



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

INSTITUTO DE POSTGRADO

**MAESTRÍA EN BIODIVERSIDAD Y RECURSOS GENÉTICOS MENCIÓN
RECURSOS FITOGENÉTICOS Y DE MICROORGANISMOS ASOCIADOS**

**“AGRICULTURA CLIMÁTICAMENTE INTELIGENTE PARA LA
CONSERVACIÓN DEL RECURSO BIOLÓGICO *Solanum tuberosum* EN LOS
SISTEMAS AGROALIMENTARIOS ALTO-ANDINOS BASADOS EN PAPA”.
CASO: CONPAPA TUNGURAHUA-CHIMBORAZO**

Trabajo de Investigación previo a la obtención del Título de Magíster en Biodiversidad y Recursos Genéticos Mención: Recursos Fitogenéticos y Microorganismos Asociados.

AUTOR:

Andrea Carolina Enríquez Paredes

DIRECTOR:

MSc. Darío Paúl Arias Muñoz

IBARRA - ECUADOR

2021

APROBACIÓN DEL TUTOR

En calidad de tutor de Trabajo de Grado Titulado: **“AGRICULTURA CLIMÁTICAMENTE INTELIGENTE PARA LA CONSERVACIÓN DEL RECURSO BIOLÓGICO *Solanum tuberosum* EN LOS SISTEMAS AGROALIMENTARIOS ALTO-ANDINOS BASADOS EN PAPA”. CASO: CONPAPA TUNGURAHUA-CHIMBORAZO**”, de autoría de Andrea Carolina Enríquez Paredes, para optar por el título de Magíster en Biodiversidad y Recursos Genéticos: Mención 1: Recursos Fitogenéticos y de Microorganismos Asociados, doy fe de que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del jurado examinador que se asigne.

En la ciudad de Ibarra, a 29 de marzo del 2021

Lo certifico



Ing. Darío Paúl Arias Muñoz MSc.

Tutor



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA
UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD	172016229-4		
APELLIDOS Y NOMBRES	Enríquez Paredes Andrea Carolina		
DIRECCIÓN	Leónidas Plaza y Francisco Robles (Quito-Ecuador)		
EMAIL	acenriquezp@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO	022427336	TELÉFONO MÓVIL:	0995679968

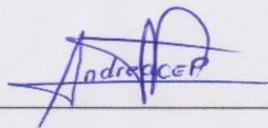
DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	Agricultura Climáticamente Inteligente para la Conservación del Recurso Biológico <i>Solanum tuberosum</i> en los Sistemas Agroalimentarios Alto-Andinos Basados en Papa. Caso: CONPAPA Tungurahua-Chimborazo.
AUTOR (ES):	Enríquez Paredes Andrea Carolina
FECHA: DD/MM/AAAA	29/03/2021
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	POSGRADO
TITULO POR EL QUE OPTA:	Magíster en Biodiversidad y Recursos Genéticos. Mención: Recursos Fitogenéticos y de Microorganismos Asociados
DIRECTOR/ASESOR:	MSc. Darío Arias /Ph.D. Lucía Vásquez

2. CONSTANCIAS

El autor (es) manifiesta (n) que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es (son)el (los) titular (es) de los derechos patrimoniales, por lo que asume (n) la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá (n) en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 29 días del mes de junio del año 2021

EL AUTOR:



Andrea Carolina Enríquez Paredes
C.I: 1720162294

REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

Guía: POSGRADO-UTN

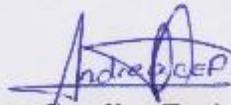
Fecha: Ibarra, 29 de junio del 2021

Andrea Carolina Enríquez Paredes: “AGRICULTURA CLIMÁTICAMENTE INTELIGENTE PARA LA CONSERVACIÓN DEL RECURSO BIOLÓGICO *Solanum tuberosum* EN LOS SISTEMAS AGROALIMENTARIOS ALTO-ANDINOS BASADOS EN PAPA”. CASO: CONPAPA TUNGURAHUA-CHIMBORAZO” / Trabajo de Grado de Magíster en Biodiversidad y Recursos Genéticos.

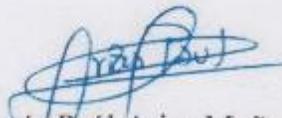
DIRECTOR: MSc. Darío Paúl Arias Muñoz

El principal objetivo de esta investigación fue proponer prácticas de agricultura climáticamente inteligente para la conservación del recurso biológico *Solanum tuberosum* aplicables a los sistemas agroalimentarios alto-andinos basados en papa del CONPAPA en las provincias Chimborazo y Tungurahua. Los objetivos específicos fueron: - Analizar el impacto potencial del cambio climático sobre el recurso biológico *Solanum tuberosum* en los sistemas agroalimentarios alto-andinos. - Evaluar la huella de carbono producida por las actividades agrícolas de los sistemas agroalimentarios alto-andinos. - Seleccionar prácticas de agricultura climáticamente inteligente para la conservación del recurso biológico *Solanum tuberosum* aplicables a los sistemas agroalimentarios alto-andinos.

Fecha: Ibarra, 29 de junio del 2021



Andrea Carolina Enríquez Paredes
Autor



Ing. Darío Paúl Arias Muñoz MSc
Tutor



DEDICATORIA

El siguiente trabajo va dedicado a Dios quién supo guiarme por el buen camino, darme fuerzas para seguir adelante y no desmayar a lo largo de todo este proceso.

A mis queridos padres Carmen y Eduardo mis mayores ejemplos de esfuerzo, trabajo y constancia. Eje fundamental para seguirme preparándome y trabajando por mis metas.

A mi hermano Christian por su apoyo, confianza y motivación durante todo este camino.

Espero ser un ejemplo para ti y que consigas tus metas.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Técnica del Norte, de manera muy especial al MSc. Darío Paul Arias Muñoz, principal mentor durante todo este proceso, por compartir conmigo su conocimientos, experiencias y dirección. Asimismo, quiero agradecer a la PhD. Lucía Vásquez Hernández, por su aporte metodológico y el tiempo que dedicó a esta tesis.

Al Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) por su contribución económica, logística y técnica en el desarrollo de esta investigación. En especial al Ing. Julio Escobar Manosalvas por su apoyo, guía técnica y acompañamiento.

Al grupo de compañeros y amigos, cada uno de ustedes aportaron experiencias que enriquecieron este programa de maestría.

A mis primos en Ibarra: Rosita, Laly y sus familias, por acogerme con mucho cariño y brindarme su apoyo constante. Por último, mis agradecimientos a Fabián, por tu paciencia, dedicación, amor, apoyo incondicional y motivación diaria.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CAPÍTULO I	1
EL PROBLEMA	1
1.1. Planteamiento del problema.....	1
1.2. Antecedentes	2
1.3. Objetivos de la investigación.....	5
1.3.1. Objetivo general	5
1.3.2. Objetivos específicos.....	5
1.4. Justificación	6
CAPÍTULO II.....	8
MARCO REFERENCIAL	8
2.1. Marco teórico	8
2.1.1. Estado de conservación de los Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura en Ecuador.	8
2.1.2. La papa (<i>Solanum tuberosum</i>) un cultivo andino ancestral	10
2.1.3. Cambio climático: alteración de la atmósfera por actividades humanas.....	11
2.1.4. Cambio climático como amenaza a los Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura.....	13
2.1.5. Carbono y las actividades agrícolas.....	16
2.1.6. Huella de Carbono	18
2.1.7. Agricultura climáticamente inteligente: estrategias de Mitigación y Adaptación al Cambio Climático.....	20
2.1.8. Agricultura climáticamente inteligente y los Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura.....	22
2.2. Marco legal	23
CAPÍTULO III	25
MARCO METODOLÓGICO	25
3.1. Descripción del grupo y área de estudio	25
3.1.1. Grupo de estudio.....	25
3.1.2. Ubicación Geográfica.....	26

3.1.3. Climatología	27
3.2. Enfoque y tipo de investigación.....	28
3.3. Procedimiento de investigación	28
3.3.1. Fase I. Impacto potencial del cambio climático sobre el recurso biológico Solanum tuberosum en los sistemas agroalimentarios alto-andinos.	28
3.3.2. Fase II. Evaluación huella de carbono producida por las actividades agrícolas de los sistemas agroalimentarios alto-andinos.	35
3.3.3. Fase III. Selección de prácticas de agricultura climáticamente inteligentes para la conservación del recurso biológico Solanum tuberosum aplicables a los sistemas agroalimentarios alto-andinos.	38
3.4. Consideraciones bioéticas.....	41
CAPÍTULO IV	42
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	42
4.1. Fase I. Impacto potencial del cambio climático sobre el recurso biológico Solanum tuberosum en los sistemas agroalimentarios alto-andinos.	42
4.1.1. Cambio en la distribución potencial del cultivo	42
4.1.2. Cambios de distribución del agroecosistema	46
4.2. Fase II. Evaluación huella de carbono producida por las actividades agrícolas de los sistemas agroalimentarios alto-andinos.	58
4.3. Fase III. Selección de prácticas de agricultura climáticamente inteligentes para la conservación del recurso biológico Solanum tuberosum aplicables a los sistemas agroalimentarios alto-andinos.	62
CAPÍTULO V	67
PROPUESTA	67
5.1. Prácticas Manejo de Suelo.....	68
5.1.1. Abonos verdes	68
5.1.2. Uso eficiente de fertilizantes	69
5.1.3. Labranza de conservación	70
5.1.4. Introducción de árboles al sistema	71
5.1.5. Abonos orgánicos y biofermentos	73
5.2. Prácticas Manejo de Agua	74
5.2.1. Métodos de aplicación de riego eficiente	74
5.2.2. Sistema de alerta temprana para heladas	75

5.2.3. Reservorios	76
5.2.4. Cosecha de agua lluvia	77
5.3. Prácticas Manejo de Cultivo	78
5.3.1. Manejo Tubérculo Semilla	78
5.3.2. Manejo Integrado de Plagas-MIP	79
5.3.3. Variedades tolerantes al estrés hídrico	81
CONCLUSIONES	82
RECOMENDACIONES	84
ANEXOS	96

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Biodiversidad en Ecuador por regiones geográficas	9
Tabla 2. Lista de calculadoras existentes para medición de carbono en agricultura	19
Tabla 3. Requerimientos agroecológicos para el cultivo de Papa (<i>Solanum tuberosum</i> L.) en el Ecuador	31
Tabla 4. Matriz de tabulación de datos en la distribución potencial del cultivo	32
Tabla 5. Matriz de tabulación de datos en los cambios de distribución del agroecosistema	35
Tabla 6. Lista inicial de prácticas con potencial de ACI. ACI	39
Tabla 7. Criterios de selección para evaluar las prácticas ACI. ACI	40
Tabla 8. Escala de valoración para las practicas climáticamente inteligentes.....	40
Tabla 9. Escala de valoración para priorización individual de prácticas climáticamente inteligentes.....	41
Tabla 10. Matriz de cambio en la aptitud agroecológica para el cultivo de papa bajo dos escenarios de cambio climático. Chimborazo - Tungurahua periodo 2011-2040	43
Tabla 11. Matriz de cambio en la aptitud agroecológica para el cultivo de papa bajo dos escenarios de cambio climático. Chimborazo - Tungurahua periodo 2041-2070	45
Tabla 12. Matriz de cambio en la distribución de las Zonas de vida de Holdridge para el periodo 2011-2040 en Chimborazo y Tungurahua bajo un escenario de cambio climático RCP 4.5.....	47

Tabla 13. Matriz de cambio en la distribución de las Zonas de vida de Holdridge para el periodo 2011-2040 en Chimborazo y Tungurahua bajo un escenario de cambio climático RCP 8.5.....	49
Tabla 14 Principales direcciones de cambio de las Zonas de vida de Holdridge para el periodo 2011-2040 en Chimborazo y Tungurahua bajo dos escenarios de cambio climático	50
Tabla 15. Matriz de cambio en la distribución de las Zonas de vida de Holdridge para el periodo 2041-2070 en Chimborazo y Tungurahua bajo un escenario de cambio climático RCP 4.5.....	51
Tabla 16. Matriz de cambio en la distribución de las Zonas de vida de Holdridge para el periodo 2041-2070 en Chimborazo y Tungurahua bajo un escenario de cambio climático RCP 8.5.....	53
Tabla 17 Principales direcciones de cambio de las Zonas de vida de Holdridge para el periodo 2041-2070 en Chimborazo y Tungurahua bajo dos escenarios de cambio climático	54
Tabla 18. Principales resultados de la caracterización de la huella de carbono de los sistemas AAbP	58
Tabla 19. Prácticas con potencial de aplicación seleccionadas por los actores sociales clave del cultivo de papa.....	63

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Absorciones/fuentes de GEI y procesos en sistemas gestionados	17
Figura 2. Distribución de emisiones del INGEI 2012	17
Figura 3. Bases para la Intensificación sostenible de la producción de cultivos.....	21
Figura 4. Ubicación del área de Estudio.....	26
Figura 5. Flujograma proceso generación mapa de zonificación agroecológica actual.	29
Figura 6. Flujograma proceso generación mapa de zonificación agroecológica predictiva. 30	
Figura 7. Diagrama Bioclimático de Zonas de Vida del Sistema Holdridge	34
Figura 8. Ubicación de fincas muestreadas.	37

Figura 9. Cambio en la aptitud agroecológica para el cultivo de papa bajo dos escenarios de cambio climático. Chimborazo - Tungurahua periodo 2011-2040.	43
Figura 10. Cambio en la aptitud agroecológica para el cultivo de papa bajo dos escenarios de cambio climático. Chimborazo - Tungurahua periodo 2041-2070.....	45
Figura 11. Mapas de zona de vida actual y para el periodo 2011-2040 en Chimborazo y Tungurahua bajo dos escenarios de cambio climático.	48
Figura 12. Mapas de zona de vida actual y para el periodo 2041-2070 en Chimborazo y Tungurahua bajo dos escenarios de cambio climático.	52
Figura 13. Distribución actual de las principales zonas de vida y sus cambios potenciales hacia ecosistemas seco, para los periodos 2011-2040 y 2041-2070, en Chimborazo y Tungurahua, bajo dos escenarios de cambio climático.	56
Figura 14. Desviación estándar de las Emisiones (kg CO ₂ e/ha) de las fincas muestreadas.	59
Figura 15. Dendograma de identificación de grupos de fincas por características agronómicas	59
Figura 16. Análisis comparativo de la huella de carbono entre los grupos identificados	60
Figura 17. Composición porcentual de la Huella de Carbono de los sistemas AAbP.....	61
Figura 18. Resultados promedios de la evaluación de las prácticas sobre los pilares de la ACI y la gestión eficiente de la biodiversidad realizada por los actores sociales clave del cultivo de papa.....	64
Figura 19. Resultados de la priorización de aplicación de las prácticas realizada por los actores sociales clave del cultivo de papa.	66

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
INSTITUTO DE POSTGRADO
PROGRAMA DE MAESTRÍA EN BIODIVERSIDAD Y RECURSOS GENÉTICOS
MENCION RECURSOS FITOGENÉTICOS Y MICROORGANISMOS ASOCIADOS

**AGRICULTURA CLIMÁTICAMENTE INTELIGENTE PARA LA
CONSERVACIÓN DEL RECURSO BIOLÓGICO *Solanum tuberosum* EN LOS
SISTEMAS AGROALIMENTARIOS ALTO-ANDINOS BASADOS EN PAPA.
CASO: CONPAPA TUNGURAHUA-CHIMBORAZO**

Autor: Andrea Carolina Enríquez Paredes

Tutor: Darío Paúl Arias Muñoz

Año: 2020

RESUMEN

El impacto del cambio climático sobre los sistemas agroalimentarios se convertirá en uno de los principales impulsores de la pérdida de biodiversidad, reducción de la productividad y aparición de nuevas plagas, comprometiendo la seguridad alimentaria especialmente para las poblaciones más vulnerables. Sistemas alimentarios resilientes pueden lograrse mediante la adopción de prácticas climáticamente inteligentes. Esta investigación se centró en agricultores del CONPAPA en las zonas alto-andinas de las provincias Chimborazo y Tungurahua cuyos medios de vida, tradiciones y costumbres se sustentan en sistemas agroalimentarios basados en papa, con el objetivo de proponer prácticas de agricultura climáticamente inteligente para la conservación del recurso biológico *Solanum tuberosum* potencialmente aplicables a estos sistemas. La construcción de esta propuesta estuvo compuesta por tres fases de investigación: el análisis del impacto potencial del cambio climático sobre el cultivo; la caracterización de la huella de carbono producida por las actividades agrícolas de estos sistemas; y, la selección de prácticas de agricultura climáticamente inteligente. En la primera fase se estimó que los impactos negativos sobre la aptitud agroecológica predominan sobre los positivos, la categoría más afectada es la categoría óptima. Por otro lado, la mayoría de las zonas de vida sufrieron un cambio hacia zonas de piso altitudinal más bajo y provincias de humedad más secas, las zonas de vida más afectadas fueron el bosque húmedo montano, el páramo pluvial subalpino y páramo muy húmedo subalpino. En la segunda fase se encontró que las actividades con mayor contribución a la huella de carbono de estos sistemas son: los cambios en las reservas de carbono, la fertilización y protección de cultivos. La propuesta es implementar 12 prácticas climáticamente inteligentes: cinco para el manejo de suelo, cuatro para el manejo del agua y tres para el manejo del cultivo en los lotes de producción de los sistemas estudiados.

Palabras clave: agricultura climáticamente inteligente, sistemas agroalimentarios, seguridad alimentaria, resiliencia, cambio climático.

**CLIMATE-INTELLIGENT AGRICULTURE FOR THE CONSERVATION OF
THE BIOLOGICAL RESOURCE *Solanum tuberosum* IN THE HIGH-ANDEAN
POTATO-BASED AGRI-FOOD SYSTEMS. CASE: CONPAPA TUNGURAHUA-
CHIMBORAZO.**

Author: Andrea Carolina Enríquez Paredes

Tutor: Darío Paúl Arias Muñoz

Year: 2020

ABSTRACT

The impact of climate change on food systems will become one of the main causes of biodiversity loss, reduction of the productivity and the appearance of new pests; it affects food security especially for the most vulnerable populations. Resilient food systems can be achieved by adopting climate-smart practices. This research focused on CONPAPA farmers in the high-Andean areas of the Chimborazo and Tungurahua provinces whose livelihoods, traditions and customs are based on potato-based food systems, with the aim of proposing climate-smart agriculture practices for conservation of the biological resource *Solanum tuberosum* potentially applicable to these systems. The construction of this proposal consisted of three research phases: the analysis of the potential impact of climate change on the crop; the characterization of the carbon footprint produced by the agricultural activities of these systems; and, the selection of climate-smart agriculture practices. In the first phase, the negative impacts on agroecological aptitude predominate over positive ones, the most affected is the optimal category. On the other hand, most of the life zones suffered a change towards zones of lower altitudinal floor and drier provinces of humidity, the most affected life zones were the montane moist forest, the subalpine rain forest and subalpine wet forest. In the second phase, the activities with the greatest contribution to the carbon footprint of these systems are: changes in carbon stocks, fertilization and crop protection. The proposal is to implement twelve climate-smart practices: five for soil management, four for water management, and three for crop management in the farms of the studied systems.

Keywords: Climate-smart agriculture, food systems, food security, resilience, climate change

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del problema

El cambio climático generará aumentos paulatinos en la temperatura promedio de la superficie de la tierra y de los océanos, modificaciones en los patrones de precipitación, cambios de intensidad y frecuencia de los eventos climáticos extremos, y un alza en el nivel medio del mar (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático<<IPCC>>, 2008, p.8-9). Se estima que, para finales del siglo XXI, el aumento de la temperatura de la superficie terrestre podría estar entre 2,6 y 4,8° C, y el ascenso en el nivel medio del mar podría ser de entre 45 y 82 centímetros (IPCC, 2013, p. 2-9).

Se prevé que el cambio climático se convertirá en uno de los principales impulsores de la pérdida de la biodiversidad, debido a que tendrá efectos directos sobre los recursos biológicos individuales, sobre las poblaciones y sobre los ecosistemas. Uribe (2015) señala que: “En cuanto a los recursos biológicos individuales, se ha encontrado que el cambio climático podría afectar su desarrollo, fisiología y sus comportamientos durante las fases de crecimiento, reproducción y migración” (p.13).

Es probable además que la modificación de la precipitación y el incremento de la temperatura causen afectación sobre la distribución, tamaño, estructura y abundancia de las poblaciones de algunas especies. Además, los efectos del cambio climático sobre el ciclo hidrológico podrían afectar también las interacciones entre las especies, los ciclos de nutrientes y el funcionamiento, estructura y distribución misma de los ecosistemas (Uribe, 2015, p.13-14).

En Ecuador, el cambio climático ha exacerbado la vulnerabilidad del país, por un lado, en la región andina los efectos del cambio climático impactan directamente sobre los glaciares, lo cual ha generado una serie de alteraciones climáticas y eventos extremos, principalmente sequías, heladas y granizadas en las zonas alto-andinas. Por otro, en la región litoral se ha presentado una mayor ocurrencia del fenómeno El Niño (FEN), sequías, ascenso del nivel medio del mar, retroceso de la línea de costa, aumento de la temperatura del agua,

acidificación (Primera Contribución Determinada a Nivel Nacional para el Acuerdo de París bajo la Convención Marco de Naciones Unidas Sobre Cambio Climático <<Primera NDC Ecuador>>, 2019, p.4).

En Chimborazo y Tungurahua (sistemas alto-andinos ubicados entre los 2800 y 3400 m s. n. m. ligados a los nevados Chimborazo y Carihuairazo), donde el cultivo de papas es una actividad económica fundamental para la subsistencia de las poblaciones (25,5% de la producción de las familias) y de la biodiversidad existente (Pumisacho, M. y Sherwood, S., 2002, p.21-24). El retroceso de los glaciares ha generado desórdenes en las precipitaciones y como consecuencia se han ocasionado sequías, heladas y granizadas (Magrin *et al.*, 2014, p.44).

Uno de los casos de mayor relevancia lo constituyen los productores del Consorcio de Productores de Papa (CONPAPA) cuyos medios de vida se sustentan en los sistemas agroalimentarios basados en papa, ya que los riesgos que se ciernen sobre estos ecosistemas frágiles (sistemas alto-andinos) se advierten, tanto en la pérdida de la biodiversidad (ocasionada fundamentalmente por la aparición de plagas y enfermedades nuevas en tales ecosistemas), como en el posible abandono de las tradiciones y costumbres de los pobladores rurales con el cultivo de papa (Monteros, C. y Cuesta, X., 2015, p.12). Los antecedentes anteriores indican que es necesario generar alternativas que permitan contribuir en la mitigación del cambio climático; así como afrontar sus impactos y efectos en los sistemas agroalimentarios alto-andinos basados en papa del CONPAPA en las provincias Chimborazo y Tungurahua.

1.2. Antecedentes

La biodiversidad es la fuente de las plantas y animales que forman la base de la agricultura y la inmensa variedad dentro de cada uno de los cultivos y especies de ganado. Sin embargo, la biodiversidad de la Tierra se pierde a un ritmo alarmante, lo cual pone en peligro el sostenimiento de los servicios de los ecosistemas y la agricultura y su capacidad de adaptarse al cambio de condiciones (Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica, 2008, p.7).

Una agricultura más productiva y resiliente requiere un cambio importante en la forma de gestionar la tierra, el agua, los nutrientes del suelo y los recursos genéticos para garantizar que todos se usen de forma más eficiente y sostenible. La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) ha reconocido que, para que la agricultura alimente al mundo de forma que pueda garantizar el desarrollo rural sostenible, esta debe ser 'climáticamente inteligente' (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura << FAO >>, 2013, p.2).

El enfoque de la Agricultura climáticamente inteligente está diseñado para identificar y poner en práctica el desarrollo agrícola sostenible, e integrar explícitamente al cambio climático como uno de sus principales parámetros. Para que la Agricultura climáticamente inteligente se convierta en realidad se necesita un enfoque integrado que responda a las condiciones locales específicas de cada lugar. La integración de enfoques territoriales y la coordinación entre los distintos sectores agrícolas son esenciales para capitalizar las potenciales sinergias, reducir las compensaciones y optimizar el uso de los recursos naturales y los servicios del ecosistema (*op.cit.*).

El Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), junto a la Fundación Heifer Ecuador y la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), con el financiamiento del Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF), en 2015 implementaron un proyecto denominado "Incorporación del uso y conservación de la agrobiodiversidad en las políticas públicas a través de estrategias integradas e implementación in situ en cuatro provincias alto andinas". enfocado en aprovechar la extraordinaria riqueza ecológica y agrobiodiversa de estas provincias andinas y los conocimientos locales relacionados, para transformar sus agroecosistemas en un banco viviente de diversidad en constante transformación, que conserve variedades y características genéticas importantes, respaldadas por duplicaciones ex situ en el Banco Nacional de Germoplasma. En este contexto, el proyecto incorporó buenas prácticas de manejo para la conservación y uso sostenible de la agrobiodiversidad en las chacras de los agricultores (HEIFER Ecuador, 2015, p.2).

Jiménez, Castro y Yépez (2011) realizaron un trabajo de investigación sobre el “Impacto del cambio climático en la agricultura de subsistencia en el Ecuador”, en el cual se estima la variación de los rendimientos de los cultivos agrícolas por efecto del cambio climático y se muestra la dimensión económica que tendría el Cambio Climático en el sector agrícola de subsistencia en el Ecuador. Los resultados mostraron efectos negativos en los cultivos de arroz (*Oryza sativa*), maíz (*Zea mays*), fréjol (*Phaseolus vulgaris*) y papa (*Solanum tuberosum*) para la década del 2020 y 2030. En tanto que, banano (*Musa paradisiaca*) y cacao (*Theobroma cacao*) experimentarían un efecto neto positivo de hasta +11%, para las dos décadas de análisis (p. 57).

Entre 2013 y 2017, como parte del proyecto “Perspectivas sociales del cambio climático” ejecutado como tesis doctoral en la Universidad de Kent, Reino Unido, con apoyo y financiamiento de la Secretaría Nacional de Educación Superior, Ciencia y Tecnología (SENESCYT) y de la Universidad Técnica Particular de Loja se exploraron las respuestas de los caficultores de la provincia Loja frente a los cambios climáticos. Los resultados de este trabajo indican que las acciones emprendidas por los caficultores para hacer frente a cambios climáticos funcionan; sin embargo, los agricultores continúan expuestos al cambio climático y sus estrategias son vulnerables, por lo que instituciones gubernamentales, no gubernamentales y académicas, tienen el deber investigar para mejorar las estrategias emprendidas por estos agricultores, de modo que se fortalezca su resiliencia frente al cambio climático (Iñiguez, 2017, p.10).

El trabajo realizado por Cayambe (2017) “Estrategias agrícolas de mitigación y adaptación al cambio climático Comparación en sistemas de producción en la Región Andina y en España”, determinó que el ciclo de nitrógeno representa la principal fuente de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en los sistemas de producción evaluados, por lo cual la reducción de la dosis de fertilizantes nitrogenados representa el mayor potencial de reducción de GEI y menores costes marginales. Además, menciona que, el grado de emisión de GEI están directamente relacionados con la productividad y tecnología; es decir, a mayor tecnología y productividad, mayor emisión de GEI en los sistemas de producción de papa (p.127-128).

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) en colaboración con el Ministerio del Ambiente (MAE); Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG); llevan a cabo un proyecto de “Ganadería Climáticamente Inteligente en Ecuador” con el objetivo de reducir la degradación de la tierra e incrementar la capacidad de adaptación al cambio climático y de reducción de emisiones de GEI, a través de la implementación de políticas intersectoriales y técnicas de ganadería sostenible, con particular atención en las provincias vulnerables, el cual se lleva a cabo desde 2016 hasta el 2020 (Ganadería Climáticamente Inteligente, 2019, p.1).

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo general

Proponer prácticas de agricultura climáticamente inteligente para la conservación del recurso biológico *Solanum tuberosum* aplicables a los sistemas agroalimentarios alto-andinos basados en papa del CONPAPA en las provincias Chimborazo y Tungurahua.

1.3.2. Objetivos específicos

- Analizar el impacto potencial del cambio climático sobre el recurso biológico *Solanum tuberosum* en los sistemas agroalimentarios alto-andinos.
- Evaluar la huella de carbono producida por las actividades agrícolas de los sistemas agroalimentarios alto-andinos.
- Seleccionar prácticas de agricultura climáticamente inteligente para la conservación del recurso biológico *Solanum tuberosum* aplicables a los sistemas agroalimentarios alto-andinos.

1.4. Justificación

La Constitución de la República del Ecuador (2008) en sus artículos 413 y 414 busca promover el desarrollo y uso de prácticas y tecnologías ambientalmente limpias y sanas; el equilibrio ecológico de los ecosistemas; la adopción de medidas adecuadas y transversales para la mitigación del cambio climático mediante la limitación tanto de las emisiones de gases de efecto invernaderos (GEI), como la deforestación y la contaminación atmosférica. Además, se han adoptado medidas para la conservación de los bosques y la vegetación (p.124).

En el Plan Nacional de Desarrollo (2017-2021) la gestión de la biodiversidad y cambio climático está sustentada en el objetivo 3, el cual establece garantizar los derechos de la naturaleza para las actuales y futuras generaciones, con especial énfasis en la política 3.4 que determina promover buenas prácticas que aporten a la reducción de la contaminación, la conservación, la mitigación y la adaptación a los efectos del cambio climático, e impulsar las mismas en el ámbito global; además considera como una meta a 2021 reducir el índice de vulnerabilidad de alta a media, de la población, medios de vida y ecosistemas, frente al cambio climático (SENPLADES, 2017, p.64-66).

La presente investigación está enmarcada en el Programa de Cambio Climático, Recursos Naturales y Gestión de Riesgos Productivos del Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura en el Ecuador, institución que busca contribuir a través del Plan de Mediano Plazo (2018-2022) al bienestar y desarrollo de capacidades e innovación en los agroecosistemas para mejorar su resiliencia al cambio climático y al desarrollo sostenible en las Américas (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura <<IICA>>, 2018, p. 78-82). Así como también, en el proyecto “Biodiversidad y buenas prácticas de agricultura climáticamente inteligente para mejorar la resiliencia y productividad de la agricultura familiar en sistemas alimentarios Andinos basados en papa” desarrollado por el Centro Internacional de la Papa CIP e IICA cuyo objetivo es “Fortalecer capacidades de agricultores y actores públicos y privados, para el desarrollo, aplicación y difusión de buenas prácticas de agricultura climáticamente inteligente, así como para la articulación a mercados diferenciados de la producción de los sistemas agroalimentarios Andinos basados en papa en



Perú, Bolivia, y Ecuador”. La propuesta se estructura en torno a tres componentes: i) innovación tecnológica en prácticas de agricultura climáticamente inteligente; ii) innovación en cadenas de valor para productos climáticamente inteligentes; y iii) información y comunicación para la incidencia (CIP, IICA, 2019, p.12).

Finalmente, la información generada en esta investigación aportará a la línea de investigación de Soberanía, seguridad e inocuidad alimentaria de la Universidad Técnica del Norte.

CAPÍTULO II

MARCO REFERENCIAL

2.1. Marco teórico

2.1.1. *Estado de conservación de los Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura en Ecuador.*

La biodiversidad que podríamos llamar domesticada, básicamente la agrícola, y más específicamente el pool de recursos genéticos de uso en la alimentación y la agricultura, es la gran despensa que garantiza a la humanidad los alimentos, los vestidos y, en una parte importante, las medicinas. La preservación de esta riqueza es esencial en el desarrollo de la agricultura sostenible y la seguridad alimentaria (Tapia, Zambrano y Monteros, 2008, p.8).

La cualidad genética de los cultivos de hoy está determinada por siglos y siglos de un manejo cultural, que involucra la selección por parte de los agricultores de los mejores ejemplares de sus cultivos, de acuerdo a ciertos criterios, con el fin de utilizar su material genético como base para establecer la siguiente siembra o plantación. De esta forma, la nueva generación cultivada contará con un perfil fenotípico más cercano a las características deseadas. Con esto, se ha ido seleccionando el mejor genotipo, generación tras generación, determinando así las características propias de cada cultivo, conforme a las condiciones climáticas y de manejo dentro de las cuales se desenvuelve (FAO, 2016, p.2).

A pesar de su extensión relativamente pequeña, el Ecuador es considerado como uno de los países más ricos en diversidad de especies y ecosistemas en todo el mundo. Su posición geográfica y la presencia de la cordillera de Los Andes determinan la existencia de una enorme variedad de bosques y microclimas, desde los húmedos de la Amazonia y noroccidente, a los ecosistemas secos del sur; desde las cálidas playas del Pacífico hasta las nieves eternas de los volcanes (Vallejo, Quingaísa, Ortiz y Vinueza, 2007, p.32). En materia de plantas, cuenta con casi 25 000 especies de plantas vasculares, con un endemismo estimado del 32,25% (Tabla 1) distribuido en las distintas regiones geográficas del país.

Tabla 1
Biodiversidad en Ecuador por regiones geográficas

Región	N° de especies	Especies Endémicas	Endemismo (%)
Occidente (o Costa)	6 300	1 260	20
Andes (o Sierra)	10 500	2 625	25
Amazonía	8 200	1 230	15
Galápagos	604	226	69
Total	25 604	5 341	32,25

Fuente: Tapia, Zambrano y Monteros, 2008, p.19.

En Ecuador se desarrollan acciones de conservación bajo las dos estrategias o modalidades clásicas: in situ y ex situ; esto es aplicable a toda la gama de recursos genéticos de interés para la agricultura y la alimentación. Se han encontrado actividades de conservación de los recursos genéticos desde el Estado, desde el sector privado y desde la sociedad civil organizada. También es iniciativa y responsabilidad del Estado la conservación ex situ del germoplasma de especies de interés alimenticio, a través del Banco Nacional de Germoplasma, gestionado por el DENAREF en INIAP (INIAP y FAO, 2017, p.32).

Por parte del sector privado y de la sociedad civil se han encontrado iniciativas de conservación como: bosques protectores privados, áreas comunales, territorios circunscritos a los pueblos y nacionalidades e iniciativas privadas o comunitarias bajo las modalidades de turismo ecológico, agroturismo, turismo comunitario, zoos criaderos, centros de producción de vida silvestre, jardines botánicos, entre otros (*op.cit.*).

Los RFAA (Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura) pueden estar en peligro debido a varios factores tanto naturales como derivados del comportamiento humano. En Ecuador, el Sistema de Alerta Temprana (WIEWS) de la FAO (cuyo objetivo es reducir al mínimo la erosión genética y su impacto sobre la agricultura sostenible, recogiendo información que permita adoptar medidas correctivas y preventivas mediante el control de los elementos clave de la conservación de recursos genéticos y los distintos factores que provocan dicha erosión) es considerado como un instrumento importante para evaluar la erosión genética. En la actualidad, a pesar de las consecuencias que esto puede tener, no existe ningún mecanismo oficial para controlar estas situaciones e iniciar acciones correspondientes (Tapia, Zambrano y Monteros, 2008, p.31).

2.1.2. La papa (*Solanum tuberosum*) un cultivo andino ancestral

La papa tiene una antigüedad de aproximadamente 5 500 años (Engel, 1970; Ugent y Ochoa, 2006), y se identifica a la región andina (lugar donde hoy se cultivan las variedades nativas), como la zona en la que el hombre finalmente consiguió su domesticación. Los hallazgos más antiguos indican que el centro de domesticación del cultivo se encuentra en los alrededores del Lago Titicaca, cerca de la frontera actual entre Perú y Bolivia. Existe evidencia arqueológica que prueba que varias culturas antiguas, como la Inca, la Tiahuanaco, la Nazca y la Mochica, cultivaron la papa (Pumisacho, M. y Sherwood, S., 2002, p.21)

La papa (*Solanum tuberosum*), es una especie del género *Solanum*, de la familia de las Solanaceae. La evolución de las especies de papa cultivada se originó a partir del nivel diploide (dos pares de cromosomas), la diversificación posterior del cultivo ocurrió a través de la hibridación intra e interespecífica. De aproximadamente 2.000 especies conocidas dentro del género *Solanum*, entre 160 y 180 forman tubérculos; pero de éstos, sólo ocho son especies comestibles cultivadas. Existen cerca de 5.000 cultivares de papa, de los cuales hoy en día se cultivan en los Andes menos de 500 (*op.cit.*).

En Ecuador la papa es uno de los principales cultivos en la Sierra, el cultivo vincula a más de 82,000 productores. La producción de papa en Ecuador se distribuye en tres zonas geográficas: norte, centro y sur. Las diferencias agroecológicas están determinadas no por la latitud, sino por las relaciones entre clima, fisiografía y altura. En general, el cultivo de la papa en el país se lo realiza en las tierras altas, en alturas comprendidas entre los 2,700 a 3,400 metros sobre el nivel del mar. La mayoría de los productores de papa (76%) son pequeños con unidades de producción menores a las 5 ha, los cuales están ubicados en su mayoría en zonas marginales, con bajas producciones (Monteros, C. y Cuesta, X., 2015, p.6).

La papa es un producto muy importante en la canasta alimenticia de los ecuatorianos, su precio es accesible y además es una fuente importante de carbohidratos, vitaminas y minerales; por lo tanto, contribuye con la seguridad alimentaria de toda la población. Las papas son una fuente complementaria de hierro y zinc y a su vez, presenta antioxidantes asociados a las variedades de colores intensos (*op.cit.*).

En las comunidades altoandinas donde se cultiva la papa, una familia puede tener hasta 50 variedades, representadas en los cuatro grupos de ploidía (Brush, 1995, p. 43). La conservación de esta diversidad se debe principalmente a la tradición cultural de quienes la cultivan y a una estrategia de sobrevivencia de las propias familias (ITDG, 2000).

Hawkes (1990) señala que:

La diversidad genética de las papas, hace que las mismas se adapten según cada uno de los agroecosistemas en los cuales han sido colectadas y/o domesticadas. Esta adaptación tiene que ver con atributos agronómicos y mecanismos fisiológicos que expresa la planta para tolerar diferentes tipos de estrés, entre ellos el estrés por temperatura (p, 66).

Debido a la latitud del país y los efectos de altitud, la altura máxima del cultivo está determinada por las temperaturas nocturnas mínimas y la frecuencia de heladas. La siembra en laderas, donde no se asientan masas de aire frío, disminuye el riesgo de heladas. La frecuencia de noches con temperaturas bajo cero aumenta rápidamente sobre los 3.300 m s. n. m., coincidiendo con el límite inferior del piso subandino. Existe un descenso de aproximadamente 0.6°C por aumento de 100 m en la altura, y por este incremento, el cultivo de papa requiere unos 15 días adicionales para alcanzar su madurez comercial (Pumisacho, M. y Sherwood, S., 2002, p.25).

2.1.3. Cambio climático: alteración de la atmósfera por actividades humanas

La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (1992), en su artículo 1, define el cambio climático como “cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera global y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables” (p.3).

El cambio climático es actualmente el principal problema ambiental y uno de los mayores desafíos de nuestro tiempo, como ha apuntado el Secretario General de las Naciones Unidas,

Ban Ki-moon. Ningún país es inmune a los efectos del cambio climático, que ya repercuten en la economía, la salud, la seguridad y la producción de alimentos, entre otros (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente para América Latina y el Caribe, 2019, p.1.).

El cambio climático responde al aumento de gases efecto invernadero (GEI) especialmente al CO₂. La Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA) menciona que la quema de combustibles fósiles, como el petróleo y el gas natural agrega CO₂ a la atmósfera, donde el actual nivel es el más alto en los pasados 650.000 años. El cuarto reporte del IPCC concluye que “el incremento observado en la temperatura media global desde mediados del siglo XX se debe más al incremento observado en las concentraciones de gases efecto invernadero de tipo antropogénico” (La Administración Nacional Oceánica y Atmosférica << NOAA >>, 2007 citado por el Fondo Financiero de Proyectos de Desarrollo – Fonade e Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales << IDEAM >>, 2013, p.8).

La atmosfera y el océano se han calentado, los volúmenes de nieve y hielo han disminuido, el nivel del mar ha empezado a elevarse, los regímenes temporales y espaciales de las precipitaciones se alternan y se observa intensificación de eventos extremos de origen climático como sequías e inundaciones, entre otros. Ecuador no se encuentra exento de estos cambios observados a nivel mundial, que ocasionan, en la mayoría de los casos, efectos nocivos que se traducen en pérdidas de vidas humanas, detrimento de la salud pública, perjuicios económicos, daños a las infraestructuras, perturbaciones negativas sobre medios de vida, alteraciones sobre las condiciones, funciones y servicios de los ecosistemas, etc (MAE, 2017, p.270).

Las variaciones del clima, observadas en las cuatro regiones geográficas del Ecuador, producidas de manera consistente a lo largo del tiempo y referidas específicamente a varios de sus principales parámetros: precipitación, temperatura media, temperatura máxima absoluta media y temperatura mínima absoluta media, son muestra evidente de las modificaciones que experimenta el sistema climático (MAE, 2017, p.270).

En la región Costa de Ecuador, se evidencia un incremento del 33% de la lluvia y un aumento de 0.6°C de la temperatura media. En la Sierra se evidencia un aumento del 13% de

la precipitación y un aumento de 1.1°C de la temperatura media. En la Amazonía, se observa una reducción de la precipitación de 1% y un incremento en la temperatura media de 0.9°C. Para la región Insular (estación de San Cristóbal) se evidencia un aumento del 66% en la precipitación y un aumento de 1.4°C de la temperatura media (Primera NDC Ecuador, 2019, p.27).

Para el futuro, las proyecciones climáticas disponibles para el territorio nacional, muestran que, de mantenerse las actuales tendencias, el incremento de la temperatura media variará, hasta el año 2040, en al menos 0,5° C a 1° C, con respecto a la temperatura media observada en el período 1981 – 2005, y ese comportamiento se mantendrá hasta finales de siglo, previéndose para entonces incrementos no menores a 2° C en casi todo el territorio continental ecuatoriano y, aumentos aún mayores, en las islas Galápagos. Las alteraciones de los regímenes espaciales y temporales de las lluvias igualmente agravarán las condiciones de déficit y superávit hídrico, a nivel nacional (Primera NDC Ecuador, 2019, p.27-28)

La Segunda Comunicación Nacional sobre Cambio Climático (2011) menciona entre los impactos más relevantes del cambio climático en el Ecuador a: la intensificación de eventos climáticos extremos, como los ocurridos a causa del fenómeno “Oscilación Sur El Niño”; el incremento del nivel del mar; el retroceso de los glaciares; la disminución de la escorrentía anual; el incremento de la transmisión de dengue y otras enfermedades tropicales; la expansión de las poblaciones de especies invasoras en Galápagos y otros ecosistemas sensibles del Ecuador continental; y la extinción de especies (MAE, 2011, p.89).

2.1.4. Cambio climático como amenaza a los Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura

FAO (2016) señala que:

El desempeño de la actividad agrícola, en términos generales, depende de tres factores principales: (i) del origen genético de las especies utilizadas en la producción, que determinará el máximo potencial en cuanto a calidad y cantidad de la producción, y su vulnerabilidad (o resiliencia) frente a factores externos, tales como plagas, enfermedades, estrés hídrico, entre otros; (ii) del manejo por parte de los agricultores

de los sistemas agroproductivos, que buscan mejorar las condiciones del entorno que son controlables para obtener los rendimientos esperados, tales como el riego, manejo de enfermedades y plagas, control de malezas, rotación de cultivos, nutrición de los suelos, etc.; y (iii) de las condiciones climáticas, entendidas como aquellas variables ambientales no controlables, tales como el nivel de precipitaciones, patrón de temperaturas e incidencia de eventos climáticos extremos (p, 1).

Aun cuando el avance tecnológico ha permitido generar soluciones aplicables a la agricultura con el fin de que se pueda desarrollar, mediante el manejo de las variables de temperatura y humedad, su capacidad se ve limitada hasta un cierto punto de umbral. Es decir, el avance tecnológico, si bien representa una herramienta útil para disminuir la vulnerabilidad de la agricultura frente al cambio climático, no permite aislar totalmente sus impactos (FAO, 2016, p.1).

Se prevé que el cambio climático se convertirá en uno de los principales impulsores de la pérdida de la biodiversidad, debido a que tendrá efectos directos sobre los recursos biológicos individuales, sobre las poblaciones y sobre los ecosistemas. Uribe (2015) señala que: “En cuanto a los recursos biológicos individuales, se ha encontrado que el cambio climático podría afectar su desarrollo, fisiología y sus comportamientos durante las fases de crecimiento, reproducción y migración” (p.13).

Es probable también que la modificación en los patrones de precipitación y el aumento de la temperatura afecten la distribución, tamaño, estructura y abundancia de las poblaciones de algunas especies. Lo anterior, sumado a los efectos del cambio climático sobre el ciclo hidrológico, podría afectar las interacciones entre las especies, los ciclos de nutrientes y el funcionamiento, estructura y distribución misma de los ecosistemas (Uribe, 2015, p.14).

El cambio climático podría entonces inducir cambios en los ecosistemas y acelerar la pérdida de especies. Esto conduciría a una disminución de la oferta de los bienes y servicios que los ecosistemas proporcionan a la sociedad. Dada la incertidumbre sobre la dimensión y distribución geográfica de los efectos del cambio climático sobre los individuos, las especies y los ecosistemas, el fortalecimiento de la capacidad de predicción de esos efectos y de sus

impactos económicos y sociales se convierte en un reto de la mayor importancia (Hooper, 2012, citado por Uribe, 2015 p.15).

Entonces, los efectos del cambio climático requerirán probablemente cambios en la adaptabilidad de numerosos cultivos y forrajes, lo cual aumenta la interdependencia de los países en relación con los Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura (RFAA). El cambio climático provocará también alteraciones en las superficies y las prácticas de producción, así como en la presencia de plagas y enfermedades de los cultivos y el ganado (Comisión de Recursos Genéticos para la Alimentación y la Agricultura, 2011, p.11).

La preocupación por los efectos del cambio climático en la agricultura ha aumentado sustancialmente durante el último decenio. Los agricultores ya no consiguen cultivar sus propias variedades tradicionales y nativas en climas que han cambiado, por lo que necesitarán nuevo germoplasma (Comisión de Recursos Genéticos para la Alimentación y la Agricultura, 2011, p.28).

Además, la agricultura es tanto fuente como sumidero de carbono de la atmósfera. Está cada vez más admitido que los RFAA tienen una importancia decisiva para el desarrollo de sistemas agrícolas que sean resistentes al cambio climático, capturen más carbono y produzcan menos gases de invernadero. Servirán de soporte al mejoramiento de nuevas variedades adaptadas de cultivos que la agricultura necesitará para hacer frente a las condiciones ambientales futuras. Habrá mayor necesidad de vinculaciones entre los sistemas locales de semillas y los bancos de germoplasma/redes, a fin de garantizar que haya nuevo germoplasma adaptado a los cambios del clima (*op.cit*).

La agricultura tendrá entonces que reducir sus efectos negativos en el medio ambiente y la biodiversidad y adoptar prácticas de producción más eficaces y sostenibles. Los cambios en el uso de la tierra limitarán la superficie disponible para la agricultura y aumentarán la presión sobre las poblaciones de especies silvestres afines de las cultivadas (ESAC) y de plantas silvestres comestibles (Comisión de Recursos Genéticos para la Alimentación y la Agricultura, 2011, p.11).

Ecuador, por el hecho de ser un país pequeño y en vía de desarrollo tiene una cuota de aportación marginal de gases de efecto invernadero. Sin embargo, el cambio climático es un problema global que afecta a todos los países, y particularmente a los que están en vía de desarrollo como es el caso de Ecuador, por lo que el país se suscribió al Convenio Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) y el protocolo de Kyoto que establece la necesidad de enfrentar la mitigación de esos gases, sin perder de vista los requerimientos nacionales de desarrollo sustentable (principio de responsabilidades comunes pero diferenciadas).

2.1.5. Carbono y las actividades agrícolas

El dióxido de carbono (CO_2), óxido nitroso (N_2O) y el metano (CH_4) son los tres principales gases de efecto invernadero que atrapan la radiación infrarroja y contribuyen al cambio climático. Los cambios en el uso del suelo contribuyen a la liberación de estos tres gases de efecto invernadero (Benavides y León, 2007, p5).

Isaza (2014) señala que:

La deforestación y la pérdida de vegetación liberan carbono de dos maneras. En primer lugar, la tumba de plantas libera carbono al darse el proceso de descomposición de la materia orgánica. En segundo lugar, el suelo expuesto a la lluvia y el viento es más propenso a la erosión (p. 19).

El posterior uso del suelo en actividades como la agricultura y la ganadería genera liberaciones adicionales por efecto de la erosión del suelo y la exposición. La atmósfera oxida el carbono del suelo, liberando más dióxido de carbono a la atmósfera. La aplicación de fertilizantes nitrogenados conduce a la liberación de óxido nitroso. El metano es liberado del rumen de animales (vacas, cabras y ovejas) y del estiércol. También los incendios de bosques y pastizales contribuyen de manera significativa a las emisiones de gases de efecto invernadero (Scherr y Sthapit, 2009, p.56). La Figura 1 presenta las actividades agropecuarias y su efecto sobre los procesos de los ecosistemas y los flujos de gases de efecto invernadero.

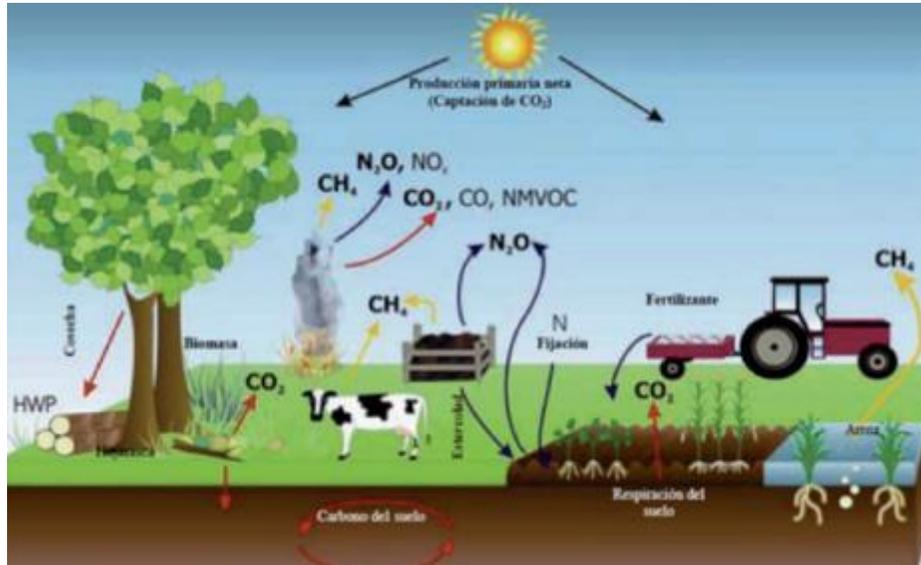


Figura 1. Absorciones/fuentes de GEI y procesos en sistemas gestionados
Fuente: IPCC, 2006, p.16.

Las emisiones totales de GEI en Ecuador en el año 2012 alcanzó el 80 627,16 Gg de CO₂eq, de los cuales el mayor aporte es generado por el sector Energía (46,63%), seguido del sector USCUSS (25,35%) de las emisiones totales netas (valor neto resultante de las emisiones menos las absorciones) y el tercer lugar lo ocupa el sector Agricultura, con el 18,71% de los GEI emitidos a la atmósfera, tal como se presenta en la Figura 2 (MAE, 2017, p.17).

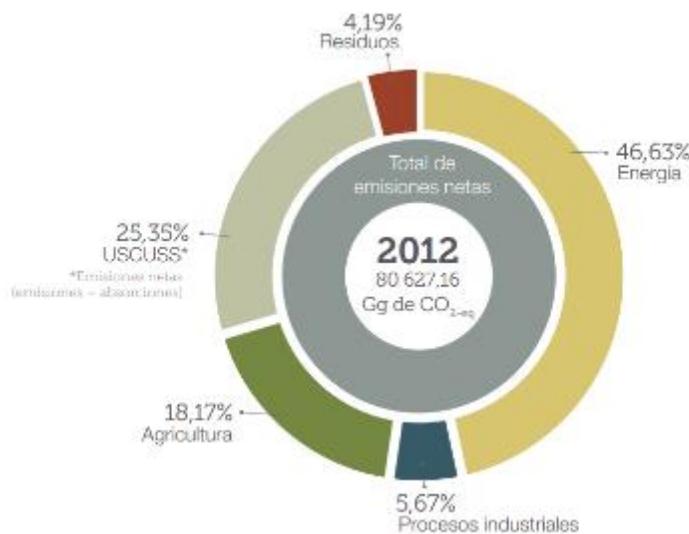


Figura 2. Distribución de emisiones del INGEI 2012

Fuente: MAE, 2016, p.104.

2.1.6. Huella de Carbono

Wiedmann y Minx, (2007) señala que:

Comúnmente la huella de carbono se define como la cantidad de emisión de gases relevantes al cambio climático asociada a las actividades de producción o consumo de los seres humanos, aunque el espectro de definiciones varía desde un mirada simplista que contempla sólo las emisiones directas de CO₂, a otras más complejas asociadas al ciclo de vida completo de las emisiones de gases de efecto invernadero, incluyendo la elaboración de las materias primas y el destino final del producto y sus respectivos embalajes. La propiedad a la que frecuentemente se refiere la huella de carbono es el peso en kilogramos o toneladas de emisiones de gases de efecto invernadero emitida por persona o actividad (p.52).

Tubiello, *et al.* (2015, p12-13) señalan que las estimaciones de las emisiones y absorciones de GEI procedentes del sector agricultura y cambio de uso de suelo incluyen:

- Las emisiones y absorciones de CO₂ que resultan de las variaciones de las reservas de carbono en la biomasa, materia orgánica muerta (MOM), materia orgánica del suelo (MOS) de suelos orgánicos y minerales, y productos de madera recolectada (PMR) para todas las tierras gestionadas;
- CO₂ procedente de los suelos orgánicos cultivados;
- Emisiones distintas del CO₂ provenientes de incendios en toda la tierra gestionada;
- Emisiones de CH₄ procedentes del cultivo del arroz;
- Emisiones de N₂O de todos los suelos gestionados;
- Emisiones de CO₂ asociadas con la aplicación de cal y urea a los suelos gestionados;
- Emisiones de CH₄ que provienen de la fermentación entérica del ganado;
- Emisiones de CH₄ y N₂O procedentes de los sistemas de gestión del estiércol.

Los flujos de los gases de efecto invernadero pueden ser estimados de dos formas:

- como cambios netos en las reservas de carbono en el tiempo (usada para la mayoría de flujos de CO₂); y

- directamente, como tasas de flujo del gas hacia y desde la atmósfera (usada para la estimación de gases no-CO₂ y algunas emisiones de CO₂ y animales) y físicos (combustión, lixiviación y escorrentía).

Teniendo en cuenta estos aspectos, se han desarrollado numerosas herramientas para el cálculo de GEI en actividades agrícolas y forestales, las cuales se clasifican en: calculadoras, protocolos, guías de buenas prácticas y modelos (Denef, Paustian, Archibeque, Biggar, y Pape, 2012, p.33).

La FAO (2012, p.12) realizó un trabajo de análisis de las principales herramientas existentes, adicionalmente en el documento citado propone una metodología para escoger la herramienta de medición, en la tabla 2 se resume este análisis.

Tabla 2
Lista de calculadoras existentes para medición de carbono en agricultura

Calculadora	Desarrollador
ALU	Colorado State University, (USA)
Calculateur AFD	Agence Francaise de Developpement (FR)
CALM	Country land and Business Association (UK)
Carbon Calculator for NZ Agriculture and Horticulture	AERU, Lincoln university (NZ)
Carbon Farming Calculator	Carbon Farming Group (NZ)
CBP; carbon benefit project	GEF, Colorado State University (USA)
CFF Carbon Calculator	Farm Carbon Cutting Toolkit (UK)
Climagri®	ADEME, calculator developed by Solagro (FR)
Cool FarmTool	Unilever Sustainable Agriculture, Sustainable Food Lab; University of Aberdeen (UK)
CPLAN v2	SEE360 (UK)
Dia'terre®	ADEME (FR)
EX-ACT	FAO
FarmGAS	Australian Farm Institute (AUS)
Farming Enterprise Calculator	Queensland university, Institute for Sustainable Resources (AUS)
Full CAM	Australian Government (AUS)
Holos	Agriculture and Agri-food Canada (CAN)
IFSC	Peter University of Illinois (USA)
USAID FCC	Winrock International (USA)

Fuente: FAO, 2012, p. 12.

2.1.7. Agricultura climáticamente inteligente: estrategias de Mitigación y Adaptación al Cambio Climático

El Acuerdo de París sobre el cambio climático apunta a mantener el aumento de la temperatura media mundial muy por debajo de 2° C con respecto a los niveles preindustriales, y proseguir los esfuerzos para limitar ese aumento de la temperatura a 1,5° C con respecto a los niveles preindustriales (Organización de las Naciones Unidas <<ONU>> (2015, p.3). Para lograr este objetivo, todos los sectores, en particular los sectores agrícolas, deben reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero y emprender acciones para conservar la diversidad biológica de los agroecosistemas.

Los sectores agrícolas ofrecen tanto: oportunidades para contribuir a la mitigación del cambio climático como opciones para la adaptación al cambio climático en los distintos sistemas de cultivo. La gestión sostenible de los suelos, los pastizales y los recursos forestales puede generar sumideros de carbono que capturen dióxido de carbono de la atmósfera y almacenen el carbono en el suelo y la biomasa. La idoneidad de estas opciones dependerá de los tipos específicos de estrés a los que se enfrenta el sistema, los mecanismos de resistencia y adaptación de los agricultores y el grado en que cada factor climático afecta los rendimientos (FAO, 2018, p. 2-7).

La FAO (2018, p.7) señala que la intensificación sostenible a fin de lograr la mayor productividad posible exige prácticas agrícolas que incluyen:

- Uso de semillas de buena calidad y materiales de plantación de variedades bien adaptadas.
- Cultivo de una amplia gama de especies y variedades de cultivos (en asociación, mediante el intercalado o la rotación).
- Manejo integrado de plagas.
- Adopción de agricultura de conservación y mecanización sostenible para mantener suelos saludables.
- Mejor uso y gestión del agua.

En la Figura 3, se sistematiza las bases para la Intensificación sostenible de la producción de cultivos.



Figura 3. Bases para la Intensificación sostenible de la producción de cultivos

Fuente: Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo, 2018, p.45

La agricultura climáticamente inteligente busca aprovechar las oportunidades mencionadas para incrementar al máximo las sinergias y los beneficios comunes y reducir al mínimo, o evitar, las compensaciones de factores (FAO, 2018, p.2). Por ende, la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo AECID (2018) define a la Agricultura Climáticamente Inteligente como:

“Agricultura que integra las tres dimensiones del desarrollo sostenible (económica, social y medio ambiental), abordando de forma conjunta la seguridad alimentaria y los retos climáticos, y se basa en tres pilares fundamentales: incrementar de forma sostenible la productividad y los ingresos agrícolas; adaptar y desarrollar resiliencia al cambio climático; y reducir y/o eliminar las emisiones de gases de efecto invernadero donde sea posible” (p.29).

FAO, 2018 señala que:

El proceso para lograr que los sistemas agrícolas sean climáticamente inteligentes se basa en un gran volumen de conocimientos y requiere de un firme compromiso nacional. La transición sostenible hacia este tipo de agricultura exige un enfoque

inclusivo de fomento de la capacidad para todo el sistema. Dicho enfoque empodera a las personas y fortalece a las organizaciones, instituciones y redes, y contribuye asimismo a establecer marcos normativos y reglamentarios propicios (p.29).

2.1.8. Agricultura climáticamente inteligente y los Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura.

Para la agricultura sostenible y la seguridad alimentaria, los recursos fitogenéticos constituyen las materias primas de las que depende la humanidad para incrementar la producción agrícola de manera sostenible y mejorar los medios de vida, adaptarse al cambio climático y fomentar la resiliencia ante el mismo, y mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero (FAO, 2018, p.21).

Como se mencionó previamente la agricultura climáticamente inteligente incluye las tres dimensiones de la sostenibilidad: económica, social y ambiental. La dimensión ambiental se refiere a la utilización sostenible de los insumos y los recursos naturales a lo largo de la cadena, así como cualquier impacto sobre la biodiversidad, las cantidades de gas de efecto invernadero libre, el secuestro de carbono y el potencial de reducción de gases de efecto invernadero en el proceso de la creación de valor (Soler, 2017, p.10).

FAO, 2018 señala que:

Dado que las distintas plantas, animales y microorganismos tienen distintas capacidades para sobrevivir o adaptarse a perturbaciones y cambios, la salvaguardia y la gestión sostenible de la diversidad de recursos genéticos es un componente fundamental de las estrategias de adaptación al cambio climático y mitigación de sus efectos. Por ejemplo, las características de valor, tales como la tolerancia al estrés hídrico, la resistencia a la sequía o la resistencia a plagas o enfermedades, pueden incluirse en las estrategias de cría o conservación diseñadas para fomentar la resiliencia ante el cambio climático, incluso haciendo mayor hincapié en las especies silvestres afines a las plantas cultivadas (p. 21).

2.2. Marco legal

La Constitución de la República del Ecuador (2008) desde el Art. 413 busca promover el desarrollo y uso de prácticas y tecnologías ambientalmente limpias y sanas; las energías renovables, diversificadas, de bajo impacto que no pongan en riesgo la soberanía alimentaria; el equilibrio ecológico de los ecosistemas; y el derecho al agua. En tanto que en el Art. 414 claramente se menciona que se promoverá la adopción de medidas adecuadas y transversales para la mitigación del cambio climático mediante la limitación tanto de las emisiones de GEI, como de la deforestación y la contaminación atmosférica; adoptando además medidas para la conservación de los bosques y la vegetación; y para la protección de la población en riesgo (p. 124).

Se debe mencionar que Ecuador forma parte del tratado Internacional sobre Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura (TIRFAA) establecido en 2004 como un instrumento orientado a la conservación de la agrobiodiversidad de la que depende la seguridad alimentaria de la población mundial, la cual tiene como objetivos generales: reconocer la enorme contribución de agricultores de todas las regiones del mundo a la diversidad de los cultivos que alimentan el mundo; establecer un sistema mundial para proporcionar a los agricultores, fitomejoradores y científicos acceso gratuito y fácil a los materiales fitogenéticos; y garantizar que los usuarios compartan los beneficios que obtienen de los germoplasmas utilizados en la mejora de las plantas o en la biotecnología con las regiones de donde son originarios.

En la Ley Orgánica del Régimen de la Soberanía Alimentaria (2010) el Art. 7 menciona que el Estado, así como las personas y las colectividades protegerán, conservarán los ecosistemas y promoverán la recuperación, uso, conservación y desarrollo de la agrobiodiversidad y de los saberes ancestrales vinculados a ella, mediante la asociatividad de cultivos, la investigación y sostenimiento de especies, la creación de bancos de semillas y plantas y otras medidas similares; y, con el Art. 9 busca asegurar la investigación científica y tecnológica en materia agroalimentaria, que tendrá por objeto mejorar la calidad nutricional de los alimentos, la productividad, la sanidad alimentaria, así como proteger y enriquecer la agrobiodiversidad (p.3).

En cuanto a cambio climático Ecuador ratificó 1994 su participación en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático, que tiene como objetivo lograr la estabilización de las concentraciones de los gases de efecto invernadero en la atmosfera a un nivel suficiente bajo para prevenir la inferencia antropogénica peligrosa con el sistema climático.

El Plan Nacional de Desarrollo (2017-2021) enfoca la gestión de la biodiversidad a través del objetivo 3, el cual establece garantizar los derechos de la naturaleza para las actuales y futuras generaciones. En tanto que el enfoque del cambio climático es mencionado en la política 3.4 con la cual se promueve buenas prácticas que aporten a la reducción de la contaminación, la conservación, la mitigación y la adaptación a los efectos del cambio climático, e impulsar las mismas en el ámbito global; además considera como una meta a 2021 reducir el índice de vulnerabilidad de alta a media, de la población, medios de vida y ecosistemas, frente al cambio climático (SENPLADES, 2017, p.64-66).

La protección de la Biodiversidad es enfocada a nivel nacional a través de Estrategia Nacional de Biodiversidad (2015-2030) siendo de relevancia para el estudio lo mencionado en:

- **Objetivo estratégico 2.** Reducir las presiones y el uso inadecuado de la biodiversidad a niveles que aseguren su conservación.
- **Objetivo estratégico 4.** Fortalecer la gestión de los conocimientos y las capacidades nacionales que aseguren la innovación en el aprovechamiento sostenible de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos (MAE, 2015, p.162).

El cambio climático está enfocado en la Estrategia Nacional de Cambio Climático (2012-2025), donde la gestión y conservación de los recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura son mencionados en los siguientes objetivos:

- **Objetivo específico 1.** Establecer condiciones que garanticen la soberanía alimentaria y la producción agropecuaria frente a los impactos del cambio climático.
- **Objetivo específico 5.** Conservar y manejar sustentablemente el patrimonio natural y sus ecosistemas terrestres y marinos para cubrir con su capacidad de respuesta frente a los impactos del cambio climático (MAE, 2012, p. 40-48).

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1. Descripción del grupo y área de estudio

El presente trabajo se realizó con un grupo de productores que forman parte del Consorcio de Productores de Papa (CONPAPA) en las provincias Tungurahua y Chimborazo. Estos productores manejan sistemas que, por sus características de producción se conocen como sistemas agroalimentarios andinos basados en papa.

3.1.1. Grupo de estudio

Los sistemas agroalimentarios andinos basados en papa de las provincias Tungurahua y Chimborazo pertenecientes al CONPAPA, son propios de la agricultura familiar campesina ubicados entre los 2800 y 3400 m.s.n.m., manejados por agricultores principalmente indígenas, donde la participación de las mujeres en la actividad productiva es vital (Centro Internacional de la Papa <<CIP>>, 2019, p.19).

La principal fuente de ingresos de los productores de estos sistemas proviene de las actividades agropecuarias (77%). Su producción es diversificada y permanente, con la combinación de diversos cultivos de ciclo corto (hortalizas, tubérculos, granos, leguminosas) y pastizales para la crianza de animales mayores y menores. Dentro de los cultivos, el que más destaca en la generación de ingresos es la papa (43%), leguminosas como haba y arveja (15%), y hortalizas como cebolla y zanahoria (9%). Las principales variedades de papa sembradas son Superchola, Fripapa, Puca Shungo, Yana Shungo, Catalina, Putza, Chiwila, Natividad, Suprema, Victoria, Josefina, Libertad, Chaucha roja y Cecilia. En los ingresos pecuarios la comercialización del ganado vacuno y subproductos (leche) alcanza el 80%, seguido de la venta de ganado porcino (6%), pollos/gallinas y huevos (6%) (Flores *et al.*, 2013, p. 60-64).

3.1.2. Ubicación Geográfica

Los productores del CONPAPA de la provincia Tungurahua, están distribuidos en los cantones: Santiago de Píllaro, Ambato y Quero. Los dos primeros ubicados hacia la zona este del cantón y el tercero en el centro sur del mismo. La provincia Chimborazo se localiza a los 1°40'00" Latitud Sur, 78°39'00" Longitud Oeste con una altitud que oscila entre 135 a 6310 m s. n. m.; posee una superficie de 6500,66 km² y se encuentra ubicado al Sur de la provincia Tungurahua; al Norte de la provincia Cañar; al Este de las provincias Bolívar y Guayas; y, al Oeste de las provincias Morona Santiago y Cañar (Figura 4).

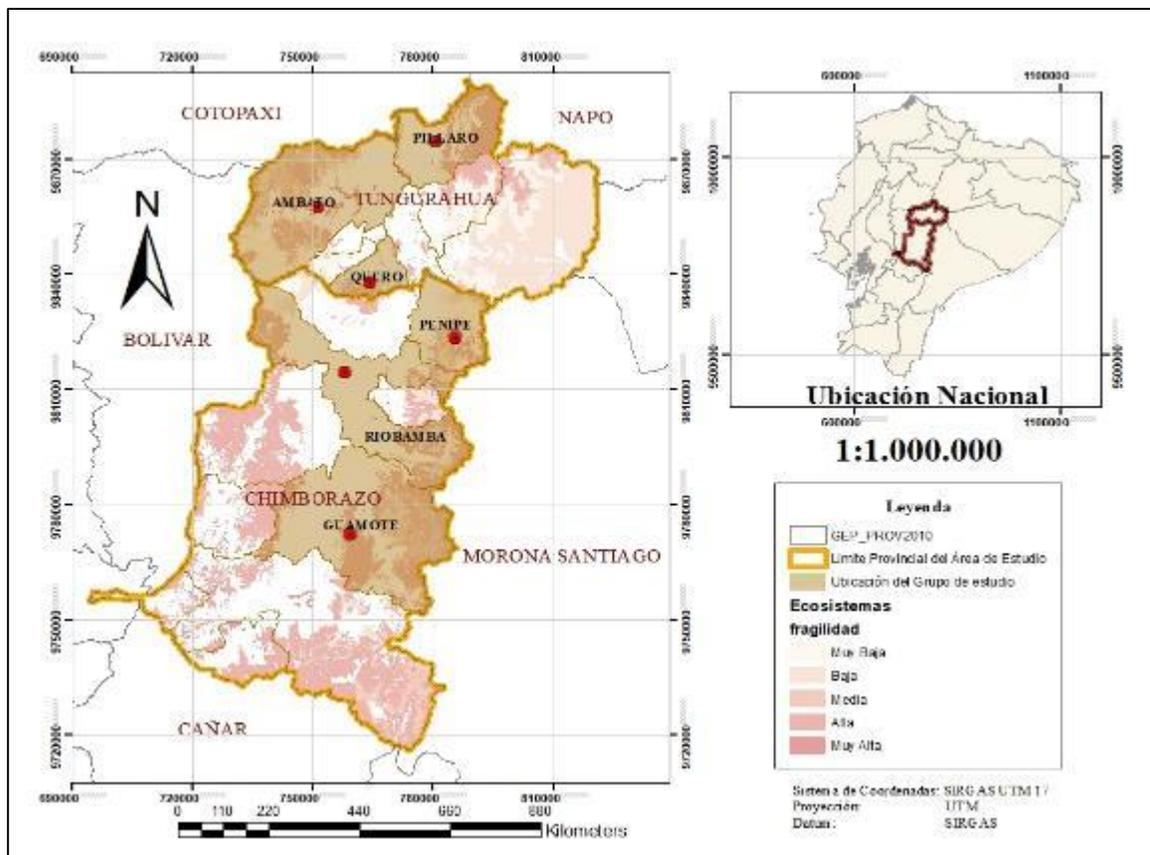


Figura 4. Ubicación del área de Estudio.

Fuente: MAE, 2012.

Los productores del CONPAPA de la provincia Chimborazo se ubican en los cantones: Penipe, Riobamba y Guamote, ubicados principalmente hacia la zona oeste del

cantón. La provincia Tungurahua se localiza a los $1^{\circ}14'00''$ Latitud Sur, $78^{\circ}37'00''$ Longitud Oeste con una altitud que oscila entre los 2620 m s. n. m.; posee una superficie de 3369 km² y se encuentra ubicado al Sur de la provincia Cotopaxi; al Norte de la provincia Chimborazo; al Este de las provincias Cotopaxi y Bolívar; y, al Oeste de las provincias Pastaza y Napo (Figura 4).

3.1.3. Climatología

La provincia Chimborazo presenta varios pisos climáticos como: Montano, Montano alto, Montano alto superior, Montano bajo, Nival, Piemontano, Subnival y Tierras bajas (MAE, 2012). Las precipitaciones tienen una distribución espacial variable, debido a su orografía y a factores ambientales que condicionan las mismas. En general, la estación lluviosa se inicia en octubre y noviembre prolongándose hasta mayo con una distribución bimodal, con dos picos máximos que se producen en octubre, marzo y abril, siendo los más lluviosos marzo y abril. Los valores de temperatura media mensual son variados desde los 9° C hasta los 24° C, los valores máximos por lo general se producen en noviembre y los valores mínimos de temperatura media en julio. La temperatura media anual decrece desde el valle central hacia las cordilleras; la menor se registra en áreas pobladas (Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia de Chimborazo, 2015, p. 37,38).

La provincia Tungurahua presenta varios pisos climáticos como: Montano, Montano alto superior, Montano bajo, Subnival, Montano alto, Nival y Piemontano (MAE, 2012). En la zona del valle interandino la unidad hidrográfica del río Ambato, presenta una precipitación anual entre 400 mm y 600 mm, concentrándose la temporada más lluviosa en dos periodos: de marzo a junio y de octubre a noviembre. La provincia presenta una gama de temperaturas debido a la altitud que va de 1200 a 5000 m s. n. m. y a la influencia de las corrientes amazónicas como la del Atlántico, donde las temperaturas medias varían entre 4° C en los puntos más altos de la provincia y 20° C en los más bajos (Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia de Tungurahua, 2016, p.13).

3.2. Enfoque y tipo de investigación

La investigación tiene un enfoque mixto, ya que implican la recolección y el análisis de datos cuantitativos y cualitativos, así como su integración y discusión conjunta, para realizar inferencias producto de toda la información recabada y lograr un mayor entendimiento del fenómeno bajo estudio (Hernández y Mendoza, 2008 citado por Hernández, *et al.*, 2014, p. 534). De tipo no experimental transversal, debido a que se recolectan datos en un tiempo determinado sin la manipulación deliberada de variables, es decir que se observan los fenómenos en su ambiente natural para analizarlos. Su propósito es describir variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado (Hernández *et al.*, 2014, p.152-154).

El análisis se realizó con la ayuda de los productores de CONPAPA, los GAD provinciales, CIP e INIAP. En cuanto a la determinación de los indicadores, se utilizó investigación documental, la recolección de información se la realizó con la utilización de matrices.

3.3. Procedimiento de investigación

Para proponer prácticas de agricultura climáticamente inteligente con un enfoque de gestión eficiente de la biodiversidad, aplicables a los sistemas agroalimentarios alto-andinos basados en papa del CONPAPA en las provincias Chimborazo y Tungurahua, se desarrollaron las siguientes fases:

3.3.1. *Fase I. Impacto potencial del cambio climático sobre el recurso biológico Solanum tuberosum en los sistemas agroalimentarios alto-andinos.*

Para estimar el impacto potencial del cambio climático sobre el recurso biológico *Solanum tuberosum* en los sistemas agroalimentarios alto-andinos, se analizaron tanto los cambios en la distribución potencial del cultivo como en la distribución del agroecosistema bajo cuatro escenarios de cambio climático como se detalla a continuación.

a. Cambio en la distribución potencial del cultivo

El análisis de los impactos del cambio climático sobre el cultivo en las zonas de estudio, se realizó mediante el enfoque de la zonificación agroecológica. Este enfoque se define como aquella comparación sistemática entre características ecológicas, climáticas y edáficas de una zona en particular, con los requerimientos básicos del cultivo sugerido para dicha zona. El resultado determina la aptitud y eficiencia para producir tales cultivos en secano o para determinar las razones agroecológicas por las cuales un determinado cultivo no se lo puede producir eficientemente (FAO, 1997, p.10). Por tanto, es posible conocer cómo cambiarían la zonificación agroecológica para un cultivo, a partir de cambios en las condiciones climáticas resultantes del cambio climático.

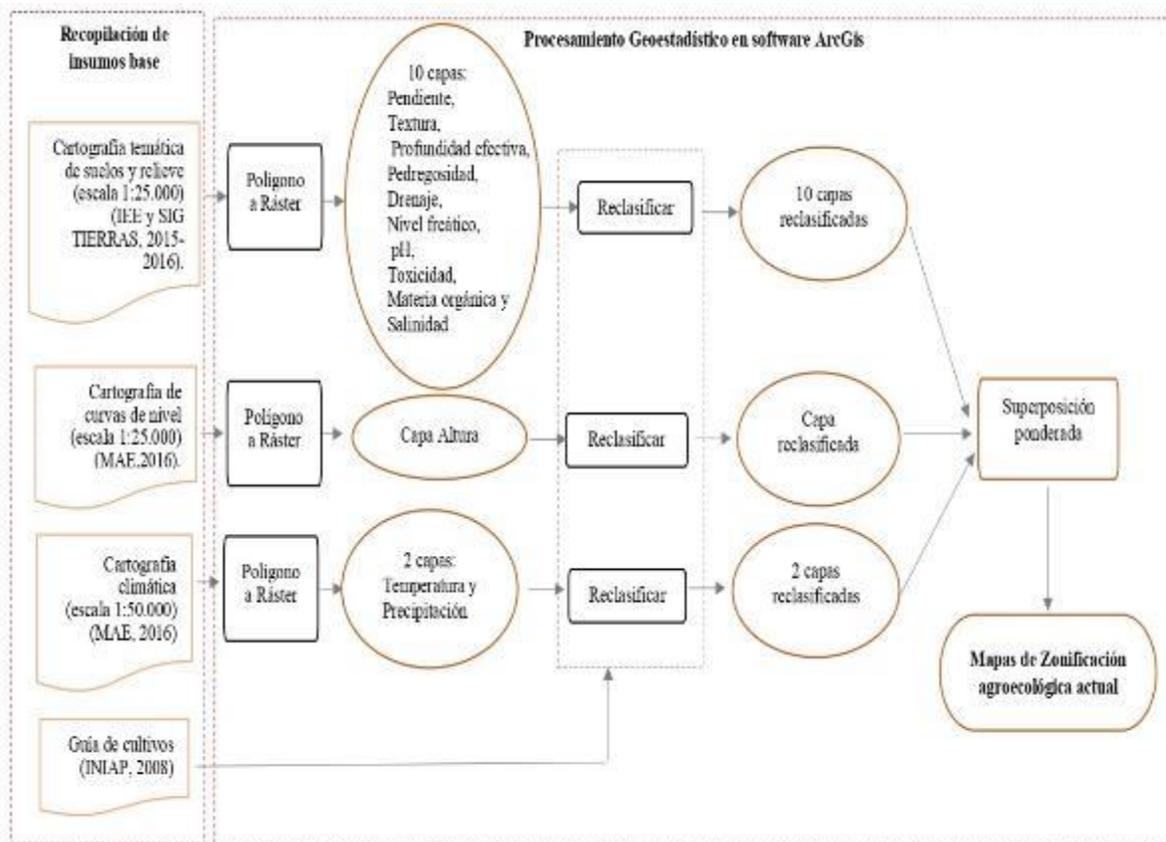


Figura 5. Flujograma proceso generación mapa de zonificación agroecológica actual.

Los cambios de la distribución potencial del cultivo, se identificaron mediante la comparación del mapa de zonificación agroecológica actual con los mapas de zonificación agroecológica predictivos. Los elementos de entrada para realizar el mapa de zonificación agroecológica actual fueron los siguientes: cartografía temática de suelos y relieve (escala 1:25.000) generado por IEE y SIG TIERRAS (2015-2016), cartografía climática (escala 1:50.000) generado por MAE (2016) y mapa de curvas de nivel (escala 1:25.000) MAE (2016). El proceso para la elaboración del mapa se detalla en la figura 5.

Para los mapas de zonificación agroecológica predictivos, se utilizó las proyecciones climáticas de precipitación y temperaturas medias para Ecuador y sus regiones naturales (escala 1:50.000), generadas por MAE bajo escenarios con rangos de emisión de 2,6 y 8,5 para los periodos 2011-2040 y 2041-2070, en los cuales se presume existiría una variación (MAE *et al.*, 2016, p.22). El proceso para la elaboración de estos mapas se detalla en la siguiente figura.

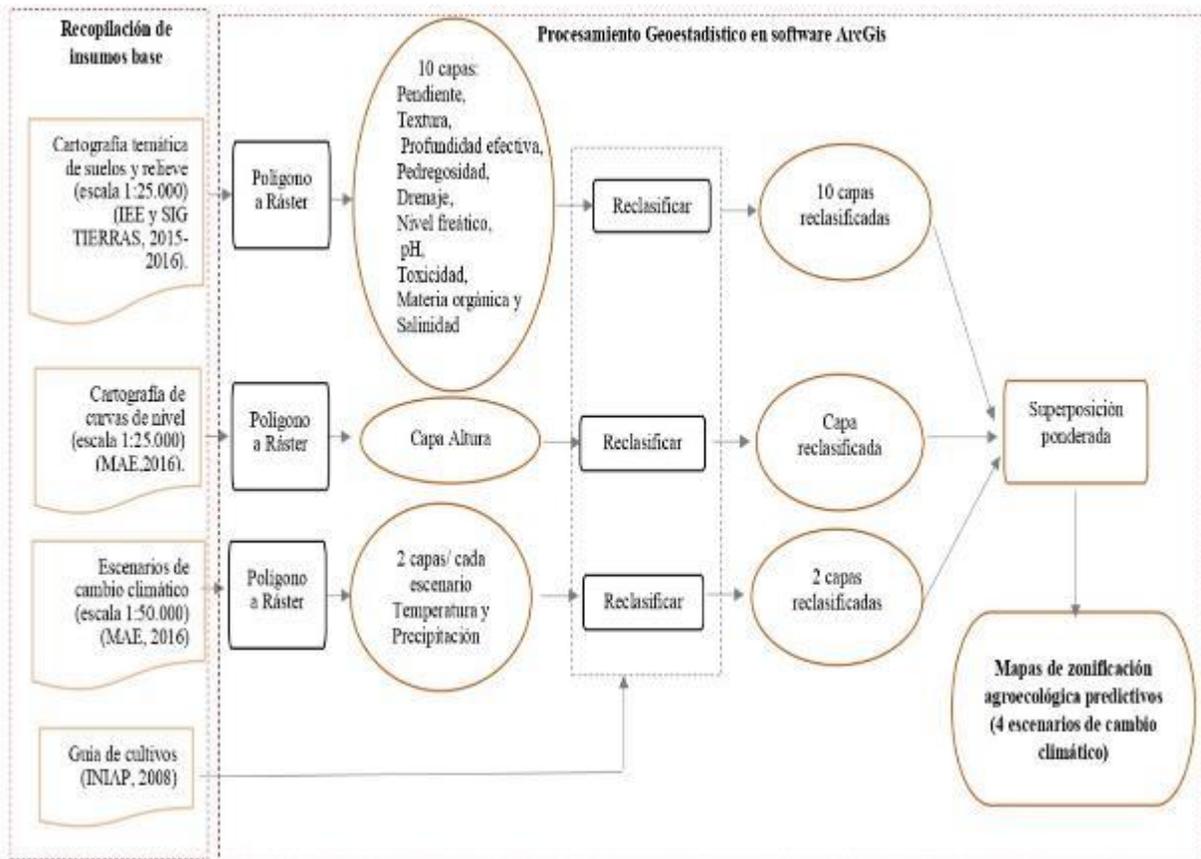


Figura 6. Flujograma proceso generación mapa de zonificación agroecológica predictiva.

En cuanto a los requerimientos agroecológicos del cultivo, se usó la guía de cultivos del INIAP (2008) (Tabla 3). Los criterios para la aptitud agroecológica tanto del cultivo como del territorio fueron ingresados al software ArcGis 10.x y mediante álgebra de mapas donde se combinó 10 capas temáticas, se estableció las categorías de aptitud agroecológica para el cultivo.

Tabla 3
Requerimientos agroecológicos para el cultivo de Papa (*Solanum tuberosum* L.) en el Ecuador

Factor	Variable	Aptitud Agroecológica			
		Óptima	Moderada	Marginal	No apta
	Pendiente	0 a 25%	12 a 25%	25 a 50%	> 50%
	Textura	Franco arenoso, Franco limoso, Franco, Limoso, Franco arcilloso Franco arcillo limoso, Franco arcillo arenoso	Arcillo arenoso, Arcillo limoso	Arenoso francoso	Arenosa (fina, media, gruesa), Arcilloso
	Profundidad	Profundo	Moderadamente profundo	Poco profundo	Superficial
Suelo	Pedregosidad	Sin	Pocas	Frecuentes	Abundantes, pedregoso o rocoso
	Drenaje	Bueno	Moderado	Excesivo	Mal drenado
	Nivel freático	Profundo	Medianamente profundo	Poco profundo	Superficial
	pH	ligeramente ácido, Neutro	Ligeramente alcalino	Moderadamente alcalino, Ácido	Muy ácido, Alcalino
	Toxicidad	Sin o nula	Ligera	Media	Alta
	Materia Orgánica	Muy alto, alto	Medio	Bajo, Muy bajo	Sin dato
	Salinidad	Sin, Ligera	Media	Alta	Muy alta
	Fertilidad	Alta	Mediana, Baja	Muy baja	Sin dato
Clima	Precipitación (mm/año)	800-1300	500-800, 1300-1500	1500-2000, 500-800	<500, >2000
	Temperatura (°C)	10° - 14°	15° - 16°	> 16° < 10°	> 16° < 10°
	Altitud (m.s.n.m.)	2800 - 3300	2200 - 2800	3300 - 3600	< 2200 >3600

Fuente: MAGAP, 2014. Adaptado de "Guía Técnica de Cultivos", INIAP, 2008, p.4

Para el análisis de los cambios de la distribución potencial del cultivo se utilizó la matriz de tabulación cruzada o matriz de cambios, a través de esta matriz se analizan diferentes

niveles de interpretación con la obtención de las ganancias, pérdidas, intercambio entre coberturas (swap en inglés), la persistencia, el cambio total y el cambio neto que se han producido a partir del cruce de dos pares de componentes (Pontius *et al.*, 2004). En este estudio los componentes son los mapas de zonificación actual y predictivos (4 escenarios de cambio climático). Para esto se realizó un intersect de los archivos vectoriales de estos mapas.

En dicha matriz (Tabla 4) las columnas representan las categorías del mapa actual (T1) y las filas las categorías del mapa de los escenarios predictivos (T2). Las áreas que no sufrieron cambios, es decir, las zonas estables (persistencias) entre T1 y T2, se presentan en la diagonal principal de la tabla (P11, P22, P33 y P44), a su vez los elementos ubicados fuera de la diagonal representan la superficie que experimentó un cambio hacia algún otro tipo de categoría. En términos de aptitud agroecológica, la ganancia implica aquellas superficies que incrementa al menos en un grado de aptitud; en tanto que, la pérdida es reducción de al menos un grado de aptitud.

Tabla 4
Matriz de tabulación de datos en la distribución potencial del cultivo

Escenario 1,2,3 o 4 (tiempo 2)	Actual (tiempo 1)				Suma total tiempo 2 (P+j)	Ganancia (Gj)	Cambio Total (Ct)	Swap (Int)	Cambio neto absoluto
	Cat 1	Cat 2	Cat 3	Cat 4					
Cat 1	P11	P21	P31	P41	P+1	-	P12+13+ P14	=2*min (L,G)	=Ct1- Int1
Cat 2	P12	P22	P32	P42	P+2	P21	(P21)+ (P23+P24)	=2*min (L,G)	=Ct2- Int2
Cat 3	P13	P23	P33	P43	P+3	P31+P32	(P31+P32) +(P34)	=2*min (L,G)	=Ct3- Int3
Cat 4	P14	P24	P34	P44	P+4	P41+P42 +P43	P41+P42+ P43	=2*min (L,G)	=Ct4- Int4
Suma total tiempo 1 (Pi+)	P1+	P2+	P3+	P4+					
Pérdida (Li)	P12+ P13+ P14	P23+ P24	P34	-					

Fuente: Adaptada de Pontius *et al.*, 2004.

Para representar estos cambios de aptitud, la cartografía digital se presenta en tres categorías:

- Sin cambio de aptitud
- Ganancia de aptitud
- Pérdida de Aptitud

b. Cambios de distribución del agroecosistema

El análisis de los impactos del cambio climático en el agroecosistema, se realizó mediante el enfoque de Zonas de vida de Holdridge (ZVH) (Leemans, 1990). Este enfoque es un modelo bioclimático que explica la distribución geográfica de las principales asociaciones vegetales del mundo a partir de variables climáticas como precipitación y biotemperatura, parámetros de fácil obtención y fáciles de extrapolar. Esto lo hace una herramienta útil en la determinación del impacto que puede generar el cambio climático en las zonas de vida (Jiménez, *et al.* 2010; Carvajal, 2017).

Los cambios de la distribución de las ZVH en las zonas de estudio, se identificaron mediante la comparación del mapa actual con los mapas predictivos. Los elementos de entrada para realizar los mapas de ZVH actual fueron los mapas de: isoyetas e isotermas (escala 1:50.000) generados por MAE (2016). Para los mapas de ZVH predictivos, se utilizó las proyecciones climáticas de precipitación y temperaturas medias para Ecuador y sus regiones naturales (escala 1:50.000), generadas por MAE bajo escenarios con rangos de emisión de 2,6 y 8,5 para los periodos 2011-2040 y 2041-2070.

Los criterios para la clasificación de las ZVH en el territorio fueron ingresados al software ArcGis 10.x y mediante el lenguaje de consulta estructurado se estableció las diferentes zonas de vida. Las características bioclimáticas para la categorización de cada zona de vida se presentan en la figura 7.

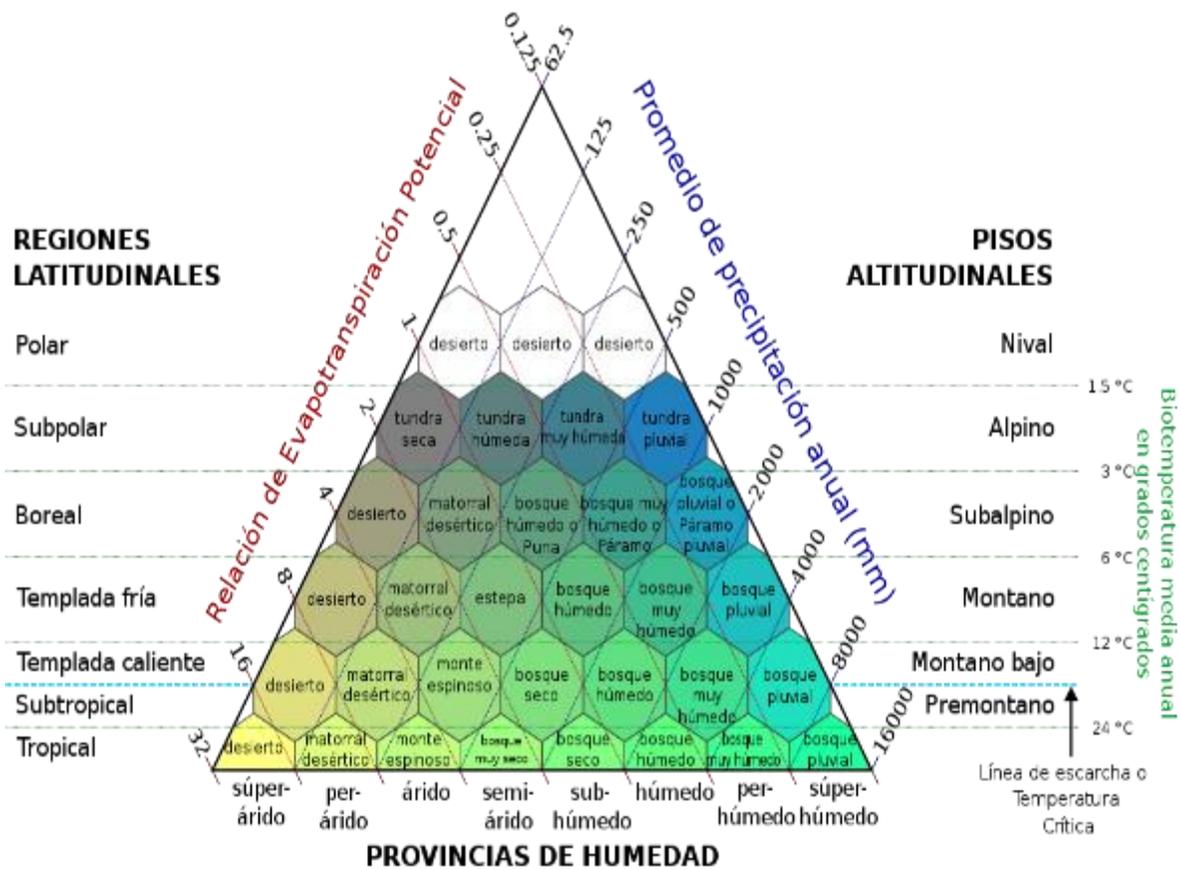


Figura 7. Diagrama Bioclimático de Zonas de Vida del Sistema Holdridge

Fuente: Zamora, 2009. Adaptado de Lemans, 1990.

Para el análisis de los cambios de la distribución de las ZVH en las zonas de estudio se utilizó al igual que en el análisis de los cambios de la distribución potencial del cultivo, la matriz de tabulación cruzada o matriz de cambios. Para esto caso, en dicha matriz (Tabla 5) las filas representan las categorías del mapa actual (T1) y las columnas las categorías del mapa de los escenarios predictivos (T2). Las áreas que no sufrieron cambios, es decir, las zonas estables (persistencias) entre T1 y T2, se presentan en la diagonal principal de la tabla (P11, P22, P33...Pij), a su vez los elementos ubicados fuera de la diagonal representan la superficie que experimentó un cambio hacia algún otro tipo de categoría. La tabulación cruzada nos permite obtener las ganancias de cada categoría restando la sumatoria total del tiempo 2 con el valor de cada cobertura y las pérdidas restando la sumatoria total del tiempo 1 con el valor de cada cobertura (Simbangala *et al.*, 2015).

Tabla 5
Matriz de tabulación de datos en los cambios de distribución del agroecosistema

Actual (tiempo 1)	Escenario 1,2,3 o 4 (tiempo 2)				Suma total tiempo 1 (Pi+)	Pérdida (Li)	Cambio Total (Ct)	Swap (Int)	Cambio neto absoluto
	ZV1	ZV2	ZV3	ZVj					
ZV 1	P11	P12	P13	P1j	P1+	(P1+)- P11	=L1+G1	=2*min (L,G)	=Ct1- Int1
ZV 2	P21	P22	P23	P2j	P2+	(P2+)-P22	=L2+G2	=2*min (L,G)	=Ct2- Int2
ZV 3	P31	P32	P33	P3j	P3+	(P3+)-P33	=L3+G3	=2*min (L,G)	=Ct3- Int3
ZV i	Pi1	Pi2	Pi3	Pij	Pi+	(Pi+)-Pij	=Li+Gj	=2*min (L,G)	=Ct-Int
Suma total tiempo 2 (P+j)	P+1	P+2	P+3	P+j					
Ganancia (Gj)	(P+1)- P11	(P+2)- P22	(P+3)- P33	(P+j)- Pij					

Fuente: Adaptada de Pontius *et al.*, 2004.

De forma complementaria para complementar el análisis con la información generada en esta matriz, se identificó las principales direcciones de cambio de las zonas de vida de Holdridge bajo los cuatro escenarios de cambio climático; y, se generó un mapa (figura 13) para representar la distribución actual de las principales zonas de vida y sus cambios potenciales hacia ecosistemas seco.

3.3.2. Fase II. Evaluación huella de carbono producida por las actividades agrícolas de los sistemas agroalimentarios alto-andinos.

Para estimar las emisiones y capturas que se generan por las actividades agrícolas de los sistemas agroalimentarios alto-andinos, se utilizó la herramienta Cool Farm. Calculadora de GEI a nivel de finca, desarrollada por un grupo de investigadores de la Universidad de Aberdeen, en colaboración con Unilever y Sustainable Food Lab. El modelo genera información de salida en términos de Toneladas de dióxido de carbono por hectárea [$\text{tCO}_2\text{-e/ha-1}$] y kilogramos de dióxido de carbono por kilogramo de producto [$\text{kg CO}_2\text{-e/kg-1}$] a

partir de información de esta forma se evalúa el desempeño del sistema de producción en términos de eficiencia en el uso del suelo y eficiencia por unidad de producto (Universidad de Aberdeen, 2011, p.6).

La Calculadora tiene siete secciones, cada una en hoja de cálculo dentro de un archivo de Excel separada, relacionadas a:

- Información general (localización, año, producto, área de producción, clima).
- Manejo del cultivo (operaciones agrícolas, protección del cultivo, uso de fertilizantes, manejo de residuos).
- Secuestro (uso y manejo de la tierra, Biomasa aérea).
- Ganadería (opciones de alimentación, fermentación entérica, excreciones de N, manejo de estiércol).
- Uso de energía de campo (irrigación, maquinaria agrícola, etc.).
- Transformación primaria (fábrica, almacenamiento, etc.).
- Transporte (por carretera, ferroviario, aéreo, barco).

La información requerida para esta valoración se recogió en fichas de campo (Anexo 3), en donde se consideraron las variables que se requieren para el uso de la herramienta Cool Farm Tool. El levantamiento de la información se realizó mediante entrevistas a los productores. Para evitar el sesgo en la valoración, las entrevistas se realizaron con la persona o personas a cargo de la producción (jefe de la unidad familiar) acompañadas de visitas técnicas a los campos de producción (Anexo 4), lo cual permitió constatar la información proporcionada por estos productores.

La población del CONPAPA de las provincias Chimborazo y Tungurahua está conformada por 120 productores activos que conforman dos las asociaciones, el tipo de muestreo que se utilizó fue del tipo no probabilístico discrecional, donde la selección de la muestra no dependió de la probabilidad y la cantidad representativa de una población, sino de la calidad de los informantes (Hernández *et al.*, 2014). La muestra la constituyeron 31 productores de fincas distribuidos en los 6 cantones de las dos provincias (Figura 8).

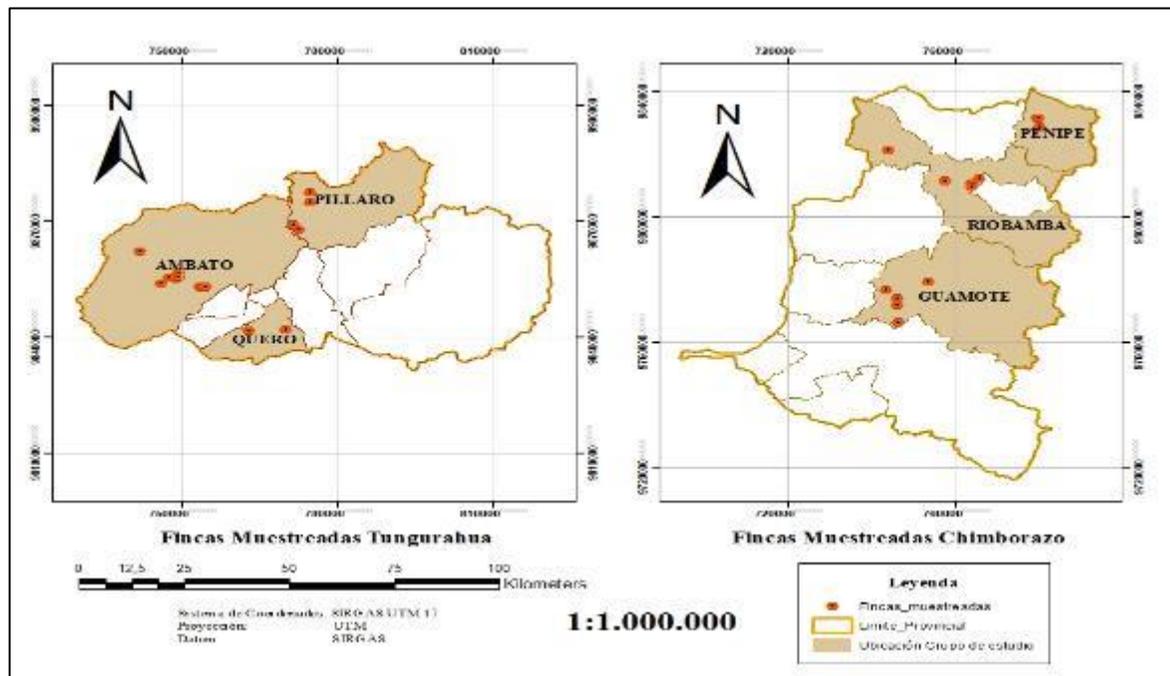


Figura 8. Ubicación de fincas muestreadas.

Para la selección de los sistemas de producción y fincas muestra en los que se realizó las estimaciones de carbono se tuvo en cuenta los siguientes criterios:

- Territorios donde la biodiversidad, producción y comercialización de papa sea la base de los sistemas agroalimentarios y de la cultura local.
- Elevada vulnerabilidad de las familias a los efectos del cambio climático (bajos rendimientos, pérdida de biodiversidad, creciente déficit y exceso de agua por cambio de regímenes de lluvia, cambios de especies e incidencia de plagas y enfermedades y elevada fertilización nitrogenada suplementaria, entre otros), combinada con extrema vulnerabilidad en términos de la inseguridad alimentaria y nutricional.
- Factibilidad técnica y logística de implementación del proyecto.

Una vez obtenidos los resultados por finca (predio muestreado), detallados en el anexo 5, se procedió a caracterizar la huella de carbono de los sistemas en estudios con estadística descriptiva univariante (medidas de tendencia central y dispersión). Para el análisis y agrupación de las fincas por nivel de emisiones GEI, se utilizó la técnica de Análisis de Conglomerado Jerárquico, con el Método de Ward (Ward, 1963). Técnica de estadística

multivariante que busca agrupar elementos o variables tratando de lograr la máxima homogeneidad (minimizando la varianza) en cada grupo y la mayor diferencia entre ellos, mediante una estructura jerarquizada para poder decidir qué nivel jerárquico es el más apropiado para establecer la clasificación (Rubio y Vilà, 2014, p.26). Los datos fueron procesados en el software Infostat versión 2017.

3.3.3. Fase III. Selección de prácticas de agricultura climáticamente inteligentes para la conservación del recurso biológico *Solanum tuberosum* aplicables a los sistemas agroalimentarios alto-andinos.

La selección de prácticas de agricultura climáticamente inteligente se realizó mediante un taller participativo con los actores sociales claves para la zona y para el cultivo, donde se utilizó una adaptación propia del marco de priorización de agricultura sostenible adaptada al clima (ASAC). Metodología desarrollado por Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) y el Programa de Investigación del CGIAR en Cambio Climático, Agricultura y Seguridad Alimentaria (CCAFS), que se constituye como una herramienta estratégica para el apoyo en la toma de decisiones, que permite caracterizar y priorizar participativamente las prácticas ASAC sobre las cuales los agricultores y el gobierno podrían enfocar sus esfuerzos, decisión basada en los beneficios en términos de productividad, adaptación, mitigación y económicos que cada práctica representa (CCAFS, CIAT y Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación de Guatemala, << MAGA >>, 2015, p.5 y 6).

El taller constó de cuatro momentos:

a. Momento 1: caracterización de los sistemas de producción.

De forma inicial se presentó la caracterización agro-productiva de los sistemas de producción en estudio, información referente a: tenencia de la tierra, principales cultivos, sistema de crianza de animales, principales problemas en los diferentes cultivos y ciclos fenológicos de las principales variedades de papa. Información proporcionada con el objetivo de entregar elementos contextuales de los sistemas en estudio.

b. Momento 2: riesgo climático y huella de carbono en los sistemas de producción.

En esta instancia se partió de la presentación de la base conceptual del abordaje de cambio climático y la Agricultura Climáticamente Inteligente (ACI), y a continuación se presentaron los resultados del análisis del impacto potencial del cambio climático sobre la distribución del cultivo en los sistemas agroalimentarios alto-andinos y la huella de carbono de estos sistemas de producción.

c. Momento 3: selección de prácticas de ACI para mejorar la resiliencia y productividad de los sistemas de producción.

Se partió de una lista de 37 prácticas (agroecológicas y agroforestales) recopilados de fuentes bibliográficas en el país (Tabla 6). Las prácticas se dividieron en 3 áreas acorde al análisis de componentes de la huella de carbono siendo estas: manejo de suelo, agua y cultivo (plagas y enfermedades).

Tabla 6
Lista inicial de prácticas con potencial de ACI.

Manejo de suelo		Manejo del cultivo	
ID	Prácticas	ID	Prácticas
1	Cercas vivas	21	Bancos de semillas
2	Barreras muertas	22	Manejo de tubérculo semilla
3	Cortinas rompevientos	23	Sistemas de alerta temprana para heladas
4	Agroforestería	24	Siembra en contorno de Sigse
5	Cultivos en contorno o curvas de nivel	25	Variedades tolerantes al estrés hídrico y térmico
6	Cultivos intercalados/ en fajas	26	Variedades tolerantes a plagas
7	Rotación de cultivos	27	Manejo integrado de plagas
8	Asociación de cultivos	28	Control biológico de plagas
9	Abonos verdes	29	Control cultural de lancha
10	Biofertilizantes	30	Manejo cultural de gusano blanco
11	Uso eficiente de fertilizante	31	Manejo mecánico de gusano blanco
12	Gestión de rastrojo/compostaje	Manejo del agua	
13	Labranza de conservación con cobertura	ID	Prácticas
14	Mulching	32	Reservorios/estanques + riego por goteo
15	Labranza cero	33	Zanjas a nivel
16	Labranza reducida	34	Zanjas a desnivel
17	Huacho rozado	35	Diques de piedra o postes
18	Arado de cincel	36	Cosecha de agua lluvia
19	Terrazas de formación lenta	37	Protección de fuentes de agua
20	Terrazas de banco		

Fuente: CIP, 2019; CCAFS, CIAT y MAGA 2015; UNEA y FAO, 2011.

En una primera instancia para escoger las prácticas con potencial de aplicación se realizó un debate técnico con los actores sociales clave en base a cuatro criterios de selección (Tabla 7). De este primer filtro se obtiene un listado de prácticas seleccionadas. En el caso de maíz donde este trabajo generó una lista aún extensa, se realizó una actividad adicional en la que cada actor realizó una priorización para obtener la lista de prácticas seleccionadas final.

Tabla 7
Criterios de selección para evaluar las prácticas ACI.

Criterios de selección para los participantes	
1	Que beneficie la capacidad de respuesta a las amenazas climáticas.
2	Que sea fácilmente aplicable por los pequeños agricultores y sus familias.
3	Que sea fácilmente replicable (fortalecimiento de capacidades).
4	Que respete las cuestiones territoriales y culturales de la zona.

Fuente: CCAFS, CIAT y MAGA, 2015.

d. Momento 4: evaluación de prácticas de ACI seleccionadas.

Las prácticas seleccionadas fueron evaluadas en cuatro niveles (adaptación, mitigación, productividad y biodiversidad) que corresponden a los pilares de la agricultura climáticamente inteligente y la gestión eficiente de la biodiversidad. En este marco los impactos potenciales de estas prácticas sobre los sistemas de producción fueron valoradas en una escala de -5 a 5 (Tabla 8). Además, se analizaron las barreras y oportunidades de aplicación de estas prácticas en estos sistemas. Para esta valoración se realizó una evaluación por pares, cada pareja contó con fichas técnicas para evaluación (Anexo 6) de cada práctica.

Tabla 8
Escala de valoración para las practicas climáticamente inteligentes

Escala de valoración	Interpretación	
5	Impacto muy alto	Positivo
4	Impacto alto	
3	Impacto moderado	
2	Impacto bajo	
1	Impacto muy bajo	
0	Sin impacto	
-1	Impacto muy bajo	Negativo
-2	Impacto bajo	
-3	Impacto moderado	
-4	Impacto alto	
-5	Impacto muy alto	

Fuente: CCAFS, CIAT y MAGA, 2015.

Finalmente, para generar un listado priorizado de prácticas, teniendo como elementos de decisión los resultados de las actividades desarrolladas durante el transcurso del taller, los participantes tuvieron la oportunidad de elegir individualmente las prácticas. Para ello cada participante recibió stickers o puntos adhesivos (Tabla 9) que fueron ubicados en los carteles correspondientes a cada práctica. Los colores de los stickers tenían como objetivo asignar un valor a cada voto para diferenciar el nivel de importancia que la práctica le merecía al participante y posteriormente cuantificar los resultados de la votación.

Tabla 9
Escala de valoración para priorización individual de prácticas climáticamente inteligentes

Color	Valoración	Nivel de Prioridad
Rojo	3	Alta
Amarillo	2	Media
Verde	1	Baja

Fuente: CCAFS, CIAT y MAGA, 2015.

3.4. Consideraciones bioéticas

La investigación se desarrolló tomando en cuenta principios bioéticos de beneficencia, no maleficencia, justicia y autonomía. El trabajo se llevó a cabo con la autorización de uso de las proyecciones de cambio climático, otorgado por el ministerio del ambiente (Anexo 1) y el consentimiento verbal y escrito expresado por los directivos del CONPAPA, durante el taller de socialización del proyecto (Anexo 2).

A los sujetos participantes de la investigación, se les informó de forma oral, los aspectos más relevantes de la investigación: procedimientos, importancia de la participación, tiempo de duración, leyes, códigos y normas que lo amparan, carácter voluntario en la participación y beneficios.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Fase I. Impacto potencial del cambio climático sobre el recurso biológico *Solanum tuberosum* en los sistemas agroalimentarios alto-andinos.

4.1.1. Cambio en la distribución potencial del cultivo

La categoría de aptitud agroecológica para el cultivo de papa identificada como predominante en el área de estudio, es la categoría marginal, alcanzando el 64,56% de la superficie de las dos provincias (Chimborazo y Tungurahua), seguida de la categoría moderada con el 13,23% y la categoría no apta con el 12,30%. En tanto que la categoría óptima (áreas en donde las condiciones naturales de suelo, relieve y clima presentan las mejores características para el establecimiento del cultivo) corresponde al 9,91% de la superficie. Resultados bastante similares a los encontrados en 2014 por el Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuicultura y Pesca en el estudio “Zonificación agroecológica económica del cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) en el Ecuador continental a escala 1:250.000”.

El cambio en la aptitud agroecológica para el cultivo de papa más representativo durante el período 2011 a 2040 bajo un escenario RCP 4.5, como se observa en la Tabla 10, lo experimentará la categoría óptima con la pérdida de al menos un grado de aptitud en el 55.75% de su superficie con respecto al área del 2016. El cambio menos representativo será la ganancia de al menos un grado de aptitud de la categoría marginal con una variación de 3.99%.

Para el escenario RCP 8.5 como lo muestra la Tabla 10, se mantiene el mismo sentido de los cambios, pero se hacen más evidentes, siendo el más representativo el experimentado por la categoría óptima, la cual sufrirá la pérdida de al menos un grado de aptitud en el 71.39% de su superficie con respecto al área del 2016. El cambio menos representativo será la ganancia de al menos un grado de aptitud de la categoría marginal con una variación de

12.67%. La representación gráfica de las áreas que pierden y ganan aptitud bajo estos dos escenarios se presentan en la Figura 9.

Tabla 10

Matriz de cambio en la aptitud agroecológica para el cultivo de papa bajo dos escenarios de cambio climático. Chimborazo - Tungurahua periodo 2011-2040.

Categoría	2016		AÑO 2040					
	Área (km ²)	Área del Total (%)	RCP 4.5		Cambio neto (%)	RCP 8.5		Cambio neto (%)
			Ganancia Área* (%)	Pérdida Área* (%)		Ganancia Área* (%)	Pérdida Área* (%)	
Óptima	751.41	9.91%	0.00%	55.75%	-55.75%	0.00%	71.39%	-71.39%
Moderada	1002.91	13.23%	28.09%	39.56%	-11.48%	18.83%	39.39%	-20.56%
Marginal	4893.12	64.56%	11.27%	7.27%	3.99%	19.67%	7.00%	12.67%
No apta	931.98	12.30%	20.05%	0.00%	20.05%	20.18%	0.00%	20.18%

* % respecto al total de la categoría en 2016.

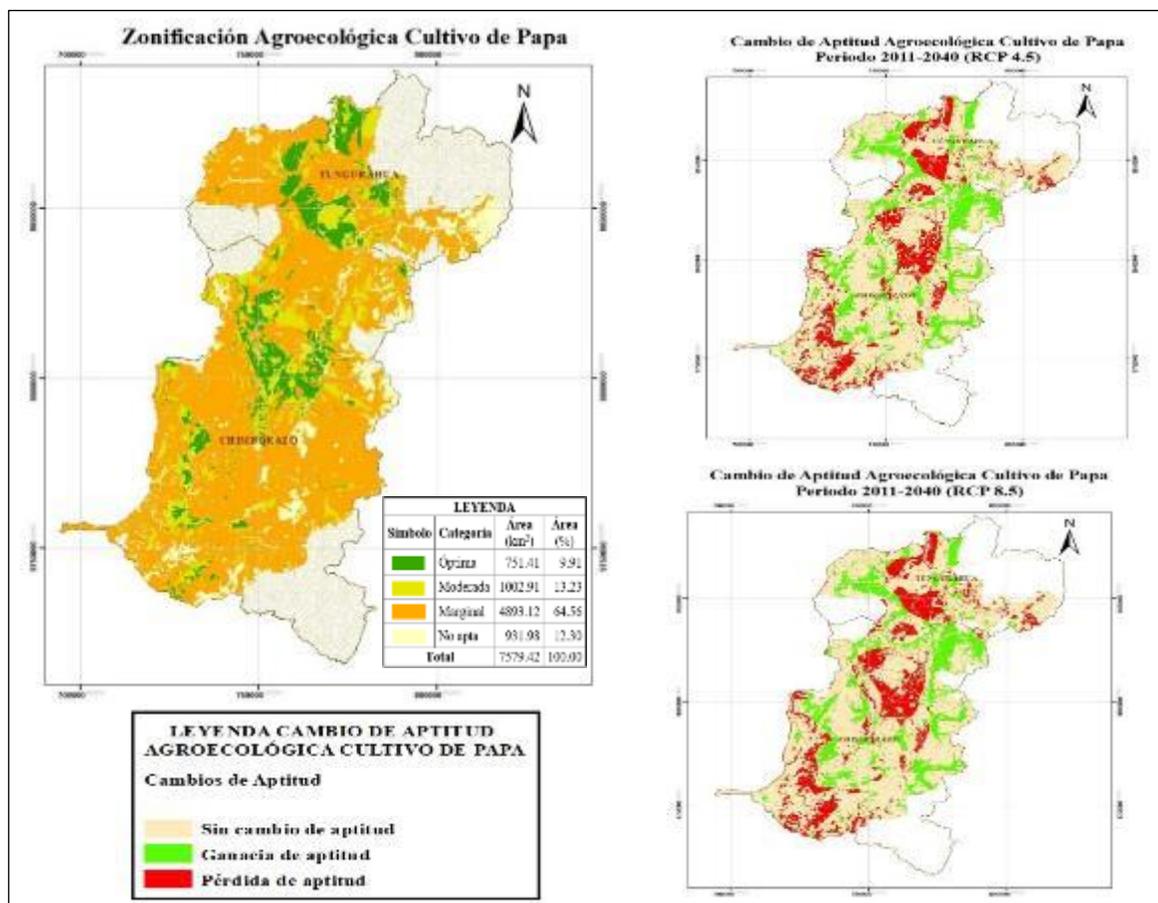


Figura 9. Cambio en la aptitud agroecológica para el cultivo de papa bajo dos escenarios de cambio climático. Chimborazo - Tungurahua periodo 2011-2040.

Por su lado para el periodo 2041 a 2070 como se observa en la Tabla 11, el cambio en la aptitud agroecológica para el cultivo de papa más representativo bajo un escenario RCP 4.5, lo experimentará también la categoría óptima, con la pérdida de al menos un grado de aptitud en el 53.84% de su superficie con respecto al área del 2016. El cambio menos representativo en este caso será la pérdida de al menos un grado de aptitud de la categoría moderada con una variación de 6.45%.

Esta dirección de cambios se mantiene para el escenario RCP 8.5 (Tabla 11), siendo el más representativo el experimentado por la categoría óptima, la cual sufrirá la pérdida de al menos un grado de aptitud en el 67.24% de su superficie con respecto al área del 2016 y el cambio menos representativo será la pérdida de al menos un grado de aptitud de la categoría moderada con una variación de 13.78%. La representación gráfica de las líneas de cambio bajo estos dos escenarios se presenta en la Figura 10.

Tabla 11

Matriz de cambio en la aptitud agroecológica para el cultivo de papa bajo dos escenarios de cambio climático. Chimborazo - Tungurahua periodo 2041-2070.

Categoría	2016		AÑO 2070					
	Área (km ²)	Área del Total (%)	RCP 4.5			RCP 8.5		
			Ganancia Área* (%)	Pérdida Área* (%)	Cambio neto Área* (%)	Ganancia Área* (%)	Pérdida Área* (%)	Cambio neto Área* (%)
Óptima	751,41	9,91%	0,00%	53,84%	-53,84%	0,00%	67,24%	-67,24%
Moderada	1002,91	13,23%	34,42%	40,88%	-6,47%	26,83%	40,61%	-13,78%
Marginal	4893,12	64,56%	24,84%	7,11%	17,72%	29,17%	6,57%	22,59%
No apta	931,98	12,30%	20,41%	0,00%	20,41%	20,99%	0,00%	20,99%

* % respecto al total de la categoría en 2016

La papa es un cultivo con bajos requerimientos de precipitación y temperatura, por lo cual tal como lo indican los resultados los impactos negativos (zonas que pierden al menos un grado de aptitud) predominan sobre los positivos (zonas donde la aptitud del cultivo tendería a incrementar), ya que las dos variables climáticas (temperatura y precipitación) en la sierra centro del Ecuador tienden a presentar valores superiores a los actuales, bajo cualquiera de los escenarios climáticos (Armeta *et al.*, 2016). Sin dejar de existir zonas donde la aptitud del cultivo se mantiene ya que los cambios en estas variables no son tan significativos respecto a la aptitud agroecológica.

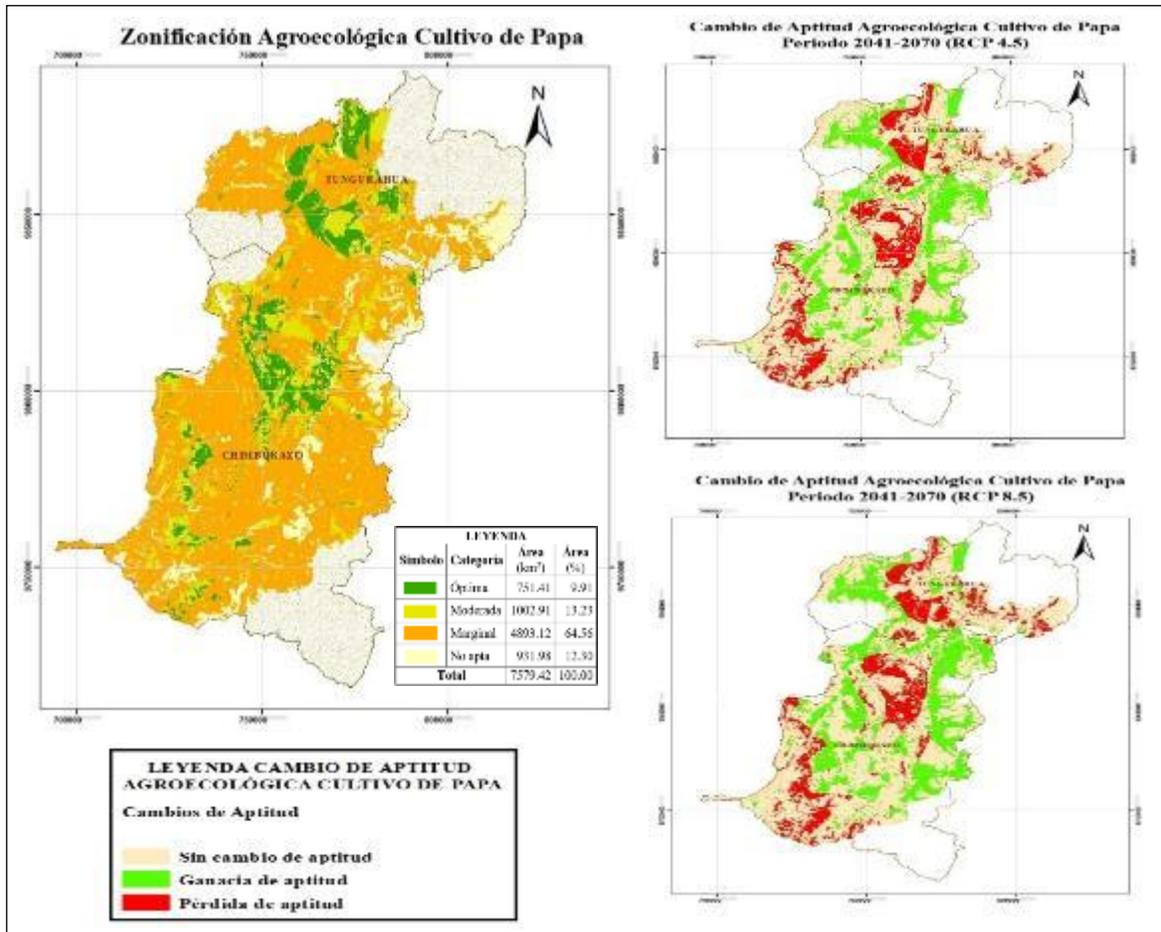


Figura 10. Cambio en la aptitud agroecológica para el cultivo de papa bajo dos escenarios de cambio climático. Chimborazo - Tungurahua periodo 2041-2070.

En este contexto, debido a que la papa es una de las especies de plantas más sensibles al estrés hídrico (es sensible tanto la insuficiencia como el exceso de la lluvia), pues el exceso de agua en el suelo, provoca un desarrollo pobre de las raíces de la papa y la pudrición de los tubérculos recién formados (Pino 2015). De igual manera, las altas temperaturas perjudican el contenido de materia seca y la formación de almidón afectando el desarrollo de la planta y del tubérculo y, provocando una caída en los rendimientos (Quiroz *et al.*, 2012).

Con estos escenarios ante los cambios en las condiciones climáticas, como señala Pliska (2008) los productores tienen tres opciones a seguir (p. 9):

- **Abandono de la producción.** Los agricultores de las zonas en donde el cambio de aptitud es severo, esto es hacia zonas no aptas (como los productores de la zona sur del cantón Quero de la provincia de Tungurahua), tendrán que contemplar la posibilidad de abandonar el cultivo de papa, como medida de adaptación extrema.
- **Expansión a nuevas zonas.** En otras zonas, el cultivo de papa se ve posibilitado o puede ser intensificado como consecuencia del cambio de aptitud hacia niveles moderados u óptimos. Las nuevas zonas aptas para el cultivo de papa en el futuro no son necesariamente una oportunidad: estas áreas pueden ser zonas de páramos, áreas protegidas o áreas de recarga hídrica, lo que podría dar lugar a conflictos por aumento de presión sobre estos recursos (como puede ser el caso de los productores de la zona del nororiente del cantón Santiago de Píllaro en Tungurahua ubicados a las cercanías del parque nacional Llanganates).
- **Adaptación de la producción.** En muchas zonas, los productores no tendrán la posibilidad de cambiar sus tierras por otras de mayor aptitud, será necesario implementar medidas de adaptación para mantener la producción o reducir las pérdidas de rendimiento.

4.1.2. Cambios de distribución del agroecosistema

En el área de estudio se identifican 14 Zonas de vida de Holdridge que abarcan desde el bosque muy húmedo premontano hacia la zona nor-oriental y la estepa espinosa montano bajo hacia la zona sur-occidental hasta la tundra pluvial en la Reserva de Protección “Chimborazo”; siendo tres zonas de vida las que llegan a cubrir el 84,64% del área de las dos provincias en estudio (Chimborazo y Tungurahua), estas son: el bosque húmedo montano con el 45,06%, seguida del bosque muy húmedo montano con el 25,75% y el bosque seco montano bajo con el 13,83% de la superficie.

El cambio en la distribución de las ZVH en el área de estudio más representativo durante el período 2011 a 2040 bajo un escenario RCP 4.5, como se observa en la Tabla 12, lo experimentará el bosque húmedo montano, con la pérdida del 4,21% de su superficie con respecto al área del 2016. El cambio menos representativo será el incremento de superficie de la zona de vida tundra pluvial alpino en un 0,01% con respecto al área del 2016. Además, se puede identificar la aparición de una nueva zona de vida, que corresponde al bosque seco tropical en el 0,16% de la superficie del área de estudio. La representación gráfica de los cambios en la distribución de las zonas de vida bajo este escenario se presenta en la Figura 11.

Tabla 12
Matriz de cambio en la distribución de las ZVH para el periodo 2011-2040 en Chimborazo y Tungurahua bajo un escenario de cambio climático RCP 4.5.

Zonas de Vida	2016		AÑO 2040		Cambio neto (%)
	Área (km ²)	Área (%)	RCP 4.5		
			Ganancia Área (%)	Pérdida Área (%)	
Bosque pluvial montano	45,972	0,468	1,467	0,074	1,393
Bosque muy húmedo montano bajo	380,913	3,879	0,868	0,377	0,492
Bosque muy húmedo premontano	51,422	0,524	0,449	0,002	0,447
Páramo pluvial subalpino	132,160	1,346	0,131	0,345	-0,214
Bosque muy húmedo montano	2529,034	25,752	2,826	2,810	0,016
Bosque húmedo montano bajo	546,159	5,561	1,270	0,891	0,380
Bosque húmedo premontano	17,717	0,180	0,061	0,175	-0,114
Tundra pluvial alpino	0,687	0,007	0,010	0,000	0,010
Páramo muy húmedo subalpino	143,228	1,458	0,035	0,553	-0,518
Bosque húmedo montano	4425,681	45,064	0,800	5,010	-4,210
Bosque seco montano bajo	1357,756	13,825	2,522	1,302	1,220
Bosque seco premontano	188,129	1,916	0,554	0,037	0,517
Estepa montano	0,049	0,001	0,121	0,001	0,121
Estepa espinosa montano bajo	1,974	0,020	0,299	0,000	0,299
Bosque seco tropical	0,000	0,000	0,162	0,000	0,162

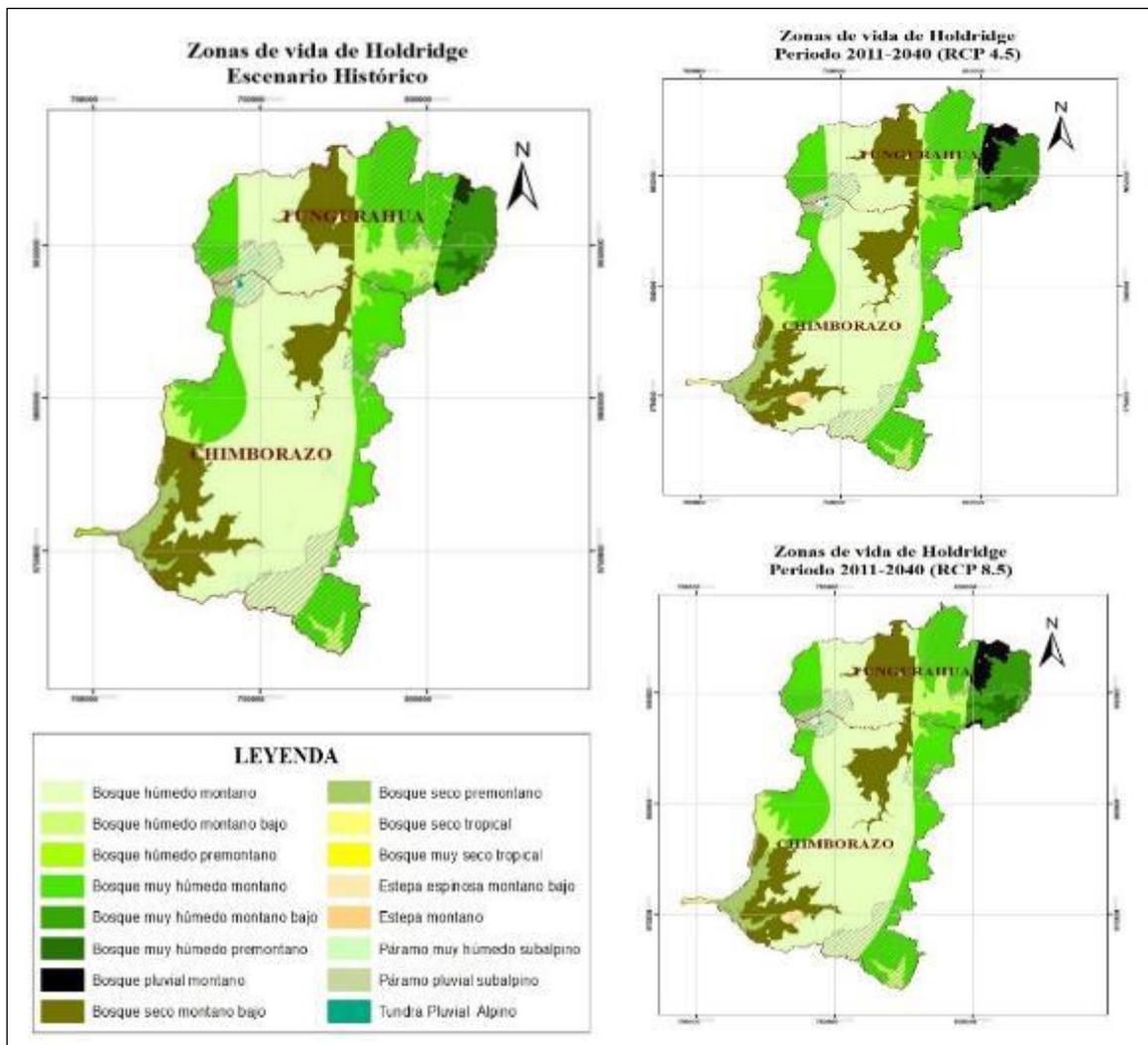


Figura 11. Mapas de zona de vida actual y para el periodo 2011-2040 en Chimborazo y Tungurahua bajo dos escenarios de cambio climático.

Para el escenario RCP 8.5 como lo muestra la Tabla 13, se mantiene el mismo sentido de los cambios, pero se hacen más evidentes, siendo el más representativo el experimentado por el bosque húmedo montano, con la pérdida del 4,61% de su superficie con respecto al área del 2016. El cambio menos representativo será el incremento de superficie de la zona de vida tundra pluvial alpino en un 0,005% con respecto al área del 2016. Además, se puede identificar que la nueva zona de vida bosque seco tropical se extiende al 0,16% de la superficie del área de estudio. La representación gráfica de los cambios en la distribución de las zonas de vida bajo estos dos escenarios se presenta en la Figura 11.

Tabla 13
Matriz de cambio en la distribución de las ZVH para el periodo 2011-2040 en Chimborazo y Tungurahua bajo un escenario de cambio climático RCP 8.5.

Zonas de Vida	2016		AÑO 2040		Cambio neto (%)
	Área (km ²)	Área (%)	Ganancia	Pérdida	
			Área (%)	Área (%)	
Bosque pluvial montano	45,972	0,468	1,487	0,078	1,409
Bosque muy húmedo montano bajo	380,913	3,879	0,884	0,406	0,477
Bosque muy húmedo premontano	51,422	0,524	0,481	0,001	0,479
Páramo pluvial subalpino	132,160	1,346	0,135	0,393	-0,258
Bosque muy húmedo montano	2529,034	25,752	3,116	2,793	0,323
Bosque húmedo montano bajo	546,159	5,561	1,275	0,930	0,345
Bosque húmedo premontano	17,717	0,180	0,075	0,174	-0,100
Tundra pluvial alpino	0,687	0,007	0,007	0,002	0,005
Páramo muy húmedo subalpino	143,228	1,458	0,027	0,577	-0,550
Bosque húmedo montano	4425,681	45,064	0,737	5,345	-4,608
Bosque seco montano bajo	1357,756	13,825	2,674	1,222	1,453
Bosque seco premontano	188,129	1,916	0,559	0,047	0,512
Estepa montana	0,049	0,001	0,099	0,000	0,098
Estepa espinosa montano bajo	1,974	0,020	0,251	0,000	0,251
Bosque seco tropical	0,000	0,000	0,165	0,000	0,165

En ambos escenarios para el periodo 2011-2040, la mayoría de los cambios se dieron hacia ZV de pisos altitudinales más bajos (Tabla 14). El Bosque húmedo montano sufre una de los cambios más notorios tanto por la extensión de la zona de vida (45,06% del área de estudio) como por el porcentaje de cambio (4,21% bajo el RCP 4.5 y el 4,68% bajo el 85), siendo su cambio principalmente hacia dos ZV, bosque muy húmedo montano y bosque seco montano bajo. Otras ZV con cambios notables son: el bosque muy húmedo montano (52% de la pérdida de su área), que cambió a bosque pluvial montano; el bosque seco montano bajo (43%) hacia bosque seco premontano; el bosque húmedo montano bajo (73%), en su mayoría hacia bosque muy húmedo montano bajo, y el páramo muy húmedo subalpino (64%), en su mayoría a bosque húmedo montano. Cabe resaltar otras ZV cuyo cambio porcentual es significativo, pero abarcan una menor extensión en la zona de estudio. Tal es el caso del bosque pluvial montano con una extensión de más de 45,97 km² y un cambio del 1,4% (aproximadamente en los dos escenarios) de su área original a bosque muy húmedo montano bajo.

Tabla 14
Principales direcciones de cambio de las Zonas de vida de Holdridge para el periodo 2011-2040 en Chimborazo y Tungurahua bajo dos escenarios de cambio climático.

Zonas de Vida	Periodo 2011 - 2040	
	Principales direcciones de cambio para el escenario RCP 4.5	Principales direcciones de cambio para el escenario RCP 8.5
Bosque húmedo montano	Bosque muy húmedo montano: 48%	Bosque muy húmedo montano: 45%
	Bosque seco montano bajo: 48%	Bosque seco montano bajo: 45 %
Bosque muy húmedo montano	Bosque pluvial montano: 52%	Bosque pluvial montano: 52 %
	Bosque húmedo montano bajo: 28%	Bosque húmedo montano bajo: 28%
Bosque seco montano bajo	Bosque seco premontano: 43%	Bosque seco premontano: 45%
	Bosque húmedo montano bajo: 34%	Bosque húmedo montano bajo: 36%
Bosque húmedo montano bajo	Bosque muy húmedo montano bajo: 73%	Bosque muy húmedo montano bajo: 75%
Bosque muy húmedo montano bajo	Bosque muy húmedo premontano: 99%	Bosque muy húmedo premontano: 92%
	Bosque seco tropical: 52%	Bosque seco tropical: 41%
Bosque seco premontano	Bosque húmedo premontano: 36%	Bosque húmedo premontano: 28%
	Bosque muy seco tropical: 2%	Bosque muy seco tropical: 1%
Páramo muy húmedo subalpino	Bosque húmedo montano: 64%	Bosque húmedo montano: 61%
Páramo pluvial subalpino	Bosque muy húmedo montano: 96%	Bosque muy húmedo montano: 85%
Bosque muy húmedo premontano	Bosque muy húmedo montano bajo: 100%	Bosque muy húmedo montano bajo: 100%
Bosque pluvial montano	Bosque muy húmedo montano bajo: 100%	Bosque muy húmedo montano bajo: 95%
Bosque húmedo premontano	Bosque seco tropical: 81%	Bosque seco tropical: 82%
Estepa espinosa montano bajo	-	-
Tundra pluvial alpino	-	Páramo pluvial subalpino: 53%
	-	Páramo muy húmedo subalpino: 47%
Estepa montano	Estepa espinosa montano bajo: 100%	Estepa espinosa montano bajo: 100%

Por su lado como se observa en la Tabla 15, para el periodo 2041 a 2070 se evidencian cambios más notorios, siendo el cambio más representativo bajo el escenario RCP 4.5, el experimentado por el bosque húmedo montano, con una pérdida del 9,13% de su superficie con respecto al área del 2016, seguido por el cambio experimentado por el bosque seco montano bajo el cual incrementa su superficie en un 4,24% con respecto al área del 2016. El cambio menos representativo en este caso, lo experimentan el bosque húmedo premontano y la estepa montana, que incrementan su superficie en un 0,043% y 0,044% respectivamente, con respecto al área del 2016. Además, para este periodo se puede identificar la aparición de dos nuevas Zonas de Vida, estas son: el bosque seco tropical y el bosque muy seco tropical, que se extienden respectivamente en el 0,18% y 0,05% de la superficie del área de estudio. La representación gráfica de los cambios en la distribución de las zonas de vida bajo este escenario se presenta en la Figura 12.

Tabla 15
Matriz de cambio en la distribución de las ZVH para el periodo 2041-2070 en Chimborazo y Tungurahua bajo un escenario de cambio climático RCP 4.5.

Zonas de Vida	2016		AÑO 2070		
	Área (km ²)	Área (%)	RC 45		Cambio neto (%)
			Ganancia Área (%)	Pérdida Área (%)	
Bosque pluvial montano	45,972	0,468	1,525	0,129	1,396
Bosque muy húmedo montano bajo	380,913	3,879	1,351	0,810	0,541
Bosque muy húmedo premontano	51,422	0,524	0,950	0,000	0,950
Páramo pluvial subalpino	132,160	1,346	0,180	0,776	-0,596
Bosque muy húmedo montano	2529,034	25,752	4,641	3,731	0,910
Bosque húmedo montano bajo	546,159	5,561	2,702	1,144	1,558
Bosque húmedo premontano	17,717	0,180	0,222	0,178	0,043
Tundra pluvial alpino	0,687	0,007	0,000	0,000	0,000
Páramo muy húmedo subalpino	143,228	1,458	0,002	1,144	-1,142
Bosque húmedo montano	4425,681	45,064	0,820	9,947	-9,127
Bosque seco montano bajo	1357,756	13,825	6,091	1,852	4,239
Bosque seco premontano	188,129	1,916	0,883	0,093	0,789
Estepa montana	0,049	0,001	0,045	0,001	0,044
Estepa espinosa montano bajo	1,974	0,020	0,158	0,020	0,138
Bosque seco tropical	0,000	0,000	0,183	0,000	0,183
Bosque muy seco tropical	0,000	0,000	0,053	0,000	0,053

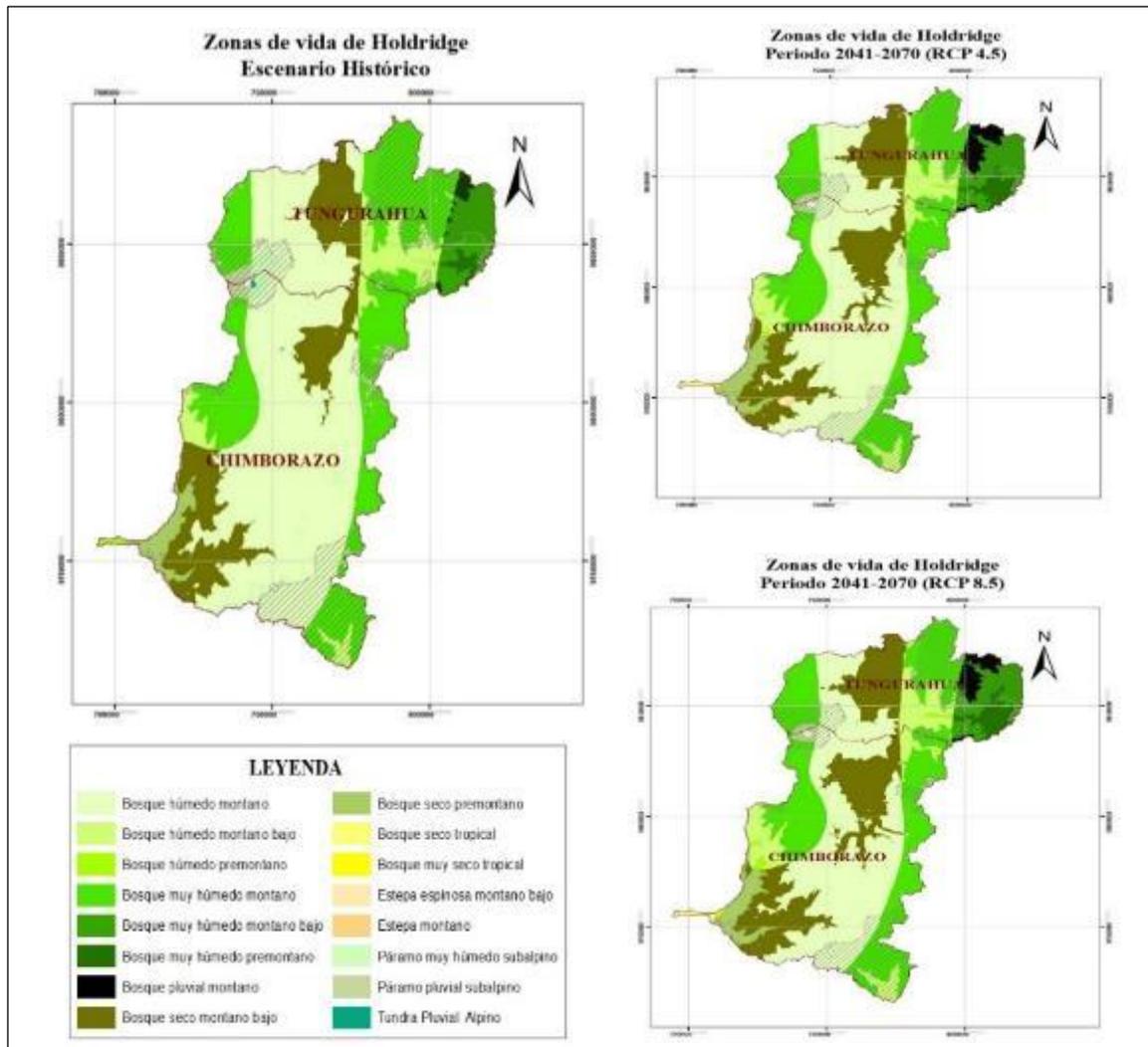


Figura 12. Mapas de zona de vida actual y para el periodo 2041-2070 en Chimborazo y Tungurahua bajo dos escenarios de cambio climático.

Para el escenario RCP 8.5 como se observa en la Tabla 16, se mantiene el mismo sentido de los cambios, pero se hacen más evidentes, siendo el más representativo el experimentado por el bosque húmedo montano, con una pérdida que alcanza el 13,08% de su superficie con respecto al área del 2016, seguido por el cambio experimentado por el bosque seco montano bajo el cual incrementa su superficie en un 5,91% con respecto al área del 2016. El cambio menos representativo en este caso lo experimenta la tundra pluvial alpino con una pérdida del 0,002% de su superficie con respecto al área del 2016. En este escenario se puede identificar además que las dos nuevas zonas de vida incrementan aún más su superficie, así

en el caso del bosque seco tropical se alcanza un incremento de 0,25% y en el caso del bosque muy seco tropical un incremento del 0,06% de la superficie con respecto del área de estudio. La representación gráfica de los cambios en la distribución de las zonas de vida bajo este escenario se presenta en la Figura 12.

Tabla 16

Matriz de cambio en la distribución de las ZVH para el periodo 2041-2070 en Chimborazo y Tungurahua bajo un escenario de cambio climático RCP 8.5.

Zonas de Vida	2016		AÑO 2070		
	Área (km ²)	Área (%)	RCP 8.5		Cambio neto (%)
			Ganancia Área (%)	Pérdida Área (%)	
Bosque pluvial montano	45,972	0,468	1,536	0,189	1,347
Bosque muy húmedo montano bajo	380,913	3,879	1,648	1,156	0,492
Bosque muy húmedo premontano	51,422	0,524	1,362	0,000	1,362
Páramo pluvial subalpino	132,160	1,346	0,241	0,904	-0,663
Bosque muy húmedo montano	2529,034	25,752	6,350	4,594	1,756
Bosque húmedo montano bajo	546,159	5,561	4,115	1,333	2,783
Bosque húmedo premontano	17,717	0,180	0,467	0,179	0,288
Tundra pluvial alpino	0,687	0,007	0,000	0,002	-0,002
Páramo muy húmedo subalpino	143,228	1,458	0,000	1,328	-1,328
Bosque húmedo montano	4425,681	45,064	0,774	13,850	-13,077
Bosque seco montano bajo	1357,756	13,825	8,455	2,542	5,913
Bosque seco premontano	188,129	1,916	1,022	0,184	0,838
Estepa montana	0,049	0,001	0,000	0,000	0,000
Estepa espinosa montano bajo	1,974	0,020	0,000	0,020	-0,020
Bosque seco tropical	0,000	0,000	0,249	0,000	0,249
Bosque muy seco tropical	0,000	0,000	0,063	0,000	0,063

Al igual que en el periodo anterior, la mayoría de los cambios en ambos escenarios se dieron hacia ZV de pisos altitudinales más bajos, lo relevante en este período (2041-2070) es que los cambios hacia zonas de vidas de provincias de menor humedad se hacen más notorios (Tabla 17). El cambio más notable lo sigue sufriendo el bosque húmedo montano (por extensión de la zona de vida y por el porcentaje de cambio), que cambió principalmente hacia bosque seco montano bajo. Otras ZV con cambios relevantes son: el bosque muy húmedo montano (49% de la pérdida de su área) hacia a bosque húmedo montano bajo; el bosque seco montano bajo (48%) hacia bosque seco premontano; el bosque húmedo montano bajo (79%), en su mayoría hacia bosque muy húmedo montano bajo, y el páramo muy húmedo subalpino (68%), en su mayoría a bosque húmedo montano.

Tabla 17

Principales direcciones de cambio de las Zonas de vida de Holdridge para el periodo 2041-2070 en Chimborazo y Tungurahua bajo dos escenarios de cambio climático.

Zonas de Vida	Periodo 2041 - 2070	
	Principales direcciones de cambio para el escenario RCP 4.5	Principales direcciones de cambio para el escenario RCP 8.5
Bosque húmedo montano	Bosque seco montano bajo: 61%	Bosque seco montano bajo: 61%
	Bosque muy húmedo montano: 37%	Bosque muy húmedo montano: 37%
Bosque muy húmedo montano	Bosque húmedo montano bajo: 49%	Bosque húmedo montano bajo: 55%
	Bosque pluvial montano: 41%	Bosque pluvial montano: 33%
Bosque seco montano bajo	Bosque seco premontano: 48%	Bosque húmedo montano bajo: 51%
	Bosque húmedo montano bajo: 41%	Bosque seco premontano: 40%
Bosque húmedo montano bajo	Bosque muy húmedo montano bajo: 79%	Bosque muy húmedo montano bajo: 70%
Bosque muy húmedo montano bajo	Bosque muy húmedo premontano: 100%	Bosque muy húmedo premontano: 100%
Bosque seco premontano	Bosque muy seco tropical: 56%	Bosque seco tropical: 58%
	Bosque seco tropical: 43%	Bosque muy seco tropical: 34%
Páramo muy húmedo subalpino	Bosque húmedo montano: 68%	Bosque húmedo montano: 58%
Páramo pluvial subalpino	Bosque muy húmedo montano: 98%	Bosque muy húmedo montano: 99%
Bosque muy húmedo premontano	-	-
Bosque pluvial montano	Bosque muy húmedo montano bajo: 100%	Bosque muy húmedo montano bajo: 100%
Bosque húmedo premontano	Bosque seco tropical: 80%	Bosque seco tropical: 80%
Estepa espinosa montano bajo	-	Bosque seco montano bajo: 100%
Tundra pluvial alpino	-	Páramo pluvial subalpino: 100%
Estepa montano	Estepa espinosa montano bajo: 100%	Bosque seco montano bajo: 60%

Cabe resaltar otras ZV cuyo cambio porcentual es significativo, pero abarcan una menor extensión en la zona de estudio. Tal es el caso del bosque pluvial montano con una extensión de más de 45,97 km² y un cambio del 1,38% (aproximadamente en los dos escenarios) de su área original a bosque muy húmedo montano bajo.

Para los dos escenarios climáticos evaluados en el presente trabajo, como se observa en la Figura 13, aparecen zonas de vida de clima caliente y seco. El bosque seco tropical durante el periodo 2011-2040 y, los bosques: seco tropical y muy seco tropical en el periodo 2041-2070, originadas por la pérdida de área de las zonas: bosque seco premontano y bosque húmedo premontano. Otras zonas de vida de clima caliente como: el bosque seco montano bajo, bosque seco premontano y la estepa espinosa montano bajo, incrementan su superficie en ambos escenarios y ambos periodos, debido a la pérdida de área de las zonas: bosque húmedo montano, bosque seco montano bajo y estepa montana. Acorde a las proyecciones climáticas de precipitación y temperatura para Ecuador, en la sierra centro bajo cualquiera de los escenarios climáticos, se han previsto un aumento en las temperaturas (Armeta *et al.* 2016), lo cual puede estar relacionado con la aparición de este tipo de ZV más secas.

La tendencia general en la distribución de los ecosistemas hacia provincias de humedad más secas y generalmente en zonas altitudinales menores, se refleja en la amenaza a ecosistemas como el páramo pluvial subalpino y páramo muy húmedo subalpino, zonas de vida que bajo todos los escenarios sufren pérdida de área. El páramo, que para el periodo 2041-2070 prácticamente desaparece, además de ser sensible por su pequeña extensión, tendría muy poca capacidad de adaptación al ser un ecosistema de montaña que no puede migrar a zonas con las condiciones adecuadas para su establecimiento (menor temperatura y mayor elevación) (IPCC 2002, Biringer et ál. 2005, Reid y Huq 2005, Karmalkar et ál. 2008).

En el caso del bosque seco premontano, la transformación a bosque muy seco tropical refleja también las anomalías o cambios climáticos de los modelos propuestos, y coincide con los resultados de Jiménez *et al.* (2010) en Centroamérica, donde se vienen incrementado las superficies de las zonas secas y muy secas.

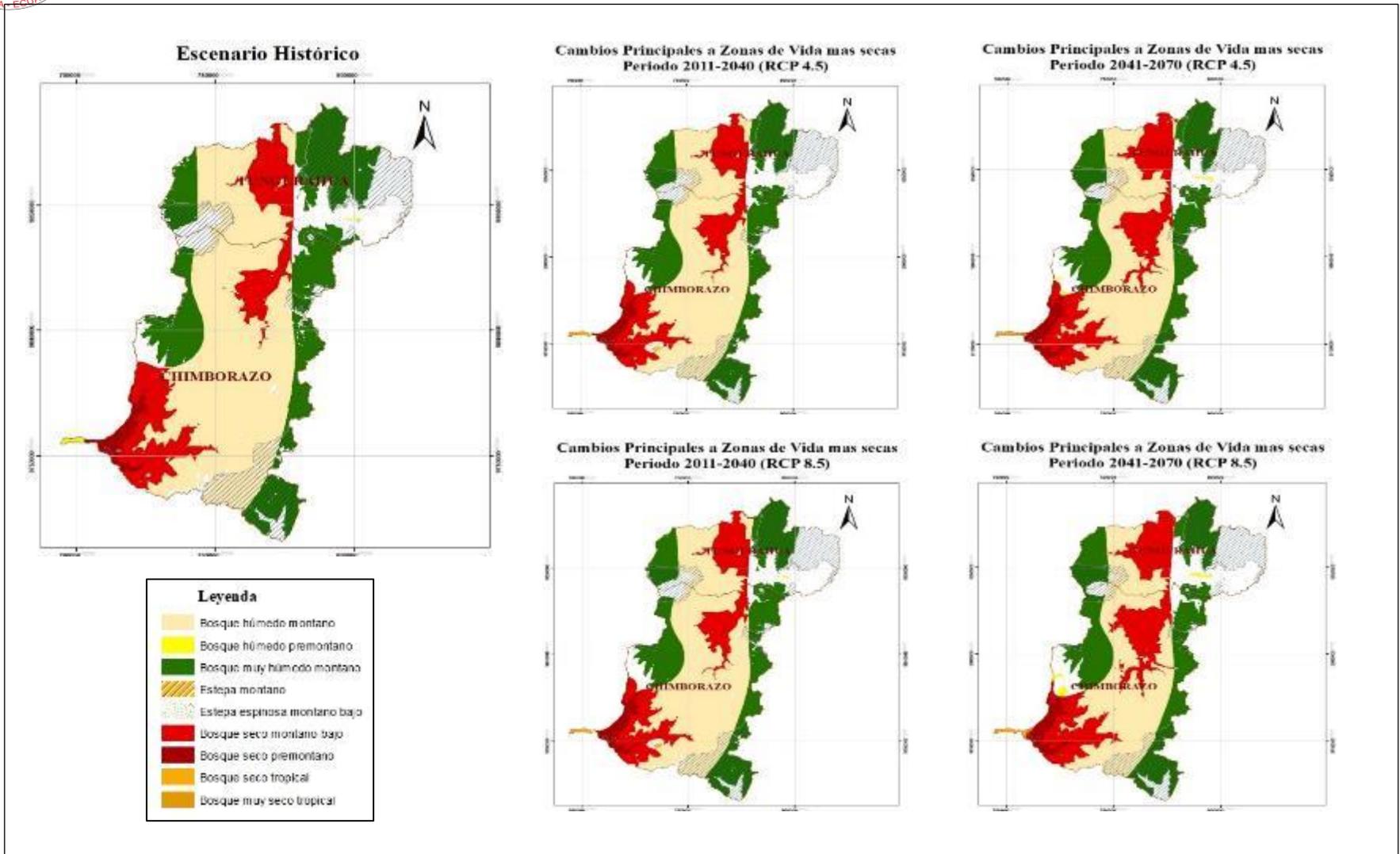


Figura 13. Distribución actual de las principales zonas de vida y sus cambios potenciales hacia ecosistemas seco, para los periodos 2011-2040 y 2041-2070, en Chimborazo y Tungurahua, bajo dos escenarios de cambio climático.

La Universidad Rafael Landívar (2011) menciona como principales impactos sobre la biodiversidad, con cambios como estos en la distribución de las ZV, los siguientes:

- Cambios en la distribución de las especies a lo largo de gradientes, especialmente altitudinales, de humedad y temperatura;
- Cambios particulares en el calendario de eventos del ciclo biológico, o la fenología;
- Desacoplamiento de las interacciones de coevolución, como la relación planta-polinizador;
- Cambios diferenciados de las tasas demográficas de las especies, tal como la supervivencia y fecundidad;
- Reducciones en el tamaño de poblaciones;
- Extinción o extirpación de especies con poblaciones de rango restringido o aisladas;
- Pérdida directa de hábitats. Entre algunos factores de presión se encuentran el aumento del nivel del mar, los brotes de plagas y enfermedades, etc.;
- Aumento en la propagación de enfermedades de la fauna, parásitos y zoonosis;
- Aumento de la propagación de especies invasoras o no nativas, incluidas plantas, animales y agentes patógenos.

Ante estos escenarios para los productores de los sistemas agroalimentarios andinos basados en papa, ubicados principalmente en ecosistemas de montaña (cuyo acceso a recursos es limitado y directamente relacionado a los servicios ecosistémicos), se hace imprescindible implementar prácticas de agricultura climáticamente inteligente en sus sistemas.

Aunque el cambio observado en las ZV se debe al cambio climático, no se debe descartar el efecto de la fragmentación, la pérdida de hábitat y otros impactos de origen antropogénico que indudablemente afectan negativamente la disponibilidad de hábitat para la biodiversidad asociada a las ZV impactadas (IPCC 2002, Biringer et ál. 2005, Red y Huq 2005) y que no son tomados en cuenta bajo el presente enfoque.

4.2. Fase II. Evaluación huella de carbono producida por las actividades agrícolas de los sistemas agroalimentarios alto-andinos.

En promedio las fincas encuestadas (Tabla 18) producen 3.780,00 kilogramos de CO₂ equivalente por hectárea de cultivo de papa, existiendo fincas que emiten hasta 11.210,00 kilogramos y otras que emiten 782,16 kilogramos por hectárea. El tamaño promedio de las fincas encuestadas fue de 3,16 hectáreas, siendo 0,93 ha. las dedicadas en promedio a la producción de papa con una producción de 372 quintales/ hectárea

Tabla 18

Principales resultados de la caracterización de la huella de carbono de los sistemas AAbP

	Medida	Sumatoria	Promedio	Máximo	Mínimo
Datos Generales	Tamaño de la finca (ha)	98,01	3,16	23,00	0,05
	Tamaño del cultivo (ha)	28,77	0,93	4,00	0,01
	Producción total (qq)	11.549,00	372,55	2.875,00	5,00
	Producción (qq/ha)	12.195,47	393,40	907,03	31,89
	N° de especies cultivadas	131	4	8	1
	N° de especies variedades	98	3	8	1
Huella De Carbono	Producción de semillas	9.911,73	319,73	2.440,00	6,79
	Gestión de residuos	23.715,82	765,03	18.840,00	17,27
	Producción de fertilizantes	9.095,40	293,40	963,18	0,00
	Suelo / fertilizante	13.128,38	423,50	2.700,00	3,42
	Protección de cultivos	7.596,29	245,04	1.170,00	1,02
	Cambios en las reservas de carbono	54.389,89	1.754,51	10.030,00	0,00
	Uso de energía (campo)	1.432,75	46,22	281,33	0,00
	Transporte fuera de la granja	8.034,33	259,17	3.360,00	1,37
	Total finca (kg CO ₂ e)	127.304,59	4.106,60	34.440,00	40,72
	Total ha. (kg CO ₂ e)	117.250,43	3.780,00	11.210,00	782,16
	Emissiones por kg producido (kg CO ₂ e)	15,82	0,51	3,65	0,04
	Emissiones por qq producido (kg CO ₂ e)	711,73	22,96	164,44	1,66

La dispersión en los valores de las emisiones en estas fincas representados en la Figura 14, responde a la heterogeneidad de la agricultura familiar. Hay varios estudios que muestran la heterogeneidad y la diversidad de la agricultura familiar, convirtiéndola en una de sus características genuinas. Las principales diferencias recaen en la procedencia de la mano de obra (familiar o no familiar) y en el nivel de ingresos que se generan en el la producción agropecuaria, lo que determina los niveles de acceso a recursos y por ende el manejo y tamaño de los sistemas (Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola <<FIDA >>, 2014, p.6).

Desviación estándar

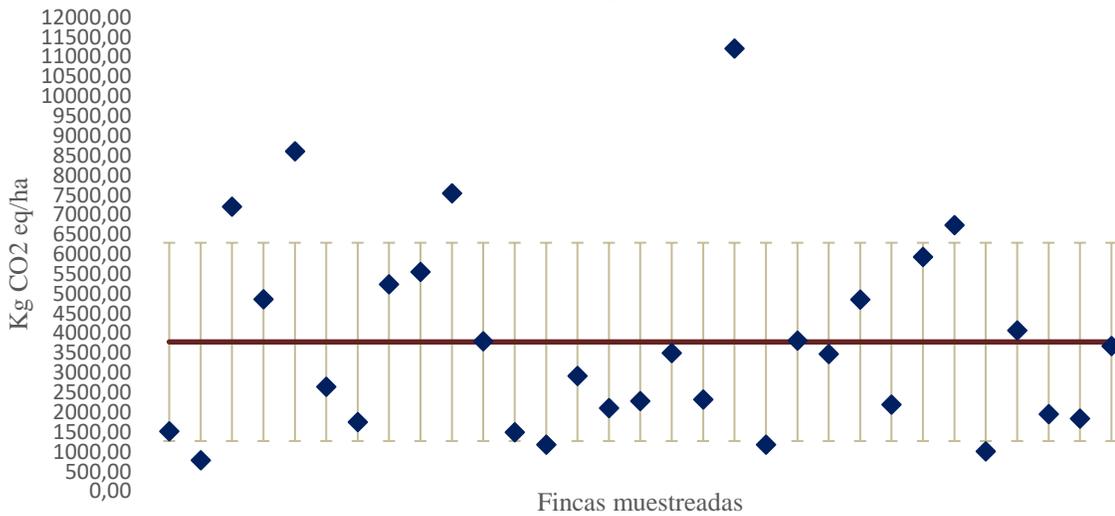


Figura 14. Desviación estándar de las Emisiones (kg CO₂e/ha) de las fincas muestreadas

De los resultados del análisis de clúster (Figura 15) se identificaron acorde a sus características, tres grupos de fincas, perteneciendo el mayor volumen de las fincas al grupo 1 y el menor volumen al grupo 3.

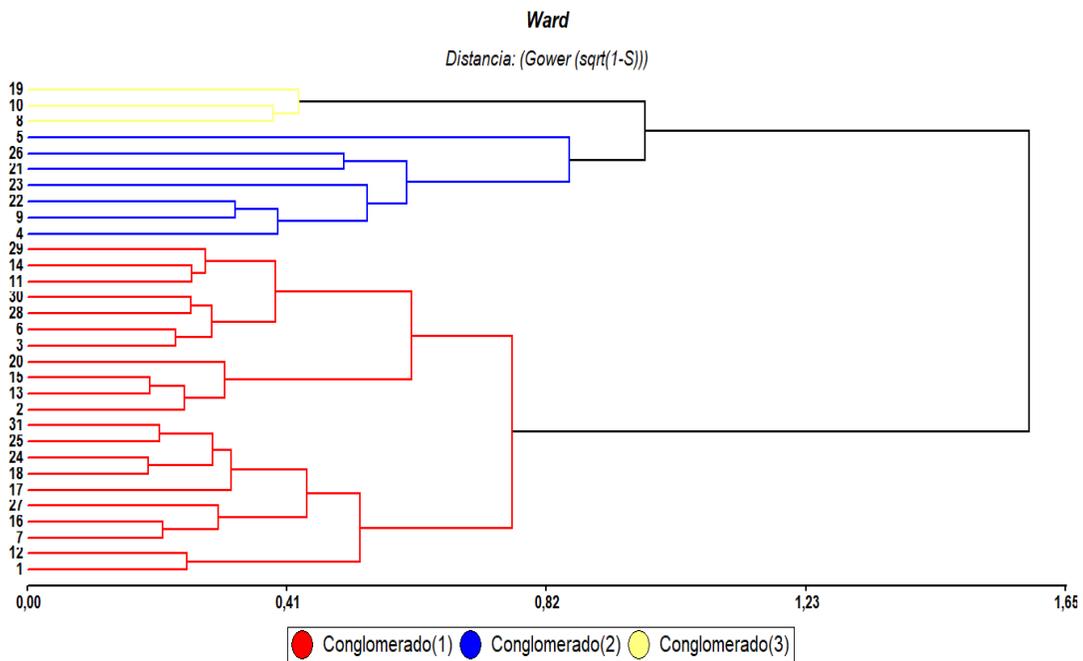


Figura 15. Dendrograma de identificación de grupos de fincas por características agronómicas

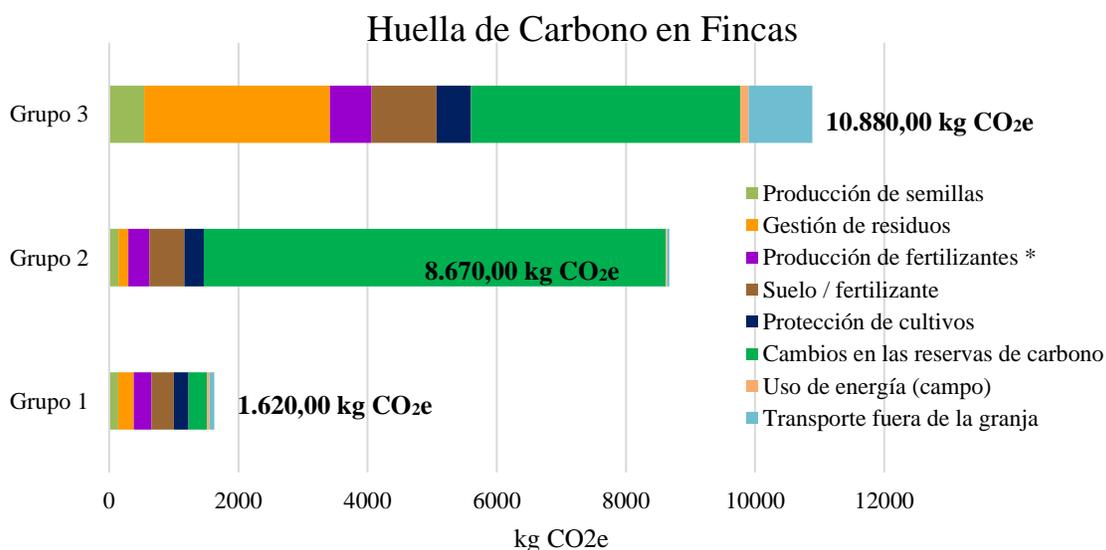
Las emisiones totales del grupo 1 llegan a los 1.620,00 kg CO_{2e}, las del grupo 2 a los 8.670,00 kg CO_{2e}, y las del grupo 3 hasta los 10.880,00 kg CO_{2e} (Figura 16). Esto principalmente debido a que en el primer grupo se encuentran las fincas más pequeñas con menor área de cultivo y presentan las siguientes características:

- Usan abono animal (pollinaza y vacuno),
- Sus suelos han permanecido arables por más de 20 años,
- Manejar pocas extensiones, por ende: el residuo, el transporte y el gasto de energía por la maquinaria de campo, es menor.

En el grupo 3 se encuentran las fincas con mayores extensiones totales y cultivadas, al tener mayor densidad de plantas presentan las siguientes características:

- Usan más semillas y generan más residuos,
- Usan dos tipos de maquinaria,
- Tienen 100% de fertilización química y
- Transportan más volumen de producción.

Finalmente, en el grupo 2 se encontró que el 100% de los campos cambiaron de uso de suelo de pasto a arable, y han eliminado árboles de su finca los últimos años.



*Calculado con valores predeterminados validados para la producción de fertilizante

Figura 16. Análisis comparativo de la huella de carbono entre los grupos identificados

La composición de la Huella de carbono de los sistemas en estudio se presenta en la Figura 17. Los cambios en las reservas de carbono es el componente con mayor aporte de GEI con el 43%, ya que la gran mayoría de las fincas han transformado pastizales, bosques o páramos a tierras cultivables; han cambiado su sistema de labranza y han eliminado árboles de sus sistemas. Con el cambio del uso de los suelos, se pierde gran cantidad de carbono que se emite a la atmósfera en forma de CO₂, lo que contribuye, en gran medida, al enriquecimiento de los gases de efecto invernadero (Don, Schumacher y Freibauer, 2011, p.55). De igual manera, los cambios hacia convencional acentúan las emisiones de CO₂ al reducir la estabilidad de los agregados del suelo, exponiendo carbono orgánico del suelo encapsulado a la degradación microbiana, y alterando el microclima del suelo (Six *et al.*, 2002, p.65).



*Calculado con valores predeterminados validados para la producción de fertilizante

Figura 17. Composición porcentual de la Huella de Carbono de los sistemas AAbP

La gestión de los residuos de cosecha es el segundo componente con mayor aportación de GEI con el 19% (Figura 17), esto debido a que en la mayoría de los sistemas los residuos se dejan distribuidos en el campo sin tratar e inclusive un pequeño porcentaje de los productores queman estos residuos. Las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) de

los residuos agrícolas no tratados consisten en el gas óxido nitroso proveniente de la descomposición del nitrógeno de los residuos agrícolas depositados en suelos gestionados. En el caso de la combustión de residuos agrícolas, los GEI consisten en los gases metano y óxido nitroso producidos por la combustión de estos residuos (FAO, 2015, p.78 y 88).

El empleo de fertilizantes (uso y producción) y plaguicidas, actividades que implican la introducción de insumos externos en la finca, en conjunto alcanzan el 23% de las emisiones (Figura 17). En el caso de los fertilizantes este valor se atribuye principalmente al uso de fertilizantes químicos nitrogenados usados por los productores. Las emisiones GEI procedentes de los fertilizantes sintéticos consisten en el gas óxido nitroso generado por las adiciones de nitrógeno sintético a los suelos gestionados. En tanto que las emisiones generadas por el empleo de plaguicidas se refieren principalmente a los GEI procedentes del empleo de insecticidas y fungicidas (FAO, 2015, p.61).

El promedio la huella de carbono de los sistemas agroalimentarios andinos basados en papa es de 0,51 kilogramos de CO₂ equivalente por kg de papa producido. Resultado similar a los reportados en la tesis de Yandún (2018) con huellas de carbono que varían desde 0,38 kg CO₂e/kg papa producido para fincas agroecológicas, hasta 1,52 kg CO₂e/kg papa producido para fincas convencionales.

Por un lado, esta comparación nos proporciona indicios de que es posible gestionar de mejor manera las actividades agrícolas para reducir la huella de carbono de estos sistemas. Por otro, la identificación de los principales componentes de emisión y sus características constituye la base sobre la cual definir los esfuerzos de reducción de emisiones.

4.3. Fase III. Selección de prácticas de agricultura climáticamente inteligentes para la conservación del recurso biológico *Solanum tuberosum* aplicables a los sistemas agroalimentarios alto-andinos.

Los actores sociales clave del cultivo de papa, teniendo como elementos diagnósticos los resultados de las fases I y II del presente estudio y utilizando los cuatro criterios de decisión

detallados en el capítulo III, como se presenta en la Tabla 19, seleccionaron doce de las treinta y siete prácticas propuestas inicialmente, consideradas por su potencial de aplicación en los sistemas andinos agroalimentarios basados en papa, entre ellas se encontró cinco prácticas de manejo de suelo, cuatro de manejo de agua y tres del manejo de cultivo.

Tabla 19

Prácticas con potencial de aplicación seleccionadas por los actores sociales clave del cultivo de papa

Área	Prácticas
Manejo de suelo	Introducción de árboles en el sistema
	Labranza de conservación
	Abonos verdes
	Uso eficiente de fertilizantes
	Abonos orgánicos y biofermentos
Manejo de agua	Cosecha de agua lluvia
	Reservorios
	Métodos de aplicación de riego eficiente
	Sistemas de alerta temprana para heladas
Manejo de cultivo	Variedades tolerantes al estrés hídrico
	Manejo integrado de plagas - MIP
	Manejo de tubérculo-semilla

Acorde a la evaluación de los actores sociales clave del cultivo de papa presentada en la Figura 18, las prácticas con mayor contribución al pilar adaptación son: la cosecha de agua lluvia, variedades tolerantes al estrés hídrico, introducción de árboles en el sistema, manejo de tubérculo-semilla y métodos de aplicación de riego eficiente. El CIAT y el CCAFS (2016) mencionan que todas aquellas prácticas e innovaciones que aumenten la disponibilidad o se enfoquen en reducir el consumo de agua a través de una mayor eficiencia en el uso del agua en agricultura de secano o en sistemas de riego son un mecanismo importante de adaptación a largo plazo. En tanto que, prácticas agroforestales aumentan la capacidad de absorción del suelo y reducen la evapotranspiración entregando a los productores elementos que incrementan su capacidad de adaptación y reducen su vulnerabilidad al cambio climático. Por su lado la FAO (2008) afirma que a medida que continúe el calentamiento global, la adaptación a largo plazo será indispensable. Esto se puede lograr por medio del desarrollo y siembra de variedades de cultivos tolerantes a las altas temperaturas, a la sequía o a la salinidad y con el uso de materiales de siembra de calidad.

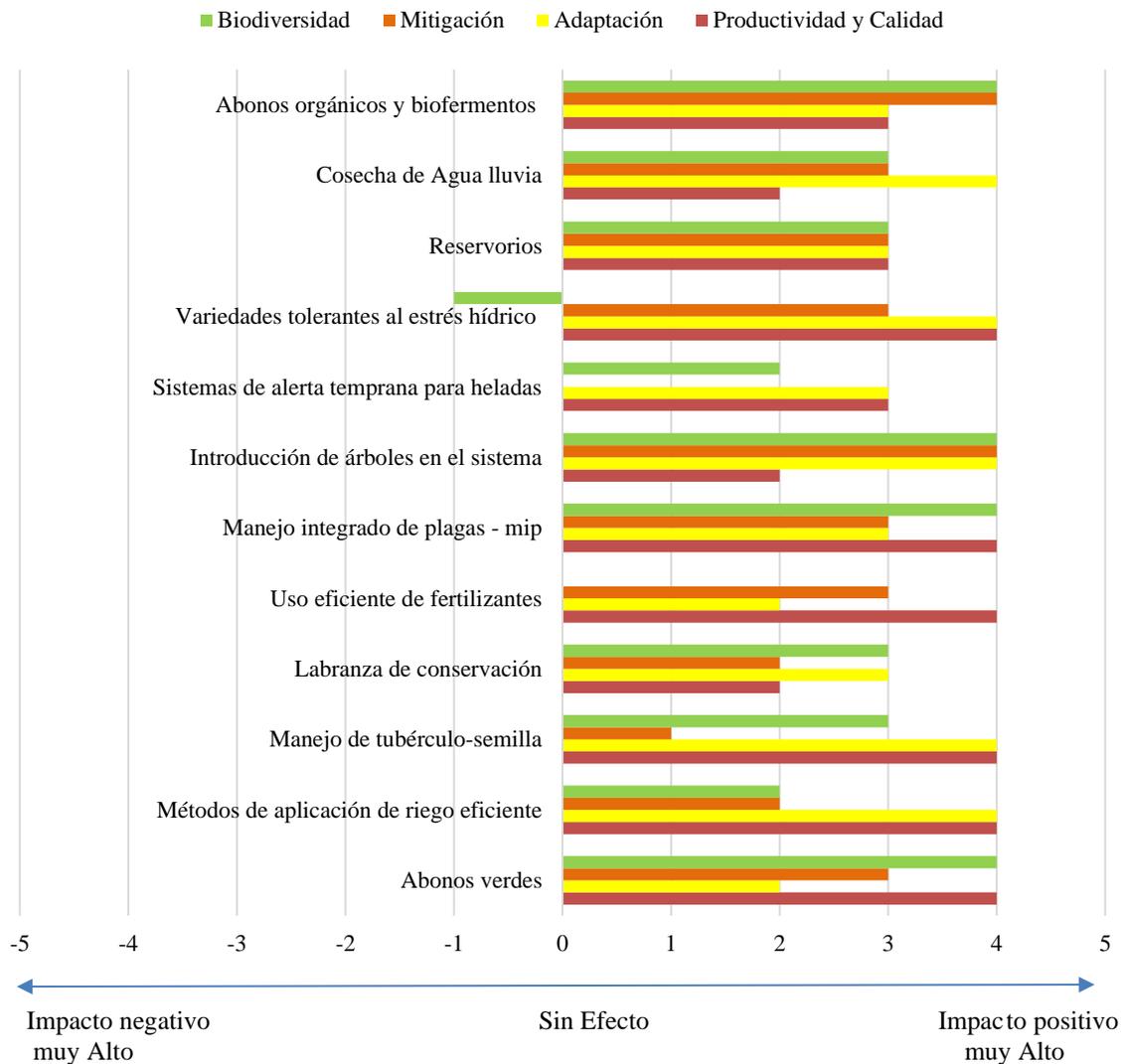


Figura 18. Resultados promedios de la evaluación de las prácticas sobre los pilares de la ACI y la gestión eficiente de la biodiversidad realizada por los actores sociales clave del cultivo de papa.

Las prácticas con mayor contribución al pilar mitigación (Figura 18) son: la aplicación de abonos verdes y la introducción de árboles en el sistema. Prácticas que potencian la capacidad del suelo como sumidero de carbono y por ende mejorar la gestión del carbono y del nitrógeno en estos sistemas. Los suelos son un importante «sumidero» bajo tierra para el secuestro de carbono y las intervenciones en el manejo de los suelos pueden ayudar a sacar partido de esa característica (Smith *et al.* 2007, p.31).

Por otro lado, las prácticas con mayor contribución al pilar productividad y calidad son: variedades tolerantes al estrés hídrico, el manejo integrado de plagas, uso eficiente de fertilizantes, manejo de tubérculo-semilla, métodos de aplicación de riego eficiente y la incorporación de abonos verdes. La FAO (2018) mencionan que todas las intervenciones que mejoren la fertilidad del suelo, la disponibilidad del agua en el suelo y reduzcan la pérdida de la capa superior del suelo, rica en nutrientes, mejorarán directamente la productividad. En tanto que CIAT y el CCAFS (2016) señalan que la productividad agrícola se puede aumentar mediante el mejoramiento de variedades, el manejo agronómico y de los nutrientes y mediante la selección de cultivos que tengan un mejor potencial de rendimiento.

Finalmente, las prácticas con mayor contribución a la gestión eficiente de la biodiversidad (Figura 18) son: el uso de abonos orgánicos y biofermentos, introducción de árboles en el sistema, el manejo integrado de plagas y la incorporación de abonos verdes. Las cuales promueven el uso y la conservación de la biodiversidad asociada a estos sistemas. Sistemas agropecuarios diversificados mantienen especies silvestres y domesticadas de plantas y animales (variedades o razas), permitiendo su interacción continua y al mismo tiempo, mejorando sus condiciones ecológicas, resiliencia y adaptación ante las condiciones adversas de la variabilidad y el cambio climático (IICA, 2015, p.37).

En general, todas las prácticas seleccionadas contribuyen en mayor o menor grado sobre los tres pilares de la agricultura climáticamente inteligente y la gestión eficiente de la biodiversidad. Una práctica se considera como práctica ACI cuando contribuye con tres pilares fundamentales: la productividad, la adaptación y la mitigación (FAO 2018 y CCAFS, CIAT, MAGA, 2015).

La priorización de estas prácticas, realizada por los actores sociales clave del cultivo, se presenta en la Figura 19. La práctica con mayor prioridad de aplicación para los sistemas en estudio son los abonos verdes, seguida de los métodos de aplicación de riego eficiente y manejo del tubérculo-semilla. Por otro lado, en el noveno lugar de prioridad están los abonos orgánicos y biofermentos, lo cual no implica que sean menos importantes.

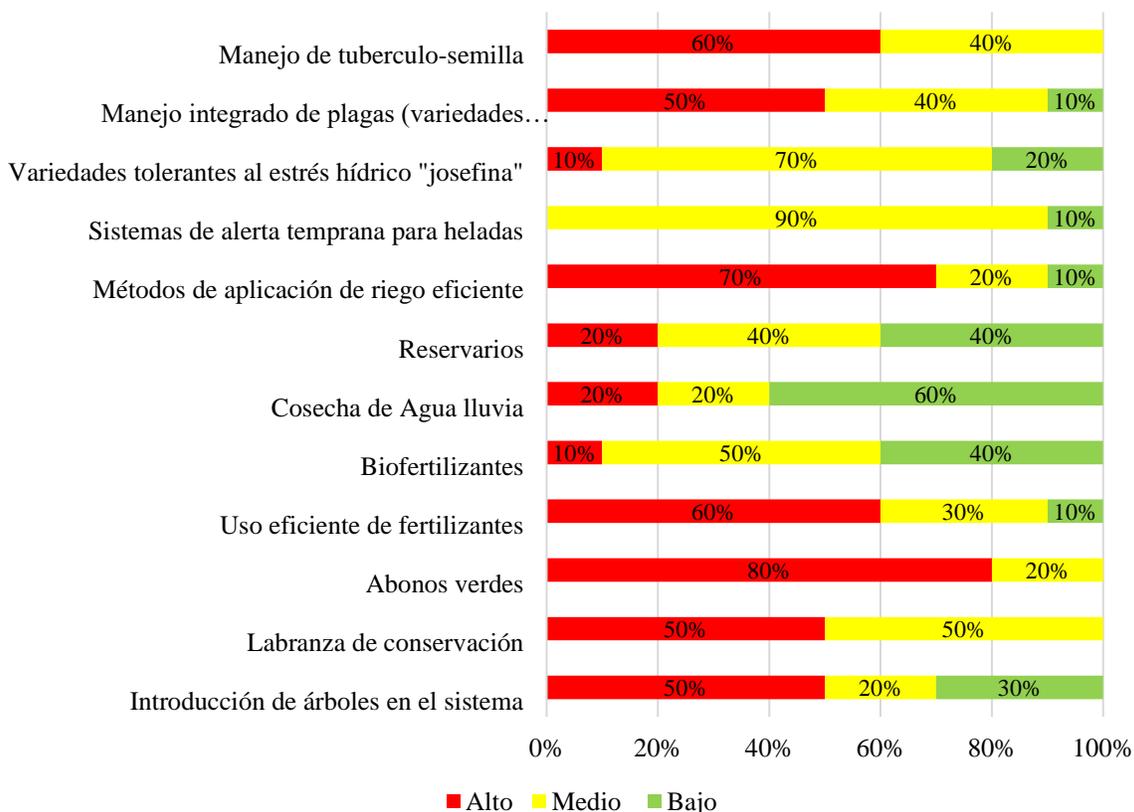


Figura 19. Resultados de la priorización de aplicación de las prácticas realizada por los actores sociales clave del cultivo de papa.

Estas prácticas constituyen la mejor estrategia, para la conservación del recurso biológico *Solanum tuberosum* aplicables a los sistemas agroalimentarios alto-andinos basados en papa del CONPAPA en las provincias Chimborazo y Tungurahua, ya que como lo señalan FAO (2018), las mejores estrategias son las específicas de cada contexto y dependen del sector en concreto y de los actores involucrados (p.23).

Estudios similares realizados por el CCAFS y CIAT entre 2014 y 2016 en Nicaragua y Guatemala establecieron portafolios de agricultura climáticamente inteligente para diferentes grupos de productores, muchas de las prácticas seleccionadas y priorizadas en este estudio forman parte de estos portafolios. Sin embargo, cada portafolio presenta diferencias entre sí, ya que están adaptadas a las realidades de cada sistema de producción (CCAFS, CIAT, MAGA, 2015 y CCAFS, CIAT, CATIE 2017).

CAPÍTULO V

PROPUESTA

Prácticas de agricultura climáticamente inteligente para la conservación del recurso biológico *Solanum tuberosum* aplicables a los sistemas agroalimentarios alto-andinos basados en papa del CONPAPA en las provincias Chimborazo y Tungurahua.

Se prevé que el impacto del cambio climático sobre los sistemas agroalimentarios se convertirá en uno de los principales impulsores de la pérdida de biodiversidad y reducción de la productividad, lo cual compromete la seguridad alimentaria especialmente para las poblaciones más vulnerables. En Chimborazo y Tungurahua (sistemas alto-andinos ubicados entre los 2800 y 3400 m s. n. m. ligados a los nevados Chimborazo y Carihuairazo), donde el cultivo de papa es una actividad económica fundamental para la subsistencia de las poblaciones (25,5% de la producción de las familias) y de la biodiversidad existente (Pumisacho, M. y Sherwood, S., 2002, p.21-24). El retroceso de los glaciares ha generado desórdenes en las precipitaciones y como consecuencia se han ocasionado sequías, heladas y granizadas (Magrin *et al.*, 2014, p.44).

Estas evidencias obligan a los diferentes actores en el cultivo de papa a implementar estrategias y acciones concretas para adaptarse y/o mitigar los efectos del cambio climático. A nivel de productores, es preocupante e imperativo implementar buenas prácticas agrícolas que permitan reducir los efectos de este fenómeno en la producción de papa, cuya afectación puede incrementarse si no se toman medidas adecuadas.

Por lo tanto, el presente documento es una propuesta de agricultura climáticamente inteligente que establece prácticas agrícolas que pueden ser usadas en la producción de los sistemas agroalimentarios alto-andinos basados en papa para la comunidad estudiada, enfocadas en promover una gestión eficiente de la biodiversidad, mejorar la capacidad de adaptación, contribuir a la mitigación e incrementar la productividad y calidad de la producción. Para esto se describen sistemáticamente las prácticas consideradas por sector de gestión, haciendo énfasis en la descripción de su inteligencia climática, las barreras y las oportunidades para su adopción.

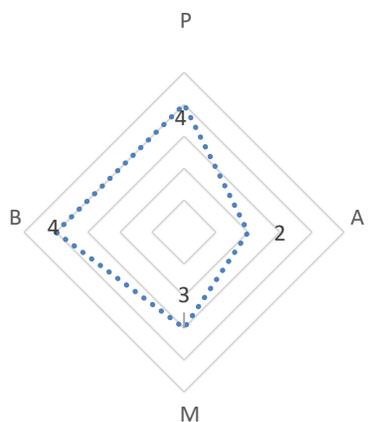
5.1. Prácticas Manejo de Suelo

5.1.1. Abonos verdes

Siembra de leguminosas como arveja, fréjol o cereales como la avena para posteriormente ser incorporados al suelo. El objetivo es incorporar nutrientes y materia orgánica al suelo con lo cual se mejora la entrada y retención de agua, aireación, y otras propiedades biológicas y físicas del suelo.

Se deben incorporar al inicio de la floración, una vez cortados, es recomendable dejar sobre la tierra varios días o semanas según el clima (mínimo cuatro días) y se incorporan superficialmente. Es importante considerar que mientras el campo está siendo ocupado por un abono verde, no puede sembrarse otros cultivos.

Inteligencia Climática



P: Productividad

- Posibilita rendimientos sostenidos.

A: Adaptación

- Mantiene los niveles de materia orgánica del suelo.

M: Mitigación

- Reduce el uso de fertilizantes químicos.
- Potencia el suelo como sumidero de CO₂.

B: Biodiversidad

- Incrementa la biodiversidad del suelo.
- Pueden atraer enemigos naturales.
- Aumento de la agrobiodiversidad de la finca.

Barreras que dificultan su adopción

- Implica mantener la tierra por un tiempo sin producción comercial (únicamente en descanso).
- La incorporación requiere de mano de obra adicional.
- Su efecto no es fácilmente visible.

Oportunidades que facilitan su adopción

- No requiere de altas inversiones.
- De fácil aprendizaje e implementación.

Prioridad de implementación: Alta

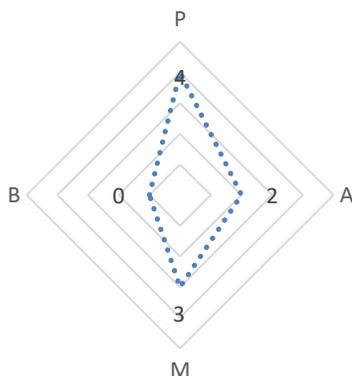
5.1.2. *Uso eficiente de fertilizantes*

Conjunto de prácticas que permiten obtener el máximo rendimiento con la menor cantidad (dosis) de fertilizantes. Consiste en el uso del análisis de suelo como herramienta de diagnóstico para la aplicación de fertilizantes, acorde a los requerimientos reales del cultivo.

Otras actividades a tomar en cuenta:

- Aplicación oportuna y localizada de los fertilizantes.
- Evitar deficiencia de agua en períodos críticos de desarrollo de la planta.
- Nivelar el suelo y hacer drenajes en suelos mal drenados.
- Corregir previo a la aplicación del fertilizante, la acidez del suelo.

Inteligencia Climática



P: Productividad

- Aumenta la disponibilidad de nutrientes para que sean absorbidos por la planta.

A: Adaptación

- Puede acortar los ciclos de producción evadiendo de esta manera eventos extremos.

M: Mitigación

- Disminuye el uso excesivo y/o inadecuado de fertilizantes.

B: Biodiversidad

- Sin efecto.

Barreras que dificultan su adopción

- Los análisis de suelos no siempre están al alcance de los agricultores.
- Falta de capacitación a los agricultores para las tomas de muestra de suelo.
- Se requiere de técnicos para la interpretación del análisis y dosificación acorde a los requerimientos del cultivo.

Oportunidades que facilitan su adopción

- Reducción de costos en insumos.
- Incremento de la producción.

Prioridad de implementación: Alta

5.1.3. Labranza de conservación

Serie de técnicas que permiten detener o revertir los efectos nocivos del exceso de laboreo sobre las características físicas y químicas del suelo, promoviendo los procesos biológicos y, por tal motivo, permitiendo conservar o recuperar su productividad.

La labranza de conservación incluye variantes como:

- Labranza cero
- Labranza mínima
- Labranza reducida
- Siembra directa

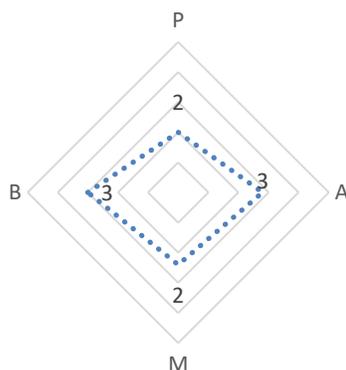
Inteligencia Climática

P: Productividad

- Posibilita rendimientos sostenidos.

A: Adaptación

- Posibilita la producción y recuperación de suelos



- Ayuda a la conservación del suelo y humedad.

M: Mitigación

- Mejora la capacidad del suelo como sumideros de CO₂.

B: Biodiversidad

- Posibilita el incremento la diversidad de cultivos en el sistema.
- Mejora las condiciones de la micro y macro fauna de suelos.
- Mantiene las relaciones ecológicas.

Barreras que dificultan su adopción

- Falta de evidencias palpables para los agricultores (sus efectos se evidencian a largo plazo).
- Implica incremento de mano de obra en el sistema de producción.
- Implica mayor tiempo en la preparación del suelo

Oportunidades que facilitan su adopción

- No requiere de altas inversiones.
- Son de fácil aplicación y aprendizaje.
- El efecto sobre el suelo es positivo, incrementando rendimientos.

Prioridad de implementación: Media

5.1.4. Introducción de árboles al sistema

Consiste en la introducción de árboles y arbustos al sistema de producción ya sea como:

- Cortinas rompevientos.
- Cercas vivas.
- Árboles dispersos o en los linderos.

Las especies de árboles pueden incluir especies frutales o especies nativas de la zona; y el beneficio para el cultivo y la finca es mejorar la calidad de los suelos, reducir el riesgo de ataque de plagas y enfermedades y diversificar los ingresos.

Inteligencia Climática

P: Productividad

- Favorece el ciclaje de nutrientes promoviendo el incremento de forma sostenible la producción.

A: Adaptación

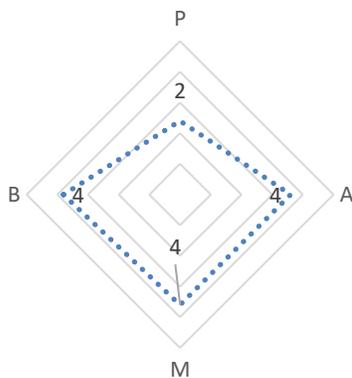
- Genera un microclima favorable para los cultivos.
- Reduce los efectos de la erosión eólica e hídrica.
- Pueden constituirse como mecanismos de defensa ante ciertas amenazas climáticas como las heladas.

M: Mitigación

- Potencia al suelo como sumidero de CO₂.

B: Biodiversidad

- Incrementa la biodiversidad de la finca.
- Los árboles son hábitat, refugio y fuente de alimento de muchas especies.



Barreras que dificultan su adopción

- Dificultades en establecimiento de los árboles.
- Sus resultados son a largo plazo.

Oportunidades que facilitan su adopción

- No implica un mayor gasto económico.
- Pueden utilizarse especies nativas.

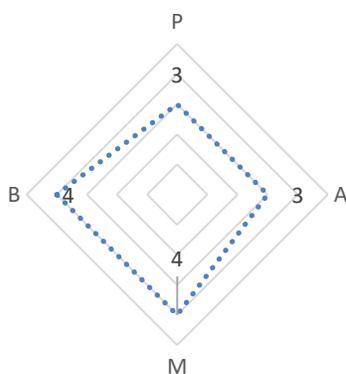
Prioridad de implementación: Media

5.1.5. Abonos orgánicos y biofermentos

Aplicación de abonos sólidos y líquidos a base de ingredientes de origen animal o vegetal que aportan nutrientes a los cultivos y que pueden ser elaborados aprovechando insumos de la propia finca.

Algunos de estos abonos son: estiércol de animales, compost, humus de lombriz, té de estiércol, abono de frutas, biol, Bocashi, entre otros.

Inteligencia Climática



P: Productividad:

- Mejora la calidad del producto.
- Posibilita rendimientos sostenidos.

A: Adaptación:

- Incrementa la capacidad de almacenamiento de agua del suelo.
- Reduce la dependencia a insumos externos

M: Mitigación:

- Potencia la capacidad del suelo como sumidero de CO₂.

B: Biodiversidad

- Incrementa biodiversidad del suelo.
- Fomenta la diversificación de la finca para un aprovechamiento integral.
- Genera un mejor hábitat para los microorganismos asociados a los cultivos.

Barreras que dificultan su adopción

- Requieren mano de obra para la elaboración.
- Su elaboración toma tiempo.

Oportunidades que facilitan su adopción

- No requiere de altas inversiones.

- Son de fácil elaboración.
- Reduce la dependencia a insumos externos.
- Aprovecha insumos generados en la propia finca.
- Usa materiales de fácil consecución.

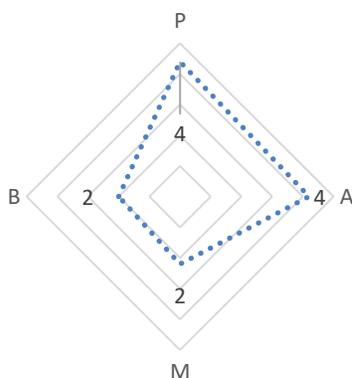
Prioridad de implementación: Media

5.2. Prácticas Manejo de Agua

5.2.1. *Métodos de aplicación de riego eficiente*

Instalación de riego por goteo en parcelas de producción, con la finalidad de evitar la pérdida de suelo y el gasto innecesario del recurso agua al momento de regar, usando la cantidad óptima según las características agrológicas de los suelos, pendiente y del propio cultivo.

Inteligencia Climática



P: Productividad

- Posibilita la optimización de los ciclos productivos e incrementa los rendimientos.

A: Adaptación

- Incrementa la capacidad adaptativa de los cultivos.
- Se constituye en una técnica que evita el impacto de amenazas como heladas.

M: Mitigación

- Mejora la eficiencia de los fertilizantes y pesticidas y por ende, implica indirectamente una reducción de su uso.

B: Biodiversidad

- Posibilita la introducción de más cultivos y variedades en el sistema de producción.

Barreras que dificultan su adopción

- Su instalación implica una inversión económica inicial.
- Su instalación requiere de mano de obra calificada.
- Se debe prever acciones de mantenimiento.

Oportunidades que facilitan su adopción

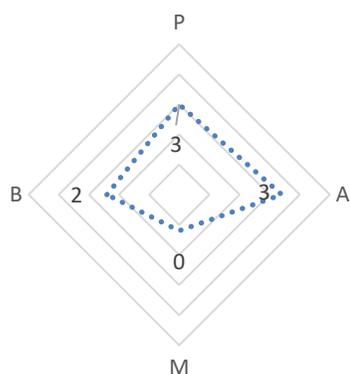
- Puede ser instalada entre varios productores o en asociación.
- Es compatible con otras prácticas.

Prioridad de implementación: Alta

5.2.2. Sistema de alerta temprana para heladas

Tecnología que permite a través del monitoreo de las condiciones climáticas (estación meteorológica) detectar los cambios sensibles en los descensos de temperatura que pueden ocasionar heladas. Al detectarse una alerta de helada para la zona, se envía la alerta a los agricultores (puede ser a través de sus celulares) para que puedan prepararse con diversas alternativas como por ejemplo encendiendo sus sistemas de riego, para de esa forma limitar el impacto de esta amenaza climática.

Inteligencia Climática



P: Productividad

- Previene los posibles daños de cultivos que comprometan la producción.

A: Adaptación

- Brinda información para la toma de decisiones ante la amenaza de heladas y, por ende, permite a los agricultores evitar pérdidas por esta amenaza.

M: Mitigación

- Sin efecto.

B: Biodiversidad

- Al evitar pérdidas de cultivos o vegetación, se protege y se conserva la biodiversidad.

Barreras que dificultan su adopción

- Su implementación y manejo requiere mano de obra calificada.
- Su implementación implica una inversión inicial.

Oportunidades que facilitan su adopción

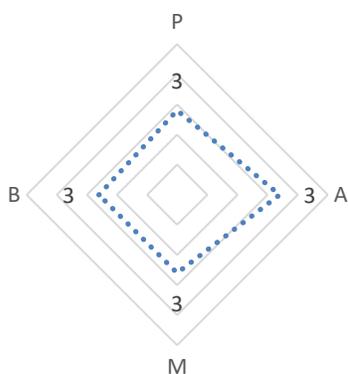
- Puede ser implementada entre varios productores o en asociación.
- Su impacto es visible y a corto plazo.

Prioridad de implementación: Media

5.2.3. Reservorios

Excavación y aislamiento del suelo para la captación y reserva de agua con la finalidad de usarla para el riego de los cultivos en las épocas secas o de escases de agua, en forma dosificada y acorde a la etapa del cultivo.

Inteligencia Climática



P: Productividad

- Incrementa y posibilita obtener rendimientos sostenidos.

A: Adaptación

- Posibilita la disponibilidad de agua durante todo el ciclo de cultivo.
- Abre un abanico de oportunidades para evitar impactos de eventos extremos como la sequía.

M: Mitigación

- Potencia la capacidad del suelo como sumidero de CO₂.

B: Biodiversidad

- Promueve la diversificación intra e interespecífica de la finca.

Barreras que dificultan su adopción

- Requieren mano de obra calificada para la construcción.
- Implica un costo económico para la construcción.

Oportunidades que facilitan su adopción

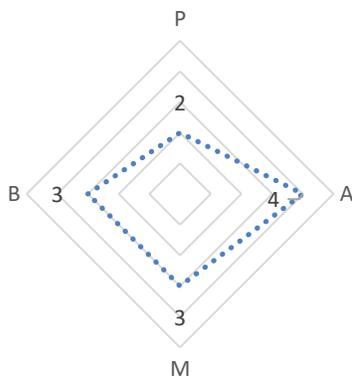
- Existen diferentes tecnologías que se pueden adaptar a los recursos de los productores y de la finca.

Prioridad de implementación: Media

5.2.4. Cosecha de agua lluvia

Técnicas (desde simples a complejas) capaces de permitir y aumentar la cantidad de agua de lluvia que se almacena en el suelo o en estructuras construidas, de tal manera que pueda ser utilizada posteriormente, bajo condiciones de déficit de lluvias.

Inteligencia Climática



P: Productividad

- Incrementa los rendimientos del cultivo por unidad de superficie.

A: Adaptación

- Fuente de agua para los momentos de escasez de este recurso.
- Incrementa las alternativas de producción.

M: Mitigación

- Mejora la eficiencia del uso de los fertilizantes reduciendo su uso.
- La humedad potencia la capacidad del suelo como sumidero CO₂.

B: Biodiversidad

- Recurso que incrementa la posibilidad de diversificar la finca.
- Favorece el crecimiento y desarrollo de la biodiversidad.

Barreras que dificultan su adopción

- La construcción requiere de mano de obra.
- Se desconocen las técnicas de construcción

Oportunidades que facilitan su adopción

- Se puede adaptar a los recursos de cada finca.
- Materiales de fácil consecución.

Prioridad de implementación: Baja

5.3. Prácticas Manejo de Cultivo

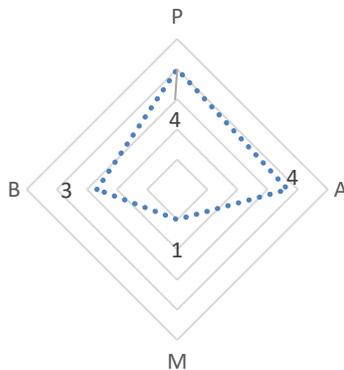
5.3.1. Manejo Tubérculo Semilla

El manejo del tubérculo-semilla comienza en el campo antes de la cosecha y continúa hasta que el tubérculo-semilla sea sembrado. La producción de semilla sana está basada en tres principios de sanidad:

1. **Aislamiento:** consiste en establecer el lote de semilla, alejado de campos de papa comercial, para evitar el traslado de plagas y el contagio de enfermedades;
2. **Protección:** combinación del uso de plaguicidas y la práctica de labores culturales que buscan proteger el cultivo de plagas y enfermedades;
3. **Erradicación:** consiste en la eliminación de tubérculos y plantas atípicos.

Contar con un Tubérculo-Semilla de buena calidad nos permite reducir los riesgos de presencia de plagas y enfermedades, mejores rendimientos y producción de calidad.

Inteligencia Climática



P: Productividad:

- Incrementa el rendimiento del cultivo.

A: Adaptación:

- Proporciona mayor capacidad de resistir a eventos extremos y rebrotar.
- Permite realizar planes de siembra ajustables a la época.

M: Mitigación:

- Sin efecto evidente.

B: Biodiversidad

- Posibilidad de elevar la disponibilidad de semilla de diferentes variedades.

Barreras que dificultan su adopción

- Su implementación requiere de un proceso de capacitación.
- Su manejo implica mano de obra y actividades específicas un tanto diferentes a las de un cultivo con fines comerciales.

Oportunidades que facilitan su adopción

- Puede ser implementada entre varios productores.
- Permite contar con semilla de forma permanente y accesible.

Prioridad de implementación: Alta

5.3.2. Manejo Integrado de Plagas-MIP

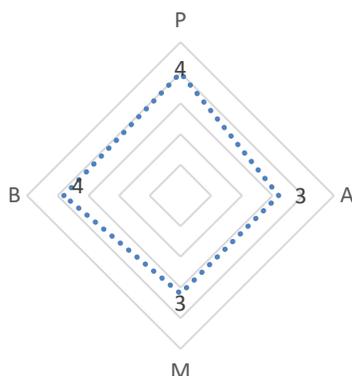
Consiste en mantener el nivel del daño de enfermedades e insectos plagas por debajo del límite económico aceptable, combinando varias formas de control:

- control mecánico.
- control cultural.

- control biológico
- uso de variedades tolerantes y resistentes.
- control químico de forma eficiente (específico y en dosis adecuadas).

El énfasis del MIP está en el diagnóstico, porque sirve para saber con anterioridad la aparición de enfermedades y plagas, para también optimizar la actividad de los enemigos naturales.

Inteligencia Climática



P: Productividad:

- Reduce la incidencia y severidad de insectos plaga y enfermedades que afectan el rendimiento.

A: Adaptación:

- Reduce la dependencia a productos químicos.
- Incrementa la calidad de los productos.

M: Mitigación:

- Reduce el uso de agroquímicos y de plástico.

B: Biodiversidad

- Promueve el uso de variedades resistentes al ataque de plagas y enfermedades.
- Es amigable con enemigos naturales y la diversidad intraespecífica de la finca.

Barreras que dificultan su adopción

- Requiere de mano de obra adicional para su implementación.
- Implica más trabajo que el uso de agroquímicos.
- Muchas de estas tecnologías son desconocidas.

Oportunidades que facilitan su adopción

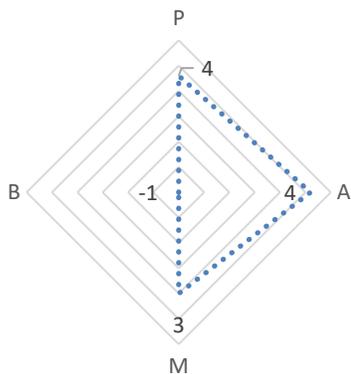
- No requiere de altas inversiones.
- De fácil aprendizaje e implementación.
- Reducción de costos de producción, al reducir la compra de insumos químicos.

Prioridad de implementación: Media

5.3.3. Variedades tolerantes al estrés hídrico

Cultivo de variedades con cierto grado de tolerancia al estrés abiótico ocasionado por las amenazas del cambio climático, tal es el caso de la variedad “INIAP-Josefina”. Esta variedad posee tolerancia al estrés causado por sequía, es moderadamente resistente a langosta y su ciclo de cultivo es de 140 a 160 días

Inteligencia Climática



P: Productividad:

- Estas variedades tienen mayores rendimientos.
- Posibilitan la producción incluso en condiciones adversas.

A: Adaptación:

- Posibilitan la producción aun ante eventos de heladas.

M: Mitigación:

- Tienen a reducir el uso de fertilizantes y pesticidas.

B: Biodiversidad

- Sustituyen especies propias de la finca y podría ocasionar erosión genética.

Barreras que dificultan su adopción

- Depende de la aceptación que tengan la variedad en el mercado.

Oportunidades que facilitan su adopción

- Reduce los costos de producción.
- Reduce la mano de obra para el manejo de estas amenazas.

Prioridad de implementación: Media

CONCLUSIONES

- Las prácticas de agricultura climáticamente inteligente para la conservación del recurso biológico *Solanum tuberosum* con mayor potencial de aplicación en los sistemas agroalimentarios alto-andinos basados en papa de la organización estudiada son: abonos verdes, uso eficiente de fertilizantes, labranza de conservación, introducción de árboles al sistema, abonos orgánicos-biofermentos, manejo de aplicación de riego eficiente, sistema de alerta temprana para heladas, reservorios, cosecha de agua lluvia, manejo de tubérculo semilla, manejo integrado de plagas y uso de variedades tolerantes al estrés hídrico.
- En el contexto analizado para los sistemas agroalimentarios basados en papa de Tungurahua-Chimborazo, se prevé que los impactos negativos del cambio climático sobre la aptitud agroecológica para el cultivo (zonas que pierden al menos un grado de aptitud) predominan sobre los positivos (zonas donde la aptitud del cultivo tendería a incrementar). La categoría de aptitud agroecológica más afectada es la categoría óptima, que para el escenario 8.5 prácticamente desaparece, al perder prácticamente el 70% de su superficie actual. Con estos escenarios ante los cambios en las condiciones climáticas los productores tienen tres opciones a seguir: abandono de la producción, expansión a nuevas zonas o la adaptación de la producción.
- En ambos escenarios y periodos la mayoría de las zonas de vida experimentan un cambio hacia otras de piso altitudinal más bajo y provincias de humedad más secas. Las zonas de vida más afectadas son el bosque húmedo montano, el páramo pluvial subalpino y páramo muy húmedo subalpino. Por otro lado, se observa la aparición de zonas de vida de clima caliente y seco (bosques seco tropical y muy seco tropical). Ante estos escenarios para los productores de los sistemas agroalimentarios andinos basados en papa, ubicados principalmente en ecosistemas de montaña (cuyo acceso a recursos es limitado y directamente relacionado a los servicios ecosistémicos), se hace imprescindible implementar prácticas de agricultura climáticamente inteligente en sus sistemas.

- El promedio la huella de carbono de los sistemas agroalimentarios andinos basados en papa es de 0,51 kilogramos de CO₂ equivalente por kg de papa producido. Teniendo en cuenta que el 85% de las emisiones GEI provienen de los cambios en la reserva de carbono, la fertilización-protección del cultivo y la gestión de residuos, es en estas prácticas que deben concentrarse los esfuerzos iniciales para obtener disminuciones importantes en las emisiones de carbono.
- Este estudio diseño y aplicó una metodología estructurada para evaluar los posibles efectos de escenarios climáticos (base climática que caracterizó el estado actual de las condiciones en las que se encuentran los sistemas) y los beneficios que pueden proveer prácticas agropecuarias en este contexto. El enfoque participativo de la metodología involucró diferentes actores vinculados directamente a los sistemas en estudio y con amplia experiencia en el cultivo, lo cual permitió seleccionar las prácticas con mayor potencial para la conservación del recurso biológico *Solanum tuberosum* aplicables a los sistemas agroalimentarios alto-andinos basados en papa.

RECOMENDACIONES

- Promover prácticas de agricultura climáticamente en otros sistemas de producción, especialmente en aquellas zonas que se ubican sobre ecosistemas frágiles, no cuenta con riego y producen cultivos vulnerables a los impactos del cambio climático.
- Realizar investigaciones que además de determinar la distribución actual de los ecosistemas y los cambios potenciales en su distribución, consideren su estado de alteración actual y para las proyecciones utilice modelos de comportamiento del cambio de uso de la tierra.
- Evaluar el impacto de la aplicación de las prácticas de agricultura climáticamente inteligentes implementadas en los lotes de producción, con herramientas de balance de carbono o que permitan identificar la nueva capacidad de adaptación de los sistemas.
- Establecer programas para capacitar a técnicos y productores sobre los impactos del cambio climático en los territorios y cultivos, así como los beneficios de la agricultura climáticamente inteligente, especialmente en las zonas más vulnerables.

REFERENCIAS

- Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo-AECID. (2018). Cultivando resiliencia frente al cambio climático lecciones aprendidas para contribuir a la seguridad alimentaria y al derecho a la alimentación en América Latina y el Caribe. Madrid: AECID.
- Armeta, G., Villa, J. y Jácome, P. (2016). Proyecciones Climáticas de precipitación y temperatura para Ecuador, bajo distintos escenarios de Cambio Climático. Ministerio del Ambiente del Ecuador, Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología y Universidad de Cuenca. Quito, Ecuador.
- Benavides Ballesteros, H. y León Aristizabal, G. (2007). Información técnica sobre Gases de Efecto Invernadero y el cambio climático. Trabajo no publicado, Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM. Subdirección de Meteorología. Bogotá, Colombia.
- Biringer, J., Guariguata, MR., Locatelli, B., Pfund, JL., Spanger-Sigfried, E., Suárez, AG., Yeaman, S., Jarvis, A. (2005). Biodiversity in a changing climate: a framework for assessing vulnerability and evaluating practical responses. In Robledo, C., Kanninen, M., Pedroni, L. (eds.). Tropical forest and adaptation to climate change.
- Brush, S. (1995). In Situ Conservation of Landraces in Centers of Crop Diversity. En: Crop Science. Madison. 35 (2).
- Cayambe, J. (2017). Estrategias agrícolas de mitigación y adaptación al cambio climático: Comparación en sistemas de producción en la Región Andina y en España [Tesis de maestría, Universidad Politécnica de Madrid]. Madrid, España.
- Centro Internacional de la Papa. (2019). Biodiversidad y buenas prácticas de agricultura climáticamente inteligente para mejorar la resiliencia y productividad de la agricultura familiar en sistemas alimentarios Andinos basados en papa. Documento de trabajo – Propuesta de proyecto. Centro Internacional de la Papa CIP, Instituto Internacional de Cooperación para la Agricultura-IICA. Lima, Perú.

Chambers, R. (1983). Rural development: Putting the last first, Longmans. Londres, Reino Unido.

Comisión de Recursos Genéticos para la Alimentación y la Agricultura. (2010). El segundo informe sobre el estado de los Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura en el mundo. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura – FAO. Roma, Italia.

Comisión de Recursos Genéticos para la Alimentación y la Agricultura. (2011). Segundo Plan de Acción Mundial para los Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura – FAO. Roma, Italia.

Constitución de la República del Ecuador (2008). Asamblea Constituyente. (Decreto Legislativo 0). Registro Oficial de la República del Ecuador, 449, Octubre 20, 2008. Quito, Ecuador.

Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Naciones Unidas. 1992. Roma, Italia.

Cuesta, F., Peralvo, M., Baquero F., Bustamante, M., Merino, A., Muriel, P., Freile, J. y Torres, O. (2015). Áreas prioritarias para la conservación de la biodiversidad en el Ecuador continental. Ministerio del Ambiente del Ecuador, CONDESAN, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, GIZ. Quito, Ecuador.

Denef, K., Paustian, K., Archibeque, S., Biggar, S., y Pape, D. (2012). Report of Greenhouse Gas Accounting Tools for Agriculture and Forestry Sectors. Interim report to USDA under Contract. Estados Unidos de América.

Don, A.; Schumacher, J. y Freibauer, A. (2011). Impact of tropical land-use change on soil organic carbon stocks – a meta-analysis”, *Global Change Biology*. 17(4). 1658-1670. DOI 10.1111/j.1365-2486.2010.02336.x.

Engel, F. (1970). Explorations of the Chilca Canyon, Perú. En: *Current Anthropology*. Chicago. 11 (1), pp. 55-58.

Flores, R., Viteri, S., Sánchez M.P., Galárraga, J., y Carpio, J. (2013). Situación de Familias Productoras de Papa en la Sierra Central del Ecuador: Línea de Base Productiva del Proyecto IssAndes. Documento de trabajo – Ecuador No. 2. Proyecto “Fortalecimiento de la innovación agrícola pro pobre para la seguridad alimentaria en la región andina – IssAndes”. OFIAGRO, Centro Internacional de la Papa. Quito, Ecuador.

Fondo Financiero de Proyectos de Desarrollo – FONADE e Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM. (2013). Efectos del cambio climático en la producción y rendimiento de cultivos por sectores. Evaluación del riesgo agroclimático por sectores. Bogotá: Autor.

Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola – FIDA. (2014). La agricultura familiar en América Latina. Un nuevo análisis comparativo. RIMISP. https://www.ifad.org/documents/38714170/39135645/Family+farming+in+Latin+America+-+A+new+comparative+analysis_s.pdf/9330a6c4-c897-4e1c-9c05-1144ebec0457.

Ganadería Climáticamente Inteligente. (2019). Programa Técnico. Consultado el 24 de mayo de 2019. <https://www.ganaderiaclimaticamenteinteligente.com/index.php>.

Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia de Chimborazo (2015). Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Provincia de Chimborazo. Coordinación de Planificación. Riobamba, Ecuador.

Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia de Tungurahua (2016). Agenda Tungurahua desde la visión territorial. Ambato, Ecuador.

Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático- IPCC (2002). Cambio Climático y Biodiversidad. Documento técnico V del IPCC. Ginebra: Autor.

Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático- IPCC (2006). Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios Nacionales de los gases de efecto invernadero. Japón: Autor.

Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio climático- IPCC (2008). Informe de síntesis. Contribución de los grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Ginebra: Autor.

Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio climático- IPCC (2013). Cambio Climático 2013. Bases físicas. Grupo de Trabajo I. Construcción del grupo de trabajo I al Quito Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Resumen para responsables de políticas. Suiza: Autor.

Hawkes, J. (1990). The Potato: Evolution, Biodiversity and Genetic Resources. Londres: Belhaven Press.

HEIFER Ecuador. (2015). Plan de capacitación en manejo, conservación y uso de la agrobiodiversidad con enfoque agroecológico. Proyecto “Incorporación del uso y conservación de la agrobiodiversidad en las políticas públicas a través de estrategias integradas e implementación in situ en cuatro provincias alto andinas”. Quito: Autor.

Hernández, S., Fernández, C. y Batista, P. (2014). Metodología de la Investigación. México D:F: Mc Gran Hill.

Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura IICA (2015). Sistematización de Buenas Prácticas de Adaptación del Sector Agropecuario ante el Cambio Climático. San José, C.R.: IICA

Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura IICA (2018). PLAN DE MEDIANO PLAZO 2018-2022. San José, C.R.: IICA

Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias. (2008). Guía Técnica de Cultivos. Quito, Ecuador: INIAP.

Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias-INIAP y Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura – FAO. (2017). La Biodiversidad para la Agricultura y la Alimentación en Ecuador. Estado actual y proyecciones de uso sustentable y conservación (Resumen del Informe). Quito: FAO.

Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología - INHAMI. (2008). Anuario Meteorológico. Quito, EC.

Iñiguez Gallardo, M. (2017). Respuestas ante cambios climáticos. Experiencias de caficultores de altura del sur del Ecuador. Leisa Revista de Agroecología, 33. http://www.leisa-al.org/web/images/stories/revistapdf/vol33_n2.pdf

Isaza Ramírez, C. (2014). Análisis de oportunidades para la gestión eficiente del carbono en un sistema de producción de café en el departamento de Caldas [tesis de ingeniería no publicada, Universidad de Manizales]. Manizales, Colombia.

Intermediate Technology Development Group – ITDG (2000). Conservación in-situ de la biodiversidad agrícola, informe de investigación. Sicuani: ITDG.

Jiménez, M., Chain, A., Locatelli, B. (2010). Efectos del cambio climático en la distribución de zonas de vida en Centroamérica. Recursos Naturales y Ambiente 59(60), 32-40. https://agritrop.cirad.fr/560725/1/document_560725.pdf.

Jiménez Noboa, S., Castro, L. y Yépez J. (2011). Proyecto Impacto del cambio climático en la agricultura de subsistencia en el ecuador. Avances de Investigación, 66. <https://www.fundacioncarolina.es/wpcontent/uploads/2014/08/AI66.pdf>.

Karmalkar, A., Bradley, R., Diaz, H. (2008). Climate change scenario for Costa Rican montane forests. Geophysical Research Letters 35: L11702. doi:10.1029/2008GL033940.

Leemans, R. (1990). Global Data Sets Collected and Compiled by the Biosphere Project. Working Paper, IIASA-Laxenburg, Austria. Biosphere Project. Working Paper, IIASA. Laxenburg, Austria.

Magrin, GO; Marengo, JA; Boulanger, JP; Buckeridge, MS; Castellanos, E; Poveda, G; Scarano, FR; Vicuña, S. (2014). Central and South America. In Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Barros, VR; Field, CB; Dokken, DJ; Mastrandrea, MD; Mach, KJ; Bilir, TE; Chatterjee, M; Ebi, KL; Estrada, YO; Genova, RC; Girma, B; Kissel, ES;

- Levy, AN; MacCracken, S; Mastrandrea, PR; White, LL (eds.). Cambridge, Reino Unido, Cambridge University Press p. 1499-1566. Ministerio del Ambiente del Ecuador (2011). Segunda Comunicación Nacional del Ecuador sobre Cambio Climático. Quito: Autor.
- Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca del Ecuador - MAGAP. (2014). Ecuador Continental - Mapa de Zonificación Agroecológica. Cultivo de Papa [mapa]. Geoportal. http://geoportal.agricultura.gob.ec/geonetwork/srv/spa/resources.get?uuiid=d54ab41c-8092-4e6c-b1b801ef72b00480&fname=m_zae_papa.pdf&access=pub.
- Ministerio del Ambiente del Ecuador (2012). Estrategia Nacional de Cambio Climático del Ecuador 2012-2025. República del Ecuador. Julio, 2012. Quito, Ecuador.
- Ministerio del Ambiente del Ecuador (2013, enero 30). Mapa de ecosistemas de Ecuador Continental, 2010-2012. Sistema Único de Información Ambiental. Geoportal. <http://mapainteractivo.ambiente.gob.ec/portal/>.
- Ministerio del Ambiente del Ecuador (2015). Estrategia Nacional de Biodiversidad 2015-2030, Primera Edición, noviembre de 2016. Quito-Ecuador.
- Ministerio del Ambiente del Ecuador (2016). Resumen del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero del Ecuador. Serie temporal 1994-2012. Quito: MAE.
- Ministerio del Ambiente del Ecuador (2017). Tercera Comunicación Nacional del Ecuador sobre Cambio Climático. Quito: Autor.
- Ministerio del Ambiente del Ecuador, Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología y Universidad de Cuenca (2016). Generación de proyecciones climáticas para la “Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático de Ecuador”, bajo los escenarios de emisión RCP del reporte AR5 del IPCC. Quito, Ecuador.
- Monteros, C. y Cuesta, X. (2015). Informe técnico del proyecto IssAndes, INIAP-CIP. Fortalecimiento de la innovación agrícola pro pobre para la seguridad alimentaria en la Sierra Central Ecuatoriana 2012-2014. Quito, Ecuador.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura – FAO. (1997).
Zonificación agroecológica: Guía general. Roma: Autor.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura – FAO (2008).
Climate-related transboundary pests and diseases. Technical Background Document
from the Expert consultation held on 25 to 27 february 2008. Roma, Italia.
<http://www.fao.org/3/ai785e/ai785e.pdf>.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura – FAO (2012).
Review of GHG calculators in agriculture and forestry sectors A Guideline for
Appropriate Choice and Use of Landscape Based Tools. Roma.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura – FAO (2013).
Historias de éxito de la FAO sobre Agricultura Climáticamente Inteligente.
<http://www.fao.org/3/a-i3817s.pdf>.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura– FAO (2015).
Estimación de emisiones de gases de efecto invernadero en la agricultura. Un manual
para abordar los requisitos de los datos para los países en desarrollo.
<http://www.fao.org/3/a-i4260s.PDF>.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura – FAO (2016).
Cambio climático y seguridad alimentaria y nutricional América Latina y el Caribe
(Orientaciones de política). Santiago, Chile.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura – FAO (2018).
Libro de consulta sobre la agricultura climáticamente inteligente. Resumen de la
segunda edición. Roma, Italia.

Organización de las Naciones Unidas. (2019). Ganadería climáticamente inteligente.
Consultado el 24 de mayo de 2019.
<https://www.ganaderiaclimaticamenteinteligente.com/index.php>.

Pino, M. (2015). Efectos del estrés hídrico y de altas temperaturas en el cultivo de papa. Boletín
INIA. N° 331. <http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/boletines/NR40460.pdf>.

Pliska, T. (2008). La papa y el cambio climático el cambio climático. Info Resources Focus, No 1/08. Disponible en: https://web.inforesources.bfh.science/pdf/focus08_1_s.pdf.

Pontius, R., Shusas, E., y McEachern, M. (2004). Detecting important categorical land changes while accounting for persistence. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 101(1), 251–268. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2003.09.008>.

Primera Contribución Determinada a Nivel Nacional para el Acuerdo de París Bajo la Convención Marco de Naciones Unidas Sobre Cambio Climático. República del Ecuador. Marzo, 2019.

Programa de Investigación del CGIAR en Cambio Climático, Agricultura y Seguridad Alimentaria – CCAFS, Centro Internacional de Agricultura Tropical – CIAT, y Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación de Guatemala – MAGA (2015). Marco de Priorización de Agricultura Sostenible Adaptada al Clima. Priorizado Inversiones en Agricultura Sostenible Adaptada al Clima en Guatemala. <https://core.ac.uk/download/pdf/132680262.pdf>.

Programa de Investigación del CGIAR en Cambio Climático, Agricultura y Seguridad Alimentaria – CCAFS, Centro Internacional de Agricultura Tropical – CIAT, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza – CATIE (2017). Promoviendo prácticas Agrícolas Climáticamente Inteligentes para enfrentar los efectos del cambio y la variabilidad climática en el centro-norte de Nicaragua (NicaCentral). https://www.researchgate.net/publication/321304447_Promoviendo_practicas_Agricolas_Climaticamente_Inteligentes_para_enfrentar_los_efectos_del_cambio_y_la_variabilidad_climatica_en_el_centro-norte_de_Nicaragua_NicaCentral.

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente para América Latina y el Caribe. (2019). Cambio climático. Consultado el 21 de mayo de 2019. <http://web.unep.org/es/rolac/cambio-climC3A1tico>.

Pumisacho, M. y Sherwood, S. (2002). El cultivo de la Papa en Ecuador. Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias INIAP. Centro Internacional de la Papa CIP. Lima, Perú.

- Quiroz, R., Posadas, A., Yarleque, C., Heidinger, H., Barreda, C., Raymundo, R., Carbajal, M., Tonnang, H., Kroschel, J., Forbes, G. y Haan, S. (2012). Challenges to sustainable potato production in a changing climate: A research perspective. *American Journal of Potato Research* 89(1), 30-52. <https://doi.org/10.1007/s12230-011-9230-3>.
- Reid, H., Huq, S. (2005). Climate change: Biodiversity and livelihood impacts. In Robledo, C., Kanninen, M., Pedroni, L. (eds.). *Tropical forest and adaptation to climate change: In search of synergies*. Bogor, Indonesia, CIFOR. p. 57-70.
- Rubio, M. y Vilà, R. (2014). El análisis de conglomerados bietápico o en dos fases. *REIRE*, 7(Num 1, ISSN:2013-2255), 113-127
- Scherr, S. J. y Sthapit, S. (2009). *Worldwatch Report 179, Mitigating Climate Change*. Washington, D.C.: Worldwatch Institute.
- Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica (2008). *Organización de las Naciones Unidas. Convenio sobre la Diversidad Biológica*. Canadá.
- Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo-SENPLADES. *Plan Nacional para el Buen Vivir (2017-2021)*. República del Ecuador. Consejo Nacional de Planificación (CNP). 2017.
- Simbangala, M., Campos, L., y Arriaga, J. C. (2015). Transiciones sistemáticas de cobertura de suelo en la Región Costa Maya, Quintana Roo, México, 1993-2010. *Perspectiva Geográfica*, 20(1), 103–132. <https://doi.org/10.19053/01233769.4501>.
- Six, J., R. T. Conant, E. A. Paul, and K. Paustian. (2002). Stabilization mechanisms of soil organic matter: Implications for C-saturation of soils. *Plant Soil* 241(1). 155-176
- Smith, P., Martino, D., Cai, Z., Gwary, D., Janzen, H., Kumar, P., McCarl, B., Ogle, S., O'Mara, F., Rice, C., Scholes, B., Sirotenko, O., Howden, M., McAllister, T., Pan, G., Romanenkov, V., Schneider, U., Towprayoon, S., Wattenbach M. y Smith, J. 2007. Greenhouse gas mitigation in agriculture. *Philosophical Transactions of the Royal Society*. 363:789-813. <https://doi.org/10.1098/rstb.2007.2184>.

- Soler Tovar, D. (2017). Conceptualización y necesidades de una agricultura climáticamente inteligente. *Revista de Medicina Veterinaria*, (33), 7-11.
- Tapia, C., Zambrano, E. y Monteros A. (2008). Estado de los Recursos Fitogenéticos para la Agricultura y la Alimentación en Ecuador. Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias-INIAP. Quito, Ecuador.
- Tratado Internacional sobre Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura – FAO. Italia, 2009.
- Tubiello, F., Condor, R., Salvatore, M., Piersante, A., Federici, S., Ferrara, A., Rossi, S., Flammini, A., Cardenas, P., Biancalani, R., Jacobos, H., Prasula, P. y Prospero L. (2015). Estimación de emisiones de gases de efecto invernadero en la agricultura. Un manual para abordar los requisitos de los datos para los países en desarrollo. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura – FAO. Roma, Italia.
- Unión Europea, Instituto Iberoamericano de Cooperación Agrícola-IICA (2015). Modelos de simulación y herramientas de modelaje: elementos conceptuales y sistematización de herramientas para apoyar el análisis de impactos de la variabilidad y el cambio climático sobre las actividades agrícolas. San José: IICA.
- Universidad de Aberdeen, Sustainable Food Lab. (2011). The Cool Farm Tool, a User's Guide For Use with the CFT Version 1.1. <https://coolfarmtool.org/coolfarmtool/>.
- Universidad Rafael Landívar. (2011). Cambio climático y biodiversidad. Elementos para analizar sus interacciones en Guatemala con un enfoque ecosistémico. Documento 37, Serie técnica 35. [http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/42CD9BC51BBCC84005257C9E00514F51/\\$FILE/1_pdfsam_37.pdf](http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/42CD9BC51BBCC84005257C9E00514F51/$FILE/1_pdfsam_37.pdf).
- Ugent, D., Ochoa, C. (2006). La Etnobotánica del Perú. Desde la prehistoria hasta el presente. Lima: Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica (CONCYTEC).

Uribe Botero, E. (2015). El cambio climático y sus efectos en la biodiversidad en América Latina. Estudios del Cambio Climático en América Latina. CEPAL. Santiago, Chile.

Valarezo Cely, O., Cañarte Bermúdez, E. y Navarrete Cedeño, J. (2012). Artrópodos asociados al cultivo de cacao. Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias- INIAP. La Técnica, (7), 34-42.

Vallejo, S., Quingáisa, E., Ortiz, P. y Vinueza, L. (2007). El Agro y Vida Rural en Ecuador: Comportamiento 2000-2007 y Perspectivas 2008, IICA. Quito, Ecuador.

Wiedmann, T. y Minx, J. (2007). A Definition of ‘Carbon Footprint’. ISA Reino Unido Research & Consulting. Reino Unido.

Yandún, N. (2018). Estimación de impactos ambientales basados en el análisis de ciclo de vida de la fase agrícola de la cadena agroalimentaria convencional y agroecológica de la papa (*Solanum tuberosum*) en las juntas parroquiales “La Esperanza” y “Tabacundo”. Cantón Pedro Moncayo [tesis de ingeniería, Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito]. Repositorio Institucional de la Universidad Politécnica Salesiana. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/15246>.

Yin, L., Fu, R., Shevliakova, E. y Dickinson, R. (2013). How well can CMIP5 simulate precipitation and its controlling processes over tropical South America? *Climate Dynamics*, 41(11-12), 3127-3143.

Zamora, C. (2009). Diagrama Bioclimático de Zonas de Vida del Sistema Holdridge adaptado e interpretado a la geografía del Perú. <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/diagrama-bioclimatico-zonas-vida-sistema-holdridge-2009>.

ANEXOS

Anexo 1. Autorización de uso proyecciones climáticas MAE

MINISTERIO DEL AMBIENTE 

**ACTA ENTREGA RECEPCIÓN DE INFORMACIÓN
ESTUDIOS Y PROYECCIONES CLIMÁTICAS – 2016**

PRIMERA: COMPARECIENTES

En la ciudad de Quito, a los 14 días del mes de Octubre del 2016, comparecen por parte del Ministerio del Ambiente, Johnny Mena en su calidad de Asistente de Adaptación al Cambio Climático, a quien en adelante se le podrá denominar "CUSTODIO"; y, por otra parte Andres Enríquez en su calidad de Consultora de Cambio Climático del TICCA; a quien se le podrá denominar "SOLICITANTE", y en conjunto se les podrá denominar "LAS PARTES", a la celebración de la presente acta de entrega recepción del tenor siguiente:

SEGUNDA: ANTECEDENTES

La presente información (base de datos) sobre ESTUDIOS Y PROYECCIONES CLIMÁTICAS, suministrada por la Subsecretaría de Cambio Climático del Ministerio del Ambiente (MAE), fue desarrollada en el marco de la consultoría "Generación de proyecciones climáticas para la Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático del Ecuador, bajo los escenarios de emisión RCP del reporte AR5 del IPCC" desde octubre de 2015 a septiembre del 2016 en el marco del proyecto Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático ejecutado entre el 02 febrero de 2014 y el 15 de diciembre de 2015. La Tercera Comunicación Nacional del Ecuador enviada por el MAE fue publicada oficialmente por la Secretaría de la Convención de Naciones Unidas sobre Cambio Climático el 05 de septiembre de 2017.

Mediante Oficio Nro. MAE-SCC-2017-0038-O del 23 de febrero de 2017, el MAE a través de la Subsecretaría de Cambio Climático solicita al Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología – INAMHI la autorización para realizar la transferencia de la información relativa a los "Datos Observados" que fueron utilizados en la consultoría en mención a los solicitantes, con lo que mediante Oficio Nro. INAMHI-INAMHI-2017-0100-O del 01 de marzo de 2017 la Dirección Ejecutiva del INAMHI autoriza al MAE la transferencia de la información mencionada. Es importante indicar que se mantendrá un registro público de los solicitantes a quienes se transfirió la información en la página del MAE con la finalidad de transparentar el proceso.

De conformidad con el artículo 104 del Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos (COESC), publicado en el Registro Oficial de fecha 09 de diciembre de 2016, la información de base de datos está sujeta a obras susceptibles de protección.

TERCERO: OBJETO

Coordinar la entrega de la información referida a la "Generación de proyecciones climáticas para la Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático del Ecuador, bajo los escenarios de emisión RCP del reporte AR5 del IPCC" entre el CUSTODIO y el SOLICITANTE.

CUARTA: ENTREGA RECEPCIÓN

Las partes conforme lo dispuesto, realizan la entrega y recepción de la información atendiendo a lo dispuesto en el artículo 165 del COESC, conforme al siguiente detalle:

La información suministrada está conformada por (colocar X donde corresponda):

- D** Downscaling Dinámico: Contiene los archivos de salida de la reducción de escala dinámica, realizada con el modelo WRF para 4 modelos globales a resolución temporal diaria y a resolución espacial de 10 kilómetros, incluyendo:
 - Dos carpetas con las salidas a escala diaria y mensual, respectivamente, tanto de los 4 modelos utilizados como del ensamble de los mismos.
 - Archivos anuales para el período histórico 1981-2005 (carpeta Hist) y para los RCP 4,5 (carpeta RCP45) y 8,5 (carpeta RCP85) en el período futuro 2011-2070.

MINISTERIO DEL AMBIENTE



o. Mapas ejemplo salidas downscaling dinámico para precipitación y temperatura media.

Notas:

- En estas carpetas hay archivos en formato NetCDF tanto para Ecuador continental como para Galápagos.
- Las variables generadas son: Precipitación (carpeta Prec); Temperatura Media (carpeta TMed); Temperatura Máxima (carpeta TMax); Temperatura Mínima (carpeta TMin); Humedad Relativa (carpeta HR); Radiación (carpeta Rad); Viento –componentes U y V – (carpetas U y V).

o Downscaling Estadístico: Contiene los datos utilizados y producidos para la generación de las proyecciones climáticas bajo reducción de escala estadística, incluyendo:

- o Bibliografía: Contiene los documentos base de las metodologías utilizadas en la reducción de escala estadística y el ensamble multimodelo.
- o Datos Observados: Contiene las series diarias – mensuales de Precipitación (carpeta Prec), Temperatura Media (carpeta TMed), Temperatura Máxima (carpeta TMax) y Temperatura Mínima (carpeta TMin), utilizadas para la reducción de escala estadística y el ensamble multimodelo. Estos archivos se encuentran en formato ASCII.
- o Escenarios: Contiene las series de entrada de los modelos globales con la reducción de escala estadística ya aplicada. Aquí se incluyen las carpetas:
 - Datos Históricos (contiene las series por estación para los 4 modelos con los datos del periodo histórico 1981-2005).
 - Datos Futuros (contiene las series por estación para los 4 modelos y para el ensamble mediante promedio simple y con el método REA, para los 4 escenarios RCP para el periodo futuro 2011-2100, así como las gráficas asociadas a estas series –histogramas, barras, boxplot y gráficas de líneas).
 - Ensamble REA (contiene los cálculos de los cambios anuales y trimestrales -DEF, MAM, JJA, SON- de las variables climatológicas para los periodos 2011-2040, 2041-2070 y 2071-2100, para el ensamble multimodelo para los 4 escenarios RCP).

Nota:

- Los archivos se encuentran en formatos ASCII y Excel; las gráficas en JPEG.

- o Scripts: Contiene los scripts desarrollados bajo el lenguaje R para la reducción de escala estadística y para el ensamble multimodelo REA.
 - o Cartografía: Contiene la espacialización de las Proyecciones Climáticas del ensamble multimodelo REA.
- o Análisis de Tendencias Climáticas y Eventos Climáticos Extremos: Contiene los datos utilizados para este estudio. Se incluyen las series de Precipitación y Temperaturas Máxima y Mínima a escala diaria para el periodo 2000-2015 y los resultados de los índices obtenidos mediante el programa RClimdex. Las series y los datos de los índices se encuentran en formato ASCII y las gráficas y mapas en formato PDF y JPEG.
- o Carpetas (Bibliografía, Datos RClimdex) series de Precipitación y Temperaturas Máxima y Mínima a escala diaria para el periodo 2000-2015.
 - o Resultados de los índices obtenidos mediante el programa RClimdex.
- o Informes: Contiene los informes de los productos desarrollados en formato PDF.

QUINTA: DECLARACIÓN DE LAS PARTES

Respecto al uso de esta información se deja constancia que:

MINISTERIO DEL AMBIENTE



5.1 Las Proyecciones de Clima Futuro, 2016, fueron desarrolladas con el financiamiento otorgado por el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF, por sus siglas en inglés), implementado a través del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), con el respaldo técnico, provisión de información y aval del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), la asistencia técnica de la Universidad de Cuenca (UC), y el soporte tecnológico de la Universidad Politécnica Salesiana (UPS) y la Fundación Conscocio Ecuatoriano para el Desarrollo de Internet Avanzado (CEDIA).

5.2 Los informes técnicos, archivos, mapas y demás resultados son de propiedad compartida entre el Ministerio del Ambiente y el Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo.

5.3 La autorización sobre el uso de la información suministrada corresponde al MAE y se formaliza por este medio, siendo obligatorio para el usuario autorizado efectuar las citas respectivas conforme se indica a continuación:

5.3.1 Ministerio del Ambiente de Ecuador, Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología y Universidad de Cuenca (2016). Generación de proyecciones climáticas para la "Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático de Ecuador", bajo los escenarios de emisión RCP del reporte AR5 del IPCC, Quito-Ecuador.

5.4 En el caso particular de los scripts (programas o rutinas), elaborados por el consultor para las simulaciones realizadas con los diferentes modelos que son parte de estos productos, la autoría le corresponde al consultor, motivo por el cual, siempre que se los utilice deberá hacerse las referencias del caso.

5.4.1 Armenta, G. (2016). "Implementación del método de Ensamble de Confabilidad Ponderada (REA) para el cálculo de los cambios de precipitación y temperatura proyectados bajo los escenarios RCP del AR5 (Versión 1.2)". [Código Fuente]

SEXTA: RESPONSABILIDAD Y USO DE INFORMACIÓN

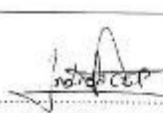
- La información de base, consistente en los datos meteorológicos y climáticos, son de propiedad del INAMHI y por tanto la autorización de uso corresponde a esa institución.
- La Subsecretaría de Cambio Climático del Ministerio del Ambiente, brindará al solicitante asistencia técnica necesaria para garantizar el buen uso de la información climática.
- En la página web oficial del MAE, se publicará una lista de las instituciones a las que se entregue esta información de manera oportuna.
- El Ministerio del Ambiente, es la única institución autorizada para entregar y defender esta información climática, su reproducción, difusión y/o comercialización queda prohibida al SOLICITANTE, en virtud de este instrumento.
- Se deja expresa constancia que el producto resultante de la interpretación de la información proporcionada por el MAE y que recibe el/la SOLICITANTE, es de su exclusiva responsabilidad.
- El/la SOLICITANTE, se compromete a entregar una copia digital de su trabajo de investigación, máximo un mes después de la fecha de culminación del mismo.
- El/la SOLICITANTE, bajo su absoluta responsabilidad recibe la información y declara que no será utilizada con fines de lucro ni fines ilegales, inmorales, o que puedan comprometer la seguridad nacional.

En la ciudad de Quito, a los 14 días del mes de octubre de 2019

ENTREGA POR EL MINISTERIO DEL AMBIENTE:

<p>NOMBRE: Johany Mesa CARGO: Asistente de Adaptación al Cambio Climático</p>	 <p>FIRMA</p>
---	--

RECIBE POR IICA:

<p>NOMBRE: Andrés Enriquez CARGO: Consultora de Cambio Climático</p>	 <p>FIRMA</p>
--	--

Anexo 2. Consentimiento CONPAPA para realización del estudio



Socialización proyecto "Biodiversidad y buenas prácticas de agricultura climáticamente inteligente para mejorar la resiliencia y productividad de la agricultura familiar en sistemas alimentarios Andinos basados en papa"
 Autorización de estudios realizados en el marco del proyecto

Fecha: 26 de agosto 2019
 Lugar: AGROPAPA Tungurahua

N°	NOMBRE	INSTITUCIÓN A LA QUE REPRESENTAN	TELÉFONO	CORREO ELECTRÓNICO	FIRMA
1	Miguel Poncebato	Agro Papa	0997126942		
2	Esteban Poncebato	Agro Papa	0997126942		
3	Benjamin Quinteros	Agropapa			
4	Apollinario Sangay	Agropapa	0981520991		
5	Esteban Quinteros	Agropapa	0981520991		
6	Borbha Palacios	Agro Papa	05184334374	mpalacios525@gmail.com	
7	Agustín Ortiz	AGROPAPA CH	0991291266		
8	Daniel Huamán Ortiz	Centro Chabamba	099703677	dan.huaman11@gmail.com	
9	José Huamán	Asociación	099103280	jos.huaman@chabamba.com	
10	José Piscoy	AGROPAPA CH	0969216389	jos.piscoy118@gmail.com	
11					

Anexo 3. Formulario Levantamiento de Información Huella de Carbono

Datos generales

Encuesta N°: Encuestador _____ Fecha

Provincia _____ Cantón _____ Parroquia _____

Comunidad/localidad _____ Coordenadas GPS _____ Latitud _____
Longitud _____

Datos del Encuestado

Edad años Género _____ Tenencia de la tierra Propia
 Arrendada
Nombre del Encuestado _____ Al partir
 Otros

Datos Generales del Sistema de Producción

Área del terreno _____ ha
 solares
 m²
 cuadras

N° de especies Cultivadas N° de Variedades de cultivo principal cultivadas

Enlistado de especies Cultivadas:

Enlistado de variedades Cultivadas:

1. Cultivo Principal

1.1. Detalles del cultivo (papa)

(Propiedades básicas del producto o cultivo que está evaluando. Para obtener un resultado más fiable y preciso, trate de ser lo más específico posible).

Tipo de cultivo _____

Año de cosecha (última cosecha) _____

Área de cultivo (Solo papa) _____

- ha
- solares
- m²
- cuadras

Cantidad de semilla _____

- Kilogramos
- Quintales (sacos)
- Otros

Cuánto cosecho de cultivo (papa) _____

- Toneladas
- Kilogramos
- Libras
- Quintales (sacos)

Volumen (Cantidad) de pérdidas _____

- Toneladas
- Kilogramos
- Libras
- Quintales (sacos)

Volumen (Cantidad) que Comercializa _____

- Toneladas
- Kilogramos
- Libras
- Quintales (sacos)

Volumen (Cantidad) para Autoconsumo

- Toneladas
 Kilogramos
 Libras
 Quintales (sacos)

1.2 Gestión de residuos de cultivos.

Distancia de Siembra

_____ entre plantas

_____ entre surcos

Gestión de residuos

- Quema en el campo
 Se deja distribuido en campo, o incorporado, o abonado
 Retirado; se deja sin tratar en montones o fosas

2. Características del suelo (finca)

Análisis de suelo

- Si (solicite copia y llene lo siguiente)
 No (genere la información siguiente)

3. Entradas (cultivo)

3.1 Insumos de fertilizantes (Suelos)

Etapa Fenológica	Nombre del producto	Casa comercial	Cantidad	Método de Aplicación
				<input type="checkbox"/> Aplicado en solución <input type="checkbox"/> Siembra al voleo <input type="checkbox"/> Incorporar <input type="checkbox"/> Fertirrigación- goteo
				<input type="checkbox"/> Aplicado en solución <input type="checkbox"/> Siembra al voleo <input type="checkbox"/> Incorporar <input type="checkbox"/> Fertirrigación- goteo

--	--	--	--

Etapa Fenológica	Nombre del producto	Casa comercial	Cantidad	Método de Aplicación
				<input type="checkbox"/> Aplicado en solución <input type="checkbox"/> Siembra al voleo <input type="checkbox"/> Incorporar <input type="checkbox"/> Fertirrigación- goteo
				<input type="checkbox"/> Aplicado en solución <input type="checkbox"/> Siembra al voleo <input type="checkbox"/> Incorporar <input type="checkbox"/> Fertirrigación- goteo
				<input type="checkbox"/> Aplicado en solución <input type="checkbox"/> Siembra al voleo <input type="checkbox"/> Incorporar <input type="checkbox"/> Fertirrigación- goteo
				<input type="checkbox"/> Aplicado en solución <input type="checkbox"/> Siembra al voleo <input type="checkbox"/> Incorporar <input type="checkbox"/> Fertirrigación- goteo
				<input type="checkbox"/> Aplicado en solución <input type="checkbox"/> Siembra al voleo <input type="checkbox"/> Incorporar <input type="checkbox"/> Fertirrigación- goteo

3.2 Insumos de protección de cultivos y abonos foliares

Tipo de Producto (abono o insumo de protección) y Nombre del producto (Casa comercial)	¿Cuándo lo aplica? Etapa Fenológica	Categoría ¿A qué lo aplica? (suelo, semilla o planta pos-emergente)	Número de Aplicaciones Durante todo el cultivo	Método de Aplicación	¿Para qué?
				<input type="checkbox"/> Aplicado en solución <input type="checkbox"/> Siembra al voleo <input type="checkbox"/> Incorporar <input type="checkbox"/> Fertirrigación- goteo	
				<input type="checkbox"/> Aplicado en solución <input type="checkbox"/> Siembra al voleo <input type="checkbox"/> Incorporar <input type="checkbox"/> Fertirrigación- goteo	
				<input type="checkbox"/> Aplicado en solución <input type="checkbox"/> Siembra al voleo <input type="checkbox"/> Incorporar <input type="checkbox"/> Fertirrigación- goteo	
				<input type="checkbox"/> Aplicado en solución <input type="checkbox"/> Siembra al voleo <input type="checkbox"/> Incorporar <input type="checkbox"/> Fertirrigación- goteo	

4. Combustible, Energía y Aguas residuales (usados por el cultivo papa)

4.1. Uso de energía en operaciones de campo

Máquina	Uso de Combustible	Número de operaciones (por ciclo)
<input type="checkbox"/> Arado de discos <input type="checkbox"/> Subsolador <input type="checkbox"/> Zanjadora <input type="checkbox"/> Surcadora <input type="checkbox"/> Bomba de Motor	<input type="checkbox"/> Diesel <input type="checkbox"/> Gasolina	
<input type="checkbox"/> Arado de discos <input type="checkbox"/> Subsolador <input type="checkbox"/> Zanjadora <input type="checkbox"/> Surcadora <input type="checkbox"/> Bomba de Motor	<input type="checkbox"/> Diesel <input type="checkbox"/> Gasolina	
<input type="checkbox"/> Arado de discos <input type="checkbox"/> Subsolador <input type="checkbox"/> Zanjadora <input type="checkbox"/> Surcadora <input type="checkbox"/> Bomba de Motor	<input type="checkbox"/> Diesel <input type="checkbox"/> Gasolina	
<input type="checkbox"/> Arado de discos <input type="checkbox"/> Subsolador <input type="checkbox"/> Zanjadora <input type="checkbox"/> Surcadora <input type="checkbox"/> Bomba de Motor	<input type="checkbox"/> Diesel <input type="checkbox"/> Gasolina	
<input type="checkbox"/> Arado de discos <input type="checkbox"/> Subsolador <input type="checkbox"/> Zanjadora <input type="checkbox"/> Surcadora <input type="checkbox"/> Bomba de Motor	<input type="checkbox"/> Diesel <input type="checkbox"/> Gasolina	

4.2 Almacenamiento (papa)

Cantidad almacenada _____ %

Tiempo de almacenamiento _____

- Meses
- Semanas
- Días

4.3 Aguas Residuales (a efecto del cultivo papa)

Sistema de lavado

- Tanque, tina
- Acequia, río
- Otro.....

Volumen de agua residual por saco

- Litros
- Galones
- m³
- Otro.....

Tratamiento

- Ninguno-vertido a rio/lago/mar
- Ninguno-estancado
- Ninguno-flujo rápido
- Planta de tratamiento aeróbico
- Digestión anaerobia de lodos
- Laguna Anaerobia

5. Uso de agua (cultivo)

5.1 Eventos de riego

Cuenta con un sistema de riego

- Si (continúe)
- No (vaya a 6)

Cada cuanto usted riega

Método

- Inundación
- Goteo
- Aspersores
- Otros.....

Fuente de agua

- Lago natural / estanque
- Reservorio
- Río / arroyo / acequia
- Cosecha de agua lluvia
- Pozo / manantial
- Agua potable

Profundidad de bombeo (m) _____
(Profundidad de nivel freático)

Distancia horizontal desde la fuente o captación (m) _____

Fuente de alimentación

- Eléctrico
 Diésel
 Gravedad

Tiempo de riego al mes _____

Caudal o contacto de la junta de agua _____

6. Cambios de carbono y secuestro total (finca)

¿Se ha convertido alguna parte de esta tierra hacia o desde tierras cultivables, pastizales o bosques en los últimos 20 años?

Cambiado desde

- Arable a pasto
 Pasto a arable
 Bosque (pajonal) a arable
 Otros

Hace cuántos años _____

Porcentaje de campo _____ %

¿Cómo han cambiado sus prácticas de labranza en este campo en los últimos 20 años?
(La labranza convencional incluye el arado, actuando sobre el suelo con una profundidad superior a 5 cm.
Labranza cero es cuando la semilla se perfora directamente en rastrojos previos sin ningún cultivo).

Cambiado en labranza

- Convencional a reducida
 Convencional a sin labranza
 Reducida a convencional
 Reducida a sin labranza
 Sin labranza a convencional
 Sin labranza a reducida

Hace cuantos años

Porcentaje de campo _____ %

¿En los últimos 20 años ha hecho cultivos de cobertura?

Cambios en la cobertura

- Cultivo de cobertura a sin cultivo de cobertura
 Sin cultivo de cobertura a cultivo de cobertura

Hace cuántos años

Porcentaje de campo

_____ %

6.1 Cambios de biomasa fuera del cultivo. (finca)

Tipo de árbol

Densidad del año pasado

- Árboles/ha
 Otra

Tamaño del año pasado
(Diámetro a la altura del pecho)

- Metros
 Centímetros
 Pulgadas
 Pies
 Milímetros

Tamaño de este año
(Diámetro a la altura del pecho)

- Metros
 Centímetros
 Pulgadas
 Pies
 Milímetros

Árboles plantados/perdidos

- Árboles/ha
 Otra

Introduzca un número positivo si tiene más árboles por hectárea en general que el año pasado, o un número negativo si tiene menos árboles por hectárea (si ha perdido y ganado árboles, introduzca simplemente el cambio neto, si hay uno).

7. Transporte (cultivo de papa)

Evento	Propiedad del transporte	Uso del Transporte	Tipo de Transporte	Peso de la carga (papa)	Distancia al destino final (Kilómetros)
	<input type="checkbox"/> Propio <input type="checkbox"/> Alquilado <input type="checkbox"/> Niguno	<input type="checkbox"/> Exclusivo para papa <input type="checkbox"/> Con otro tipo de productos ¿Qué productos?.....	<input type="checkbox"/> Camión <input type="checkbox"/> Camioneta diesel <input type="checkbox"/> Camioneta gasolina		
	<input type="checkbox"/> Propio <input type="checkbox"/> Alquilado <input type="checkbox"/> Niguno	<input type="checkbox"/> Exclusivo para papa <input type="checkbox"/> Con otro tipo de productos ¿Qué productos?.....	<input type="checkbox"/> Camión <input type="checkbox"/> Camioneta diesel <input type="checkbox"/> Camioneta gasolina		
	<input type="checkbox"/> Propio <input type="checkbox"/> Alquilado <input type="checkbox"/> Niguno	<input type="checkbox"/> Exclusivo para papa <input type="checkbox"/> Con otro tipo de productos ¿Qué productos?.....	<input type="checkbox"/> Camión <input type="checkbox"/> Camioneta diesel <input type="checkbox"/> Camioneta gasolina		
	<input type="checkbox"/> Propio <input type="checkbox"/> Alquilado <input type="checkbox"/> Niguno	<input type="checkbox"/> Exclusivo para papa <input type="checkbox"/> Con otro tipo de productos ¿Qué productos?.....	<input type="checkbox"/> Camión <input type="checkbox"/> Camioneta diesel <input type="checkbox"/> Camioneta gasolina		
	<input type="checkbox"/> Propio <input type="checkbox"/> Alquilado <input type="checkbox"/> Niguno	<input type="checkbox"/> Exclusivo para papa <input type="checkbox"/> Con otro tipo de productos ¿Qué productos?.....	<input type="checkbox"/> Camión <input type="checkbox"/> Camioneta diesel <input type="checkbox"/> Camioneta gasolina		

Anexo 4. Reporte fotográfico levantamiento de información Huella de Carbono

<p>Levantamiento productores Tungurahua</p>	
<p>Levantamiento productores Chimborazo</p>	
<p>Sistemas de Producción visitados</p>	

Anexo 5. Resultado de entrevistas a los productores referente a la Huella de Carbono

ID	Provincia	Cantón	Parroquia	Tamaño finca (ha)	Tamaño Cultivo (ha)	Produc. total (qq)	Produc. semillas	Gestión de residuos	Producción de fertilizantes	Suelo / fertilizante	Protección de cultivos	CRC	Uso de energía (campo)	Transporte fuera de la granja	Total finca (Kg CO ₂ eq)
1	Tungurahua	Quero	Rumipamba	2,1168	1,4112	100	295,65	175,76	198,97	817,26	491,8	0	23,74	140,26	2143,44
2		Quero	Rumipamba	2,1168	1,4112	600	52,56	213,21	127,33	417,34	144,65	0	23,74	124,96	1103,79
3		Ambato	Pilahuín	0,35	0,2	140	68,64	624,54	263,43	224,02	45,1	0	7,4	208,26	1441,39
4		Ambato	Juan Benigno Vela	2,8224	1,0584	960	302,68	211,77	617,62	450,89	195,27	2390	87,72	887,55	5143,5
5		Ambato	Pilahuín	23	4	2875	1370	18840	344,13	1290	123	10030	209,6	2230	34436,73
6		Píllaro	La Matriz	0,13	0,13	90	31,22	23,22	161,54	68,56	39,98	0	6,63	12,24	343,39
7		Ambato	Pilahuín	4	0,2646	75	34,36	37,01	92,96	209,91	75,94	0	4,09	9,65	463,92
8		Ambato	Pilahuín	3,528	1,4112	45	870,32	155,78	165,77	476,21	315,7	5330	0	86,07	7399,85
9		Ambato	Pilahuín	3	1	565	366,97	166,4	318,41	211,04	1170	3090	60,44	167,53	5550,79
10		Ambato	Pilahuín	2,5	1,5	80	2440	176,1	815,33	981,75	399,75	6470	21,05	7,04	11311,02
11		Ambato	Juan Benigno Vela	1,4112	0,3528	180	70,58	886,85	88,51	88,96	71,75	0	17,23	117,17	1341,05
12		Píllaro	San Andrés	2,8224	1,4112	150	63,71	168,55	153,06	174,71	462,87	954,76	73,61	51	2102,27
13		Ambato	Pilahuín	1,5	1	525	73,46	153,13	311,34	242,06	246	0	79,99	69,34	1175,32
14		Píllaro	San Andrés	2,1	0,3528	207	73,9	59,43	347,56	327,95	130,18	0	36,83	54,17	1030,02
15		Ambato	Juan Benigno Vela	2	1	439	175,93	197,37	252,59	320,69	231,44	807,21	78,24	43,34	2106,81
16		Píllaro	Cuidad Nueva	2,1168	0,2646	73	16,1	36,2	182,12	87,48	86,79	111,89	46,64	36,67	603,89

ID	Provincia	Cantón	Parroquia	Tamaño finca (ha)	Tamaño Cultivo (ha)	Produc. total (qq)	Produc. semillas	Gestión de residuos	Producción de fertilizantes	Suelo / fertilizante	Protección de cultivos	CRC	Uso de Energía (campo)	Transporte fuera de la granja	Total finca (Kg CO ₂ eq)
17	Chimborazo	Guamote	Palmira	6	0,5	70	308	61,25	43,71	131,69	71,75	1110	12,82	10,19	1749,41
18		Guano	Palmira	1	0,1764	20	68,3	21,07	151,98	137,29	14,46	0	4,95	11,73	409,78
19		Riobamba	Quimia	3	1	100	1020	118,42	0	165,35	184,5	9670	28,06	22,92	11209,25
20		Penipe	El Altar	8	1	710	62,73	179,67	195,78	257,21	266,5	169,14	36,99	8,13	1176,15
21		Riobamba	San Juan	7	3	480	774,77	339,95	962,28	1330	369	7539	100,7	27,27	11442,97
22		Guamote	Palmira	2	1,5	780	313,94	241,94	402,11	491,53	553,5	2880	114,75	216,14	5213,91
23		Penipe	El Altar	6	2	1500	373,2	216,42	963,18	571,45	1110	2830	281,33	3360	9705,58
24		Guamote	Palmira	0,5	0,16	15	31,95	18,78	27,07	49,47	39,36	176,95	2,69	5,2	351,47
25		Guamote	Palmira	0,78	0,12	42	88,99	17,27	217,32	174,63	49,2	132,71	1,48	30,3	711,9
26		Riobamba	San Luis	2,8	0,7	270	295,04	102,9	903,6	2700	200,9	464,48	14,94	36,55	4718,41
27		Riobamba	San Luis	1,3584	1,0584	200	118,73	135,06	130,72	391,12	238,67	0	36,64	17,63	1068,57
28		Riobamba	Cacha	0,05	0,01	5	6,79	27,84	0	3,42	1,02	0	0,28	1,37	40,72
29		Penipe	El Altar	3	0,5	133	73,49	67,89	281,99	288,08	225,5	0	14,27	26,21	977,43
30		Riobamba	San Luis	0,7056	0,1	80	10,82	18,99	30,98	13,56	16,4	84,57	0,95	7,65	183,92
31		Riobamba	San Juan	0,3	0,1764	40	58,9	23,05	344,01	34,75	25,31	149,18	4,95	7,79	647,94

*CRC= Cambios en las reservas de carbono

Anexo 6. Ficha para evaluación técnica del potencial de las prácticas ACI

Para esta valoración considere a 5 como un impacto muy alto positivo y a -5 como muy alto negativo

Nombre de la práctica				
Escala de Valoración	Productividad y Calidad	Adaptación	Mitigación	Biodiversidad
		Mantener o incrementar la productividad o calidad sin mayores inversiones económicas	Proceso de ajuste al clima real o proyectado y sus efectos. En los sistemas humanos, la adaptación trata de moderar o evitar los daños o aprovechar las oportunidades beneficiosas. En nuestro contexto de trabajo, se refiere fundamentalmente a la reducción de la vulnerabilidad de las poblaciones más pobres.	Intervención antropogénica para la reducción las fuentes o potenciación de los sumideros de gases de efecto invernadero (GEI). Este concepto está relacionado con las acciones concretas para reducciones de emisiones de GEI.
5				
4				
3				
2				
1				
0				
-1				
-2				
-3				
-4				
-5				
Breve explicación de su valoración				

Anexo 7. Reporte fotográfico taller selección de prácticas ACI



Presentación de la línea base climática.



Evaluación de prácticas- pilares ACI.



Priorización de prácticas