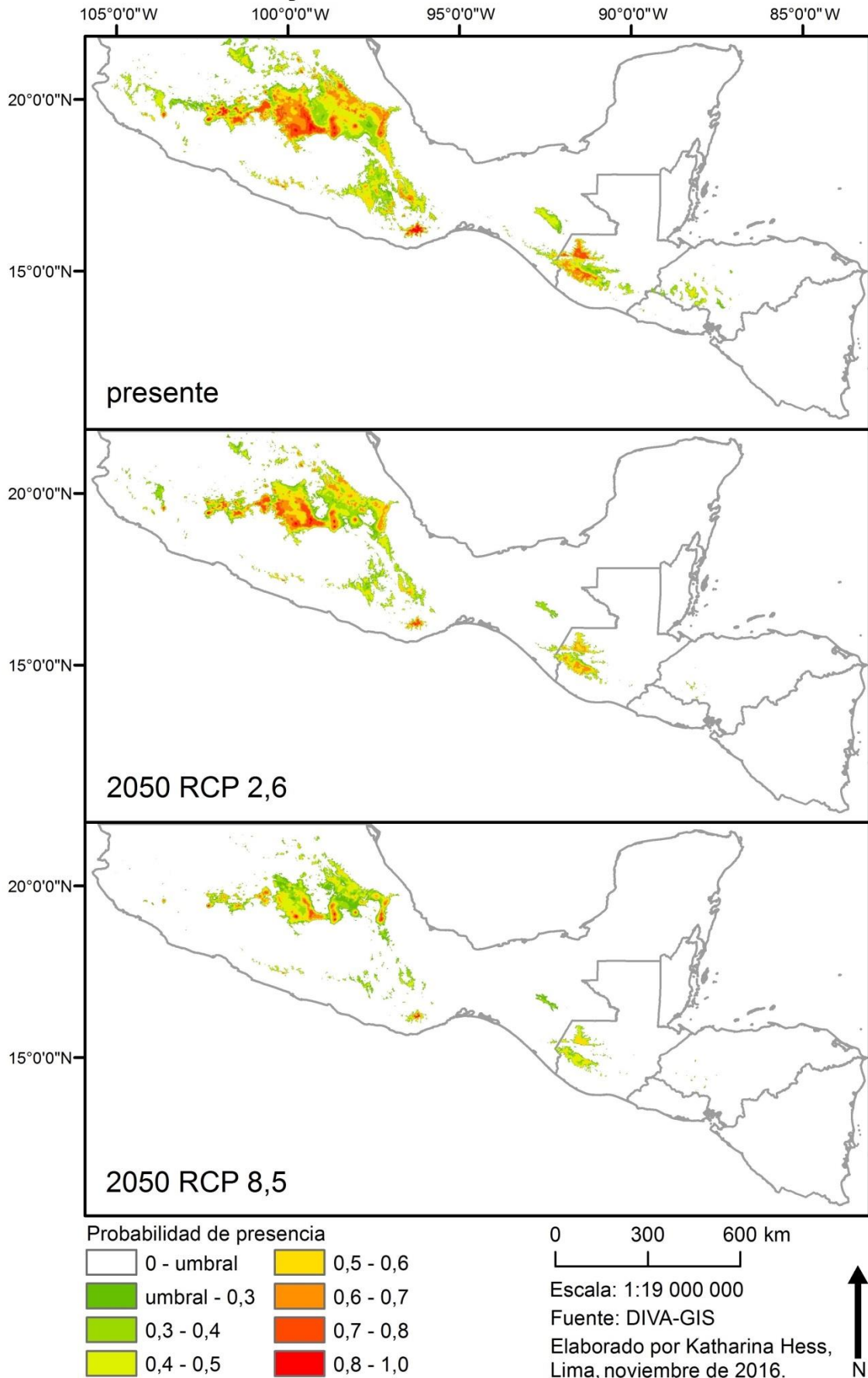
Alnus jorullensis (aliso)

El aliso *Alnus jorullensis* es la segunda especie de aliso del estudio. Su distribución potencial se concentra en el Eje Neovolcánico en el presente (mapa 7.1.s). En Guatemala cuenta con hábitat altamente idóneo en el altiplano occidental y la Sierra de los Cuchumatanes. Su extensión llega hasta Honduras, aunque solamente por áreas pequeñas y dispersas.

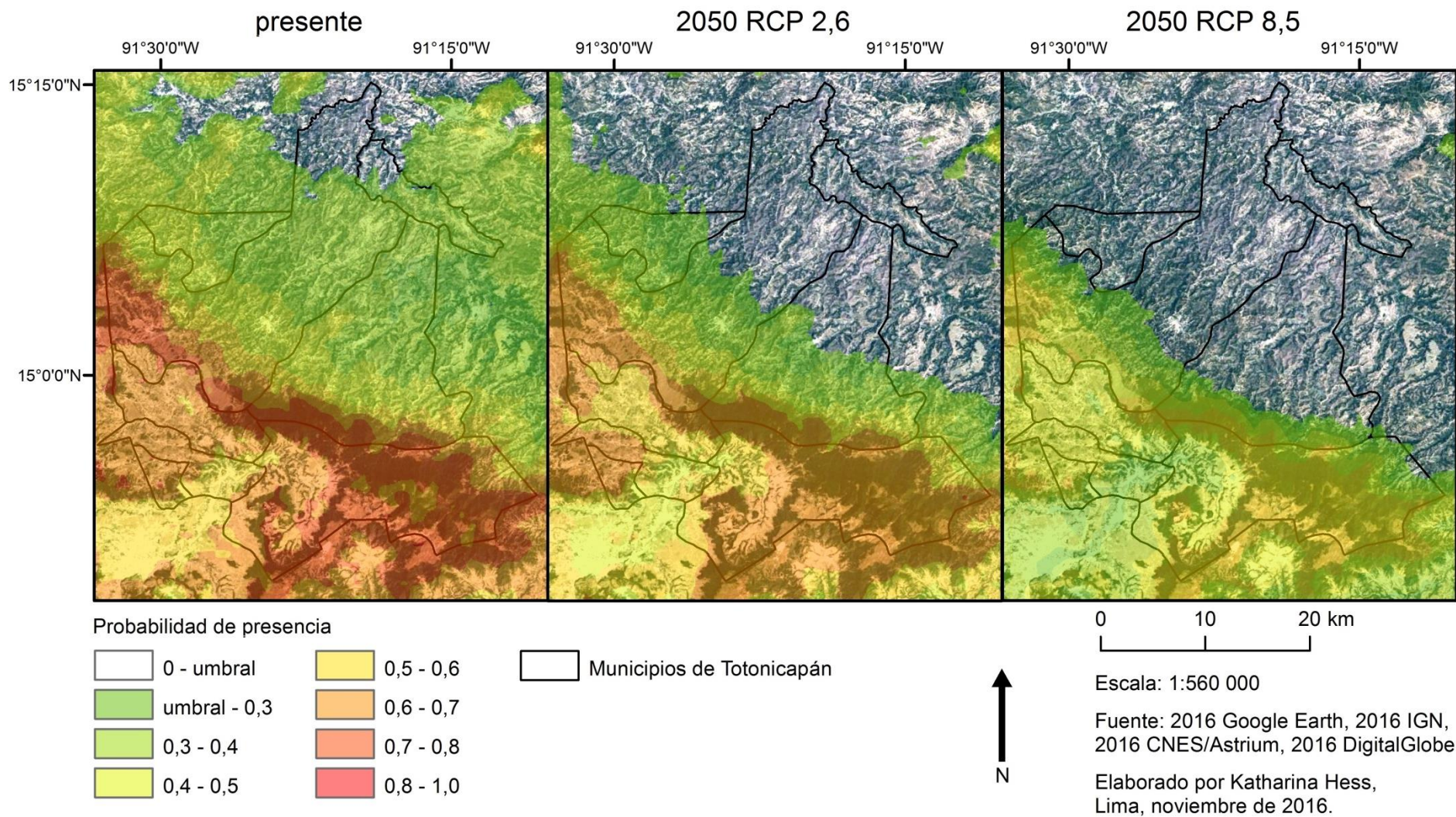
Bajo el escenario RCP 2,6, la idoneidad del hábitat en Guatemala disminuye. En México se reducen la extensión de la distribución potencial así como la idoneidad del hábitat, aunque el Eje Neovolcánico sigue siendo el refugio más importante de *A. jorullensis*. Bajo el escenario RCP 8,5, solamente el Eje Neovolcánico cuenta con hábitat altamente idóneo.

Respeto al departamento Totonicapán, el bosque comunal municipal actualmente forma el hábitat más idóneo de *A. jorullensis* (mapa 7.1.t). Sin embargo, su idoneidad disminuye en los escenarios futuros. Mientras que actualmente solamente una pequeña parte en el norte del departamento no constituye parte de la distribución potencial, en el escenario RCP 8,5 tal área comprende todo Santa Lucía la Reforma, San Bartolo, la mayoría de Momostenango y de Santa María Chiquimula.

Mapa 7.1.s: Distribución potencial de *Alnus jorullensis* en el área del MDE



Mapa 7.1.t: Distribución potencial de *Alnus jorullensis* en el departamento Totonicapán



Arbutus xalapensis (madrón)

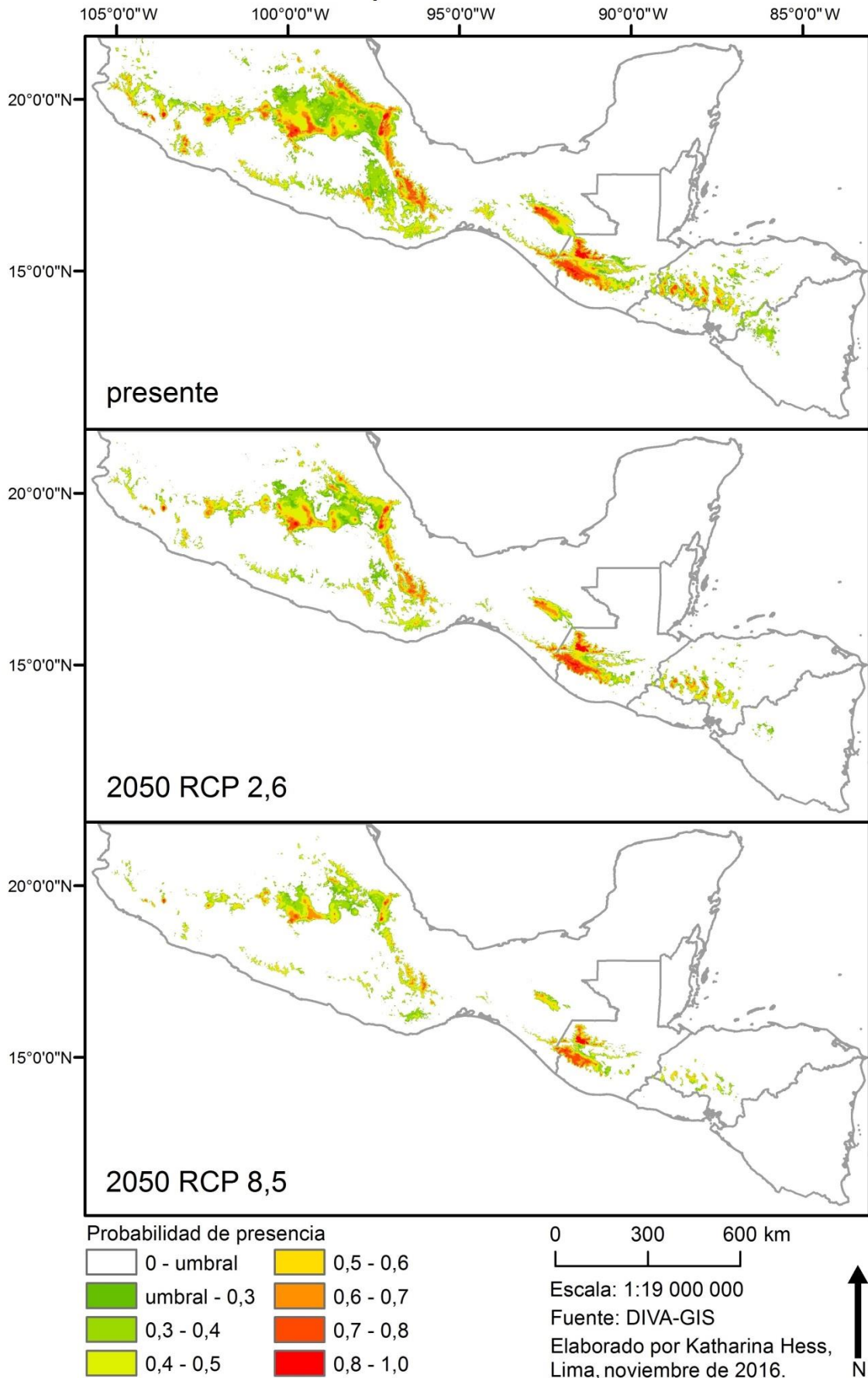
El madrón es una especie casi amenazada según la Lista Roja de la UICN. Su distribución potencial comprende grandes partes del Eje Neovolcánico, de la Sierra Madre oriental, la Sierra de Chiapas y de los Cuchumatanes y del altiplano occidental en el presente (mapa 7.1.u). La distribución potencial se extiende hasta el norte de Nicaragua por la Cordillera Centroamericana. En todas partes de su distribución potencial se encuentran lugares de hábitat altamente idóneo.

Bajo los escenarios futuros, la distribución potencial disminuye a lo largo de su extensión. Especialmente el altiplano occidental y la Sierra de los Cuchumatanes constituyen un refugio de hábitat altamente idóneo para *A. xalapensis*.

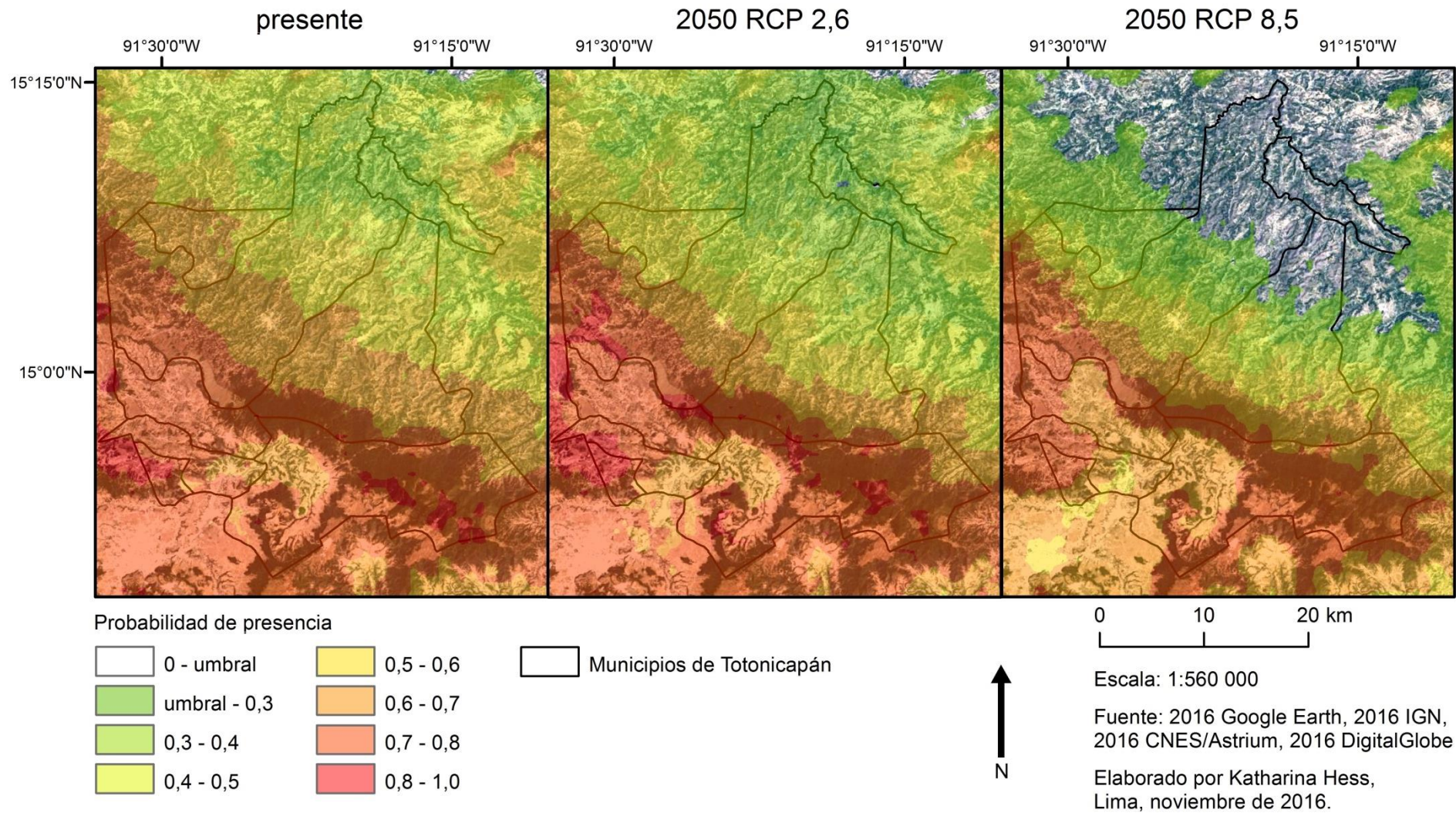
Respeto al departamento Totonicapán, no existe hábitat altamente idóneo en el presente, sin embargo la mitad del departamento es muy idóneo, especialmente el bosque comunal municipal, el oeste de Momostenango y Santa María Chiquimula, San Francisco El Alto, San Cristóbal y San Andrés Xecul.

Bajo el escenario RCP 2,6, la idoneidad del departamento permanece igual en su mayoría. Sin embargo bajo el escenario RCP 8,5, la parte norte de Momostenango, Santa Lucía la Reforma y Santa María Chiquimula dejan de formar parte de la distribución potencial.

Mapa 7.1.u: Distribución potencial de *Arbutus xalapensis* en el área del MDE



Mapa 7.1.v: Distribución potencial de *Arbutus xalapensis* en el departamento Totonicapán



7.2. CONCLUSIONES

1. La idoneidad del hábitat y la distribución potencial de todas las especies disminuyen bajo los escenarios climáticos futuros, confirmando la necesidad de estrategias de mitigación y de adaptación.
2. Los hábitats altamente idóneos se trasladan a mayores latitudes y altitudes (Parmesen & Yohe, 2003:37). También se puede apreciar que los hábitats idóneos del futuro mayormente coinciden con los hábitats idóneos del presente. Tal resultado sugiere que el cambio climático no exige una migración a las especies, sino fomentará su reproducción en hábitats más idóneos. Sin embargo, debido a que se trata de modelos de distribución potencial y no de la distribución realizada, las especies posiblemente no ocurran en todos los lugares indicados y una migración sea necesaria. En este caso es incierto si las especies serán capaces de migrar a la tasa que el cambio climático les exige, o si será necesario asistir la migración y colonización de nuevos hábitats.
3. A nivel del municipio y departamento Totonicapán existen cuatro patrones de cambios en la idoneidad del hábitat de las especies bajo los escenarios futuros. Cada patrón tiene implicaciones para la conservación de las especies:
 - a. En la mayoría de los casos, el bosque comunal municipal representa un refugio de alta idoneidad en el presente y sigue siéndolo en el futuro, con la pérdida de idoneidad en las demás partes del departamento y en los márgenes del bosque comunal municipal (por ejemplo *Abies guatemalensis*, *P. ayacahuite*, *P. hartwegii*, *Alnus jorullensis*, *Q. ocoteifolia*, *Arbutus xalapensis* y *C. lusitánica*).
 - b. En caso de *Alnus acuminata* subesp. *arguta*, el bosque comunal municipal incrementa en su idoneidad con la gravedad de los escenarios futuros,

mientras que la idoneidad de las demás partes del departamento disminuye.

- c. En caso de *P. oocarpa*, el bosque comunal municipal incrementa en su idoneidad con la gravedad de los escenarios futuros, pero otras partes del departamento se benefician de una idoneidad aún más alta.
- d. En caso de *P. pseudostrobus* y *P. montezumae*, el bosque comunal municipal no representa el área más idóneo del departamento, sino las áreas alrededor de dicho ANP.

Debido a que el bosque comunal municipal representa un refugio en el presente y el futuro para ocho de las once especies del estudio, incluso para endemismos regionales y especies incluidas en la Lista Roja de la UICN, y cuenta como hábitat con elevada idoneidad para todas las especies, su conservación debe ser una prioridad para el municipio y departamento Totonicapán.

Para la mayoría de las especies el oeste de Momostenango, los municipios San Francisco El Alto, San Cristóbal y San Andrés Xecul tienen la misma alta idoneidad que el bosque comunal municipal en el presente y bajo los escenarios futuros. Sin embargo, dichos municipios no cuentan con una amplia cobertura forestal y se recomienda la reforestación de la región.

El sur del municipio Santa María Chiquimula y su frontera con el municipio Totonicapán en la mayoría de los casos tiene la misma alta idoneidad para las especies que el bosque comunal municipal. De hecho, en caso de *P. pseudostrobus*, *P. montezumae* y *P. oocarpa* existe una mayor idoneidad en el municipio Santa María Chiquimula que en el bosque comunal municipal. Por lo tanto, la conservación del recurso forestal en Totonicapán a costo de la deforestación selectiva de los municipios pobres como Santa María

Chiquimula viene a costo especialmente de las tres especies mencionadas y se recomienda una mayor conservación.

4. El presente estudio no considera la idoneidad de Totonicapán para plagas como el gorgojo, que severamente perjudica el recurso forestal del departamento y puede expandirse y agravarse bajo los escenarios futuros.
5. Los ecosistemas forestales tienen su propia sensibilidad y capacidad adaptativa que no se consideran en el presente estudio y deben ser sujetos de investigaciones futuras.



CAPÍTULO 8

CONCLUSIONES FINALES Y RECOMENDACIONES

- La hipótesis del estudio, de que la vulnerabilidad del municipio de Totonicapán ante el cambio climático es heterogénea, porque sus comunidades difieren en su sensibilidad, capacidad adaptativa y exposición, se rechaza en parte: Aunque las comunidades alcanzaron diferentes niveles en los indicadores socioeconómicos analizados, los sub-índices de la sensibilidad y capacidad adaptativa, así como los índices de vulnerabilidad no fueron significativamente diferentes entre las comunidades del municipio.
- La educación es el principal determinante de la vulnerabilidad ante el cambio climático. Tal resultado demanda más inversión en el capital humano de la región y la dirección de la educación hacia un desarrollo sociocultural integral que fomenta el conocimiento (tradicional) de los ecosistemas locales y de las posibles amenazas del cambio climático.
- La pobreza y desigualdad del departamento Totonicapán tienen como consecuencia el aprovechamiento del recurso forestal en los municipios más pobres y la conservación del recurso forestal en el municipio Totonicapán. Desde un punto de vista ecológico, la conservación de los bosques del municipio Totonicapán, especialmente del bosque comunal municipal, es una prioridad, porque representan un refugio para las especies arbóreas más importantes de la región. Sin embargo, eso también es cierto para el sur de Santa María Chiquimula. Desde un punto de vista socioeconómico, la explotación del eslabón más débil agrava la pobreza y brecha existente entre los municipios y no corresponde a los principios de la igualdad y equidad de un desarrollo sostenible. Por lo tanto, se recomiendan la mayor conservación del recurso forestal, la aforestación y reforestación en Santa

María Chiquimula y otras áreas idóneas como San Francisco El Alto y San Andrés Xecul identificados como altamente vulnerables por Biota S.A. y The Nature Conservancy (2014). Tal desarrollo puede generar ingresos a través de incentivos forestales o el aprovechamiento sostenible del recurso forestal.

- La importancia ecológica del bosque comunal municipal demanda una mejor cooperación entre la municipalidad y los cuarenta y ocho cantones para su protección.
- Altas dependencias en los recursos naturales (agropecuarios y forestales) conducen a una mayor sensibilidad de la población ante la exposición del cambio climático. La tecnificación de la agricultura a través de sistemas de riego representa una manera de garantizar una mayor seguridad y soberanía alimentaria en un futuro incierto. Sin embargo, la implementación de sistemas de riego requiere una mayor disponibilidad del recurso hídrico y una mayor organización social que evita rivalidades por los nacimientos de agua. La conservación y el fomento del recurso forestal pueden aumentar servicios ecosistémicos como la cosecha del agua y compensar los efectos del crecimiento poblacional y cambio climático. En cuanto a la dependencia en el recurso forestal, la sustitución del principal bien de los bosques, la leña, por el gas debe ser una prioridad para todas las comunidades.
- El estudio resalta que el municipio cuenta con una alta desigualdad de géneros, la cual contribuye a su vulnerabilidad ante el cambio climático y debe ser una prioridad de la agenda política de la región.

BIBLIOGRAFÍA

- Abson, D. J., Dougill, A. J., & Stringer, L. C. (2012). Using principal component analysis for information-rich socio-ecological vulnerability mapping in Southern Africa. *Applied Geography*, 35(1), 515-524.
- Adger, W. N., Brooks, N., Bentham, G., Agnew, M., & Eriksen, S. (2004). *New indicators of vulnerability and adaptive capacity* (Vol. 122): Tyndall Centre for Climate Change Research Norwich.
- Alcalde Nimasac (2016). Entrevista personal. Totonicapán.
- Alcalde Paquí (2016). Entrevista personal. Totonicapán.
- Alvarado, S. V. (1980). Estructura política y administrativa a nivel de una comunidad rural (cantón Paquí, Totonicapán). Guatemala.
- Andersen, U. S., Córdova, J. P. P., Nielsen, U. B., Olsen, C. S., Nielsen, C., Sørensen, M., & Kollmann, J. (2008). Conservation through utilization: a case study of the vulnerable *Abies guatemalensis* in Guatemala. *Oryx*, 42(02), 206-213.
- Anderson, R. P. (2013). A framework for using niche models to estimate impacts of climate change on species distributions. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1297(1), 8-28.
- Araújo, M. B., & Guisan, A. (2006). Five (or so) challenges for species distribution modelling. *Journal of biogeography*, 33(10), 1677-1688.
- Araújo, M. B., & Peterson, A. T. (2012). Uses and misuses of bioclimatic envelope modeling. *Ecology*, 93(7), 1527-1539.
- Austin, M. (2002). Spatial prediction of species distribution: an interface between ecological theory and statistical modelling. *Ecological modelling*, 157(2), 101-118.
- Baca, M., Läderach, P., Haggard, J., Schroth, G., & Ovalle, O. (2014). An integrated framework for assessing vulnerability to climate change and developing adaptation strategies for coffee growing families in Mesoamerica. *PLoS one*, 9(2), e88463.
- Beaumont, L. J., Pitman, A., Poulsen, M., & Hughes, L. (2007). Where will species go? Incorporating new advances in climate modelling into projections of species distributions. *Global Change Biology*, 13(7), 1368-1385.

Belcher, B. M. (2003). What isn't an NTFP?. *International Forestry Review*, 5(2), 161-168.

Belcher, B. M. (2005). Forest product markets, forests and poverty reduction. *International Forestry Review*, 7(2), 82-89.

Biota, S.A., & The Nature Conservancy (2014). Análisis de la Vulnerabilidad ante el Cambio Climático en el Altiplano Occidental de Guatemala. Guatemala: Autores.

Busso, G. (2001). Vulnerabilidad social: nociones e implicancias de políticas para Latinoamérica a inicios del siglo XXI. Documento presentado en el Seminario Internacional "Las diferentes expresiones de la vulnerabilidad social en América Latina y el Caribe" (Santiago de Chile, 20 y 21 de junio), inédito.

CDRO (2014). Diagnostico comunitario aldea Barraneché 2013.

Collins, W., Bellouin, N., Doutriaux-Boucher, M., Gedney, N., Hinton, T., Jones, C., . . . Rae, J. (2008). Evaluation of the HadGEM2 model. Hadley Cent. Tech. Note, 74.

Consejo Departamental de Desarrollo del departamento de Totonicapán (2011). Secretaria de Planificación y Programación de la Presidencia. Dirección de Planificación Territorial. Plan de Desarrollo departamental PDD del departamento de Totonicapán. Guatemala.

Córdova, J. P. P., Wunder, S., Smith-Hall, C., & Börner, J. (2013). Rural income and forest reliance in highland Guatemala. *Environmental management*, 51(5), 1034-1043.

Cutter, S. L., Boruff, B. J., & Shirley, W. L. (2003). Social vulnerability to environmental hazards. *Social science quarterly*, 84(2), 242-261.

Cutter, S. L., & Finch, C. (2008). Temporal and spatial changes in social vulnerability to natural hazards. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105(7), 2301-2306.

Deressa, T., Hassan, R. M., & Ringler, C. (2008). *Measuring Ethiopian farmers' vulnerability to climate change across regional states*: Intl Food Policy Res Inst.

Dionisio, S. L., & Ibarra, G. (2013). El tiempo está envejeciendo. Respuestas locales frente al cambio climático en una comunidad de retornados en Guatemala. Guatemala.

Eliás, S., & Wittman, H. (2004). State, forest, and community: Power reconfigurations and challenges for the decentralization of forest administration in Guatemala. *Interlaken Workshop on Decentralization in Forestry*, 27-30.

Eliás, S., Larson, A., & Mendoza, J. (2009). Tenencia de la tierra, bosques y medios de vida en el altiplano Occidental de Guatemala. Guatemala: Editorial de Ciencias Sociales.

Equipo de consultores para el desarrollo sostenible y asociados, sociedad anónima (ECODESSA) (2015). Informe final de la consultoría "Identificación de capacidad productiva de bosques de siete comunidades de Totonicapán".

Filmer, D., & Pritchett, L. H. (2001). Estimating wealth effects without expenditure data—or tears: an application to educational enrollments in states of India. *Demography*, 38(1), 115-132.

Füssel, H.-M. (2007). Vulnerability: a generally applicable conceptual framework for climate change research. *Global environmental change*, 17(2), 155-167.

Füssel, H.-M., & Klein, R. J. (2006). Climate change vulnerability assessments: an evolution of conceptual thinking. *Climatic change*, 75(3), 301-329.

Gbetibouo, G. A., Ringler, C., & Hassan, R. (2010). *Vulnerability of the South African farming sector to climate change and variability: An indicator approach*. Paper presented at the Natural Resources Forum.

GBIF.org (2016a). GBIF Occurrence Download *Abies guatemalensis*. Consulta octubre 4, 2016 en <http://doi.org/10.15468/dl.jrle9u>

GBIF.org (2016b). GBIF Occurrence Download *Alnus acuminata* subsp. *arguta*. Consulta octubre 4, 2016 en <http://doi.org/10.15468/dl.ddeht9>

GBIF.org (2016c). GBIF Occurrence Download *Alnus jorullensis*. Consulta octubre 4, 2016 en <http://doi.org/10.15468/dl.okq3im>

GBIF.org (2016d). GBIF Occurrence Download *Arbutus xalapensis*. Consulta octubre 4, 2016 en <http://doi.org/10.15468/dl.ordxit>

GBIF.org (2016e). GBIF Occurrence Download *Cupressus lusitanica*. Consulta octubre 4, 2016 en <http://doi.org/10.15468/dl.tb9cjh>

GBIF.org (2016f). GBIF Occurrence Download *Pinus ayacahuite*. Consulta octubre 4, 2016 en <http://doi.org/10.15468/dl.yg604r>

GBIF.org (2016g). GBIF Occurrence Download *Pinus hartwegii*. Consulta octubre 4, 2016 en <http://doi.org/10.15468/dl.2jkseh>

GBIF.org (2016h). GBIF Occurrence Download *Pinus montezumae*. Consulta octubre 4, 2016 en <http://doi.org/10.15468/dl.ieedpq>

GBIF.org (2016i). GBIF Occurrence Download *Pinus oocarpa*. Consulta octubre 4, 2016 en <http://doi.org/10.15468/dl.hu4wmg>

GBIF.org (2016j). GBIF Occurrence Download *Pinus pseudostrobus*. Consulta octubre 4, 2016 en <http://doi.org/10.15468/dl.jbqewc>

GBIF.org (2016k). GBIF Occurrence Download *Quercus ocoteifolia*. Consulta octubre 4, 2016 en <http://doi.org/10.15468/dl.zs9gmf>

Guisan, A., & Thuiller, W. (2005). Predicting species distribution: offering more than simple habitat models. *Ecology letters*, 8(9), 993-1009.

Guisan, A., & Zimmermann, N. E. (2000). Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecological modelling*, 135(2), 147-186.

Hardin, G. (1968). The Tragedy of the Commons. *Science* 162, 1243-1248.

Helvetas Guatemala (2010). Apoyando la Gestión Participativa de Bosques Municipales y Comunales. Resumen de Recomendaciones. Guatemala: Helvetas Guatemala, Asociación suiza para la cooperación internacional.

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.

Hutchinson, G. E. (1957). Concluding remarks. *Cold spring harbor symposium on quantitative biology*, 22, 415-427.

Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente de la Universidad Rafael Landívar (IARNA-URL) (2011). Cambio climático y biodiversidad. Elementos para analizar sus interacciones en Guatemala con un enfoque ecosistémico. Guatemala: Autores.

Instituto Nacional de Bosques (INAB), 2015. Mapa de Cobertura Forestal de Guatemala 2010 y Dinámica de la Cobertura Forestal 2006-2010. Consulta diciembre 7, 2015. <http://www.inab.gob.gt/Documentos/Informes/Cobertura/Presentacionoficialmapa.pdf>

Instituto Nacional de Estadística (INE) (2003). Censos Nacionales XI de Población y VI de Habitación 2002. Guatemala, ciudad.

Instituto Nacional de Estadística (INE) (2011). Encuesta Nacional de Condiciones de Vida ENCOVI 2011. Guatemala, ciudad.

Instituto Nacional de Estadística (INE) (2013). Proyecciones de población. Departamento de Totonicapán [Excel].

Instituto Nacional de Estadística (INE) (2014). Caracterización departamental Totonicapán 2013. Guatemala, ciudad.

Instituto Nacional de Estadística (INE) (2015). Encuesta Nacional de Condiciones de Vida 2014. Guatemala, ciudad.

Instituto Nacional de Estadística (INE). Caracterización República de Guatemala. Guatemala, ciudad. Consulta octubre 1, 2016 en <https://www.ine.gob.gt/sistema/uploads/2014/02/26/L5pNHMXzxy5FFWmk9NHCrK9x7E5Qqvvy.pdf>

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2001). Working Group II: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Annex B: Glossary of Terms. Consulta diciembre 20, 2015 en <https://www.ipcc.ch/ipccreports/tar/wg2/index.php?idp=689>

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2007a). Working Group II: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Glossary P-Z. Consulta diciembre 20, 2015 en https://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg2/en/annexessglossary-p-z.html

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2007b). Working Group II: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Glossary E-O. Consulta diciembre 20, 2015 en https://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg2/en/annexessglossary-e-o.html

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2007c). Working Group II: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Glossary A-D. Consulta diciembre 20, 2015 en https://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg2/en/annexessglossary-a-d.html

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2014a). Cambio climático 2014: Impactos, adaptación y vulnerabilidad – Resumen para responsables de políticas. Contribución del Grupo de trabajo II al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Consulta diciembre 20, 2015 en https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg2/ar5_wgII_spm_es.pdf

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2014b). Working Group II: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Annex II Glossary. Consulta diciembre 20, 2015 en https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg2/WGIIAR5-AnnexII_FINAL.pdf

International Union for Conservation of Nature (IUCN) (2016a). The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2016-2. Consulta octubre 1, 2016 en <http://www.iucnredlist.org/details/42285/0>

International Union for Conservation of Nature (IUCN) (2016b). The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2016-2. Consulta octubre 1, 2016 en <http://www.iucnredlist.org/details/38918/0>

Ionescu, C., Klein, R. J., Hinkel, J., Kumar, K. K., & Klein, R. (2009). Towards a formal framework of vulnerability to climate change. *Environmental modeling & assessment*, 14(1), 1-16.

Jobe, R. T., & Zank, B. (2008). Modelling species distributions for the Great Smoky Mountains National Park using Maxent. Consulta octubre 1, 2016 en http://openwetware.org/images/7/74/Jobe_2008_MaxEnt.pdf

Jones, C., Hughes, J., Bellouin, N., Hardiman, S., Jones, G., Knight, J., . . . Bell, C. (2011). The HadGEM2-ES implementation of CMIP5 centennial simulations. *Geoscientific Model Development*, 4(3), 543-570.

Katz, E. G. (2000). Social capital and natural capital: a comparative analysis of land tenure and natural resource management in Guatemala. *Land Economics*, 114-132.

Kollmann, J., Córdova, J. P., & Andersen, R. M. (2008). Factors limiting regeneration of an endangered conifer in the highlands of Guatemala. *Journal for Nature Conservation*, 16(3), 146-156.

Leichenko, R., & Silva, J. A. (2014). Climate change and poverty: vulnerability, impacts, and alleviation strategies. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, 5(4), 539-556. doi: 10.1002/wcc.287

Magzul, L. (2013). Vulnerability and adaptation to climate change in indigenous communities in Canada and Guatemala. The role of social capital. Guatemala.

Mateo, R. G., Felicísimo, M. Á., & Muñoz, J. (2012). Modelos de distribución de especies y su potencialidad como recurso educativo interdisciplinar. *REDUCA (Biología)*, 5(1).

Mejía, A. E., Choxom, C. F., Aguilar, M. Z., & Calijau, S. M. (2008). Universidad de San Carlos de Guatemala. Aldea Nimasac, Totonicapán. Censo poblacional año 2008. Quetzaltenango.

Mendez, J. J. (1998). Sistematización del uso y manejo tradicional del bosque comunal de Totonicapán. Guatemala.

Millennium Ecosystem Assessment (MEA) (2005). Chapter 21 Forest and Woodland Systems. Consulta enero 3, 2016 en <http://www.millenniumassessment.org/documents/document.290.aspx.pdf>

Miller, P. S. (1995). Guía para la identificación de árboles comunes. Para técnicos forestales de Guatemala. Ciudad de Guatemala.

Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN), 2015. Contribucion Prevista y Determinada y Nivel Nacional. Consulta diciembre 7, 2015. <http://www4.unfccc.int/submissions/INDC/Published%20Documents/Guatemala/1/Gobierno%20de%20Guatemala%20INDC-UNFCCC%20Sept%202015.pdf>

Monterroso, A., Conde, C., Gay, C., Gómez, J., & López, J. (2013). Indicadores de vulnerabilidad y cambio climático en la agricultura de México. *Documento presentado en el Octavo Congreso Internacional de la Asociación Española de Climatología. Salamanca, España.*

Nardo, M., Saisana, M., Saltelli, A., Tarantola, S., Hoffman, A., & Giovannini, E. (2005). Handbook on constructing composite indicators.

O'Brien, K., Eriksen, S., Nygaard, L. P., & Schjolden, A. (2007). Why different interpretations of vulnerability matter in climate change discourses. *Climate policy*, 7(1), 73-88.

O'Brien, K., Leichenko, R., Kelkar, U., Venema, H., Aandahl, G., Tompkins, H., . . . Nygaard, L. (2004). Mapping vulnerability to multiple stressors: climate change and globalization in India. *Global environmental change*, 14(4), 303-313.

Ostrom, E. (2009). A general framework for analyzing sustainability of social-ecological systems. *Science*, 325(5939), 419-422.

Ostrom, E. (2011). Background on the institutional analysis and development framework. *Policy Studies Journal*, 39(1), 7-27.

Oxford University Press (2016a). Vulnerable. Consulta diciembre 20, 2015 en http://www.oxforddictionaries.com/es/definicion/ingles/vulnerable?q=vulnerability#vulnerable__6

Oxford University Press (2016b). Medio de vida. Consulta octubre 16, 2016 en https://es.oxforddictionaries.com/definicion/medio_de_vida

Parkswatch (2003). Guatemala: Parque Regional Municipal los Altos de San Miguel Totonicapán. Consulta septiembre 30, 2016. http://www.parkswatch.org/parkprofiles/pdf/torf_spa.pdf

Parmesan, C., & Yohe, G. (2003). A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems. *Nature*, 421(6918), 37-42.

- Pearson, R. G. (2010). Species' distribution modeling for conservation educators and practitioners. *Lessons in Conservation*, 3, 54-89.
- Pearson, R. G., & Dawson, T. P. (2003). Predicting the impacts of climate change on the distribution of species: are bioclimate envelope models useful? *Global ecology and biogeography*, 12(5), 361-371.
- Phillips, S. J. (2010). A Brief Tutorial on MaxEnt. *Lessons in Conservation*, 3, 107-135.
- Phillips, S. J., Anderson, R. P., & Schapire, R. E. (2006). Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological modelling*, 190(3), 231-259.
- Phillips, S. J., & Dudík, M. (2008). Modeling of species distributions with Maxent: new extensions and a comprehensive evaluation. *Ecography*, 31(2), 161-175.
- Putnam, R. D. (1995). Bowling alone: America's declining social capital. *Journal of democracy*, 6(1), 65-78.
- Ravindranath, N., Rao, S., Sharma, N., Nair, M., Gopalakrishnan, R., Rao, A. S., . . . Munsri, M. (2011). Climate change vulnerability profiles for North East India. *Current Science*, 101(3).
- Reyes, E. V. (1998). Poder local y bosques comunales. Estudio de caso: Totonicapán. *FLACSO/Programa Guatemala Debate*, 43, 9-99.
- Riahi, K., Rao, S., Krey, V., Cho, C., Chirkov, V., Fischer, G., . . . Rafaj, P. (2011). RCP 8.5—A scenario of comparatively high greenhouse gas emissions. *Climatic change*, 109(1-2), 33-57.
- Rubin, O., & Rossing, T. (2012). National and Local Vulnerability to Climate-Related Disasters in Latin America: The Role of Social Asset-Based Adaptation. *Bulletin of Latin American Research*, 31(1), 19-35.
- Saisana, M., & Tarantola, S. (2002). *State-of-the-art report on current methodologies and practices for composite indicator development*: Citeseer.
- Saldaña-Zorrilla, S. O. (2008). Stakeholders' views in reducing rural vulnerability to natural disasters in Southern Mexico: Hazard exposure and coping and adaptive capacity. *Global environmental change*, 18(4), 583-597.
- Scheldeman, X., & van Zonneveld, M. (2011). Manual de capacitación en análisis espacial de diversidad y distribución de plantas. Bioversity International. Roma.

Schmidtlein, M. C., Deutsch, R. C., Piegorsch, W. W., & Cutter, S. L. (2008). A sensitivity analysis of the social vulnerability index. *Risk Analysis*, 28(4), 1099-1114.

Secretaría de Seguridad Alimentaria y Nutricional (SESAN), & Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). Prevalencia de inseguridad alimentaria del hogar en Guatemala. Encuesta Nacional de Condiciones de Vida 2011 (ENVOCI). Escala Latinoamericana y Caribeña de Seguridad Alimentaria (ELCSA). Consulta octubre 1, 2016 en https://coin.fao.org/coin-static/cms/media/12/13328840369830/af-inseguridad_alimentaria.pdf

Tetra Tech ARD (2014a). Mali Climate Vulnerability Mapping. Consulta abril 20, 2016 en <https://www.usaid.gov/sites/default/files/documents/1860/MALI%20CLIMATE%20VULNERABILITY%20MAPPING.pdf>

Tetra Tech ARD (2014b). Spatial climate change vulnerability assessments: a review of data, methods, and issues. Consulta august 17, 2016 en http://www.ciesin.org/documents/SpatialVulAsses_CLEARED_000.pdf

Tonmoy, F. N., El-Zein, A., & Hinkel, J. (2014). Assessment of vulnerability to climate change using indicators: a meta-analysis of the literature. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, 5(6), 775-792.

Tzaj, J. E. (2012). Puesto de salud. Censo de la Aldea Barraneché, Municipio y Departamento de Totonicapán año 2012.

Van Vuuren, D. P., Edmonds, J., Kainuma, M., Riahi, K., Thomson, A., Hibbard, K., . . . Lamarque, J.-F. (2011). The representative concentration pathways: an overview. *Climatic change*, 109, 5-31.

Veblen, T. T. (1977). Las coníferas de Guatemala. *Unasylva* 118(29), 25-30.

Veblen, T. T. (1978). Forest preservation in the western highlands of Guatemala. *Geographical Review*, 417-434.

Vedeld, P., Angelsen, A., Bojö, J., Sjaastad, E., & Berg, G. K. (2007). Forest environmental incomes and the rural poor. *Forest Policy and Economics*, 9(7), 869-879.

Velíz Capuñay, Carlos (2016). Análisis multivariante. Métodos estadísticos multivariantes para la investigación. Buenos Aires: Cengage Learning Argentina.

Vice-alcalde Barraneché (2016). Entrevista personal. Totonicapán.

Vuuren, D. P., Stehfest, E., Elzen, M. G., Kram, T., Vliet, J., Deetman, S., . . . Beltran, A. M. (2011). RCP2. 6: exploring the possibility to keep global mean temperature increase below 2 C. *Climatic change*, 109(1-2), 95-116.

Wiréhn, L., Danielsson, Å., & Neset, T.-S. S. (2015). Assessment of composite index methods for agricultural vulnerability to climate change. *J Environ Manage*, 156, 70-80.

Yohe, G., & Tol, R. S. (2002). Indicators for social and economic coping capacity—moving toward a working definition of adaptive capacity. *Global environmental change*, 12(1), 25-40.

Young, N., Carter, L., & Evangelista, P. (2011). A MaxEnt model v3. 3.3 e tutorial (ArcGIS v10). Fort Collins.



ANEXOS

ANEXO 1: PREGUNTAS DE LA ENTREVISTA DE LOS INFORMANTES CLAVES

1. ¿Qué tipos de propiedad hay en relación con los bosques que se encuentran en el municipio de Totonicapán? Cuáles son sus características?
2. ¿Cuál suele ser la estructura administrativa de los bosques de diferentes tipos de propiedad?
3. ¿Entre los diferentes tipos de propiedad de los bosques y las comunidades sin bosque, cual tipo de comunidad es la más común según el número de habitantes y la extensión geográfica de la comunidad?
4. ¿Qué recursos suelen provenir los bosques de los diferentes tipos de propiedad indirectamente y directamente (de manera extractiva)?
5. ¿Cómo suelen asegurar el uso legítimo del bosque y evitar infracciones, según los diferentes tipos de propiedad?
6. ¿Cómo suelen sancionar a infractores, según los diferentes tipos de propiedad?
7. ¿Existe una dependencia entre los habitantes de Totonicapán y el recurso forestal del municipio de Totonicapán (excluyendo el suministro de agua y otros servicios ecosistémicos difusos)?
8. ¿Existe una dependencia entre los habitantes del municipio de Totonicapán y el recurso forestal de otros municipios (excluyendo el suministro de agua y servicios ecosistémicos difusos)?
9. ¿Cuáles son los medios de vida predominantes del municipio de Totonicapán?
10. ¿Cuáles son los medios de vida predominantes del departamento de Totonicapán?
11. ¿Qué rol tiene la agricultura en el municipio de Totonicapán?

12. ¿Qué actividades económicas agrícolas y no agrícolas se desarrollan a través del año?
13. ¿Qué rol tiene la migración en el municipio de Totonicapán?
14. ¿Qué títulos de propiedad existen aparte de los bosques, p.e. para tierra agrícola?
15. ¿Existen programas / iniciativas de reforestación y/o aforestación en el municipio de Totonicapán? Que extensión tienen, donde se ubican, y quien las desarrolla?
16. ¿Que considera usted las tres amenazas principales del cambio climático en el futuro para el municipio de Totonicapán, y en el departamento de Totonicapán?
17. ¿Que considera usted los tres factores principales que resultan en que la población del municipio de Totonicapán, y del departamento de Totonicapán, está vulnerable ante los efectos del cambio climático?
18. ¿Considera a Nimasac, Paquí y Barraneché representativos de comunidades rurales del municipio de Totonicapán?

ANEXO 2: PREGUNTAS DE LA ENTREVISTA DE LOS (VICE)-ALCALDES

1. ¿Tiene la comunidad un mercado? Donde se ubica el próximo mercado?
2. ¿Tiene la comunidad una escuela primaria? Donde se ubica la próxima escuela primaria?
3. ¿Tiene la comunidad una escuela secundaria? Donde se ubica la próxima escuela secundaria?
4. ¿Tiene la comunidad una escuela superior? Donde se ubica la próxima escuela superior?
5. ¿Tiene la comunidad un puesto de salud? Donde se ubica el próximo puesto de salud?
6. ¿Cómo accede la comunidad medicación?
7. ¿Cómo accede la comunidad a enfermeras?
8. ¿Cómo accede la comunidad a médicos?
9. ¿Qué tipo de propiedad es el bosque?
10. ¿Qué extensión tiene el bosque?
11. ¿De cuántos nacimientos de agua puede aprovecharse la comunidad directamente?
12. ¿Han sido elaborados proyectos de reforestación en los últimos 5 años? Qué extensión tuvieron?
13. Describe la deforestación que toma lugar.
14. ¿Han ocurrido incendios forestales en los últimos 5 años?
15. ¿Han ocurrido sequías en los últimos 5 años?
16. ¿Han ocurrido plagas forestales en los últimos 5 años?
17. ¿Qué relación hay entre el crecimiento de la población y la extensión del bosque?
18. ¿Toma lugar una expansión de la frontera agrícola que impacta al bosque?
19. ¿De qué manera aprovecha la comunidad el bosque?
20. ¿Han ocurrido conflictos sobre el recurso forestal dentro de la comunidad?

21. ¿Han ocurrido conflictos sobre el recurso forestal con otras comunidades?
22. ¿Cuántos comités existen en la comunidad?
23. ¿Cuáles asociaciones existen en la comunidad?
24. ¿Cuáles comités y asociaciones de la comunidad tratan temas relacionadas a los recursos naturales, el agua y el recurso forestal?
25. Brinda un organigrama administrativo de la comunidad.
26. Ordena los siguientes factores según su contribución a la vulnerabilidad de la población ante el cambio climático:
 - A Una mala salud
 - B Un bajo ingreso
 - C Baja educación
 - D Pocos activos
 - E Inseguridad alimentaria
 - F Una alta dependencia en el recurso forestal
 - G Una alta dependencia en la actividad agropecuaria
 - H Poco acceso al bosque
 - I Una alta densidad poblacional de la comunidad
 - J Un ingreso no diversificado

ANEXO 3: LAS VARIABLES DEL ESTUDIO

Definición conceptual		Definición operacional	Método
El tiempo	Presente	2016	encuestas
		Promedio 1950-2000	MDE
	2050	Promedio 2041-2060	MDE
19 variables bioclimáticas (WorldClim)	BIO1 Temperatura media anual BIO2 Rango de temperaturas diurnas BIO3 Isotermalidad (BIO2/BIO7)*100 BIO4 Estacionalidad en la temperatura (desviación estándar * 100) BIO5 Temperatura máxima del mes más cálido BIO 6 Temperatura mínima del mes más frío BIO 7 Rango anual de temperatura (BIO5-BIO6) BIO8 Temperatura media del trimestre más lluvioso BIO9 Temperatura media del trimestre más seco BIO10 Temperatura media del trimestre más cálido BIO11 Temperatura media del trimestre más frío BIO12 Precipitación anual BIO13 Precipitación del mes más lluvioso BIO14 Precipitación del mes más seco BIO15 Estacionalidad en la precipitación (coeficiente de variación) BIO16 Precipitación del trimestre más lluvioso BIO17 Precipitación del trimestre más seco BIO18 Precipitación del trimestre más cálido BIO19 Precipitación del trimestre más frío		MDE

		Definición conceptual		Encuesta no.		
		Indicador	Definición operacional			
Variables dependientes	Vulnerabilidad actual-contextual (IPCC, 2014)	Indicadores de vulnerabilidad (Tonmoy et al., 2014)	Sensibilidad	Diversificación del ingreso	Número de actividades económicas del hogar	1
				Precariedad del ingreso	Desviación estándar del ingreso mensual de doce meses expresada como porcentaje del ingreso anual	2, 4
				Desempleo	Número de personas afectadas y duración	11
				Dependencia	Porcentaje de personas del hogar no trabajando	VII
				Hacinamiento	Promedio de personas por dormitorio	43, VII
				Suficiencia del ingreso	Respuesta si/no	6
				Fuentes de energía	Electricidad, gas, leña, carbon	38
				Desagüe	Drenaje o letrina	39
				Agua	Agua potable, pozo privado, chorro público, río, camión cisterna, lluvia	40
				Material del hogar	Adobe, block, madera, ladrillo, lámina metálica	42
				Inseguridad alimentaria	Seguridad alimentaria; Inseguridad leve, moderada, severa	29-37
				Edades extremas	Porcentaje de personas del hogar menores a 5 años y mayores a 65 años de edad	VII
				Dependencia en el recurso agropecuario	Valor anual del autoconsumo, la venta de productos agropecuarios y el trabajo remunerado en el sector agrícola expresado como porcentaje del ingreso anual	13, 17, 1
				Dependencia en recurso forestal	Valor anual de la leña, hongos, broza, animales de caza y plantas medicinales expresado como porcentaje del ingreso anual	18-20, 22
Enfermedades crónicas	Si/no y duración	VII				

Vulnerabilidad resultante	Indicadores de daño	Exposición	Extensión de la distribución potencial		MDE	
			Capacidad adaptativa	Ingreso	Ingreso anual del hogar	1, 2, 4
				Liquidez financiera	Ingreso que queda mensualmente	3
				Capital financiero y físico	Los ahorros más el valor de los activos físicos y animales menos las deudas	7-10, 17
				Acceso a información	Nivel y medios de información a escala municipal y nacional	44
				Jefe de hogar	Edad, sexo, educación (años)	12
				Bilingüismo	Porcentaje de personas del hogar mayores a 3 años y bilingües	VII
				Analfabetismo	Porcentaje de personas del hogar mayores a 6 años y alfabetizadas	VII
				Escolaridad	Promedio de años de escolaridad de los miembros que terminaron sus estudios	VII
Intensificación agrícola	Uso de fertilizante, herbicidas, pesticidas, estiércol, broza, riego, OGM, compost	16				

ANEXO 4: ENCUESTA

Comunidad	
Sector	
Fecha	
Encuesta #	
Número de hogares asumidos en el sector	
¿Cada cuál casa se muestra?	
No. de la casa en la mapa y el sorteo	
No. del hogar dentro de comunidad	
Familia	
Informante	
Teléfono	
Alguacil / Traductor	

I ACTIVIDAD ECONÓMICA

1. ¿Qué actividades económicas (incluso remesas y el alquiler de habitaciones, viviendas, maquinaria, terrenos) desarrollan los miembros del hogar durante el año y qué ingreso promedio mensual obtienen de ellos?

	Descripción	Ingreso
Actividad 1		
Actividad 2		
Actividad 3		
Actividad 4		
Actividad 5		

2. ¿En qué meses se desarrollan las actividades económicas?

	Todo el año	Ene.	Febr.	Mar.	Abril	May	Jun.	Julio	Agos	Sept.	Oct.	Novi.	Dici.
Actividad 1													
Actividad 2													
Actividad 3													
Actividad 4													
Actividad 5													

3. ¿Cuánto del ingreso le queda al final del mes después de quitar los gastos?

4. ¿Hay meses cuando el ingreso mensual es mucho más alto o mucho más bajo que el ingreso indicado?

No

Si

¿En cuáles meses?

¿Debido a cuál actividad económica? _____

¿Qué es el ingreso promedio mensual en estos meses? _____

5. ¿Cuáles de las actividades mencionadas se desarrollan en el mercado?

6. ¿Le parece que el ingreso es suficiente?

No Si

7. ¿Cuántos ahorros tiene la familia del hogar (en efectivo o en el banco)?

8. ¿Cuántas deudas tiene el hogar?

9. ¿El hogar en que vive la familia es

- su propiedad y pagado
 prestado
 su propiedad y está pagándola, ¿cuánto le cuesta al mes? _____
 alquilado, ¿cuánto le cuesta al mes? _____

10. ¿De cuáles activos dispone la familia?

	Descripción	Unidades o cuerdas	Valor total
	Televisor		
	Vehículos (carro, tractor, moto)		
	Máquinas mayores		
	Refrigerador		
	Estufa (eléctrica o gás)		
	Lavadora		
	Computadora		
	Vivienda		
	Tierra agrícola		
	Bosque		

11. ¿Han sido desempleados (por 1 mes o más) miembros del hogar en algún momento durante el último año?

No Si

¿Cuántos meses? Persona 1 _____

Persona 2 _____

Persona 3 _____

12. ¿Quién es el jefe de hogar?

Años de edad |
Sexo | Hombre mujer
Años de educación escolar primaria, mediana y superior |
Rol en la familia (por ejemplo madre, padre) |

II DEPENDENCIA EN RECURSOS NATURALES

13. ¿Qué agricultura practica el hogar durante el año?

	Nombre	Cuerdas	Quintales o libras producidos	Precio de una libra	Quintales o libras consumidas en el hogar	Quintales o libras vendidas
Cultivo 1						
Cultivo 2						
Cultivo 3						
Cultivo 4						
Cultivo 5						

14. ¿Existe tierra agrícola en descanso?

No Si
Extensión: _____

15. ¿Existe tierra agrícola fuera de uso?

No Si
Extensión: _____

16. ¿Usa los siguientes insumos?

fertilizante estiércol compost semillas criollas broza
 pesticidas herbicidas fungicidas semillas híbridas riego

17. ¿Tiene animales pecuarios? Qué producen?

	Nombre	Valor de uno	Número	Productos	Ingreso de venta generado al mes	Valor de autoconsumo al mes	Costo mensual de mantenerlo
Animal 1							
Animal 2							
Animal 3							
Animal 4							
Animal 5							
Animal 6							

18. ¿Cuánta leña consume al mes?

19. ¿Qué es el valor de la leña que el hogar consume al mes?

20. ¿Cómo obtiene la leña?

<input type="checkbox"/>	comprada
<input type="checkbox"/>	regalada
<input type="checkbox"/>	recogida
<input type="checkbox"/>	cortada

21. En comparación con cinco años atrás,

<input type="checkbox"/>	cuesta más tiempo buscar leña en el bosque.
<input type="checkbox"/>	cuesta más dinero comprar leña.
<input type="checkbox"/>	no cuesta más comprar la leña
<input type="checkbox"/>	no tarda más buscarla en el bosque.

22. ¿Qué recursos extrae del bosque de su entorno?

	Cantidad extraída al año	Valor del autoconsumo al año	Valor de venta al año		
Madera para construcción					
Madera para artesanía					
Leña					
Plantas medicinales				¿Cuáles plantas?	
Hongos				¿En qué meses?	
Animales de caza				¿Cuáles animales?	
Broza				¿En qué meses?	

III PERCEPCIONES

23. ¿Ha cambiado el abastecimiento de agua hoy en comparación con 10 años atrás?

No Hay más hoy en día Hay menos hoy en día

24. ¿Ha cambiado la frecuencia de incendios forestales hoy en comparación con 10 años atrás?

No Hay más hoy en día Hay menos hoy en día

25. ¿Ha cambiado la frecuencia de plagas forestales hoy en comparación con 10 años atrás?

No Hay más hoy en día Hay menos hoy en día

26. ¿Ha cambiado la frecuencia de sequías hoy en comparación con 10 años atrás?

No Hay más hoy en día Hay menos hoy en día

27. ¿Es diferente la temperatura hoy en comparación con 10 años atrás?

No Hay más hoy en día Hay menos hoy en día

28. ¿Es diferente la lluvia hoy en comparación con 10 años atrás?

No Hay más hoy en día Hay menos hoy en día

IV INSEGURIDAD ALIMENTARIA

29. ¿En los últimos 3 meses, por falta de dinero u otros recursos, ¿alguna vez usted se preocupó porqué los alimentos se acabaran en su hogar? No Si
30. ¿En los últimos 3 meses, por falta de dinero u otros recursos, ¿alguna vez en su hogar se quedaron sin alimentos? No Si
31. ¿En los últimos 3 meses, por falta de dinero u otros recursos, ¿alguna vez en su hogar dejaron de tener una alimentación saludable y balanceada? No Adulto < 18 años
32. ¿En los últimos 3 meses, por falta de dinero u otros recursos, ¿alguna vez en su hogar alguien tuvo una alimentación basada en poca variedad de alimentos? No Adulto < 18 años
33. ¿En los últimos 3 meses, por falta de dinero u otros recursos, ¿alguna vez en su hogar alguien dejó de desayunar, almorzar o cenar? No Adulto < 18 años
34. ¿En los últimos 3 meses, por falta de dinero u otros recursos, ¿alguna vez en su hogar alguien comió menos de lo que debía? No Adulto < 18 años
35. ¿En los últimos 3 meses, por falta de dinero u otros recursos, ¿alguna vez alguien en su hogar sintió hambre pero no comió? No Adulto < 18 años
36. ¿En los últimos 3 meses, por falta de dinero u otros recursos, ¿alguna vez alguien en su hogar solo comió una vez al día o dejó de comer durante todo un día? No Adulto < 18 años
37. En los últimos 3 meses, por falta de dinero u otros recursos, alguna vez, ¿tuvieron que disminuir la cantidad servida en las comidas a algún menor de 18 años en su hogar? No Si

V INFRAESTRUCTURA

38. ¿Cuáles fuentes de energía se usan en el hogar?
 electricidad gas leña otro _____
39. En términos de desagüe, el hogar cuenta con
 un inodoro conectado a la red de desagüe.
 una letrina o un pozo ciego.
 no tiene
40. El agua proviene
 de una red de distribución de agua.
 de un río.
 de un camión cisterna.
 de la lluvia.
 de un pozo.
 de un chorro público.
41. El tipo de vivienda que ocupa el hogar es
 casa formal.
 apartamento.
 cuarto en casa de vecindad.
 rancho.
 casa improvisada.
 otro, ¿cuál? _____

42. ¿Cuál es el material predominante de las paredes exteriores?

<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>

- Adobe
- Madera
- Ladrillo
- Cemento / Block
- Lámina metálica
- Otro, ¿cuál? _____

43. ¿Cuántos dormitorios tiene el hogar?

VI ACCESO A INFORMACIÓN

44. ¿Generalmente, cómo se entera usted de lo que pasa en el país - municipio?

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

- Televisor
- Radio
- Prensa escrita
- Comentarios de familiares, vecinos o amigos
- Comités de la comunidad
- No sabe o no se entera

VII CARACTERÍSTICAS DE LOS MIEMBROS DEL HOGAR

Residentes habituales y su relación de parentesco	Edad	Género		Migración		Enfermedad crónica		Bilingüismo		Alfabetismo		Educación escolar			Universidad (años)	¿Trabaja?	¿Por qué no trabaja?
		Hombre	Mujer	Duración	País	Duración	Enfermedad	Si	No	Si	No	Primaria (años)	Secundaria (años)	Superior (años)			

ANEXO 5: CONSENTIMIENTO INFORMADO

FORMULARIO DE CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA PERSONA ADULTA ENCUESTADA

Título del estudio: Evaluación de la Vulnerabilidad ante el Cambio Climático de Hogares en Totonicapán, Guatemala

Fecha: febrero-marzo 2016

Investigadora: Katharina Hess (estudiante de pasantía)

Institución: Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales (FLACSO) Sede Guatemala

Consentimiento de Tutor Legal

Nos gustaría solicitar su permiso para invitarlo a participar en una encuesta para un estudio de investigación sobre la vulnerabilidad ante el cambio climático de hogares en Totonicapán. El propósito de la encuesta es obtener información sobre aspectos sociales y económicos de su hogar y de sus miembros. Usted puede preguntar cualquier cosa acerca del estudio o de esta encuesta que no esté claro. Este proceso es llamado “consentimiento informado”.

Propósito del estudio

Nos interesa conocer. La investigación forma parte de la tesis de maestría de la estudiante investigadora.

Procedimientos del Estudio

La participación en el estudio será voluntaria. Si decide formar parte en este estudio de investigación, una persona autorizada por el alcalde de la comunidad (alguaciles o personas oficiales) me estará acompañando y traduciendo si fuera necesario. Se le hará una encuesta que dura aproximadamente 20 minutos, tomando nota de sus respuestas. La encuesta incluirá preguntas relacionadas con la actividad económica de su hogar, su dependencia en recursos naturales, sus percepciones del clima, su inseguridad alimentaria, infraestructura, acceso a información e información sobre la edad, el género, el alfabetismo y la escolaridad de los miembros de su hogar.

Riesgos, Estrés o Molestias

Si en algún momento de las preguntas que se le hagan a usted u otros miembros de su hogar llega a sentir incomodo o molestia, por favor hágalo saber de inmediato para postergar o cancelar la encuesta sin que esto represente

algún perjuicio para usted. Su participación en el estudio ni la información que se genera a partir de ella le perjudicarán.

Beneficios del Estudio

No le pagaremos a usted, ni a las autoridades de la comunidad por participar en el estudio. Sus respuestas son importantes para este estudio porque ayudarán a la comunidad ante el cambio climático.

Confidencialidad de la Información en la Investigación

La información acerca de lo hablado con usted es confidencial. Nosotros asignaremos un código para la información suya para este estudio. Al publicar los resultados de este estudio, no usaremos su nombre. Nadie fuera del equipo de investigación, podrá saber las respuestas de la encuesta ni los nombres de las personas que participaron. Sus respuestas serán revisadas únicamente por mi persona como responsable del estudio. Ninguna información que usted proporcione se usará para ponerle en riesgo o un propósito que no contempla esta investigación.

Otra Información

Si tiene alguna pregunta, por favor llame a la investigadora de este estudio, Katharina Hess, estudiante de pasantía de la FLACSO, al teléfono 43867471 o directamente al teléfono de FLACSO al 2414 7444.

Nombre completo del (de la) participante	Firma	Fecha
Katharina Hess		
Nombre de la investigadora responsable	Firma	Fecha