

Universidad Andina Simón Bolívar

Sede Ecuador

Área de Estudios Sociales y Globales

Maestría en Cambio Climático y Negociación Ambiental

Análisis del impacto económico del cambio climático en cultivos de quinua (*Chenopodium quinua*), en la provincia de Chimborazo

Fernanda Mabel Cadena Zumárraga

Tutor: Fernando José Larrea Maldonado

Quito, 2021



Cláusula de cesión de derecho de publicación de tesis

Yo, Fernanda Mabel Cadena Zumárraga, autora de la tesis “Análisis del impacto económico del Cambio Climático en cultivos de quinua (*Chenopodium quinua*), en la Provincia de Chimborazo”, mediante el presente documento dejo constancia de que la obra es de mi exclusiva autoría y producción, que la he elaborado para cumplir con uno de los requisitos previos para la obtención del título de Magister en Cambio climático y Negociación Ambiental en la Universidad Andina Simón Bolívar, Sede Ecuador.

1. Cedo a la Universidad Andina Simón Bolívar, Sede Ecuador, los derechos exclusivos de reproducción, comunicación pública, distribución y divulgación, durante 36 meses a partir de mi graduación, pudiendo por lo tanto la Universidad, utilizar y usar esta obra por cualquier medio conocido o por conocer, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico. Esta autorización incluye la reproducción total o parcial en los formatos virtual, electrónico, digital, óptico, como usos en red local y en internet.
2. Declaro que en caso de presentarse cualquier reclamación de parte de terceros respecto de los derechos de autor/a de la obra antes referida, yo asumiré toda responsabilidad frente a terceros y a la Universidad.
3. En esta fecha entrego a la Secretaría General, el ejemplar respectivo y sus anexos en formato impreso y digital o electrónico.

17 de febrero de 2021

Firma: _____

Resumen

Esta investigación tiene como objetivo analizar las posibles alteraciones económicas que puede traer el cambio climático en la producción de quinua en la provincia de Chimborazo. El incremento de la temperatura y el descenso de la precipitación tendrán desenlaces negativos en el desarrollo fenológico de quinua, principalmente se prevé que podría afectar las etapas iniciales y finales del cultivo sobre todo por la variabilidad climática, algo que podría reducir de manera acentuada la producción y la economía de los agricultores quienes invierten una considerable cantidad de dinero para llevar a cabo el cultivo. Esta investigación muestra un análisis de como las variables temperatura y precipitación ya han afectado el rendimiento y producción del cultivo de quinua dentro del cantón Riobamba desde el año 2010 al 2020, mediante observaciones mensuales de cada periodo del cultivo; se analizan año tras año las temperaturas máximas, las mínimas, así como la presencia de las precipitaciones y la ausencia de las mismas en momentos claves del cultivo. Además, se realizan proyecciones climáticas para el año 2050 en los escenarios RCP4.5 y RCP8.5, las cuales indican un aumento probable de temperatura de entre 0.9°C y 1.1 °C y un descenso en las precipitaciones para los próximos años. Con estos resultados y en base a los requerimientos agroclimáticos óptimos de este cultivo se analizan las posibles repercusiones en la producción y rendimiento del cultivo.

Finalmente, se presenta un estudio de caso sobre percepción del cambio climático, realizado en tres comunidades del cantón Riobamba, donde se evidencia que la mayoría de los agricultores entrevistados manifiestan que la época seca se prolonga más de lo que debería, y que las heladas están más fuertes y se presentan con más frecuencia. De igual manera supieron indicar que el clima ha cambiado comparado con hace 10 o 15 años atrás, ya que ahora llueve en épocas que antes no llovía y existe escasez de estas cuando debería haber lluvias, lo cual merma la producción de quinua y perjudica gravemente su economía, más aún cuando son productores que no cuentan con agua de riego y necesitan de la presencia de lluvias para preparar la tierra e iniciar el cultivo de quinua.

Palabras clave: Quinua, Chimborazo, Riobamba, economía, cambio climático, fenología, agroclimatológico

A mi hermano Roberto, a quien extraño más que a nadie en el mundo, por dejarme los mejores recuerdos de mi infancia, porque sé que está a mi lado, porque cerrando mis ojos yo te veo.

A mis padres, por ser un ejemplo de vida y esfuerzo.

A mi hermano Javier por siempre estar conmigo en todo momento y sobre todo por la admiración y cariño que le tengo.

A mi hermana Mariela, por todo su apoyo incondicional.

A mis sobrinos Roberto Matías y María Paz, por ser los soles que iluminan mi vida.

Agradecimientos

A la Universidad Andina Simón Bolívar y su personal docente por sus guías y enseñanzas.

A mi tutor el Dr. Fernando Larrea, por sus importantes aportes, por compartir sus conocimientos y por su valiosa ayuda y asesoramiento que permitieron culminar esta investigación con éxito.

Al Ing. Alex Leguízamo por colaborar con sus importantes contribuciones y facilitación de los estudios previos realizados sobre la quinua.

A la Ing. Dora Cevallos por su generosa y desinteresada ayuda al acompañarme a realizar las encuestas a los agricultores.

A todos los agricultores encuestados por su buena disposición y participación.

A las personas de COPROBICH, SUMAK LIFE y Fundación Maquita, por la proporción de datos sobre la producción de quinua.

Tabla de contenidos

Introducción	15
Capítulo primero: Efectos del Cambio Climático sobre la biodiversidad y agricultura, sus consecuencias económicas y la importancia de herramientas climáticas y meteorológicas	23
1. El Cambio Climático a nivel mundial	23
1.1. ¿Qué es y Por qué existe el Cambio Climático?.....	23
1.2. Los Impactos del Cambio Climático	26
1.2.1. Aumento del nivel del mar	27
1.2.2. Condiciones climáticas extremas y cambiantes	28
1.2.3. Riesgos políticos y de seguridad.....	28
1.2.4. Riesgos para la salud humana	29
1.2.5. Presión sobre el agua y los alimentos	29
1.2.6. Impacto en la vida silvestre y los ecosistemas.....	31
1.2.7. Impacto Económico del Cambio Climático.....	32
2. La agrometeorología y agroclimatología como herramientas de adaptación al cambio climático en la Agricultura.	34
2.1. Uso de Herramientas Agroclimáticas en América Latina.	36
2.2. Uso de Herramientas Agroclimáticas en el Ecuador.	37
3. Normativa y Aportes Legislativos en temas de Adaptación al Cambio Climático en el sector Agrícola del Ecuador.	38
4. El Quinto Informe de Evaluación sobre Cambio Climático (AR5).....	40
4.1. Importancia del Quinto Informe de evaluación.....	40
4.2. Escenarios Climáticos: Vías de Concentración Representativas (RCP).	41
5. Agricultura en el Ecuador	44
5.1. Cultivos de Quinua	49
5.1.1. Importancia cultural de la quinua	56
5.1.2. Requerimientos Agroclimáticos óptimos.	57
5.1.3. Aspectos Agronómicos del Cultivo	59
5.1.4. Insectos Plagas y Enfermedades	61
5.1.5. Información Nutricional	62
5.1.6. Fenología del Cultivo de Quinua	63
Capítulo segundo: Los impactos económicos del cambio climático en la agricultura dentro de la Provincia de Chimborazo y proyecciones climáticas	69
1. Efectos del Clima en la Agricultura del Ecuador	69
2. Proyecciones de mapas climáticos	71

3. El impacto económico del cambio climático en el cultivo de quinua de la provincia de Chimborazo.	83
3.1 Evolución del cultivo de quinua dentro y fuera de la provincia de Chimborazo.	84
3.2 Importancia Económica y Producción en la provincia de Chimborazo.	88
-3.3 Principales Zonas productoras de Quinua en la provincia de Chimborazo.	89
3.3.1. Producción Histórica de Quinua (2010 - 2020), en el cantón Riobamba.	89
3.3.2. Precio del productor.	90
3.3.3. Efectos del Cambio Climático en la Producción y Rendimiento de la Quinua en Chimborazo, y su consecuente impacto económico.	92
3.4 Resultados.	93
Capítulo tercero: Percepción sobre los impactos del cambio climático entre los productores orgánicos de quinua: estudio de caso en las comunidades Nitiluisa, San Francisco Cunuhuachay y San José de Gaushi.	97
1. El Cultivo de Quinua en las Comunidades Nitiluisa, San Francisco Cunuhuachay y San José de Gaushi.	98
2. Enfoque y marco metodológico para la Medición de la percepción sobre Cambio Climático en las tres comunidades de la provincia.	99
2.1 Sistematización de la Información.	101
2.2 Resultados.	101
2.2.1 Caracterización Social.	101
2.2.2 Características de la producción.	103
2.2.3 Prácticas agronómicas.	107
2.2.4 Detalle económico sobre la producción.	111
2.2.5 Percepción sobre Cambio Climático y efectos en el cultivo de quinua.	115
Discusión y Conclusiones.	127
1. Discusión.	127
2. Conclusiones.	130
Lista de Referencia.	135
Anexos.	157

Abreviaturas

AFOLU	Agriculture, Forestry and Other Land Use
AIQ	Año Internacional de la Quinoa
AR4	Cuarto Informe de Evaluación
AR5	Quinto Informe de Evaluación
BID	Banco Interamericano de Desarrollo
CEFA	Comité Europeo para la Formación y la Agricultura
CEPAL	Comisión Económica para América Latina y el Caribe
CMMAD	Comisión Mundial de Medio Ambiente y Desarrollo
CMNUCC	Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático
CO₂	Dióxido de Carbono
COA	Código Orgánico de Ambiente
COP	Conferencia de las Partes
COPROBICH	Corporación de Productores y Comercializadores Orgánicos Bio Taita Chimborazo
CSC	Costo Social por Carbono
DCD	The Dictionary of the Climate Debate
ENCC	Estrategia Nacional de Cambio Climático
ERPE	Escuelas Radiofónicas Populares del Ecuador
ESPAC	Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
GEI	Gases de Efecto Invernadero
IDMC	Internal Displacement monitoring center
INAMHI	Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (Ecuador)
INEC	Instituto Nacional de Estadísticas y Censos
INIAP	Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias
INSAM	The International Society for Agricultural Meteorology
IPBES	Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services
IPCC	Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático
MAAE	Ministerio de Ambiente y Agua del Ecuador
MAG	Ministerio de Agricultura y Ganadería (Ecuador)
MCEIP	Ministerio de Comercio Exterior e Inversiones y Pesca
MINAGRI	Ministerio de Agricultura y Riego (Perú)
NDC	Contribución Determinada a nivel nacional
ODS	Objetivos de Desarrollo Sostenible

OEC	The Observatory of Economic Complexity
OEI	Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura
OECD	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos
OMM	Organización Meteorológica Mundial
OMS	Organización Mundial de la Salud
ONU	Organización de las Naciones Unidas
PIB	Producto Interno Bruto
PNA	Plan Nacional de Adaptación
SEMPADES	Secretaria Nacional de Planificación y Desarrollo
SNI	Sistema Nacional de Información
TCN	Tercera Comunicación Nacional
UICN	Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza
UPAs	Unidades de Producción Agropecuarias
ZAEE	Zonificación Agroecológica Económica

Introducción

El cambio climático tendría un impacto significativo en la biodiversidad y agrobiodiversidad a nivel mundial, afectando a los distintos ecosistemas, a varias especies y a sus interacciones ecológicas. Se lo entiende como un cambio del clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana y que se suma a la variabilidad natural (Sánchez-Cohen y otros 2011, 167). Las consecuencias de este impacto son significativas para la permanencia a largo plazo de muchos de los bienes y servicios ecosistémicos de los cuales los seres humanos nos beneficiamos, entre estos la agricultura y pesca; y que además, se encuentran inmersos en ecosistemas terrestres y marinos que claramente juegan un papel importante en el ciclo de carbono a través de la eliminación del CO₂ de la atmósfera (IPBES 2019).

Los servicios ecosistémicos son una serie de beneficios que la naturaleza aporta a la sociedad y que además hacen posible la vida humana, por ejemplo: al proporcionar alimentos y agua limpios, polinización de cultivos, beneficios culturales, recreativos y espirituales, entre muchos otros (FAO 2016a, párr. 1). La biodiversidad y agrobiodiversidad son el origen, la base y garantía del abastecimiento de servicios ecosistémicos, necesarios para el desarrollo sostenible¹ de una comunidad, de un país y del planeta Tierra.

La Tierra ha estado sujeta a muchas presiones, las mismas que son producidas por una creciente demanda de recursos por parte de los seres humanos que involucran: “la explotación selectiva o la destrucción de las especies, el cambio en el uso o la cubierta de los suelos, el régimen acelerado de la deposición de nitrógeno por causas humanas, la contaminación de los suelos, agua y el aire; la introducción de especies no autóctonas, la desviación de aguas hacia sistemas urbanos, la fragmentación de paisajes y la urbanización e industrialización. El cambio climático forma una presión adicional sobre los ecosistemas, la biodiversidad que está contenida en ellos, y los bienes y servicios que proporcionan” (IPCC 2002, 6). En los recientes reportes de la FAO se indica que entre 1990 y 2015, “la superficie forestal del planeta disminuyó del 31,6 % de la superficie

¹ En el año 1986, la Comisión Mundial de Medio Ambiente y Desarrollo (CMMAD) editó el “Informe Brundtland” que “define desarrollo sostenible como el desarrollo que satisface las necesidades de la generación presente, en particular las de los más pobres a las que se debería otorgar prioridad preferente, sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades”.

terrestre mundial al 30,6 %, aunque el ritmo de pérdida se ha ralentizado en los últimos años. La mayor parte de esta pérdida tuvo lugar en países en desarrollo, en particular en el África Subsahariana, América Latina y Asia Sudoriental” (FAO 2018).

“En las últimas décadas, la riqueza natural de América Latina y el Caribe se está modificando aceleradamente debido en parte a las iniciativas de desarrollo basadas en la explotación de los recursos naturales. La producción agrícola, ganadera, y de cultivos bioenergéticos está aumentando rápidamente como consecuencia de la expansión de las actividades agropecuarias en las áreas forestales” (CEPAL 2015a, 12). Algunos seres humanos no toman conciencia sobre el gran valor que tiene la naturaleza, tanto a nivel económico, social como cultural. La falta de valoración económica puede ser una causa profunda del deterioro de los ecosistemas y de la pérdida de biodiversidad, por ejemplo se calcula que, debido a la actividad humana, el ritmo de la extinción de especies es 100 a 1000 veces más rápido al ritmo *natural* propio de la historia de la Tierra (Refoyo, y otros 2013, Petit y Prudent 2010, 19).

Según el último informe del IPBES actualmente existen 1'000000 de especies amenazadas de extinción. La abundancia promedio de especies nativas en la mayoría de los hábitats terrestres ha disminuido en al menos un 20%, principalmente desde 1900. Más del 40% de las especies de anfibios, casi el 33% de los corales formadores de arrecifes y más de un tercio de todos los mamíferos marinos son amenazados. La imagen es menos clara para las especies de insectos, pero la evidencia disponible respalda una estimación tentativa del 10% de amenazas (IPBES 2019).

En el país llega a ser transcendental elaborar una relación amplia y concluyente de razones económicas que evidencien la importancia de la conservación de los ecosistemas y de la biodiversidad. El Ecuador es considerado como un país con una gran biodiversidad a nivel mundial, no solamente en sus ecosistemas terrestres, sino también por la confluencia de las corrientes marinas en su mar territorial. Tomando en cuenta la relación a su extensión territorial, el Ecuador tiene más número de especies² por unidad de área que cualquier otro país de la Tierra. (Ec Ministerio de Ambiente y Agua 2016, 87).

Tal es así que en nuestro país en los últimos 13 años se han reportado 2433 especies vegetales nuevas, de las cuales 1663 son también nuevas para la ciencia. Es así

² “Grupo de organismos que evolucionan conjuntamente, capaces de mantener su propia identidad diferenciada de la de otros” (De Haro 1999, 1).

que en el Ecuador se registran actualmente 18198 especies de plantas vasculares³, de las cuales 17748 son nativas⁴, 4500 endémicas⁵ y 3103 plantas presentan algún tipo de característica medicinal (León-Yáñez y otros 2011, 344-359; Ec Ministerio de Ambiente y Agua 2013, 35-141).

En relación al tipo de uso, existen 5172 especies denominadas útiles; de las cuales el 60% son medicinales, el 55% son fuente de materiales como los usados para construcción, el 30% son comestibles y el 20% son utilizadas en los llamados usos sociales, los cuales incluyen ritos religiosos y prácticas similares. La suma de estos porcentajes sobrepasa el 100%, lo que significa que muchas de las especies tienen múltiples usos (de la Torre y otros 2008, 1-3).

Una de las plantas con múltiples usos es la quinua que además es nativa de los Andes y se la cultiva mayoritariamente dentro de sistemas productivos tradicionales, presenta mayor relevancia en la alimentación debido a su importante contenido nutricional. También es utilizada como alimento animal (ya sea la planta completa al estado fresco como forraje verde, las partes de la planta que quedan después de la cosecha sirven para elaborar concentrados y suplementos alimenticios para aves de corral), tiene además uso medicinal (su harina resulta beneficiosa para tratar enfermedades que se manifiestan en la piel así como en quemaduras y heridas abiertas, debido a que su alto contenido de saponina contribuye a la eliminación de los tejidos lastimados y a su rápida reconstitución) y uso industrial (agente emulsionante de grasas y aceites, agente espumante para baño, no tóxico, entre otros usos).

A partir de la década de los 90, el Ecuador comienza con la producción orgánica de algunas especies, alentada por la creciente demanda de los mercados de la Unión Europea y Estados Unidos quienes desde aquella época buscaban nuevas tendencias de consumo (León-Yáñez, y otros 2011, 64). A nivel mundial hasta el año 2014 se

³ “Son aquellas que poseen un tejido de soporte y conductor de fluidos, llamado xilema, y otro tejido conductor de alimentos productos de la fotosíntesis llamado floema, que los transporta desde las hojas hacia el resto de la planta. [...]. 467 especies de plantas vasculares están en peligro de extinción, debido a múltiples factores como: la deforestación, pérdida de hábitat, contaminación, intensificación de las actividades agrícolas y ganaderas, invasión de especies exóticas, sobreexplotación, entre otros” (Bioenciclopedia 2015, 1).

⁴ Especie o subespecie que se asume que es parte intrínseca del ecosistema, debido a que se ha desarrollado allí y tiene posibilidad de dispersión (es decir, dentro de la zona que ocupa naturalmente o que podría ocupar sin la acción de los seres humanos) (UICN 2000, 69).

⁵ Restringidas a un área geográfica en particular y que es imposible encontrarla de manera natural en ningún otro lugar del mundo. Las especies altamente endémicas, aquellas con rangos naturales muy restringidos, son especialmente vulnerables a la extinción si se elimina su hábitat natural o se perturba significativamente (Acebey y otros 2012, 4:6).

registraron 2.3 millones de agricultores orgánicos que manejaron 43.7 millones hectáreas de tierra agrícola de manera orgánica que equivale a casi 6 veces la superficie de producción agrícola total del Ecuador. El desarrollo del mercado mundial de alimentos y bebidas orgánicas ha crecido cinco veces entre 1999 y 2014 llegando a obtener 80 mil millones de dólares hasta ese último año (Ec Ministerio de Comercio Exterior Inversiones y Pesca 2018, párr. 2).

Entre las plantas nativas de cultivo orgánico destaca el cacao (*Theobroma cacao*), la quinua (*Chenopodium quinua*), camote (*Ipomoea batatas*), yuca (*Manihot esculenta*), chocho (*Lupinus mutabilis*), amaranto (*Amaranthus*), piña (*Ananas comosus*), arazá (*Eugenia stipitata*), guaba (*Inga spp.*), uvilla (*Physalis peruviana*), achiote (*Bixa orellana*), hierbas naturales y plantas medicinales como la cascarilla (*Cinchona pubescens*), guayusa (*Ilex guayusa*), cedrón (*Aloysia citriodora*) y el matico (*Piper aduncum*) (Ec Ministerio de Comercio Exterior Inversiones y Pesca 2017, 10-133).

El uso de todas estas plantas, tanto frescas como deshidratadas, así como de aceites, mieles, extractos, entre otros productos es creciente en nuestro país y el resto del mundo. De las exportaciones tradicionales, el producto nativo más importante de exportación al año 2016 fue el cacao con 682 millones de dólares, tanto en grano como en elaborados. Los productos de las plantas introducidas más destacados fueron las distintas variedades de plátano (3.12 mil millones), las flores (770 millones) y el café (20.8 millones) (OEC 2016, párr. 2).

Dado el gran valor de estas especies tanto cultural como natural y la evidencia científica del cambio del clima a nivel mundial, es necesario conocer los efectos de este cambio sobre la biodiversidad y la agrobiodiversidad, los cuales no son conocidos de manera amplia en el país; para lo cual podría ser importante abordar este tema desde la modelación climática futura y la modelación de cambios en las condiciones de distribución de algunas especies. Lastimosamente a nivel de especies son pocos los trabajos realizados en el país que presentan los potenciales impactos del cambio climático sobre los patrones de distribución de especies. Según el documento técnico V del IPCC (2002, 9) las especies con rangos climáticos limitados y/o con pequeñas poblaciones son normalmente las más vulnerables a la extinción.

Para el año 2007 los científicos del grupo de trabajo (AR4), informaron que el incremento de la temperatura parecía ser muy leve, sin embargo, este ligero incremento ya conllevaba a una respuesta en el reino vegetal (Rosenzweig y otros 2007, 79). Para el AR5 se realizaron más estudios que documentan los impactos del cambio climático en la

producción de cultivos. También se han realizado algunos estudios que demuestran una relación de fortalecimiento entre las variables climáticas observadas y los rendimientos de los cultivos que indican que el calentamiento futuro esperado tendrá graves impactos en la producción de los mismos (Mall R y otros 2017; Lone B y otros 2017). El cambio climático entre 1981 y 2010 disminuyó los rendimientos medios globales de maíz, trigo y soja en 4.1, 1.8 y 4.5%, respectivamente, en relación con el clima preindustrial, incluso cuando la fertilización por CO₂ y los ajustes agronómicos son considerados, el cambio climático moduló los rendimientos recientes a escala mundial y condujo a pérdidas de producción, además las adaptaciones hasta la fecha no han sido suficientes para compensar los impactos negativos del cambio climático, particularmente en latitudes más bajas (IPCC 2020, 451).

El Quinto Informe de Evaluación del IPCC (AR5), por medio del cual la comunidad científica informa que los futuros riesgos que tendrán que ver con el cambio de clima en América del Sur será en: la producción de alimentos (menor producción y calidad), la menor disponibilidad de agua, mayor número de inundaciones y deslizamientos de tierra (Carabine y Lemma 2014, 12). Según estudios el cambio climático más probable a corto plazo es un aumento de la temperatura global promedio de 2°C hasta el 2030; en el caso de la precipitación pluvial la alteración es mayor, en algunos escenarios se pronostica una disminución del 40%; aunque es de esperarse que existan localidades donde la precipitación aumente (Granados y Sarabia 2013, 1; CNN 2018).

Los bosques tropicales son los ecosistemas vegetales terrestres más vulnerables al cambio climático puesto que en estos se espera una elevación mayor de temperatura a la del promedio mundial, estudios sugieren una disminución en la fotosíntesis del dosel de los bosques tropicales a altas temperaturas, puesto que si la temperatura ambiental supera la temperatura óptima, la capacidad del ecosistema de crecer y fijar dióxido de carbono procedente de la atmósfera disminuye rápidamente (Huang y otros 2019).

Por todo lo mencionado, es trascendental que nuestro país cuente con estudios de impacto económico del Cambio Climático en la agricultura dada la enorme importancia que tiene este sector no sólo en el ámbito económico sino también en el social y cultural; además de ser una de las actividades más relevantes del Ecuador. Su protagonismo se ha observado notablemente durante la historia económica del país, especialmente en los períodos económicos de auge, como son el boom cacaotero y bananero. Su participación sobre el PIB Nacional ha oscilado constantemente en niveles de entre 8% a 9%;

convirtiendo al sector en uno de los principales pilares de la economía nacional (Monteros y otros 2016, 1).

Cómo país tenemos un gran reto para reducir la vulnerabilidad en el sector agrario y en generar política pública agraria efectiva a nivel nacional, que tenga un enfoque adecuado hacia la adaptación al cambio climático y a la mitigación mediante el uso de herramientas agroclimáticas y de técnicas agroecológicas, y que además incorpore el uso sostenible de los recursos naturales y agrarios. Será importante permitir a los productores ser partícipes de la elaboración de esta normativa, en trabajo conjunto con las instituciones públicas y privadas encargadas y conectoras del sector agrario; para generar esta política podría ser de gran ayuda el poder crear y analizar los posibles escenarios futuros en todo el país, los mismos que permitirán priorizar áreas vulnerables a inundaciones y sequías. Temas como la fenología⁶ de las plantas y animales, así como la agroclimatología⁷ y agrometeorología⁸ permitirán crear escenarios y por consiguiente ayudar a instaurar políticas de adaptación al cambio climático en este sector; igual de importante será la aplicación de técnicas agroecológicas en temas de mitigación.

Es tal la importancia de realizar estudios climáticos en el sector agrícola que manifieste las variaciones del clima presente y futuro, puesto que está en riesgo no sólo nuestra economía sino también nuestra seguridad alimentaria, ya que la estructura económica de nuestro país depende en gran parte del sector agropecuario, que representó el 8% del PIB nacional en el año 2018 (Ec Banco Central, correo electrónico a la autora, 02 de marzo 2020). El sector agropecuario ofrece muchas oportunidades para la mejora de la economía, por lo que es importante determinar su vulnerabilidad frente a factores climatológicos; en general, el desarrollo y crecimiento económico del Ecuador se sustenta en el patrimonio natural. Las nuevas y futuras políticas agropecuarias nacionales tienen un gran desafío entre los cuales están: alcanzar apropiadamente los retos mundiales

⁶ “Es el estudio de las fases o actividades periódicas y repetitivas del ciclo de vida de las plantas y animales y su variación temporal a lo largo del año, en base a su relación con el clima y el tiempo atmosférico. Involucra el registro y la interpretación de la sincronización de los eventos de su historia de vida, fundamentalmente es descriptiva y de observación, requiere método y precisión en el trabajo de campo.” (Mantovani y otros 2003, 452; Fenner 1998, 78).

⁷ “Es una ciencia relativamente reciente, se ha desarrollado como una necesidad a partir de la intrínseca relación que existe entre la agricultura y los fenómenos y procesos del clima. [...]. Esta ciencia permite comprender la influencia que tienen los factores climáticos en la producción” (Hernández 1993, 214: 224).

⁸ “Puede considerarse como el conjunto de métodos científicos y tecnológicos que, mediante la explotación de datos agronómicos y meteorológicos, proporciona a los agricultores medios útiles para una mejor gestión de sus cultivos”. Permite estudiar la influencia de los factores y elementos del clima sobre la fenología de los cultivos” (Ferrerías 2002, 13).

ajustándolas a las particularidades locales, a fin de contribuir a reducir la pobreza, la inclusión de la población rural, la seguridad alimentaria, proteger los ecosistemas, desarrollar una economía incluyente y erradicar el hambre (Ec Ministerio de Agricultura y Ganadería 2016a, 40).

Con tales antecedentes mi propuesta de trabajo presenta la siguiente hipótesis de estudio: *“El cambio climático tendrá un impacto económico negativo en los cultivos de quinua dentro de la Provincia de Chimborazo debido a la baja de rendimiento del cultivo”*.

Los análisis desarrollados en este estudio pretenden examinar en qué medida la hipótesis es verificada en este caso para el cultivo de quinua, siguiendo distintos temas y métodos dentro de un plan de tres capítulos. El primero estudia los efectos del Cambio Climático sobre la biodiversidad, analiza algunos de los impactos del cambio climático a nivel mundial, investiga sobre la agricultura y los cultivos de quinua en el Ecuador, y, los efectos del desarrollo de las herramientas agrometeorológicas y agroclimáticas en la producción y gestión de cultivos, y finalmente se estudia las necesidades agroclimáticas del cultivo de quinua.

El segundo capítulo hace un análisis comparativo del clima actual y proyectado mediante la información proporcionada por el MAG, MCEIP y MAAE, y usando la Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático de Ecuador (2017), a partir del cual se elaboraron las proyecciones de mapas climáticos (multianuales), para de esta manera obtener información que permita reflejar el impacto económico que ha tenido el cultivo de quinua por el Cambio Climático en la provincia de Chimborazo.

Los mapas de las proyecciones (multianuales) se elaboraron mediante el uso de escenarios escogidos RCP 4.5 y RCP 8.5 del IPCC de las variables previstas de temperatura y precipitación para el período comprendido entre 1981-2050. Los mapas fueron realizados con Modelos de Reducción de Escala, usando el mismo método desarrollado por Benítez 2018, mismo que lo especifica el anexo 2 de su tesis. Para esta investigación se tomó como base los datos de los años 1981-2005 (25 años), a una escala 1:1000.000 (10 km) al igual que en la TCN. Estos 25 años son la línea base debido a que [...] “en este período se contó con la mayor cantidad de estaciones con datos confiables y completos por todo el territorio ecuatoriano y porque este período es el común entre el de las observaciones y el de los datos de los modelos globales” (Armenta, Villa y Jácome 2016, 13). Como años proyectados se seleccionó los años 2011-2050 (40 años) que

permiten generar menor incertidumbre. Finalmente se superpuso las capas de zonas agroclimáticas y económicas óptimas del cultivo de quinua.

Para el análisis del impacto económico se utilizó además datos de precipitación y temperatura mínima y máxima, así como de producción y rendimiento del cantón Riobamba y se hizo observaciones minuciosas sobre lo que pudo ocasionar las pérdidas de producción y/o la baja del rendimiento del cultivo de acuerdo al clima en cada período de cultivo dentro de los años 2010 - 2020.

En el tercer capítulo se realizó un estudio de caso en las Comunidades Nitiluisa, San José de Gaushi y San Francisco Cunuhuachay localizadas en el cantón Riobamba de la provincia de Chimborazo, mismo que permitió identificar la percepción sobre el Cambio Climático en la población, y como consideran los campesinos que este cambio de clima ha afectado la economía y la rentabilidad del cultivo; se realizó encuestas (50 agricultores) y entrevistas (5 dirigentes) a campesinos de la zona que han presenciado el proceso histórico, los logros y los desafíos que ha tenido la agricultura (específicamente el cultivo de quinua) a través de los años hasta la actualidad.

Finalmente se realiza la discusión de los resultados obtenidos de esta investigación, se hace además un diagnóstico sobre la realidad de la implementación de las herramientas climáticas en el Ecuador en los últimos años en la agricultura.

Capítulo primero

Efectos del Cambio Climático sobre la biodiversidad y agricultura, sus consecuencias económicas y la importancia de herramientas climáticas y meteorológicas

“La única respuesta es que, si no cambiamos nuestro estilo de vida, si no dejamos de depender de la energía fósil, del petróleo, nuestra sociedad va a colapsar [...]” (Jane Goodall).

1. El Cambio Climático a nivel mundial

1.1. ¿Qué es y Por qué existe el Cambio Climático?

El Cambio Climático es el término que describe cualquier alteración sistemática o variación estadísticamente significativa a largo plazo en los patrones climáticos globales, asociado especialmente con el aumento de la temperatura, variaciones en la precipitación y la actividad de tormentas, y que afectan a todas las regiones del mundo; es probable que sus consecuencias se intensifiquen en las próximas décadas; así como también en su variabilidad sostenida durante un período de tiempo finito (décadas o más) (Benson 2008, 210).

La temperatura promedio de la Tierra ha aumentado desde la Revolución Industrial, misma que es catalogada por los científicos como una de las primeras causas del cambio climático debido al impacto que tuvo en el clima en los años posteriores a su inicio. Entre 1880 y 2015, las temperaturas medias globales aumentaron en 0.9°C (1.5°F) (Ver Figura 1) (Girardín 2012, 3; NASA 2018, párr. 1). En el 2016 la Tierra experimentó su tercer año más caliente consecutivo desde que comenzó el registro (siendo el más caliente hasta la fecha) y el 2018 según el Servicio Copernicus de Cambio Climático de la Unión Europea fue el cuarto más cálido e la historia (Greenfieldboyce 2017, Reuters 2019, párr. 1-3). El año 2019 ha sido el segundo año más caluroso registrado hasta la fecha (The New York Times 2020).

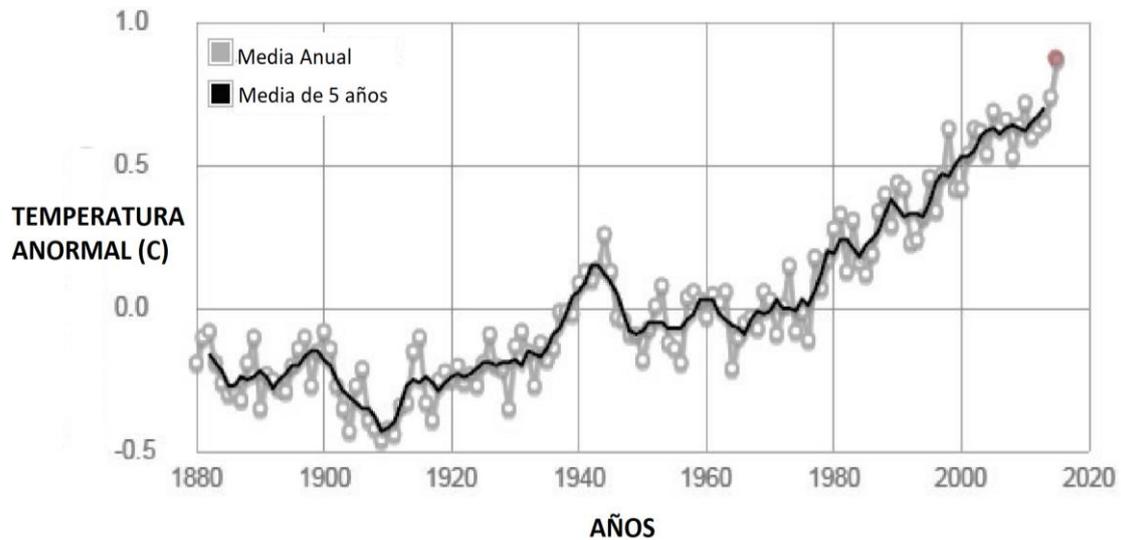


Figura 1. Índices de temperatura global (tierra y océanos). Fuente y elaboración: NASA (2018)

A nivel político existen intereses económicos que priman frente a los problemas causados por el cambio climático además de una serie de negaciones sobre las pruebas científicas que lo evidencian. La comunidad científica ha realizado estudios que revelan que este calentamiento ha sido impulsado en gran medida por los aumentos en los GEI en la atmósfera, particularmente el dióxido de carbono (CO_2), el metano (CH_4) y el óxido nitroso (N_2O) y en menor medida por otros gases (las emisiones de GEI a menudo se miden en unidades equivalentes de emisiones de CO_2 o CO_2eq , todos causados por las extractivismo del hombre. Se usa como referencia al CO_2 para indexar el potencial de calentamiento global de cada GEI y es habitual expresar el contenido de los otros gases como CO_2 o CO_2eq ⁹) (DCD 2016, párr. 1). Como se mencionó anteriormente las emisiones de GEI han estado creciendo desde la Revolución Industrial y fueron 60% más altos en el 2014 en comparación a lo que se registró en 1990, lo que nos indica que cada año ha ido aumentando alrededor de 2,5% (The World Bank 2014b, 18).

Mundialmente existe un amplio desacuerdo sobre qué hacer al respecto y si en realidad es necesario hacer algo en respuesta, muchos economistas creen que los beneficios de reducir las emisiones globales superan con creces los costos a no hacer nada al respecto, por otro lado solo existen acuerdos parciales sobre: qué se debe hacer exactamente, qué tan rápido es apropiado actuar y quién debe pagar los costos (acuerdos

⁹ CO_2eq .- “El peso molecular del dióxido de carbono es de 44 gramos por mol. En una tonelada de CO_2 hay 22.727 moles y 1 mol es igual a 22,4 litros. Así pues, una tonelada de CO_2 ocupará unos 510 m^3 . Los gases de efecto invernadero distintos del dióxido de carbono (metano, óxido nitroso, hidrofluorocarburos, etc.) son convertidos a su valor equivalente en dióxido de carbono, multiplicando la masa del gas requerido por su potencial de calentamiento global. Así: $\text{CO}_2\text{eq} = \text{masa del gas} * \text{potencial de calentamiento global}$ ” (Álvarez 2010, párr. 2).

llegados entre países en cumbres y conferencias desde el año 1972 hasta la actualidad). El número de personas negadoras del cambio climático está en crecimiento, particularmente de los Estados Unidos, China y Gran Bretaña; los negacionistas rechazan el consenso científico por completo, otros temen a que muchas de las soluciones propuestas sean costosas e ineficientes y otros opinan que es mejor que todos los países paguen los costos; todos estos desacuerdos dificultan reducir sustancialmente el riesgo del cambio climático global. Incluso en la Francia *racionalista* un ex ministro de Educación e Investigación, ha mencionado que la controversia en relación con el clima es tan grande que en definitiva no hace falta preocuparse (Latour 2011, 70).

Las principales fuentes año tras año de las emisiones de GEI son la quema de combustibles fósiles (carbón, petróleo y gas), sumado a las importantes contribuciones de la tala de bosques, prácticas agrícolas y otras actividades (industrias, transporte, etc.) (Thomas 2009, 9). Específicamente, el consumo de combustibles fósiles para la producción de electricidad y calor genera aproximadamente el 25% de las emisiones totales de GEI; industria 21%; transporte 14%; otra energía 10%; edificios 6%; mientras que la agricultura, la silvicultura y otros usos de la tierra (AFOLU) contribuyen con el 24% restante de las emisiones totales de GEI (IPCC 2014a, 47).

Predecir cómo es probable que evolucionen las emisiones de GEI y los cambios resultantes en la temperatura de la Tierra es una tarea compleja y está llena de incertidumbre. En respuesta el Programa Ambiental de las Naciones Unidas (ONU) y la Organización Meteorológica Mundial crearon el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC) en el año 1988, con el fin de evaluar los aspectos del cambio climático y sus impactos basándose en la información científica disponible, con una visión de formular estrategias de respuesta realistas (IPCC 2018b, párr. 1).

Para el año 2019 las concentraciones de CO₂ en la atmósfera fueron de 412 partes por millón (ppm), los niveles más altos en 400.000 años y casi un 8% mayor desde el año 2006 (Ver Figura 2) (NASA 2019a, párr. 1). El IPCC afirma que, si no se realizan esfuerzos adicionales para mitigar los efectos del cambio climático, es probable que las concentraciones de CO₂eq aumenten a aproximadamente 450 ppm para 2030 y entre 750 ppm y 1.300 ppm para 2100. Si esto ocurre, para el año 2100 el planeta puede experimentar aumentos de temperatura de la superficie media global de entre 3.5°C a 7.4°C (7°F a 14.8°F) en comparación con los niveles preindustriales (IPCC 2014b, 21; Chandler 2009, párr. 3).

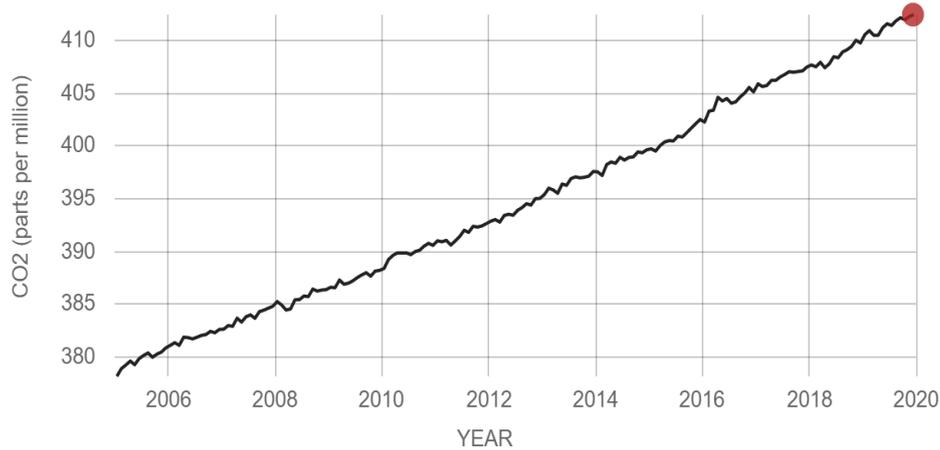


Figura 2. Niveles de CO₂ atmosférico (ppm), medidas entre 2005 – 2019. Fuente y elaboración: NASA (2019a)

1.2. Los Impactos del Cambio Climático

Un problema que preocupa a varios científicos es que muchos de los impactos del calentamiento global se han desarrollado significativamente más rápido de lo esperado. Por ejemplo, en el 2007 el IPCC proyectó que el nivel medio global del mar aumentaría 0.6 metros (2 pies) para el año 2100, pero en el 2013 se revisó esta predicción encontrándose hasta en 0.98 metros (3.2 pies), y probablemente para el 2018 haya superado los 2 metros (Jones 2013). Del mismo modo, el IPCC ha subestimado históricamente el ritmo de la disminución del hielo marino en el Ártico, en el 2007 los modelos predijeron que los primeros veranos árticos sin hielo podrían llegar casi un siglo después; pero en el 2012 se revisa de nuevo esta misma estimación denotando que esto ocurriría en solo 20 a 30 años a partir de esa fecha. El ritmo real de la caída del hielo marino ha resultado ser mucho más rápido, "superando así al peor de los peores escenarios previstos en el informe del IPCC del año 2007" (Weather Underground 2018, párr. 3).

Pocos de los cambios asociados al cambio de clima son reversibles en plazos cortos de 50 a 100 años (por ejemplo, cambio en la extensión del hielo marino del Ártico), pero la mayoría de los cambios son en gran medida irreversibles en plazos que son importantes para las sociedades contemporáneas (por ejemplo, pérdida de carbono del permafrost). Algunas de las retroalimentaciones¹⁰ no tienen umbrales aparentes (por

¹⁰ Procesos por los cuales el cambio en el clima puede facilitar o dificultar cambios posteriores. El sistema climático incluye una serie de retroalimentaciones, que alteran la respuesta del sistema a los cambios en los forzamientos externos (ciclos solares, erupciones volcánicas o cambios antropógenos persistentes de la composición de la atmósfera o del uso del suelo). Las retroalimentaciones positivas incrementan la respuesta del sistema climático a un forzamiento inicial, mientras que las retroalimentaciones negativas la reducen (Lenton y otros 2019).

ejemplo, cambios fisiológicos en los sumideros de carbono tanto terrestres como en océanos, de igual manera el aumento de la absorción de carbono debido al efecto de fertilización con CO₂ o la disminución de la absorción debido a una disminución de la lluvia). Cruzar el punto de inflexión podría desencadenar una respuesta abrupta (por ejemplo, la conversión de grandes áreas de la selva amazónica en una sabana o un bosque estacionalmente seco), mientras para otros, cruzar el punto de inflexión conduciría a una respuesta más gradual, pero autoperpetuante (ejemplo: pérdida a gran escala de permafrost) (Steffen y otros 2019, 4).

1.2.1. Aumento del nivel del mar

A medida que el mundo se calienta, el nivel del mar aumenta, ya que el aumento de la temperatura hace que los campos de hielo se derritan y que los océanos se vayan calentando y creciendo. Desde alrededor de 1880, las tasas de aumento del nivel del mar global se han acelerado calculándose un incremento anual de aproximadamente 3.3 mm (0.13 pulgadas) (Ver figura 3). Para el año 2100 se proyecta que los niveles del mar aumenten hasta 2 metros (6.6 pies), esto según las emisiones de GEI y los efectos del calentamiento del aire en el agua de los océanos y el deshielo en los polos (NASA 2019b).

Para el 2050 se espera que entre 665.000 y 1,7 millones de personas en el Pacífico se vean obligadas a migrar debido al aumento del nivel del mar, incluidas las poblaciones de islas como Fiji, las Islas Marshall y Tuvalu (The Guardian 2016b, párr. 1-4; Wyatt 2014, 182).

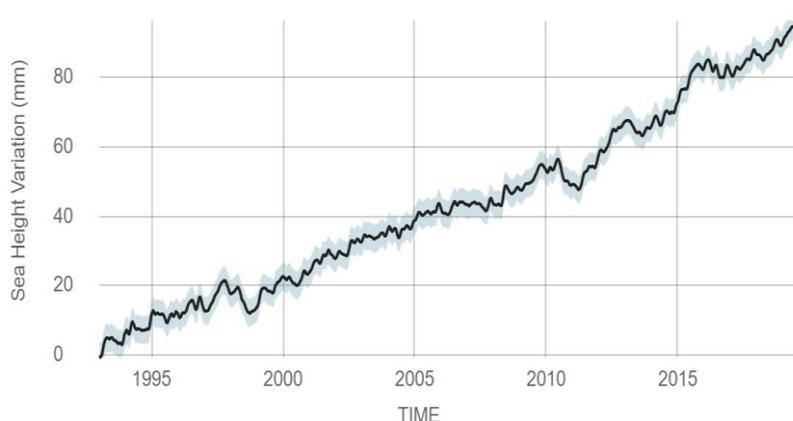


Figura 3. Cambios en el Nivel del Mar (mm) desde 1880 a la actualidad. Fuente y elaboración: NASA Sea Level (2019b)

1.2.2. Condiciones climáticas extremas y cambiantes

Aunque las tasas generales de evaporación no están cambiando en gran medida, las precipitaciones extremas son cada vez menos frecuentes, pero más intensas y, como resultado los patrones de lluvia están cambiando en todo el mundo (Marvel y Bonfils 2013, 1). Somalia, Kenia y otros países africanos han experimentado precipitaciones inferiores a la media de fines de los años noventa, contribuyendo a una reducción del 30% en los rendimientos de los cultivos y consecuentemente a mayores hambrunas en los años 2010, 2011 y 2016 (Peterson y otros 2013, 45; The Guardian 2016a, párr. 2).

1.2.3. Riesgos políticos y de seguridad

El cambio climático se ha relacionado con una mayor inestabilidad política en todo el mundo. Cuando los precios de los alimentos aumentaron considerablemente en 2007-2008, docenas de los llamados "disturbios por alimentos" causaron víctimas en Argentina, Camerún, Haití e India (The World Bank 2014a, párr. 8). Tanto la guerra civil de Somalia como la de Siria se han relacionado con la sequía y la hambruna exacerbadas por el cambio climático (Kelley y otros, 3241-3245).

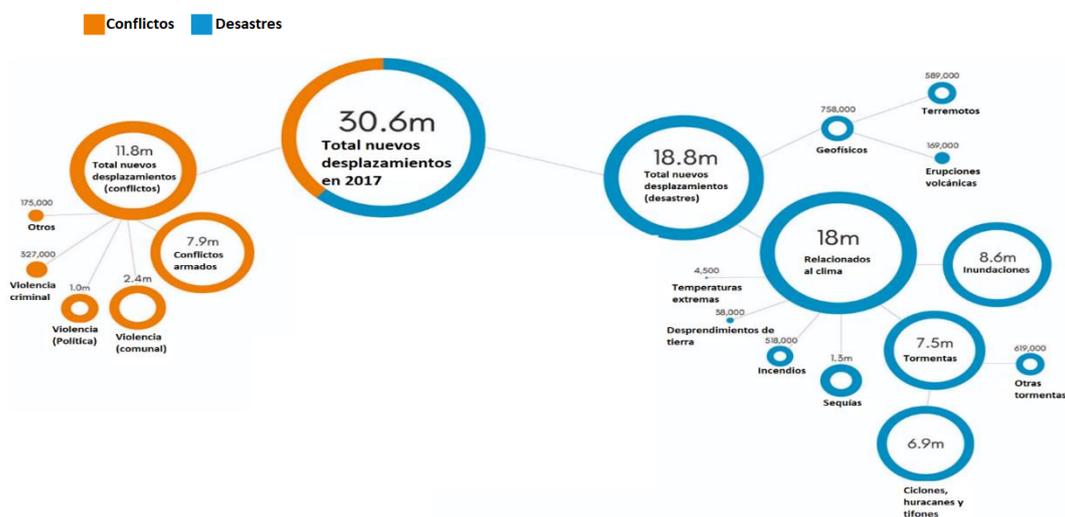


Figura 4. Desglose por conflictos y desastres naturales, año 2018. Fuente y elaboración: IDMC (2018)

En el 2016, hubo 18.8 millones de nuevos desplazamientos internos asociados con desastres en 135 países. Los peligros relacionados con el clima desencadenaron la gran mayoría de los nuevos desplazamientos, con inundaciones que representaron 8.6 millones de desplazados, y tormentas, principalmente ciclones tropicales con 7.5 millones de

personas, el 39% de los nuevos desplazamientos humanos a nivel mundial fueron provocados por conflictos y el 61% por desastres naturales (Tal como se puede observar en la figura 4) (United Nations Climate Change 2014, párr. 1; The Atlantic 2018, párr. 3).

1.2.4. Riesgos para la salud humana

Las temperaturas más altas aumentan la posibilidad de problemas de salud relacionados con el calor e incluso la muerte (The AAAS Climate Science Panel 2014, 4). También se proyecta que las enfermedades transmitidas en el agua por vectores aumentarán a medida que los insectos u otros portadores se muevan fuera de sus rangos altitudinales (U.S Global Change Research Program 2013, 6). Una atmósfera más cálida también aumenta las concentraciones de smog (irritante para los pulmones), a esto se le suma que la quema de combustibles fósiles, especialmente el carbón puede provocar millones de muertes prematuras y una serie de impactos a la salud. La quema de carbón se ha relacionado con decenas de miles de muertes en los Estados Unidos cada año, y la OMS expresó que en el 2012, aproximadamente 7 millones de personas en todo el mundo murieron debido a la contaminación del aire (World Health Organization 2014, 4).

1.2.5. Presión sobre el agua y los alimentos

La producción de alimentos está estrechamente relacionada con la disponibilidad de agua. En 2014 solo el 16% de las tierras de cultivo del planeta fueron irrigadas (a diferencia de las tierras en las que se realiza cosecha de agua lluvia o de neblina), sin embargo, las tierras de regadío produjeron el 36% de la cosecha mundial. A medida que la Tierra se calienta, la combinación de factores como: la reducción de los glaciares, la reducción de la capa de nieve y las precipitaciones cada vez más cambiantes aumentan el temor a la escasez de agua y alimentos, particularmente en las regiones más vulnerables del mundo (Water and Food 2018, párr. 3).

En América Latina la región Andina es una de las regiones más vulnerables al cambio climático. “Se esperan reducciones en los rendimientos de cultivos básicos para la alimentación como maíz, papa, trigo y cebada. En Colombia, Ecuador y Perú se esperan importantes reducciones en la productividad de los cultivos asociados a la seguridad alimentaria (maíz, frejol, papa, quinua, plátano, yuca) y en los cultivos de importancia en la generación de ingresos para los pequeños productores (café, cacao y plátano). La

aptitud climática de los cultivos tenderá, paulatinamente, a desplazarse a zonas de mayor altura poniendo en riesgo las áreas protegidas y las zonas de páramos” (CEPAL 2015a, 21).

La producción mundial de alimentos también se ve afectada por las temperaturas más cálidas, el aumento de los niveles de CO₂ y los fenómenos meteorológicos extremos. En algunos casos, el aumento de CO₂ o el clima más cálido pueden acelerar el crecimiento de los cultivos o aumentar los rendimientos; aunque los rendimientos disminuyen por encima de una temperatura óptima que varía según el cultivo, además estudios indican que los cultivos con altos niveles de CO₂ producen menos nutrientes como el zinc, los iones y las proteínas (FAO 2014, 1-7; Living on earth 2014, párr. 1). Además, el clima más cálido permite que las plagas, las malezas y los parásitos prosperen. El clima extremo puede ser destructivo para los suelos de siembra, los cultivos y el ganado; y el aumento del nivel del mar puede erosionar y salinizar las tierras de cultivo (Hódar, y otros 2012, 1; Müller, y otros 2011, 2).

En relación con el trigo, el arroz y el maíz en las regiones tropicales y templadas, las proyecciones con aumentos de la temperatura global de ~4 °C o más por encima de los niveles del siglo anterior, señalan que el cambio climático sin adaptación tendrá un impacto negativo en la producción agrícola, con aumentos de la temperatura local de 2°C o más por encima de los niveles de finales del siglo XX, aunque puede haber localidades individuales que resulten beneficiadas de este aumento (IPCC 2014b, 13).

La evidencia disponible en el caso de América Latina y el Caribe, como en el resto del mundo, demuestra que los impactos del cambio climático sobre la agricultura ya pueden observarse y que hay altas probabilidades de que se acentúen en el futuro. Esos impactos sugieren la presencia de una relación no lineal, en forma de U invertida entre los rendimientos y los ingresos netos agrícolas y, en muchos casos, también pecuarios, con respecto a la temperatura y la precipitación, con diferentes puntos de inflexión según el tipo de producto y región y con una elevada incertidumbre sobre las magnitudes específicas de los impactos previstos. Además, se observa una relación negativa entre los fenómenos climáticos extremos (días extremos de calor o precipitación, sequías e inundaciones) y los rendimientos agropecuarios y existe una creciente preocupación por los procesos de desertificación y degradación de tierras, que se intensifican con el cambio climático, sobre todo en regiones tropicales mismas que se verán más afectadas que las zonas frías (CEPAL 2015b, 27).

Según un estudio realizado por el Instituto Internacional de Investigación sobre Políticas alimentarias (IFRI), la agricultura y la seguridad alimentaria son los factores con mayor vulnerabilidad frente al cambio climático, sumado a los problemas que conlleva el aumento de la población (demanda). Efectivamente el aumento de las temperaturas genera impactos biofísicos sobre la agricultura, los cuales provocan cambios en la producción y precios, a medida que los productores y los consumidores toman decisiones, en base a sus cultivos y cosechas, uso de insumos, demanda y comercio (Carvajal 2013, 4).

1.2.6. Impacto en la vida silvestre y los ecosistemas

El cambio climático también afecta significativamente a muchos hábitats naturales y pone a muchas especies en mayor riesgo de extinción (IPCC 2014b, 13). Para 2100 entre el 30% al 50% de las especies de animales terrestres y marinos del mundo pueden estar extintas (Center for Biological Diversity 2019; National Geographic 2019, párr. 10). Durante los últimos 100 años, ha aumentado la temperatura de la superficie del océano cerca de 0.74 °C (1.3 °F) y ha hecho que el mar sea mucho más ácido, lo que probablemente afecte la reproducción y supervivencia de los animales marinos (Cambio Climático Global 2019, párr.6; RT News 2012, párr. 1).

En algunos lugares, la cobertura de arrecifes de coral vivos es solo la mitad de lo que era en la década de 1960 y los científicos predicen que los arrecifes de coral del mundo podrían estar completamente extintos para el año 2050 (Martin 2013, párr. 3; Burque y otros 2011,12-33). Hasta mil millones de personas dependen de los peces que viven en los arrecifes de coral como su fuente principal de proteínas; además la redistribución global de las especies marinas y la reducción de la biodiversidad marina en las regiones sensibles dificultará el mantenimiento sostenido de la productividad pesquera y otros servicios ecosistémicos (International Society for Reef Studies 2019, párr. 2).

De acuerdo a los estudios de los grupos científicos que conforman el IPCC, se afirma que la mayoría de especies vegetales no pueden desplazar sus rangos de distribución geográfica de forma natural, con la suficiente rapidez para regular su fisiología, a las tasas del cambio climático actuales y a las altas tasas proyectadas en la mayoría de los ecosistemas terrestres (IPCC 2014c, 13). Lo anterior nos dirige a la fenología de las plantas y animales, ciencia que ha recibido mucha atención durante la última década, debido a que muchos organismos están cambiando sus ciclos de vida en

respuesta al cambio climático, la razón es que la fenología es mayoritariamente controlada por el clima (temperatura y precipitación) y por consecuencia su estudio se convierte en un bioindicador¹¹ importante en la comunidad científica del cambio climático actual y futuro (Gordo y Sanz 2010,1).

Estudios realizados en algunas aves migratorias (transaharianas) e insectos (lepidópteros), dieron a conocer que estos animales están respondiendo al cambio climático modificando su comportamiento migratorio a gran velocidad, presentándose retrasos de 15 días promedio en la llegada de aves migratorias durante los últimos 50 años. En el caso de los insectos (lepidópteros), las larvas de estos invertebrados se desarrollan y alcanzan el estado adulto con anterioridad, adelantándose alrededor de 11.4 días (Peñuelas y otros 2002, 531-544).

1.2.7. Impacto Económico del Cambio Climático

Varios estudios sugieren que el costo de mitigar los efectos del clima probablemente sea mucho más bajo que el costo de dejarlo sin control. Por ejemplo, el IPCC estimó que mantener las emisiones de GEI a un nivel que ofrezca una alta probabilidad de no exceder los 2°C, este calentamiento tendría un costo entre el 3% a 11% del PIB mundial para el 2100, mientras que dejar el calentamiento global sin control podría costar entre el 23% al 74% del PIB global per cápita para ese mismo año, los costes se verían en la pérdida de producción agrícola, riesgos para la salud, ciudades inundadas y otras dificultades importantes (Zenghelis 2014, párr. 2; Burke y otros 2015, 235-239).

El Fondo Monetario Internacional llegó a la conclusión de que en 2013, los combustibles fósiles causaron \$1.1 mil millones en daños ambientales y económicos por el cambio climático (1.5% del PIB mundial) y \$ 2.2 mil millones en daños a la salud derivados de la contaminación (3% del PIB mundial). Solo en los EE. UU los combustibles fósiles generaron \$186 mil millones en daños por el cambio climático y \$180 mil millones en daños por contaminación (cada uno 1.1% del PIB de los EE. UU.) (Coady, y otros 2017, 12-14; International Monetary Fund 2019).

Las pérdidas económicas totalizadas se aceleran a mayor temperatura, pero actualmente es difícil estimar los impactos económicos globales derivados del cambio

¹¹ “Los bioindicadores son organismos vivos altamente sensibles a los cambios ambientales y reaccionan a estos cambios como si fueran estímulos específicos. Los estímulos absorbidos provocan respuestas en los bioindicadores que dan información tanto de los cambios ocurridos como, en ocasiones del nivel de intensidad del cambio ambiental” (Aguirre 2010, 125).

climático. Desde la perspectiva de la pobreza, las proyecciones indican que los impactos del cambio climático ralentizarán el crecimiento económico, harán más difícil reducir la pobreza, seguirán menoscabando la seguridad alimentaria, y lamentablemente continuarán las trampas de pobreza existentes, puesto que en el mundo el 75% de las personas pobres que padecen de inseguridad alimentaria, dependen de la agricultura y de los recursos naturales para su subsistencia. Se debe mencionar que en la actualidad se pierde o se desperdicia una tercera parte de los alimentos que se producen. Los costos mundiales de ese desaprovechamiento de alimentos ascienden a unos 2.6 mil millones de dólares estadounidenses por año, lo que incluye 700000 millones de dólares de costos ambientales y 900000 millones de costos sociales, además este desperdicio genera 8% del total de GEI al año (IPCC 2014b, 11; FAO 2016c, 8).

El Cambio Climático podría ampliar los riesgos e impactos e incluso crear unos nuevos, tanto para los sistemas naturales como para el ser humano. El riesgo de los impactos relacionados con el clima resulta de la interacción de los peligros relacionados con el mismo (incluidos los eventos y tendencias peligrosas) con la vulnerabilidad¹² y la exposición de los sistemas humanos y naturales, incluida su capacidad de adaptación. Las crecientes tasas y magnitudes del calentamiento y otros cambios en el sistema climático, acompañados por la acidificación de los océanos, aumentan el riesgo de impactos perjudiciales y graves, y, en algunos casos irreversibles (IPCC 2014b, 69-70).

Además, “intensifica algunos procesos, como las modificaciones en el uso del suelo y la deforestación, que ejercen fuertes repercusiones colaterales en la biodiversidad de América Latina y el Caribe. Por ejemplo, el cambio de uso del suelo ha dado lugar a la existencia de seis puntos críticos para la biodiversidad: Mesoamérica, el corredor Chocó-Darién-Ecuador occidental, los Andes tropicales, la zona central de Chile, el bosque atlántico brasileño y la región del Cerrado, en el Brasil” (Mittermeier, Gil y Pilgrim, 2005). Debido a la deforestación, “la selva amazónica puede traspasar su umbral crítico, lo que, frente a una mayor temperatura y cambios en los patrones de precipitación, ocasionaría daños irreversibles en la biodiversidad, este panorama resulta aún más preocupante si se tiene en cuenta que América Latina y el Caribe es el hogar de numerosas especies endémicas” (CEPAL 2015b, 45).

¹² “Incapacidad de una comunidad para “absorber” mediante el autoajuste, los efectos de un determinado cambio en su medio ambiente. Inflexibilidad ante el cambio. Incapacidad de adaptarse al cambio que, para la comunidad, constituye por las razones expuestas, un riesgo” (Wilches 1988, 2).

2. La agrometeorología y agroclimatología como herramientas de adaptación al cambio climático en la Agricultura.

Una de las pocas actividades humanas tan dependiente del clima es la agricultura, la producción agrícola depende en gran medida del clima a pesar de los impresionantes avances en tecnología agrícola durante el último medio siglo, investigaciones científicas indican que el clima influye en gran medida en los componentes suelo, plantas, producción animal, enfermedades y plagas en cultivos y animales, entre otras. Más que nunca, los servicios agrometeorológicos se han vuelto esenciales debido a los desafíos que se presentan a muchas formas de producción agrícola al aumentar la variabilidad del clima y los eventos extremos asociados, así como el cambio climático, lo cual afecta las condiciones socioeconómicas, especialmente de los países en desarrollo (Parlatino 2011, 5:6; Stigter 2005, 525-528).

El conocimiento espacio/tiempo¹³ de los recursos ambientales disponibles y de las condiciones existentes bajo la superficie del suelo y haciendo uso de la interfaz suelo-aire en la capa límite de la atmósfera, tanto en condiciones favorables como desfavorables que además varían mucho, proporcionan orientación para decisiones agrometeorológicas estratégicas en la planificación a largo plazo de los sistemas agrícolas. Ejemplos típicos son los diseños de sistemas de riego y drenaje, las opciones relacionadas con el uso de la tierra y los patrones de cultivo, y dentro de estas opciones se seleccionan los cultivos y animales, las variedades y razas y la maquinaria agrícola. La escasez de recursos, la destrucción de los sistemas ecológicos y otros problemas ambientales son cada vez más graves. El uso a gran escala y no controlado de fertilizantes químicos y productos fitosanitarios no solo es una carga para el medio ambiente, sino también en gran medida para el presupuesto del agricultor (Stigter y Sivakumar 2000, 209).

Las observaciones detalladas, el monitoreo y difusión en tiempo real de información meteorológica, la cuantificación por teledetección (radar y satélites) y los servicios operacionales, son importantes para las decisiones agrometeorológicas tácticas, en la planificación a corto plazo de operaciones agrícolas en diferentes etapas de crecimiento. Es necesario que los responsables de la toma de decisiones (agricultores e

¹³ En física, espacio-tiempo es cualquier modelo matemático que fusiona las tres dimensiones del espacio y la única dimensión del tiempo en un solo continuo de cuatro dimensiones. Los diagramas del espacio-tiempo se pueden usar para visualizar efectos relativistas, como por ejemplo: por qué diferentes observadores perciben dónde y cuándo ocurren los eventos (Shevchenko y Tokarevsky 2011, 1).

instituciones públicas y privadas) hagan un uso oportuno y eficiente para comprender mejor los efectos del clima en los suelos, plantas, animales, árboles y la producción relacionada con los sistemas agrícolas, en este caso la información meteorológica y climatológica será de gran ayuda, por lo que desde hace varios años la agrometeorología y agroclimatología han sido de mucha ayuda sobre todo en países desarrollados (INSAM 2016, párr. 4-5).

Los datos fenológicos son de gran importancia puesto que permiten entender los procesos de interacción entre la atmósfera y la biósfera, por lo tanto son una poderosa herramienta para el seguimiento de la respuesta biótica al cambio climático, sobre todo en lo que respecta las aplicaciones agrarias (agroclimatología, agrometeorología); estudios fenológicos previos han demostrado que durante las últimas décadas en la mayoría de las especies de plantas estudiadas dentro de varias localidades presentan un adelanto de una a tres semanas en la apertura de las hojas de los árboles (El Cultural 2018; Moreno y otros 2005, 228; de Cara 2006, 4). Las condiciones climáticas, como las temperaturas extremas, el número de días de lluvia, la humedad, las horas de radiación del viento o del sol, afectan el rendimiento (Galán y otros 2004, 43-51; García y otros 2008, 13), en algunas especies el clima cálido y seco durante la estación de floración favorece la actividad y la abundancia de insectos polinizadores (Vicens y Bosch 2000, 413; Willmer y Stone 2004, 447).

Si bien aún no se dispone de pronósticos meteorológicos confiables a largo plazo y que además sean relevantes para la comunidad agrícola en todo el mundo, se pueden proporcionar servicios significativos a través de pronósticos agrometeorológicos, como las fechas de los eventos fenológicos, la cantidad y la calidad del cultivo que van de la mano con los rendimientos, y la aparición de epidemias en animales y cultivos. La planificación a largo plazo de la producción mundial de alimentos debe tener en cuenta los efectos de las fluctuaciones de año a año en los patrones climáticos, así como conocer cómo afectan las posibles variaciones y cambios climáticos en los rendimientos de los cultivos (Stigter 2010, 1018).

Utilizar información derivada de la investigación y del desarrollo agrometeorológico en un entorno geográfico, permiten optimizar los factores de producción agraria en una zona o región. La información agroclimática permite llevar a cabo temas de investigación y desarrollo, aportando aplicaciones prácticas que opriman al mínimo los efectos adversos o aumentar al máximo los efectos beneficiosos del clima,

consiguiendo de igual manera métodos y equipos de cultivo adecuados (Ferrerías 2002, 11-14).

Los datos agroclimáticos pueden ayudar a la introducción de nuevas variedades de cultivos, de métodos o equipos que se adapten mejor a las condiciones locales, especialmente en lo que respecta a la irrigación y al drenaje (Ferrerías 2002, 14). Mientras mejor sea la información proporcionada sobre el clima, será potencialmente más efectiva la adaptación al cambio climático en el sector agrícola. Sin duda alguna los programas de apoyo agrometeorológico permiten ejercer respuestas por parte de los agricultores a eventos climáticos como sequías y lluvias y de este modo a manejar de mejor manera el riesgo y a reducir el impacto económico de las sequías e inundaciones (En Foco F 2008, 171-172).

2.1. Uso de Herramientas Agroclimáticas en América Latina.

En varios países de América Latina, el sector agrícola ha venido incorporando el uso de modelación desde los servicios Meteorológicos; gremios de productores y centros de investigación agrícola, están impulsando a una mejor organización, planeación y producción como al fortalecimiento de estrategias de respuesta ante la emergencia causada por eventos extremos climáticos, que impactan de manera significativa el sector (Fernández 2013, 1).

Los países que están más avanzados en el tema de las herramientas agrometeorológicas son: Brasil, México, Colombia, Chile y Argentina; y son justamente de estos países que se encuentra más información al respecto. Particularmente en Colombia se elaboró un trabajo sobre Modelaciones agroclimáticas en el marco del “Estudio de Impactos Económicos del Cambio Climático en Colombia”. En el mencionado trabajo se utilizaron 8 modelos agroclimáticos de tipo empírico para los cultivos de algodón, arroz, maíz, papa, banano, café, caña azúcar y plátano (Fernández 2013, 3).

A diferencia de América Latina, en los países altamente desarrollados la simulación es una herramienta principal en los procesos de toma de decisiones, el manejo de empresas y la planeación de la producción. Además, que la simulación es cada vez más “amigable” para el usuario, que no tiene que ser un especialista en computación. Sin embargo, a pesar de que los científicos en diversas áreas como la biología, la agricultura y la economía, entre otros, han estado construyendo modelos de simulación por ya más

de 30 años, la aceptación de estos dentro del flujo de la investigación científica fue muy lento hasta hace poco más de una década, aunque Latinoamérica se ha acercado más hacia este tipo de estudios, publicando varias investigaciones sobre el tema (Hernández y otros 2009, 3).

2.2. Uso de Herramientas Agroclimáticas en el Ecuador.

En el Ecuador los estudios referentes al clima han estado regularmente enfocados al sector turístico y otras pocas áreas importantes de desarrollo, en el país es importante estructurar hacia una climatología que tenga aplicación en el área agropecuaria y ambiental, debido a su relevancia en temas de seguridad alimentaria y de generación de divisas. Sin embargo, no se encuentra en el Ecuador una climatología estadística sistemática que permita situarse con una cierta amplitud en el contexto de estudio climático conjunto (Portilla 2018, 1).

Desde hace 30 años aproximadamente se han venido haciendo estudios sobre temas de agroclimatología, es así que el primero registrado al respecto fue elaborado conjuntamente entre el INAMHI y el MAG, en el mismo se analizó la localización e intensidad de fenómenos atmosféricos tales como vientos, granizos y heladas; proponiendo algunas medidas que ayuden a prevenir las negativas consecuencias que ocasionan en los cultivos, que en aquel entonces así como en la actualidad, afectaban no solo la economía campesina, sino la producción de alimentos de origen agrícolas para el mercado interno. En este estudio de igual manera ya se advierte sobre la importancia de mitigar las consecuencias de la variabilidad del tiempo, asegurando que para esto es preciso conocer acertadamente el microclima de las diversas regiones agrícolas del país, haciendo hincapié de igual manera a que es necesario hacer un control estadístico de la ocurrencia de estos fenómenos, con el propósito de facilitar a los agricultores información oportuna que les permita aplicar medidas preventivas para minimizar los daños y las pérdidas económicas (Rodríguez 1989, 1).

El estudio realizado por Portilla 2018, constituye una aproximación sobre la Agroclimatología del Ecuador, generado a partir de datos oficiales proporcionados por el INAMHI, este trabajo formula una climatología estadística básica que permitan desafiar trabajos más específicos en el futuro en base a datos oficiales que propende servir para estudios de aplicación en el área de ciencias de la vida. Se saca a relucir que el principal inconveniente de estudiar el clima en el Ecuador es la escasez de registros a largo plazo

y, especialmente la falta completa de registros de áreas remotas, escasamente pobladas, donde los extremos climáticos como altos niveles de lluvias, o la falta de esta se cree que ocurren, pero no han sido medidos. Sólo pocos lugares del país tienen registros meteorológicos de 50 años o más, principalmente la mayoría de las ciudades grandes como: Quito, Guayaquil y Cuenca. Las características climatológicas del Ecuador, responden a una diversidad de factores que modifican su condición natural, estos son: latitud geográfica, altitud del suelo, dirección de las cadenas montañosas, distancia al océano, los vientos y las corrientes marinas (Portilla 2018, 1-38).

El INAMHI, entrega información online desde hace 10 años aproximadamente, para que el usuario establezca directrices que permita la planificación de los sistemas agrícolas, y hacer frente a la variabilidad del clima y al cambio climático, mediante el uso de sus estaciones meteorológicas consideradas para estos reportes. El instituto pone a disposición información sobre el comportamiento del clima y del suelo, así como su influencia sobre los cultivos de las tres regiones continentales del país, con análisis de la precipitación y de las condiciones térmicas, brinda además “recomendaciones sobre prácticas agronómicas que pueden ayudar a solventar de mejor manera los problemas atribuibles a las condiciones climáticas presentadas, considerando el estado de desarrollo de los cultivos” (INAMHI 2019, Párr. 1).

3. Normativa y Aportes Legislativos en temas de Adaptación al Cambio Climático en el sector Agrícola del Ecuador.

A nivel internacional el Ecuador es parte de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático, por lo que forma parte del protocolo de Kioto dentro del grupo de países No Anexo I, que quiere decir que no tiene compromisos obligatorios de reducción de emisiones de gases efecto invernadero (GEI); por otro lado la conciencia generada desde hace varios años a nivel mundial sobre el cambio climático ha hecho que el país adopte políticas nacionales sobre mitigación y adaptación a nivel nacional enfocadas a promover el desarrollo sostenible en todos los sectores de producción.

En lo referente al marco normativo nacional vigente, la Constitución de la República en el 2008 en su capítulo séptimo reconoce a la naturaleza como sujeto de derecho, un hecho de notable avance. El artículo 413 promueve la “eficiencia energética; el desarrollo y uso de prácticas y tecnologías ambientalmente limpias y sanas; las energías renovables, diversificadas, de bajo impacto para evitar poner en riesgo la soberanía

alimentaria; el equilibrio ecológico de los ecosistemas; y el derecho al agua”. El artículo 414 pauta la adopción de “medidas de mitigación del cambio climático mediante la limitación de los Gases de Efecto Invernadero (GEI), la deforestación y la contaminación atmosférica; se adoptan medidas para la protección de la población en riesgo, conservación de bosques y vegetación”.

La Estrategia Nacional de Cambio Climático encamina a la aplicación de un modelo sustentable de desarrollo, ambientalmente equilibrado y respetuoso de la diversidad cultural. Se añade que el Programa para el Desarrollo del Sistema Económico de Ecuador está compuesto por los sectores: “agricultura, ganadería soberanía alimentaria; pesca y acuicultura; turismo, infraestructura; y asentamientos humanos” (Ministerio del Ambiente 2012, 86). La Estratégica Nacional del Cambio Climático tiene la intención de reducir la vulnerabilidad social, económica y ambiental frente al cambio climático. Su objetivo general es “crear y fortalecer la capacidad de los sistemas sociales, económicos y ambientales para afrontar los impactos del cambio climático” (Ministerio del Ambiente 2012, 6). Dentro de esta Estrategia Nacional, la agricultura tiene dos objetivos: adaptación y mitigación. El primero hace referencia a la capacidad de un sistema para ajustarse al cambio climático, a fin de contener los daños potenciales. Por otro lado la mitigación, tiene que ver con las políticas, tecnología y/o estrategias para reducir los gases de efecto invernadero (CIIFEN 2019).

De acuerdo a la ENCC dentro de los sectores prioritarios para la adaptación al cambio climático en el Ecuador se encuentra la soberanía alimentaria, agricultura, ganadería, acuicultura y pesca por ser muy vulnerable a los efectos del cambio climático. Los cambios en la temperatura, sumados a los cambios en la disponibilidad de agua, pueden tener un efecto en el incremento de plagas y la pérdida de tierras cultivables y cosechas, repercutiendo negativamente en la producción de alimentos para consumo local y de exportación. La expansión de monocultivos, el uso de plaguicidas y fertilizantes, y la expansión de la agricultura para exportación (cultivos tradicionales como banano, café y cacao, y no tradicionales como flores, abacá, tabaco, frutas tropicales y brócoli) sitúan en riesgo la seguridad y soberanía alimentaria, ya que supone un abandono de los multicultivos y de los cultivos de autoconsumo, incrementando su vulnerabilidad ante el cambio climático y afectando su entorno inmediato por pérdida de la diversidad genética, la reducción de la resiliencia de los ecosistemas y el alto uso de químicos (Ec Ministerio del Ambiente y Agua 2012, 24; Cordero y otros 2011).

Actualmente la legislación ecuatoriana cuenta con el Código Orgánico Ambiental (COA) que entró en vigencia en abril de 2018. Este código tiene por objeto: “Regular el régimen institucional, patrimonio natural, calidad ambiental, cambio climático, manejo sustentable de la zona marina y costera, régimen sancionador; el derecho individual y colectivo a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el Buen Vivir, así como los derechos de la naturaleza” (Ec Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo 2017,1-10).

4. El Quinto Informe de Evaluación sobre Cambio Climático (AR5).

4.1. Importancia del Quinto Informe de evaluación

El informe es una oportunidad para actualizar las estrategias comerciales de acuerdo con la información más reciente sobre cómo el cambio climático afectará los recursos naturales, las políticas y la infraestructura. Está sujeto a un escrutinio riguroso por parte de expertos y gobiernos de todo el mundo, por lo que es la fuente de información más autorizada sobre los riesgos que plantea el cambio climático y las posibilidades de reducirlos (IPCC 2014b, 178).

El AR5 pone un mayor énfasis en la evaluación de los aspectos socioeconómicos del cambio climático y en sus implicaciones para el desarrollo y la gestión de riesgos, así como en la puesta en marcha de respuestas de adaptación y mitigación, a diferencia de anteriores informes del IPCC (IPCC 2014b, párr. 2). El informe tiene una dimensión humana más fuerte respecto a los anteriores, centrándose más en lo que significa el cambio climático para nuestras sociedades, nuestra seguridad respecto a la comida y el agua, nuestros medios de vida, hogares, salud, riesgos de violencia y conflictos.

Este informe ha tenido gran relevancia sobre todo en lo que respecta a la toma de decisiones sobre esfuerzos de adaptación puesto que se está incrustando en algunos procesos de planificación de varios países desarrollados, donde las opciones tecnológicas y de ingeniería se implementan con frecuencia en respuestas adaptativas, a menudo integradas dentro de programas existentes, como la gestión de riesgos de desastres y la gestión del agua. Existe un creciente reconocimiento del valor de las medidas sociales e institucionales basadas en los ecosistemas y del alcance de las limitaciones para la adaptación. Las opciones de adaptación adoptadas hasta la fecha continúan

incrementándose y los beneficios conjuntos están comenzando a enfatizar el aprendizaje y la cooperación (IPCC 2014c, 20).

Experiencias sobre adaptación se están acumulando alrededor del mundo, tanto en el sector público como en el privado, así como también dentro de las comunidades. Los gobiernos en varios niveles están comenzando a desarrollar planes y políticas de adaptación e integrar las consideraciones del cambio climático en planes de desarrollo más amplios.

En América Central y del Sur, se está produciendo una adaptación basada en el ecosistema que incluye áreas protegidas, acuerdos de conservación y manejo comunitario de áreas naturales. Variedades de cultivos resistentes, pronósticos climáticos y gestión integrada de los recursos hídricos se están adoptando dentro del sector agrícola en algunas áreas. Varias experiencias llevadas a cabo en Colombia, Costa Rica y Nicaragua demuestran que el Pago por Servicios Ecosistémicos (PSE) puede financiar la conservación y restauración de ecosistemas y las mejoras en las prácticas de uso del suelo. En Brasil, Costa Rica, Ecuador y Guatemala existen iniciativas, financiadas por los gobiernos, para promover el PSE como una medida para preservar el ambiente. Más recientemente se ha comenzado a utilizar el pago por servicios para la conservación en paisajes agropecuarios.

4.2. Escenarios Climáticos: Vías de Concentración Representativas (RCP).

Una vía de concentración representativa (RCP) es una trayectoria de concentración de gases de efecto invernadero (no emisiones) adoptada por el IPCC para su Quinto Informe de Evaluación (AR5) en el 2014. Reemplaza las proyecciones del Informe especial sobre escenarios de emisiones (SRES) publicadas en el año 2000. Se han seleccionado cuatro vías para la modelización e investigación climáticas, que describen diferentes futuros climáticos, todos los cuales se consideran posibles dependiendo de la cantidad de gases de efecto invernadero que se emitan en los próximos años. Los cuatro RCP nombrados son: RCP2.6, RCP4.5, RCP6 y RCP8.5, se etiquetan después de un posible rango de valores de forzamiento radiactivo¹⁴ (no incluyen cambios

¹⁴ El forzamiento radiactivo tradicional se calcula con todas las propiedades troposféricas mantenidas fijas en sus valores no perturbados, y después de permitir que la temperatura estratosférica, sea perturbada y se reajuste al equilibrio radiactivo-dinámico. El forzamiento radiactivo se llama instantáneo si no se tiene en cuenta ningún cambio en la temperatura estratosférica. Expresado en watts sobre metro cuadrado (IPCC 2019, párr 2).

en impulsores naturales como el forzamiento solar, volcánico o las emisiones naturales de CH₄ o N₂O) en el año 2100 en relación con los valores preindustriales (+2.6, +4.5, +6.0, y +8.5 W/m², respectivamente) (IPCC 2014c, 10).

El escenario RCP 2.6 asume que las emisiones globales anuales de GEI (medidas en equivalentes de CO₂) alcanzan su nivel máximo entre 2010–2020, y las emisiones disminuyen sustancialmente de ahí en adelante, además de que representa un escenario que conduce a niveles muy bajos de concentración de gases de efecto invernadero; las emisiones en RCP 4.5 alcanzan su punto máximo alrededor de 2040, luego disminuyen en RCP 6.0 las emisiones alcanzan su punto máximo alrededor de 2080, luego disminuyen, y en el RCP 8.5 las emisiones continúan aumentando a lo largo del siglo XXI correspondiendo a un escenario con un nivel muy alto de emisiones de gases de efecto invernadero (Collins y otros 2013, 1031).

Los RCP son compatibles con una amplia gama de posibles cambios en las futuras emisiones antropogénicas de gases de efecto invernadero (GEI), y pretenden representar sus concentraciones atmosféricas, por lo que es importante tener en cuenta que los RCP pueden representar una variedad de políticas climáticas, es decir cada RCP puede ser resultado de diferentes combinaciones de futuros económicos, tecnológicos, demográficos, políticos e institucionales. “Los RCP se basan en una combinación de modelos de evaluación integrados, modelos climáticos simples, modelos de química de la atmósfera y modelos del ciclo del carbono” (IPCC 2014c, 10).

Dentro del Quinto informe del IPCC, se mencionan los cambios que se efectuarán en el futuro. La figura 5 indica que la temperatura global en la superficie es probable que sea superior a 1.5°C para fines del siglo XXI en comparación a la del período comprendido entre 1900 a 1950 para todos los escenarios considerados de trayectorias de concentración representativas (RCP), excepto para el escenario RCP 2.6, es posible que esa temperatura sea superior en 2°C para los escenarios RCP 6.0, RCP 8.5, y RCP 4.5. El calentamiento continuará después de 2100 en todos los escenarios RCP, excepto para el RCP 2.6 (IPCC 2014c, 11).

De acuerdo a lo mencionado anteriormente y como es de esperarse, las proyecciones climáticas sugieren un aumento de la temperatura en América Latina para el año 2100. Bajo un rango de escenarios de emisiones medias y altas (RCP 4.5 y 8.5), el calentamiento varía de + 1.6°C a + 4°C en América Central, y + 1.7 °C a + 6.7 °C en América del Sur. Las proyecciones muestran aumentos en los días y noches cálidos en la mayor parte de América del Sur para 2100. Bajo un escenario de bajas emisiones

(RCP2.6), se proyecta que el calentamiento aumentará en toda la región de + 1 °C a + 1.5 °C (Nótese la figura 6) (Climate & Development knowledge Network 2014,10).

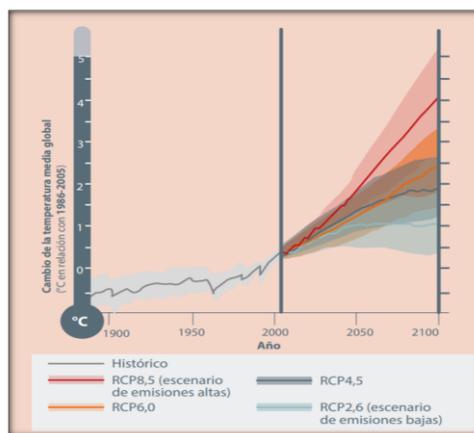


Figura 5. Cambios estimados en las temperaturas medias globales para los distintos escenarios de emisión. Fuente y elaboración: Carabine y Lemma (2014)

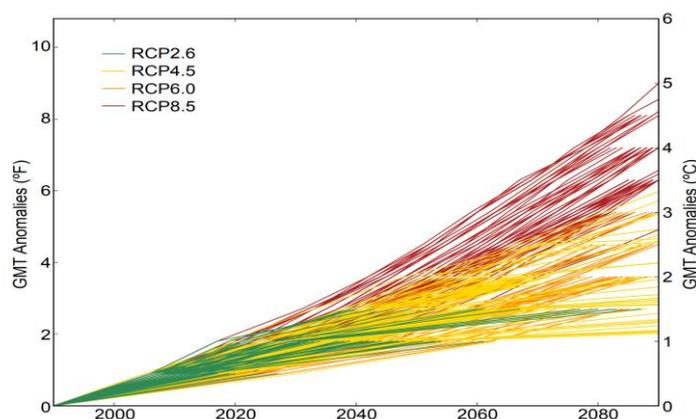


Figura 6. Anomalía de la temperatura media global relativa entre 1976–2005 para los cuatro escenarios RCP. Fuente y elaboración: Hayhoe y otros (2017)

Las proyecciones se resumen más comúnmente para un escenario futuro dado (por ejemplo, RCP8.5 o 4.5) en un rango de futuros períodos de tiempo climatológicos, así: cambio de temperatura entre 2040–2079 o 2070–2099 en relación con 1980–2009. Si bien este enfoque tiene la ventaja de desarrollar proyecciones para un horizonte de tiempo específico, la incertidumbre en las proyecciones futuras es relativamente alta, incorporando tanto la incertidumbre debida a múltiples escenarios como la incertidumbre con respecto a la respuesta del sistema climático a las emisiones humanas. Estas incertidumbres aumentan cuanto más se extienden las proyecciones. Sin embargo, al usar estas mismas simulaciones transitorias basadas en escenarios, es posible analizar los cambios proyectados para un umbral de temperatura media global (GMT siglas en inglés) determinado mediante la extracción de un intervalo de tiempo (generalmente 20 años)

centrado alrededor del punto en el tiempo en el cual se alcanza ese cambio (Hayhoe y otros 2017,139).

5. Agricultura en el Ecuador

La flora ecuatoriana es distinta en cada región, aunque muchos productos vegetales de la Costa también crecen en la región oriental, como por ejemplo: el cacao, el arroz, el tabaco, el algodón, la tagua, la paja toquilla, la caña de azúcar, la mandioca, el caucho y gran variedad de frutas. La Costa constituye la región más fértil del país y representa el 27% de la superficie, sus llanuras están dedicadas a la agricultura tropical y de exportación como el banano, el café, el cacao y el mango), a cultivos industriales (caña de azúcar y palma africana), a siembras para el consumo interno (arroz, frejoles, maíz, soya, plátano, yuca y otros), y a ganadería vacuna (básicamente de carne). A esto se añade la pesca y la producción camaronera, repartida en toda la faja costera (Portilla 2018, 25; FAO 2006, 8).

Los productos vegetales de la Sierra al ser este un sistema mixto de montaña en los Andes, varían desde las zonas de las tierras bajas hasta las zonas templadas y frías, por lo que la producción y el tipo de unidades productivas están bastante diversificadas, predominando en número los agricultores de subsistencia con maíz suave, cebada, papa, haba, quinua y frejoles, en este grupo ingresa una forma de agricultura propia de los pueblos indígenas Kichwas de la sierra que se caracteriza por una gran agrobiodiversidad se la denomina “Chakra Andina” estas comunidades manejan criterios de *qué* y *cuánto* sembrar, de igual manera la influencia del ciclo lunar y varias señas agroclimáticas, definen *cuándo* sembrar; mantienen una serie de prácticas ingeniosas y tecnologías muy funcionales para el manejo ecológico del suelo, agua, cultivos y crianzas; son las claves para la sostenibilidad del agroecosistema y explican cómo producir, por lo cual lo convierte en una forma de cultivo agroecológica (Portilla 2018, 25; Gortaire 2014, 16).

Otro tipo de unidad productiva son los agricultores medianos con casi los mismos cultivos que la unidad anterior y las grandes propiedades dedicadas a ganadería de leche. La horticultura con brócoli para exportación y otras especies para consumo nacional es muy significativa en esta región. Además, sobresale la producción florícola de exportación, que corresponde a sistemas bajo invernadero de alta inversión con tecnologías modernas; las altas montañas son lugares de pastizales con ecología de páramos, que se dedican a pastoreo extensivo, pero con significativas intervenciones para

cultivos, lo cual pone en riesgo la disponibilidad de agua para la región, debido a que los páramos son los ecosistemas en los cuales se originan la mayoría de fuentes y cursos de agua. Bajo los 3500 m s.n.m se cultivan: trigo, cebada, maíz, patatas, fréjol, arveja, cucurbitáceas, bajo los 2500 m s.n.m se cultivan frutales de hoja caduca, y bajo los 1000 m s.n.m: cítricos, caña de azúcar, café y otros (Portilla 2018, 26; FAO 2006, 8).

El Oriente al ser un sistema amazónico lo caracterizan los principales productos que son el café, la palma africana, los cítricos, el plátano, la yuca y variadas frutas tropicales. Este sistema está basado en recursos forestales, a los cuales se han venido incorporando producciones ganaderas extensivas de carne y leche, plantaciones de palma africana y pequeñas explotaciones agrícolas generalmente poco tecnificadas con cultivos de subsistencia. Últimamente hay una expansión de cultivos de exportación, principalmente café y cacao, aunque con serias dificultades de manejo (Portilla 2018, 25-26; FAO 2006, 8).

Según la ESPAC para el año 2018 la superficie total nacional de uso de suelo fue de 12'237.831 millones de hectáreas, presentando una variación negativa del 0,9%, respecto a la superficie total del año anterior (Tabla 1). La mayor superficie de uso de suelo está destinada a montes y bosques que representan un 46,9% del total nacional, los pastos cultivados ocupan el 19,4% y los cultivos permanentes el 11,3%. La superficie de labor agropecuaria en el 2018 fue de 5'279.613 hectáreas, las superficies más importantes son los cultivos permanentes, transitorios, pastos cultivados y naturales (Ver Figura 7). En cuanto a los cultivos transitorios, en la Tabla 2, se puede observar que la superficie en el 2018 fue de 799.494 hectáreas, presentando una variación negativa del 11,6% con relación al 2017. La región Costa cuenta con el 66,2% de la superficie total, seguida de la Sierra con el 30,7%, la Amazonía con el 3,0% y Zonas no Delimitadas con el 0,02%.

La agricultura campesina e indígena es de vital importancia en la economía del Ecuador, este es un componente fundamental de la soberanía alimentaria y fuente de empleo digno. Un informe de la FAO y el BID señalan que al menos 100 millones de personas en Latinoamérica dependen de este sector, y alrededor de 800.000 en Ecuador, este tipo de agricultura representa el 70% de la producción agrícola del país y el 60% de los alimentos que conforman la canasta básica. El sector agroalimentario de exportación representó el 56% de las ventas totales del país en el año 2016 según datos del Banco Central (El Telégrafo 2018, párr. 1-4).

Tabla 1
Superficie, según categoría de uso del suelo (En hectáreas y porcentaje)

Uso Del Suelo	Año 2018	% de variación
Cultivos Permanentes	1'385.805	-3,1%
Cultivos Transitorios y Barbecho	799.494	-11,6%
Descanso	168.446	30,3%
Pastos Cultivados	2'379.042	-2,8%
Pastos Naturales	715.273	5,5%
Páramos	252.612	-24,0%
Montes y Bosques	5'740.641	1,1%
Otros Usos	796.518	5,1%
Total	12'237.831	-0,9%

Fuente y elaboración: (Ec INEC 2019)

Tabla 2
Superficie, según categoría de uso del suelo (En hectáreas)

Regiones	Permanentes	Transitorios y Barbecho	Pastos Cultivados	Pastos Naturales
Sierra	244.937	245.450	632.366	572.047
Costa	1'005.320	529.595	1'272.148	121.796
Amazonía	123.067	24.305	472.872	21.325
ZND*	12.482	144	1.656	105
Total	1'385.805	799.494	2'379.042	715.273

ZND* zona no determinada

Fuente y elaboración: (Ec INEC 2019).

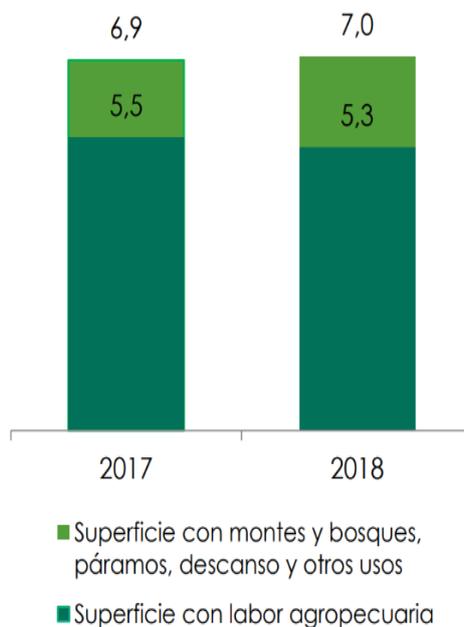


Figura 7: Superficie con uso y labor agropecuaria, 2018 (En millones de hectáreas). Fuente y elaboración: Ec INEC (2019).

La agricultura familiar campesina está amenazada por la rápida expansión de la agroindustria con sus monocultivos de exportación, datos de indicadores socio demográficos muestran una disminución de la población agrícola entre los años 2001 al 2010 tanto en áreas urbanas como rurales (Tabla 3). A más de esto se observa un predominio de la agricultura familiar especializada por sobre la diversificada, haciendo de la primera el sector de la agricultura familiar más relevante, con potencialidades productivas orientadas hacia el mercado tanto interno como de exportación y que se encuentra ubicada principalmente en la costa; mientras que la agricultura familiar diversificada está ubicada principalmente en la sierra. La agricultura familiar como un modelo productivo que favorece el arraigo familiar, al parecer estaría en crisis, pues los hijos no estarían muy interesados en el trabajo vinculado a actividades agropecuarias. Igualmente, la generación de empleo no proviene únicamente de la agricultura familiar sino en una proporción importante de empresas agroindustriales existentes en los territorios (Martínez 2013).

Sin embargo, todavía hay esperanzas que la agricultura campesina en el país pueda ser el lugar donde una transición exitosa hacia una igualdad de condiciones sea posible, eso significa una lucha social para defender o reconquistar espacios (territorios) en contra del modelo “agronegocio”¹⁵; será importante organizar un acceso adecuado a la tierra y

¹⁵ En las últimas décadas, la agricultura ecuatoriana ha sufrido una profunda transformación debido a la presencia de capitales transnacionales, mismos que implementaron un modelo que introdujo tecnologías

al agua; guardar el control de las semillas campesinas; resistir contra la introducción masiva de los productos químicos; eliminar los intermediarios abusivos y los contratos de dependencia con empresas del capitalismo agrario; crear circuitos cortos de comercialización; reorganizar una sociedad rural multisectorial; luchar contra el vacío cultural provocado por la pérdida de las celebraciones locales, construir alternativas a la migración de jóvenes y la feminización de la pequeña producción y evitar la ausencia de equipamientos. En todo eso, el gobierno puede crear condiciones favorables a las diversas formas de agricultura campesina, apoyando las luchas, aunque en el peor de los casos puede también contribuir a su desaparición progresiva, bajo el pretexto que ella es un desastre productivo y que se debe favorecer una agricultura moderna (Houtart 2017, párr. 5).

Esta agricultura campesina actual fue obtenida a partir de una agricultura ancestral; para el caso de la zona andina del país, hizo sus creaciones de semillas revirtiendo a su favor tendencias y fuerzas biológicas de los vegetales; por ejemplo: la papa silvestre conquista nuevos espacios a través de largos estolones viajeros, al domesticarla se logró producir los tubérculos agrupados al pie de la planta, la quinua silvestre genera sustancias tóxicas y amargas que la protegen de la depredación; la domesticada ha reducido estos contenidos, el chocho silvestre disemina sus semillas, mientras que la semilla campesina no puede separar sus granos porque las vainas no explotan. En conclusión, la agricultura ancestral ha conseguido equilibrar la fuerza natural de conservación que busca la supervivencia de la especie, frente a la necesidad de alimentación y desarrollo, este esfuerzo milenario es la clave determinante de la seguridad y soberanía alimentaria de los pueblos hasta la actualidad (Gortaire 2014, 31).

Dentro de las claves del proceso de domesticación y mejoramiento tradicional de las semillas hay una serie de procesos que se describen a continuación: 1) Identificación de prioridades (gustos, sabores, necesidades), 2) Requiere de una buena base genética diversa (no homogénea) para ensayar los cruces intraespecie, 3) Introducir especies foráneas para adaptación, protegiendo al tiempo variedades nativas, 4) Selección de grano

agrícolas que, han causado innumerables impactos con una gran cantidad de insumos agrotóxicos. Parte de este proceso implanta un modelo de agronegocios, a partir de la década de los noventa, mismo que se viene promoviendo y consolidando en el país, entendido como el control total o parcial de todos los procesos que atraviesa un alimento, desde la siembra hasta llegar al consumidor final; en otras palabras, sería el control monopólico de toda la cadena. Las actividades de los "agronegocios", constituyen el eje estructural y el origen de los principales impactos y conflictos sociales en el campo y los silenciados impactos ambientales (pérdidas de: biodiversidad por uso indiscriminado de químicos agrícolas, semillas tradicionales), expansión de monocultivos, desertificación de suelo, entre otros. (León & Yumbla 2010, 10-11).

o tubérculo con características singulares o diferentes. 5) Aislamiento (no permitir la polinización libre en plantas como maíz, con métodos espaciales y temporales al no sembrar al mismo tiempo variedades que puedan cruzarse, o hacerlo en terrenos distantes y protegidos) y 6) Heterosis e hibridación (lo contrario de lo anterior, es ensayar cruces de materiales distintos para provocar mayor vigor, fijar caracteres, limpieza de virus, entre otros) (Gortaire 2014, 32).

Tabla 3
Algunos indicadores socio demográficos

Indicadores	Total		Urbano		Rural	
	2001	2010	2001	2010	2001	2010
% PEA en agricultura	27,88	21,84	7,92	6,51	60,24	49,91
% Asalariados agricultura	7,51	11,41	2,96	4,35	14,87	24,34
% Mujeres en agricultura	15,99	13,33	2,85	2,88	45,10	37,19
% Mujeres asalariadas en agricultura	3,24	4,17	1,22	1,55	7,70	10,14

Fuente: Censos de Población 2001, 2010
Elaboración: Martínez 2013, 9

5.1. Cultivos de Quinua

La quinua es una planta andina nativa que ha sido utilizada como alimento desde hace 3000 años a.C. En la actualidad este pseudocereal, también denominado “grano nativo de los Andes” o en lengua quechua: chisiya (grano madre) o también “grano de oro”, se constituye en uno de los principales cultivos de granos que proporciona alimentos sumamente nutritivos a las poblaciones rurales, esto le otorga una función clave en el futuro. Esta planta crece desde el sur de Colombia hasta el norte de Argentina y el Sur de Chile (FAO 1997).

En los últimos 15 años la producción de quinua se ha triplicado en países como: Bolivia, Perú y Ecuador, razón que ha hecho que la región Andina sea el principal productor a nivel mundial (FAO 2014, 46; FAO 2011, 2). Al 2014 la producción en dichos países se ubicó en 186.147 toneladas (tabla 4), con una superficie cosechada de 243.227 hectáreas (FAO 2016 citado por Guerrero 2016, 1). Específicamente en Ecuador, durante

el año 2015, la quinua ocupó el puesto N° 24 en producción entre los principales cultivos del país, con 12.707 toneladas producidas y una superficie cosechada de 7.148 hectáreas (ESPAC 2015 citado por Guerrero 2016, 1).

De cara al desafío de incrementar la producción de alimentos de calidad para alimentar a la población mundial en el contexto del cambio climático, la quinua se muestra como una notable opción para ayudar a la seguridad alimentaria regional y mundial sobre todo donde existen limitaciones para la producción de alimentos. Por todo esto los países andinos en su calidad de productores originarios de quinua se encuentran en un lugar privilegiado para promover la producción de quinua con una mirada de sostenibilidad, ahondando esfuerzos en la promoción de su valor nutricional y cultural que la quinua representa. No obstante, a pesar que el cultivo de la quinua está incrementando notablemente la demanda internacional, expandiéndose constantemente y que representa una alternativa económica importante para las poblaciones productoras, enfrenta un reto que está estrechamente vinculado a este mercado, generando prácticas de producción insostenible cuyos costos sociales, económicos y ambientales pueden ser altos con el pasar del tiempo (FAO 2016b, 1-2). Debido a su importancia nutricional varios países alrededor del mundo no sólo importan quinua, sino que incluso la cultivan, entre los más destacados están de acuerdo al número de hectáreas sembradas: Canadá (14.164 Ha) (Diverse Field Crops Cluster, 2019), China (12.000 Ha) (Yang Xiu-shi, y otros 2019), Estados Unidos (2.023 Ha) (Chicago Tribune 2016) y Europa (1.763 Ha) (CBI 2020).

Los sistemas productivos de quinua en la región se han distinguido por el predominio de pequeños productores con pequeñas unidades agropecuarias, en estas zonas presentan una alta variabilidad climática además del uso de tecnología tradicional que se traduce en actividades agrícolas altamente diversificadas como condición de eficiencia económica que les permite disminuir el riesgo climático, plagas y enfermedades (Pinedo 2018, 12).

Este cultivo ha retomado importancia sobre todo en los países del primer mundo donde aprecian sus altos valores nutritivos. Es de gran interés establecer la rentabilidad económica del negocio con la finalidad de dar una alternativa de inversión en nuestro país (Ec INIAP 2014).

Los sistemas de producción en la sierra del Ecuador en algunos casos son diversificados, con extensiones menores a 5 Ha. Del total de la superficie familiar, entre 25 al 50% se destina a la producción de quinua, desarrollándose en sistemas de rotación o asociación de cultivos. En el mercado interno el destino de la producción de la quinua

depende del precio y la disponibilidad de tierra, existen familias en las que el 100% de lo que se produce es para el autoconsumo, otras venden entre el 10 y 50% a los mercados locales (Vallejo 2013 citado por Moreno 2016, 11).

Tabla 4
Producción Mundial de Quinua en Principales Países Productores (Toneladas)

	Total Mundial	Bolivia	Ecuador	Perú
1998	49 400	20 921	938	28 171
1999	51 849	22 948	938	28 413
2000	52 626	23 875	650	28 191
2001	45 886	23 299	320	22 267
2002	54 846	24 179	294	30 373
2003	55 540	24 936	519	30 085
2004	52 326	24 688	641	26 997
2005	58 443	25 201	652	32 590
2006	57 962	26 873	660	30 429
2007	59 115	26 601	690	31 824
2008	57 777	27 169	741	29 867
2009	74 353	34 156	800	39 397
2010	79 447	36 724	1 644	41 079
2011	84 088	40 943	1 963	41 182
2012	97 386	50 874	2 299	44 213
2013	118 175	63 075	2 972	52 129
2014	186 147	67 711	3 711	114 725
2015	193 822	75 449	12 707	105 666
2016	148 720	65 548	3 903	79 269

Fuente: FAOSTAT

Elaboración: Pe MINAGRI 2017, 3

Según el III Censo Agropecuario, el cultivo de la quinua en Ecuador en su gran mayoría es realizado por productores de la agricultura familiar campesina. La producción de quinua en el país para el año 2019 fue de 4515 toneladas, con una superficie cosechada de 2559 hectáreas, las provincias de mayor producción y que aportaron al comportamiento nacional fueron: Imbabura (551 t), Carchi (197 t), Chimborazo (1.969 t) y Cotopaxi (1778 t) estas provincias concentran el mayor porcentaje de superficie sembrada, lo cual las convierte en las provincias con mayor representatividad a nivel

nacional. Las provincias restantes registran producciones por debajo de las 2.000 toneladas (INEC/ESPAC 2020).

En el informe de rendimientos de la quinua realizado por Guerrero 2016 (Tabla 5), indica que la productividad de la quinua en el Ecuador exhibe un destacado rendimiento de 1.36 toneladas por hectárea, resultado obtenido gracias al uso de semillas Chimborazo e INIAP Tunkahuan¹⁶ y a la aplicación de ciertas concentraciones de fertilizantes. La provincia con un rendimiento superior a la media nacional, durante el ciclo de estudio fue Pichincha con 1.79 Ton/Ha; mientras que la zona menos productiva fue Tungurahua con 1.19 Ton/Ha, este resultado posiblemente se deba a que Pichincha al igual que Imbabura cuentan con una mayor zona agroclimática óptima, requerimientos edáficos adecuados para el cultivo de quinua, pero sobre todo con las condiciones económicas de infraestructura y servicios de apoyo a la producción del cultivo; tal como se puede apreciar en el Anexo 2.

Tabla 5
Zonas de producción y rendimiento a nivel provincial año 2016

Provincia	Rendimiento Promedio
Azuay	1,23
Cañar	1,42
Carchi	1,56
Chimborazo	1,27
Cotopaxi	1,3
Imbabura	1,57
Pichincha	1,79
Tungurahua	1,19
Nacional	1,36

Fuente: Monteros y otros 2016, 8

Elaboración: Propia

El boletín situacional de la quinua, generado en el año 2017 por el Ministerio de Agricultura y Ganadería del Ecuador informa que el precio de quintal de quinua pagado al productor y comparado entre Perú y Ecuador, manifiesta una diferencia mayor de nueve dólares a favor del país vecino del sur (Ver Figura 8).

¹⁶ Variedad colectada en la provincia del Carchi en 1985. Es una variedad semiprecoz (150 a 210 días), que se adapta entre 2200 a 3200 m s.n.m, su rendimiento varía entre 1,5 a 3 Ton/Ha; con una altura de planta entre 90 y 180 cm, de color verde cuando joven y rosado-amarillo a la cosecha; el grano es de color blanco opaco, de tamaño mediano, de forma redonda y aplanado, de bajo contenido de saponina (0,06%) (Nieto y otros 1992; Peralta 2010).

Para el año 2017 a nivel nacional el precio del grano no estuvo ajeno al comportamiento del precio internacional, el productor cotizó en USD 42,50 el quintal, 50% menos que registrado en el 2014, tal como se puede apreciar en la figura 9 (Ec Ministerio de Agricultura y Ganadería 2017).

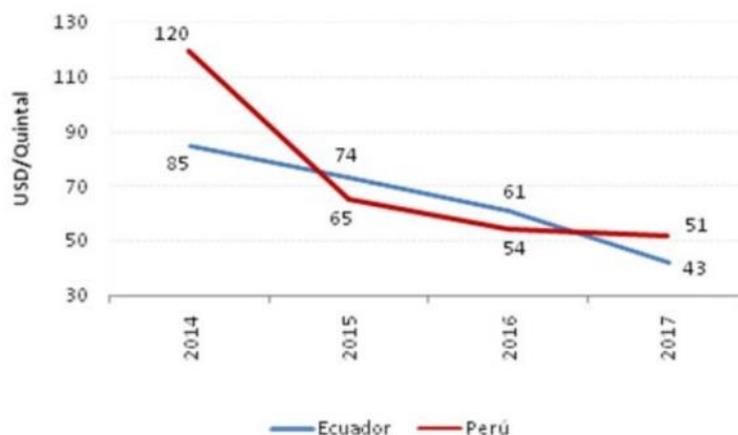


Figura 8. Precio productor de quinua, comparativo Ecuador – Perú. Elaborado por MAG/MINAGRI, citado por Ec Ministerio de Agricultura y Ganadería 2017

Según cifras publicadas por el INEC, el descenso en la producción de quinua ha ido en picada, pasando de 12.707 toneladas en el 2015 a 1.286 toneladas en el 2017, una variación negativa del 90%. La reducción obedeció a 3 factores: sobreproducción de Perú y Bolivia, caída en el precio internacional de países compradores, y la competencia en costos de producción de Perú y Bolivia. Esto desincentivó a varios agricultores optando por cultivos de ciclo corto como el trigo y la cebada (Ec Ministerio de Agricultura y Ganadería 2017).

La tenencia de tierra para la producción de quinua en el año 2017 indicó que a nivel nacional más de la mitad son arrendatarios y un 39% son propietarios de los terrenos (Ver Figura 10). Para ese mismo año ESPAC indica que a nivel nacional se sembraron 1.424 hectáreas de quinua, de las cuales el 62% fue factible cosechar. La pérdida de 542 hectáreas, en su mayoría fue provocado por inundaciones, lo que dio como resultado que el rendimiento nacional se sitúe en 1.46 Ton/Ha, indicador menor en 17% al registrado en el año anterior, tal como se indica en la figura 11 (Ec Ministerio de Agricultura y Ganadería 2017).

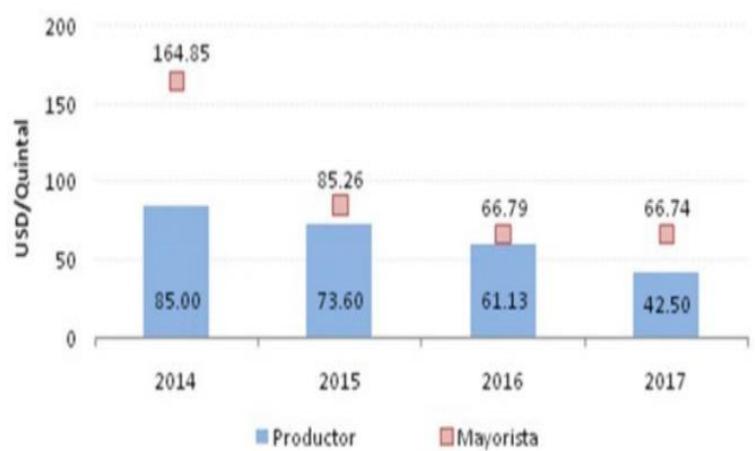


Figura 9. Precios nacionales para productor y mayorista de quinua, años 2014 – 2017. Elaborado por: Ec Ministerio de Agricultura y Ganadería 2017

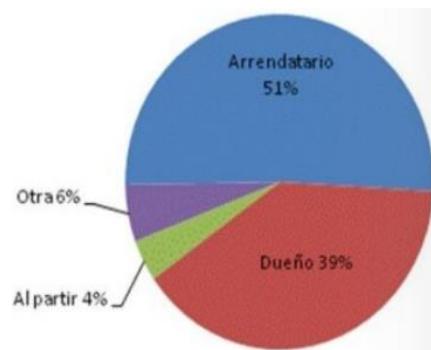


Figura 10. Forma de tenencia de la tierra para cultivos de quinua. Elaborado por: INEC/ESPAC, citado por Ec Ministerio de Agricultura y Ganadería 2017

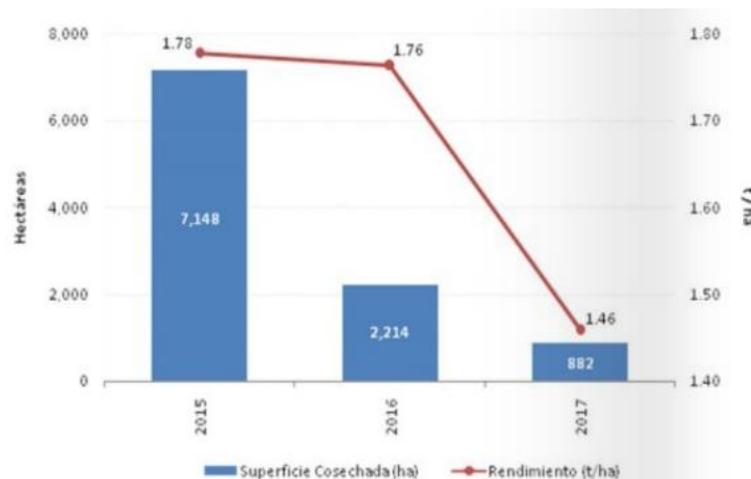


Figura 11. Superficie y rendimiento nacional de quinua, año 2015 -2017. Elaborado por: INEC/ESPAC, citado por Ec Ministerio de Agricultura y Ganadería 2017

En la tabla 6, se pone de manifiesto la estructura productiva provincial para el año 2017: por superficie Carchi ocupó el 40%, Chimborazo 28%, Imbabura 16% y Pichincha

12%, otras 4%. En cuanto a la cantidad producida el orden varió: Pichincha 39%, Imbabura 31%, Chimborazo 20%, Carchi 9%, otras 1%. Como se aprecia en esta tabla, el cultivo de quinua se encuentra distribuido en seis provincias de la región Sierra, donde por superficie Carchi, ocupa el 40%, Chimborazo 28%, Imbabura 16 % y Pichincha 12%. En la provincia de Carchi, las siembras se registran en enero (77%) y febrero (23%), mientras que la cosecha se efectúa en su totalidad en septiembre, aprovechando la época seca. En Chimborazo las siembras se realizan en el último trimestre del año (86%), conjuntamente con la época lluviosa; en tanto que, las cosechas se registran en distintos meses, con 74% entre junio y agosto. En Imbabura el 46% se cultiva en abril y 45% en junio, similares porcentajes se cosechan en septiembre y noviembre. De acuerdo a la variedad que sea utilizada el número de días del ciclo fenológico puede variar (INEC/ESPAC, citado por Ec Ministerio de Agricultura y Ganadería 2017).

A nivel nacional en el año 2017, se reportó que la primera causa de pérdida en la producción fue la sequía y la helada, factor que se suscitó en las provincias de Pichincha (76%), Chimborazo (22%) y Cotopaxi (2%). A continuación, se registró el apareamiento de plagas y enfermedades, en Chimborazo (93%) e Imbabura (7%); finalmente el exceso hídrico que se reportó principalmente en Carchi, cabe indicar que estos valores pueden variar de acuerdo a la variedad que ha sido sembrada y a las condiciones climáticas adversas o no que se presentaron en la zona (Ver figura 12) (INEC/ESPAC, citado por Ec Ministerio de Agricultura y Ganadería 2017).

Tabla 6
Superficie, producción y rendimiento de quinua año 2017

PROVINCIA	Superficie Sembrada (ha)	Superficie Cosechada (ha)	Producción (t)	Rendimiento (t/ha)
Total Nacional	1.424	882	1.286	1,46
Carchi	572	32	117	3,68
Chimborazo	405	405	258	0,64
Imbabura	229	229	396	1,73
Pichincha	173	173	501	2,90
Cañar	23	21	4	0,18
Cotopaxi	22	22	10	0,46

Fuente y elaboración: (INEC/ESPAC, citado por Ec Ministerio de Agricultura y Ganadería 2017)



Figura 12. Pérdidas en la producción de quinua año 2017. Elaborado por: INEC/ESPAC, citado por Ec Ministerio de Agricultura y Ganadería 2017

5.1.1. Importancia cultural de la quinua

Este pseudocereal fue considerado ancestralmente como una planta medicinal por la mayor parte de los pueblos tradicionales andinos, y junto a la papa y el maíz, fueron sus principales alimentos. Actualmente su consumo está en recuperación debido a las investigaciones sobre sus propiedades alimenticias. La Asamblea General de las Naciones Unidas declaró el 2013 como el “Año Internacional de la Quinua” en reconocimiento a la tradición de los pueblos andinos por conservar el cultivo de este excepcional alimento para generaciones presentes y futuras, cabe mencionar que tras esta declaratoria el precio de la quinua se disparó para el año 2014, favoreciendo a los productores; sin embargo, la oferta provocó la caída drástica y continua de su precio. El AIQ a través de sus distintos eventos permitió el intercambio de información y contribuyó a generar proyectos a largo y mediano plazo para el desarrollo sostenible del cultivo y consumo de la quinua en el mundo (ONU 2013).

En el Ecuador¹⁷, la producción de la quinua se ha impulsado en los últimos años en poblados indígenas. Según el antropólogo David Acurio en la cultura Inca no había vacas, por lo tanto, no se consumía leche, entonces los niños pasaban del seno materno a la colada de quinua, de igual manera destacó que el contenido proteico es muy cercano a la leche materna. Los incas acostumbraban a llevar en el cinto “bolsitas con quinua cocinada”, para soportar las largas jornadas de caminatas o de trabajo. La Organización Panamericana de la Salud, señala que volver a las prácticas ancestrales de alimentación,

¹⁷ Existen alrededor de 2215 hectáreas sembradas con este grano, el 80% de sembríos pertenecen a la variedad de quinua Iniap Tunkahuan y el resto a la variedad Pata de Venado, Chimborazo e Ingapirca (ESPAC 2018).

puede ayudar a frenar la “epidemia de obesidad” que se ha desatado ante el alza en el consumo de alimentos procesados (El Tiempo 2018).

5.1.2. Requerimientos Agroclimáticos óptimos.

La quinua se cultiva en Sur América dónde fue domesticada y sembrada durante miles de años en zonas geográficas que van desde el nivel del mar hasta los 4000 m s.n.m, dando lugar al surgimiento de diversos tipos de quinuas llamados ecotipos de los cuales se deben elegir las variedades a sembrar para lograr una buena productividad y calidad de granos; de manera general y de acuerdo al ecotipo¹⁸ las precipitaciones deben ser entre 0 a 1000 mm, en suelos de diferentes texturas y con un rango de pH que fluctúa entre 4 a 9. En un rango de temperaturas debajo de cero a más de 30°C. Dentro de estas condiciones variables de clima las tensiones más frecuentes por las que tiene que pasar la planta son: las sequías, las heladas, la salinidad, las plagas y otros factores. Finalmente, la tecnología usada en su cultivo es bastante variable, desde aquella tradicional hasta aquella moderna altamente tecnificada. Dependiendo de la interacción de estos factores de clima, suelo y tecnología los rendimientos varían de 1 a 7 Ton/Ha (FAO 2016b, 1-3). Los requerimientos agroclimáticos del cultivo (óptimo, moderada, marginal y no apto) de quinua en el Ecuador continental se muestran en el Anexo 1.

Clima

Los factores más importantes que afectan el desarrollo de la quinua son: temperatura, fotoperíodo, requerimiento hídrico y radiación, a continuación, se describen estos factores y otros.

✓ Temperatura. - Por su alta variabilidad y plasticidad genética, se adapta a diferentes climas, desde los calurosos y secos como el clima de la costa desértica, a aquellos templados lluviosos o secos de los valles interandinos y aquellos fríos y lluviosos o secos de la sierra alta y el altiplano. Las temperaturas máximas óptimas de crecimiento y desarrollo, dependiendo de las variedades, están en el rango de 7 a 20°C. Para el caso del Ecuador el MAG (Anexo 1) informa que la temperatura óptima esta entre 11 – 20°C . Se ha determinado que esta planta también posee mecanismos de escape

¹⁸ “Subespecie de una especie adaptada genéticamente a un hábitat específico, pero que puede cruzarse con otros miembros de la especie no pertenecientes a esa subespecie, presentan una expresión fenotípica distinta por la interacción de los genes con el medio ambiente.” (BioDic 2020).

y tolerancia a bajas temperaturas, pudiendo soportar hasta -8°C en determinadas etapas fenológicas, siendo la más tolerante la ramificación y las más susceptibles la floración y formación de grano (FAO 2016b, 3; Mujica y otros 2001, párr. 13).

✓ Temperatura de floración. - Puede llegar a tolerar heladas y temperaturas altas durante las fases de desarrollo vegetativo y la formación de la inflorescencia pero no desde la floración hasta el estado de grano (FAO 2016b, 3). Su temperatura ideal para florecer estaría entre los 5 a 17°C (Ec INIAP 2014).

✓ Precipitación. - La precipitación anual total varía de 600 – 800 mm en los Andes ecuatorianos. La quinua se puede cultivar dentro de un rango de precipitación de 300 mm a 1000 mm. Aunque se considera que el rango de precipitación óptima es de 500 a 1000 mm, durante el ciclo de cultivo (FAO 2016b, 4; Ec Ministerio de Agricultura y Ganadería 2014b, 6). Por lo general la quinua crece de manera adecuada a diferentes niveles de precipitación, lo cual dependerá de la zona agroecológica y del genotipo al que pertenece la planta.

✓ Humedad Relativa (HR). - Es susceptible al exceso de humedad en las primeras fases de desarrollo. Crece sin mayores inconvenientes desde el 40 % hasta el 65% en los páramos, y hasta 100 % de HR en la costa, es necesaria una adecuada humedad relativa en los meses de mayor desarrollo de la planta, elevada HR facilita que las enfermedades fungosas como el mildiu progresen con mayor rapidez, por ello en zonas con alta humedad relativa se debe sembrar variedades resistentes al mildiu (Mujica y otros 2001, párr 10).

✓ Radiación.- La quinua llega a soportar radiaciones extremas en las zonas altas de los andes; a pesar de ello, estas altas radiaciones permiten compensar las horas de calor necesarias para cumplir con su período vegetativo y productivo (Mujica y otros 2001, párr. 14).

✓ Fotoperíodo.- Debido a su amplia variabilidad genética y gran plasticidad, presenta genotipos de días cortos, de días largos e incluso indiferentes al fotoperíodo, adaptándose fácilmente a las condiciones de luminosidad, este cultivo prospera adecuadamente con tan solo 12 horas diarias en el hemisferio sur sobre todo en los Andes de Sud América, en el hemisferio norte y zonas australes con días de hasta 14 horas de luz prospera en forma adecuada (Mujica y otros 2001, párr 15). Al introducir variedades de quinua a nuevas áreas, es significativo considerar la zona de origen de las variedades, es decir la latitud y la altitud de donde proceden. Por ejemplo, las variedades ecuatorianas requieren por lo menos 15 días con 10 horas de luz cada día para llegar a antesis. Se

recomienda, evitar épocas con alta temperatura y días largos por que afectan el proceso de formación de los granos y por consiguiente el rendimiento (FAO 2016b, 4:5).

5.1.3. Aspectos Agronómicos del Cultivo

✓ Suelos. - La quinua puede crecer en un rango amplio de diferentes tipos de suelos, aunque prospera en suelos francos, arenosos o franco arcillosos; semiprofundos, con alto contenido de materia orgánica y con pendientes moderadas. Los suelos deben tener buen drenaje, porque la quinua es muy susceptible al exceso de humedad, sobre todo en los primeros estados. Se debe evitar suelos con problemas de anegamiento porque dificultan el establecimiento inicial del cultivo y luego a lo largo del ciclo propician la podredumbre radicular (FAO 2016b, 5). En el Ecuador se puede encontrar variedades de quinua cultivadas en suelos con pH desde 5.5 hasta 8.0, fuera de estos rangos la disponibilidad de nutrientes puede verse fuertemente afectada, originando una reducción en el crecimiento y desarrollo del cultivo. (Ec INIAP 2014).

✓ Requerimientos de fertilizantes. - Previo a la siembra es importante realizar un análisis de laboratorio para conocer las condiciones iniciales del suelo en cuanto a nutrientes disponibles, este conocimiento permitirá proporcionar la nutrición adecuada para lograr altos rendimientos y calidad. Para un buen crecimiento y rendimiento la quinua requiere varios nutrientes, sobre todo macro elementos como: el oxígeno, carbono, hidrógeno, calcio, magnesio, azufre, nitrógeno, fósforo y potasio, estos tres últimos son los más esenciales, y su colocación variará de acuerdo a los requerimientos individuales de cada suelo (Tabla 7). También necesita pequeñas cantidades de micro elementos como: hierro, boro, zinc, cobre, sodio, molibdeno, cloro, cobalto y sílice. El oxígeno, carbono e hidrógeno vienen del aire, los restantes 16 elementos deben ser manejados por aplicaciones al suelo directamente o a la planta; dependiendo del tipo y fertilidad del suelo (FAO 2016b, 48). Según el MAG, en los años 2018 y 2019 la fertilización para los cultivos de quinua del país fue en su mayoría de origen orgánico (estiércol (20 Tm/Ha), gallinaza (6 Tm/Ha) y bocashi).

“El carbono (C) como CO₂, es tomado del aire; el hidrógeno (H) y oxígeno (O) del agua. Del suelo la quinua obtiene el nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), azufre (S), hierro (Fe), manganeso (Mn), zinc (Zn), cobre (Cu), boro (B), molibdeno (Mo) y cloro (Cl)” (CARE 2015, 7; 17).

Tabla 7.

Requerimientos Nutricionales del cultivo de quinua Kg/Ha

Días de aplicación	N	P₂O₅	K₂O
30	60	30	20
60	90	60	50
90	120	90	80

Fuente: López 1999

Elaboración: Toapanta 2016, 14

✓ Requerimientos Hídricos. - Las necesidades hídricas de los cultivos se estiman según la evapotranspiración real del cultivo. Se considera que los valores cambian de acuerdo al desarrollo fenológico del cultivo, siendo más altos durante la floración e inicio del grano lechoso con 4.54 y 4.71 mm/día, respectivamente, y que la evapotranspiración máxima (408 mm) en los 134 días del período vegetativo. No obstante, los requerimientos (valores) anteriores parecen cambiar dependiendo de la localidad y variedad sembrada. Las fases más susceptibles al déficit hídrico son la floración y el llenado de grano (FAO s/a, párr. 9).

El rendimiento de la quinua es enormemente afectado por la sequía en las últimas fases fenológicas de la planta, aunque su efecto cambia de acuerdo al genotipo y el ambiente, destacándose la importancia de seleccionar genotipos de mayor rendimiento bajo condiciones de estrés hídrico. En ausencia de estrés algunos genotipos de quinua pueden llegar a mostrar mayores diferencias de rendimiento que otros, no obstante, en condiciones de estrés el rendimiento puede homogeneizarse, por lo que, al parecer existen varios genotipos que no poseen caracteres particulares que les permitan sobresalir ante condición de estrés hídrico severo (FAO s/a, párr. 9). Se pueden obtener rendimientos de hasta 1500 kg/Ha, con solo 190 mm de lluvia durante el período de crecimiento (Cuba 2002, citado por Carpio 2007,34).

✓ Siembra y Propagación. - En Ecuador la época de siembra es entre noviembre y febrero, de preferencia en días muy buenos o buenos, de acuerdo al calendario lunar (Ec INIAP 2014). Una vez esté próxima la fecha de siembra se procederá nuevamente a desmenuzar el terreno de manera que quede en condiciones óptimas para recibir a la semilla, la siembra se realizará inmediatamente concluida la preparación del

suelo, la finalidad es que las semillas dispongan de la humedad adecuada y se reduzca la competencia con malezas. Las semillas de quinua son pequeñas y deben ser sembradas cuidadosamente para lograr una buena germinación y establecimiento del cultivo (FAO 2016b, 41).

En el caso de terrenos ya sembrados anteriormente con otros cultivos, es conveniente rotar con aquellos que no sean de la misma familia y de preferencia usar suelos en los que se haya sembrado papa u otro tubérculo para aprovechar lo desmenuzado del terreno y los nutrientes residuales; esto también permitirá la menor incidencia de plagas y enfermedades al nuevo cultivo. La quinua puede ser sembrada directamente o por trasplante. Este último se usa en los valles interandinos para este sistema se recomienda lugares donde se dispone de agua de riego, se deberá preparar el almácigo en un lugar apropiado (camas almacigueras o bandejas), siguiendo los pasos recomendados para hortalizas de semillas pequeñas. Una vez que las plántulas alcanzaron a formar cuatro a seis hojas verdaderas iniciar el trasplante (laquinua.blogspot 2007).

5.1.4. Insectos Plagas y Enfermedades

✓ Enfermedades. -La enfermedad más severa en quinua a nivel mundial es la provocada por mildiú, cuyo agente causal es *Peronospora variabilis*. del cual se sabe que puede causar una reducción del rendimiento de 30-60%, incluso en los cultivares o variedades más resistentes, y en condiciones favorables del hongo puede llegar a causar pérdidas del 100% de la cosecha. su transmisión puede ocurrir a través de las semillas. Este patógeno reduce el área fotosintética debido al desarrollo de manchas y lesiones cloróticas y necróticas en las hojas, provocando su caída prematura (Matus 2015, 98:99). -Otra enfermedad es la Podredumbre marrón del tallo (*Phoma exigua var foevata*), la cual se presenta en forma de lesiones de color marrón oscuro y bordes de aspecto vítreo. Los picnidios del hongo se observan como puntos negros en el interior de las lesiones, las cuales mayormente se encuentran en los tallos y en la panoja. El tallo puede doblarse o romperse en las zonas de infección. El hongo requiere de heridas mecánicas para penetrar las plantas y se adapta bien a climas fríos (FAO 2016b, 63). -La Podredumbre radicular o mal de almácigos es causada por un complejo de hongos de suelo (*Rhizoctonia sp.*, *Fusarium sp.*, *Pythium sp.*). Esta enfermedad está cobrando importancia especialmente en las siembras bajo sistema de riego y en la costa (FAO 2016b, 65).

-Finalmente la enfermedad denominada ojo de gallo (*Cercospora sp*), se presenta en las hojas como pequeñas lesiones de color marrón claro, aumentando de tamaño a medida que la infección crece. “La enfermedad se hace más evidente en períodos secos o de prolongada sequía. Sin embargo, su aparición en forma severa es después del ataque del mildiu o cuando la planta está próxima a la madurez” (FAO 2016b, 67:68).

✓ Insectos Plaga. - Las pérdidas ocasionadas por insectos en cultivos de quinua pueden ser superiores al 40% y afectar a las plantas durante su crecimiento vegetativo, reproductivo, y almacenaje de las semillas, en la orden Lepidóptera se han identificado los insectos que causan los mayores daños (Matus 2015, 87). En el Ecuador los insectos que en los últimos años han provocado mayores daños en los cultivos de quinua son de la familia Aphididae, otros son el denominado “trozador” (*Agrotis sp.*) de la familia Noctuidae (Ver Anexo 3) (Ec INIAP, 2018).

✓ Otras Plagas. - Los pájaros son la plaga que más daños causa en el cultivo de quinua, principalmente en la época de maduración del grano (Quinoa.pe 2013).

5.1.5. Información Nutricional

La quinua posee los ocho aminoácidos esenciales para el ser humano, lo que la convierte en un alimento muy completo y de fácil digestión, además de ser el único alimento en el reino vegetal en poseer todos los aminoácidos esenciales (es decir, los que el organismo es incapaz de fabricar y por tanto requiere ingerirlos con la alimentación). Dentro de las propiedades medicinales concedidas ancestralmente se pueden mencionar el tratamiento de abscesos, hemorragias, luxaciones y cosmética. El contenido de proteína de la quinua varía entre 13,81 y 21,9% dependiendo de la variedad, lo cual es más del doble que cualquier cereal. El nivel de proteínas contenidas es cercano al porcentaje que dicta la FAO para la nutrición humana. La composición del valor nutritivo de la quinua en comparación con la carne, el huevo, el queso y la leche (FAO 2011,7).

Proteínas. - Entre el 16 y el 20% del peso de una semilla de quinua lo constituyen proteínas de alto valor biológico, incluidos los aminoácidos esenciales. La excepcional riqueza en aminoácidos (esenciales y no esenciales) que tiene la quinua le confiere propiedades terapéuticas muy interesantes (FAO 2011, 7).

Carbohidratos. - Los carbohidratos de las semillas de quinua contienen entre un 58 y 68% de almidón y un 5% de azúcares, convirtiéndose en una fuente recomendable de energía que se libera en el organismo de forma lenta por su importante cantidad de fibra (Llorente 2008, citado por FAO 2011, 11). El almidón es el carbohidrato más importante en todos los cereales. En la quinua, el contenido de almidón es de 58,1 a 64,2% (Bruin, 1964, citado por FAO 2011, 11). Contiene carbohidratos con índice glucémico bajo, lo que resulta de utilidad en un plan alimentario para pacientes con diabetes mellitus (Rago, 2013, 8).

Grasas. - En un estudio realizado a 15 variedades de quinua se demostró que su contenido de grasa fluctúa entre 2,05 a 10,88%, en general “el contenido de grasa de la quinua tiene un alto valor debido a su alto porcentaje de ácidos grasos no-saturados. Se espera que estos valores de quinua sean útiles para la obtención de aceites vegetales finos, para el uso culinario y para el cosmético” (Rojas y otros 2016, 117).

Minerales. - Es considerada la mejor fuente de minerales entre todos los granos y cereales, es una fuente rica en: Calcio, Hierro, Potasio, Magnesio, Fósforo, Zinc, Manganeso y pequeñas cantidades de Cobre y Litio (FAO 2013, párr. 6).

Vitaminas. - En comparación a otros granos la quinua es una excelente fuente de las vitaminas B2 (riboflavina) y ácido fólico, además contiene cantidades significativas de vitamina E, aunque esta cantidad parece disminuir después de procesarse y cocinarse. En general, el contenido en vitaminas de la quinua no se ve afectado por la eliminación de sus saponinas, puesto que las vitaminas no se encuentran en el pericarpio de la semilla (Koziol 1992 citado por FAO 2013, párr. 7).

5.1.6. Fenología del Cultivo de Quinua

El seguimiento fenológico es muy importante para agrónomos y agricultores puesto que permite efectuar programaciones de las labores culturales, riegos, control de plagas y enfermedades, aporques e identificación de épocas críticas; además permite tener una idea sobre posibles rendimientos, mediante pronósticos de cosecha. En la provincia de Chimborazo el factor limitante de siembra es el inicio de la época lluviosa, normalmente se realiza entre octubre y noviembre, aunque puede llegar a aplazarse hasta enero por la espera de adecuadas precipitaciones, una vez sembrado el cultivo puede llegar a cumplir todas sus etapas fenológicas hasta en 270 días, esto en lo que respecta a la provincia de Chimborazo, aunque pueden existir variaciones en las etapas fenológicas

según la variedad de quinua, el clima, el nivel de tecnología utilizado, etc., disminuyendo así su cosecha a incluso 180 días.

✓ Etapas Fenológicas

El ciclo de cultivo de la quinua puede durar de 6 a 9 meses en la zona ecuatorial, dependiendo de los factores productivos disponibles, de las condiciones climáticas y de la altitud (Sosa y otros 2017; FAO 2016b). La quinua presenta fases fenológicas bien marcadas y diferenciadas, mismas que permiten identificar los cambios que ocurren durante el desarrollo de la planta (Ver figura 13). Se han determinado nueve fases fenológicas (Mujica y Canahua 1989 citado por Zingaretti y otros 2015, 3):

- Emergencia: cuando la plántula sale a la superficie, se produce entre los 7 y 10 días desde la siembra. Es una etapa muy susceptible de ser consumido por aves.

- Dos hojas verdaderas: momento de aparición de las dos hojas verdaderas extendidas con forma romboidal y con nervaduras claramente distinguibles, en esta fase puede ocurrir el ataque de los gusanos cortadores de plantas tiernas.

- Cuatro hojas verdaderas: Se observa dos pares de hojas verdaderas completamente extendidas y todavía se nota la presencia de las hojas cotiledonales de color verde; ocurre de los 25-30 días después de la siembra, en esta fase ya la planta tiene buena resistencia a la sequía y al frío.

- Seis hojas verdaderas: Se observa tres pares de hojas verdaderas extendidas, se notan ya las hojas axilares, desde el estado de formación de botones hasta el inicio de apertura de botones del ápice a la base de la plántula, esta fase ocurre de los 35-45 días de la siembra.

- Ramificación: aparición de ocho hojas verdaderas, caída de hojas cotiledonales y crecimiento de “ramitas”. También se observa la presencia de la inflorescencia protegida por las hojas sin dejar al descubierto la panoja, esta etapa ocurre de los 45 a 50 días después de la siembra.

- Panojamiento: emergencia de las primeras panojas con gran cantidad de hojitas, para luego sobresalir por encima de estas. La inflorescencia se ve que va emergiendo del ápice de la planta, observándose alrededor aglomeraciones de hojas pequeñas, para luego sobresalir con mucha nitidez, los botones florales individualizados sobre todo los apicales que corresponderán a las flores pistiladas. Ocurre de los 55 a 70 días después de la siembra.

Floración: momento de apertura de las primeras flores en la parte apical de la panoja. De los 75 a los 100 días.

- Grano lechoso: el grano al ser presionado presenta una consistencia pastosa y lechosa. Ocurre entre los 100 a 130 días después de la siembra.
- Grano pastoso: el grano al ser presionado presenta consistencia pastosa de color blanco. Ocurre entre los 130 a 160 días después de la siembra.
- Y finalmente la madurez que llega entre los 160-180 días posteriores a la siembra.

Labores Culturales	Cuidado contra ataque de aves				Primer deshierbo y aporque a 25 - 30 cm de altura de plantas		Segundo deshierbo y aporque manual o mecanizado	Eliminación de ayaras			Colocar ahuyentadores para aves (cintas, espantapájaros, trampas, mallas, etc)		Cosecha
	Germinación	Emergencia	2 Hojas Cotiledonales	2 Hojas Verdaderas	4 Hojas Verdaderas	6 Hojas Verdaderas	Ramificación	Aplicación de Biól			Grano lechoso	Grano pastoso	Madurez fisiológica y comercial
Quechua	Witapasca	Jatarisca	Iscay J'xallo	Iscay R'appi	Tawa R'appi	Socra R'appi	Chascariy	Phillilo	Titca pakariy	Titcari	Muccu quiluna	Kuccu quiluna	Ch'allu
Aymara	Chilitata	Ayuta	Paalaka	Paalaphi	Pusilaphi	Sujta Laphinkiwá	Utanoqtata	Luruku qaltawí	Panq'ara qaltawí	Panqarankiwá	Lichintata	Tikantata	Pokota
Días a partir de la siembra	2 - 3	5 - 7	15 - 20	25 - 30	35 - 45	45 - 50	55 - 60	65 - 70	75 - 80	80 - 90	100 - 130	130 - 160	160 - 180

Figura 13. Fenología del cultivo de quinua. Fuente y elaboración: Agropuno (2019)

✓ Modificaciones Fenológicas generadas para defensa en sequías. - Es una planta resistente a la sequía pues puede llegar a sobrevivir bajo condiciones de escasa humedad y de falta de lluvia, siendo a pesar de esto capaz de producir semillas y materia verde para el consumo humano y animal que sean económicamente aceptables y rentables. Estudios revelan que esto es posible debido a una serie de modificaciones y mecanismos que pueden ser morfológicos (menor tamaño de planta), fisiológicos (cierre estomático temprano), anatómicos (menor número y tamaño de estomas o ubicación de estomas en el envés de las hojas), fenológicos (reducción del período de floración) y bioquímicos (mayor síntesis de prolina), que le permiten contrarrestar los factores adversos, en este caso la sequía (Mujica y Jacobsen 2001, párr. 5) Algunas modificaciones fenológicas que realiza naturalmente la quinua en defensa a la sequía son (Carpio 2007, 56):

-Pronto desarrollo radicular en las primeras etapas de crecimiento, aumentando la densidad y profundidad de las raíces para alcanzarla humedad a mayor profundidad y en zonas aledañas.

-Madurez prematura, aumentando su precocidad

-Desarrollo fenológico rápido, acortando alguna etapa fenológica para asegurar la producción debido al déficit de humedad.

-Acortamiento del período de floración cuando la sequía ocurre en esta etapa

✓ Sistema Radicular

La quinua puede poseer un sistema radicular del tipo *espina de pescado* con un eje central pivotante, del cual salen ramificaciones de primer orden. Bajo una condición favorable de textura de suelo y agua, la raíz principal puede alcanzar fácilmente los 60 cm de profundidad (Álvarez y otros 2014 citado por Matus 2015, 40).

Bajo condiciones de déficits extremos de agua y nutrientes, la quinua tiende a favorecer aún más el patrón de *espina de pescado*, de manera de ser capaz de explorar más profundamente el suelo, en especial durante los primeros estados de desarrollo. En zonas desérticas costeras donde el agua en el suelo es escasa, pero existe abundante neblina por la mañana, al parecer la quinua también favorecería el patrón *dicotómico* con raíces laterales superficiales, en este caso destinadas a absorber el agua superficial del rocío matinal (Martínez y otros 2009 citado por Matus 2015, 40). “La profundidad de las raíces está determinada por una serie de factores, tales como: características genéticas, características del suelo (textura, estructura, presencia de capas impermeables, etc.), nivel de agua en el suelo, nutrientes, oxígeno, etc” (Fuentes 2003 citado por Toapanta 2016, 9).

✓ Crecimiento Vegetativo

La planta pasa de su condición heterótrofa, totalmente dependiente de las reservas de los cotiledones, a su condición autótrofa, ahora depende de la fotosíntesis de sus hojas verdaderas, la profundidad de la raíz guarda estrecha relación con la altura de la planta. Este crecimiento tiene tres etapas: a) Crecimiento heterótrofo a expensas de las reservas cotiledonares. Durante este estado, la planta inicia además el vertiginoso crecimiento de las raíces. b) Desde los 22 a los 30 días posteriores a la siembra, se observa el inicio de la formación de brotes en la axila del primer par de hojas verdaderas, dando inicio a la

autotrofia de la planta. c) Desde los 31 a los 45 días después de la siembra, ya existen 3 pares de hojas verdaderas (Matus 2015, 35).

✓ Estacionalidad de la producción

De manera general en los países productores sudamericanos la época de siembra varía de acuerdo a condiciones climáticas de cada zona. Como regla general, en zonas frías la siembra debe ser temprana debido a que el período vegetativo se alarga; en regiones templadas, la siembra se puede realizar desde mediados de setiembre hasta mediados de octubre; en zonas más cálidas la siembra se puede efectuar como máximo en la primera semana de noviembre. En el Ecuador la época de siembra de igual manera “difiere de acuerdo con la zona y está relacionada con la época lluviosa, en el norte comprende los meses de junio-julio, en el centro y sur entre los meses de octubre y noviembre, y la cosecha se realiza a los 7-8 meses después de la siembra por tratarse de cultivares tardíos” (Peralta 2009, 9).

Capítulo segundo

Los impactos económicos del cambio climático en la agricultura dentro de la Provincia de Chimborazo y proyecciones climáticas

“El cambio climático no tiene freno. El objetivo de la humanidad es sobrevivir; ya solo nos queda adaptarnos” (Lovelock 2007, 19).

En este capítulo se analizará los desafíos climáticos que afrontará la agricultura en la provincia de Chimborazo específicamente en los cultivos de quinua y los efectos que está causando el cambio climático sobre esta a nivel económico, para lo cual se presentarán las proyecciones de mapas climáticos (multianuales) de temperatura y precipitación en la zona de estudio dentro del período 1981-2050, acorde a los escenarios RCP 4.5 y 8.5 elaborados por el IPCC dentro de su Quinto Informe de Evaluación (AR5). La información utilizada para realizar los mapas fue tomada de la Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático elaborada por Ecuador (2017), además cuenta con información de las Zonas Agroecológicas Económicas óptimas del cultivo de quinua realizado por el MAG (2014).

1. Efectos del Clima en la Agricultura del Ecuador

Según la primera NDC del Ecuador, en relación al comportamiento histórico de la precipitación y la temperatura media para el período comprendido entre 1960 – 2010, en la sierra hubo un aumento del 13% en lo que respecta a precipitación y un aumento de 1.1°C de la temperatura media; otro punto que se menciona es que las sequías intensas han afectado el área agrícola en 2,03 millones de Ha. a nivel nacional, lo que constituye el 66,7% del área agrícola total del país. En el primer trimestre de 2019, se registraron precipitaciones que superan ampliamente las “medias históricas”, creando por tanto anomalías significativas, ese año se declaró en alerta naranja por inundaciones a las provincias de Guayas, El Oro, Santo Domingo de los Tsáchilas y Esmeraldas. En 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 esa conducta se mantendrá hasta finales de siglo, previéndose para entonces acrecentamientos no menores a 2°C en casi todo el territorio continental ecuatoriano y, aumentos aún mayores, en las islas Galápagos. Estas alteraciones de los regímenes espaciales y temporales de las lluvias igualmente aumentarán las condiciones de déficit y superávit hídrico, a nivel nacional (Ec NDC 2019, 27:28).

Las sequías, heladas y los eventos climáticos extremos han causado en el pasado y podrían causar en el futuro reducción y/o pérdidas en la producción agrícola, pesquera y acuícola, anticipando los potenciales impactos que eventualmente se incrementarían con la amenaza del cambio climático. Los impactos continuarán elevándose, especialmente aquellos asociados al Fenómeno del Niño, prolongando los períodos de escasez de precipitación en la zona central de los Andes y de la Costa en la época seca, e incrementando inundaciones en las Costa hacia la zona sur de los Andes (Ec NDC 2019, 29).

Tabla 8
Características importantes de la Provincia

Nombre del GAD	Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia de Chimborazo
Fecha de creación de la Provincia	25 de junio de 1824
Población total al 2015	501.584 habitantes (proyección INEC 2015).
Extensión	La Provincia de Chimborazo, ubicada en el centro del Ecuador, con una extensión jurisdiccional de 6500,66 Km ² (Instituto Espacial Ecuatoriano IEE, 2013), políticamente se subdivide en 10 cantones y 45 parroquias rurales (INEC-2010).
Límites	Norte: Provincia de Tungurahua.
	Sur: Provincia de Cañar.
	Este: Provincia de Morona Santiago y Cañar
	Oeste: Provincia de Bolívar y Guayas
Rango altitudinal	El rango altitudinal de la Provincia de Chimborazo, desde los 135 m.s.n.m. a 6310 m.s.n.m.

Fuente y elaboración: Sistema Nacional de Información 2015.

Sin duda la provincia de Chimborazo (Ver mapa en el anexo 8) es un referente agrícola importante dentro del país, puesto que presenta una gran variedad de climas y suelos, mismos que favorecen a la diversificación de productos agrícolas, de los cuales se

puede mencionar: frejol, maíz, papa, haba, zanahoria, cebada, quinua, entre otros (Idrovo 2014).

2. Proyecciones de mapas climáticos

La agricultura del Ecuador es altamente vulnerable a los efectos del cambio climático; uno de los alimentos más consumidos por las comunidades indígenas y de relevante importancia para la seguridad alimentaria del país es la quinua, misma que se encuentra expuesta a los distintos cambios de clima inesperados, teniendo variadas consecuencias sobre su producción.

Para conocer el efecto del clima sobre la agricultura podemos realizar tanto modelos biológicos como climáticos, para lo cual se debe determinar antes un escenario de clima futuro, es decir una condición de cambio climático. Se puede señalar que los modelos climáticos globales son una alternativa cuando se quieren realizar evaluaciones en escalas muy amplias, como continentales o subcontinentales. Los modelos regionales se pueden aplicar en escalas nacionales. No obstante, en escala local, donde se necesita impulsar acciones concretas de adaptación, se utilizan cada vez más los análisis de tendencias; éstos son análisis en los que se manejan series de tiempo climáticas de lugares específicos, en este caso es necesario definir si la serie de una variable como la temperatura o la precipitación tienen tendencias en el tiempo que reflejen posibles efectos del cambio climático, y a partir de ello inferir su posible comportamiento en los próximos años. Si bien este enfoque no mejora el nivel de certidumbre con respecto a lo que sería el clima futuro, sí permite determinar mediante proyecciones estimadas qué podría presentarse bajo los escenarios propuestos.

Al usar modelos agroclimáticos se analizan las interacciones del sistema atmosfera- biósfera, de igual manera permite detectar y definir los factores del clima que limitan la producción agropecuaria; también lo es la predicción del rendimiento de los cultivos y los posibles futuros comportamientos de las variables que pueden afectar positiva o negativamente a la planta, dando así una herramienta a los agricultores para la toma de decisiones en las diferentes etapas del cultivo y evitar pérdidas en su producción (Fernández 2013, 1). La cuantificación de las relaciones entre clima y actividad agrícola viene facilitada por la combinación de los datos meteorológicos, fenológicos y los de rendimientos, aunque es necesario combinar otro tipo de información agroclimática, de

carácter no periódica, que está constituida por las necesidades y exigencias climáticas de los cultivos (Hernández 1993, 217; 219).

Con estos antecedentes se realizaron proyecciones climáticas de precipitación y temperatura dentro de la provincia de Chimborazo; cabe mencionar que los datos históricos (1981-2005) presentados provienen de la base de datos referente a la TCN de cambio climático de Ecuador realizada por el MAAE, la cual fue sujeta a una previa interpolación de los puntos medidos reales por la institución. La base de datos para la realización de las proyecciones de mapas climáticos (multianuales, 2011-2050) para los escenarios RCP 4.5 y RCP 8.5 fueron previamente interpolados para la realización de la TCN de Cambio Climático de Ecuador (Ec Ministerio del Ambiente 2017, 384). Los mapas de precipitación y temperatura fueron elaborados mediante la utilización de las medias mensuales de cada año para el período de estudio 1981-2050 (obtenido igualmente de la TCN de Ecuador 2017). Para la elaboración de estos mapas y para la conversión de los datos se utilizó el mismo procedimiento descrito por Benítez (2018, 79).

Cabe recalcar que dentro de estas proyecciones no se considera el efecto de la “fertilización de CO₂” sobre el cultivo, que suele ser utilizado en otros estudios de modelos climáticos agrícolas debido a los incrementos en las concentraciones globales de CO₂ que se han dado a través de los años, mismo que causa beneficios en la fotosíntesis de las plantas; de igual manera se considera que los valores nutricionales del suelo fueron constantes durante todos los años de estudio. Finalmente, se tomó en cuenta para la elaboración de los mapas la Zonificación Agroecológica Económica óptima del cultivo de quinua, elaborado por Ec Ministerio de Agricultura y Ganadería (2014) (Anexo 2), misma que delimita áreas biofísicas y económicamente homogéneas que pueden responder a un uso determinado del suelo, con prácticas de manejo similares, bajo condiciones naturales y la influencia de tecnologías que permitan el desarrollo en apoyo a la producción (Anexo 1); esto permite tomar decisiones para una adecuada planificación y mejoramiento de la producción agrícola de un cultivo, en este caso de la quinua. Las zonas potenciales para el desarrollo del cultivo de quinua con categoría media, son aquellas agroecológicamente óptimas, pero con restringida accesibilidad a servicios e infraestructura de apoyo a la producción; aunque también se incluyen zonas agroecológicamente Moderadas y que poseen alta accesibilidad a servicios e infraestructura, además estas son zonas que coinciden con los requerimientos agroclimáticos del cultivo.

A continuación, se realiza la descripción de cada una de las proyecciones de mapas climáticos con su respectiva variable (temperatura y precipitación) en la provincia de Chimborazo (6500 km²).

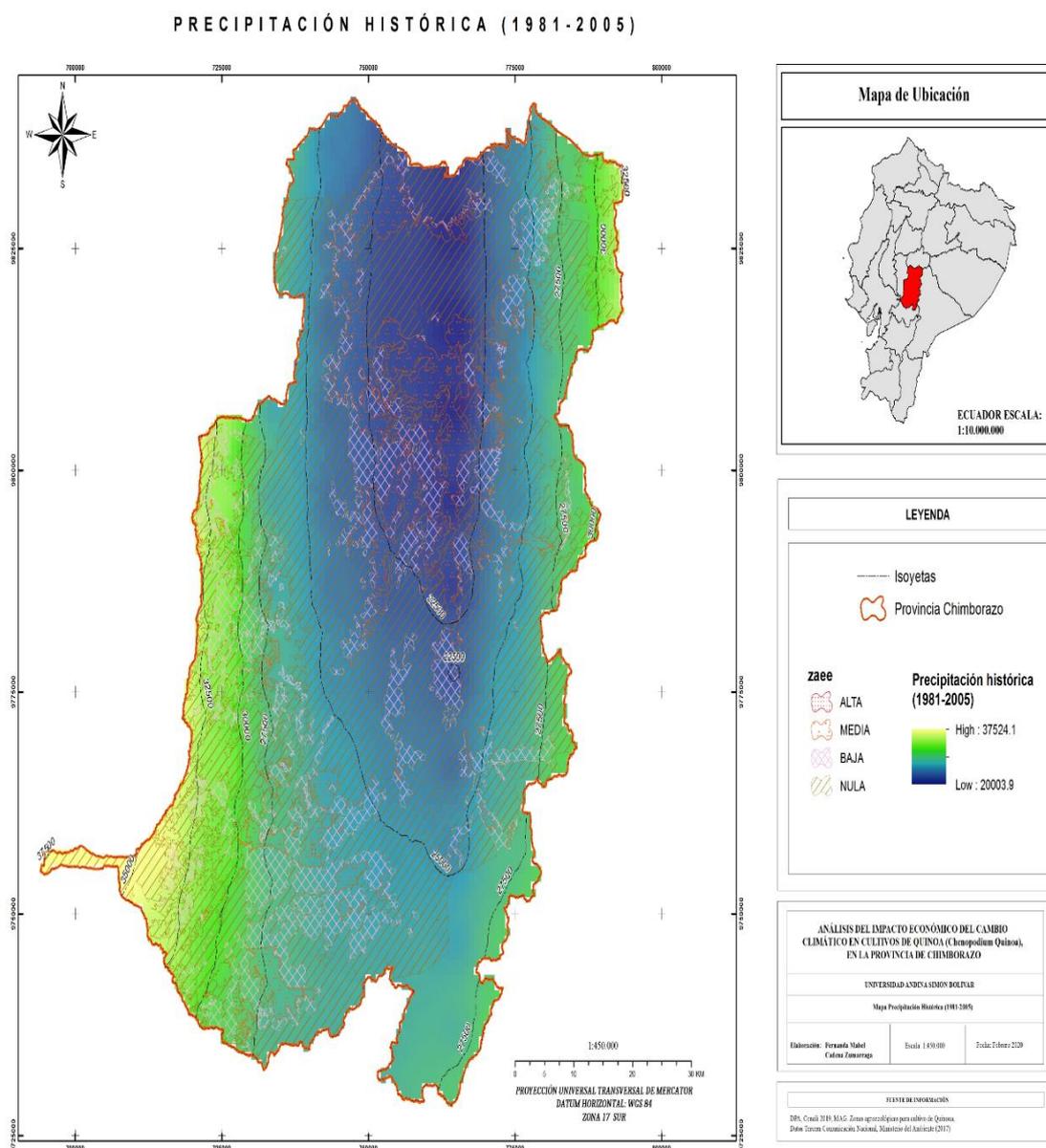


Figura 14. Mapa de precipitación histórica (1981 - 2005). Elaborado por el autor a partir de información proporcionada por el MAAE 2017 y MAG 2014.

En la figura 14 se observa el mapa con los resultados de la distribución del régimen espacial de la variable precipitación en la provincia de Chimborazo de acuerdo a los datos disponibles para el período 1981- 2005 (25 años). Se puede observar que la zona que presenta el valor más alto de isoyeta (1500 mm al año) es la que se encuentra al límite con la provincia de Guayas, en el cantón Cumandá, con un valor estimado de 37500 mm acumulados durante los 25 años, en sí las zonas que le siguen en valores altos

de isoyetas (1300 mm al año – 32500 acumulados) son las que limitan con la zona media – baja de la provincia de Bolívar (cantones Chillanes y San Miguel), sucede lo mismo para las zonas que limitan con la provincia de Morona Santiago al norte con isoyetas acumuladas de 32500 mm, al centro de 30000 mm y al sur de 27500 mm., mismas que representan 1300 mm al año, 1200 mm al año y 1100 mm al año respectivamente. Con lo que respecta a la zona que va desde el límite con la provincia de Tungurahua hacia el centro de la provincia de Chimborazo (zona productora de quinua de mayor relevancia dentro de la provincia) se presentan valores de 900 mm al año (valor que además está dentro de los requerimientos agroclimáticos de la quinua, mismo que es entre 300 – 1000 mm), con un valor estimado de 22500 mm acumulado durante los 25 años, estas isoyetas cruzan con los cantones de Riobamba, Colta, Guano y Guamote. Conforme se avanza hacia el sur (cantones Chunchi y Alausí) los valores de isoyetas aumentan entre 1000 a 1100 mm al año con un acumulado de entre 25000 – 27500 mm durante los 25 años, lugares que de igual manera presentan zonas agroecológicas y económicas con categoría de potencial alta y media para el cultivo de quinua, ya que es otra zona dentro de la provincia que presenta rangos de precipitación óptimos para el cultivo, aunque la producción de quinua en estos dos cantones no es relevante como en los cuatro anteriores.

PRECIPITACIÓN PROYECTADA BAJO EL ESCENARIO RCP 4.5
PARA EL PERÍODO 2011-2050

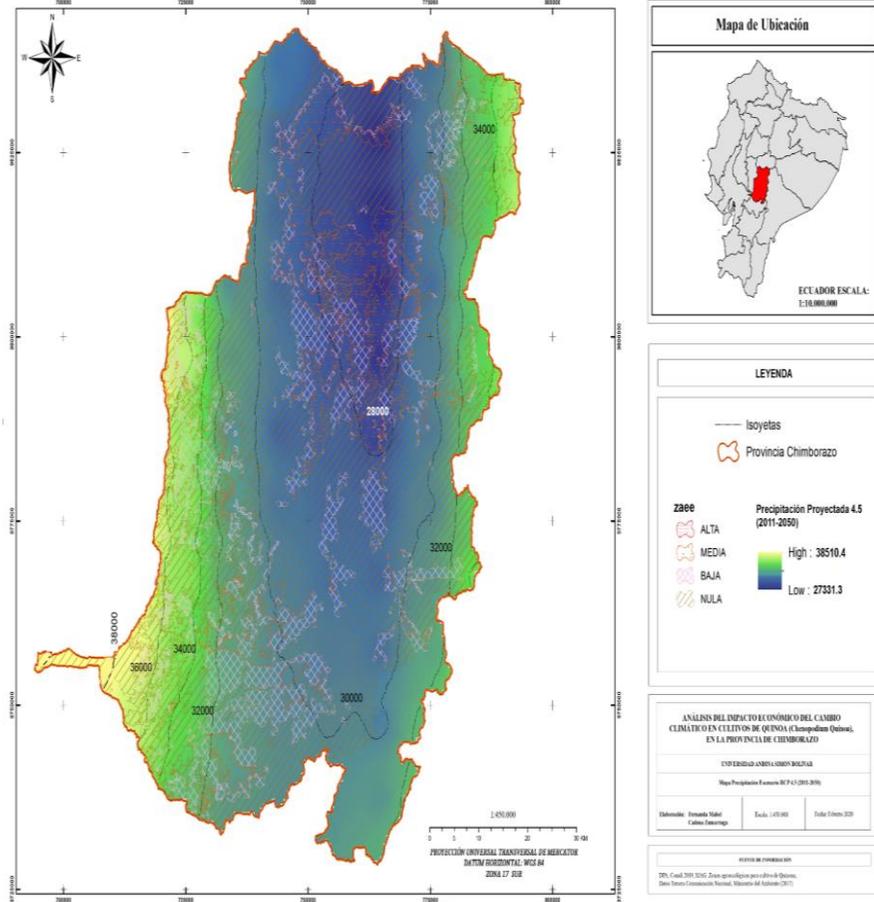


Figura 15. Mapa de precipitación proyectada bajo el escenario RCP4.5 Elaborado por el autor a partir de información proporcionada por el MAAE 2017 y MAG 2014

Diferencia entre la precipitación proyectada bajo el escenario RCP4.5 para el periodo 2011-2050 y la precipitación histórica

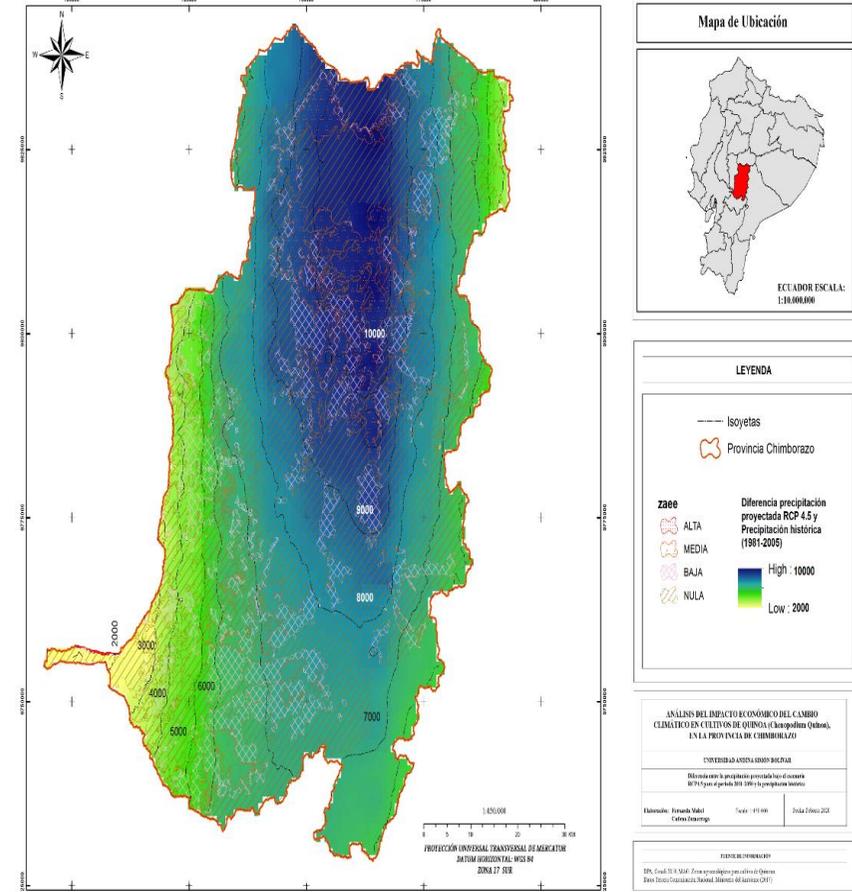


Figura 16. Mapa de la diferencia entre la precipitación proyectada bajo el escenario RCP4.5 y la precipitación histórica Elaborado por el autor a partir de información proporcionada por el MAAE 2017 y MAG 2014.

En la figura 15 se muestran los resultados al aplicar el escenario RCP 4.5, para el período 2011-2050 (40 años), para este escenario se evidencia que la zona que presenta el valor más alto de isoyetas es la que se encuentra al límite con la provincia de Guayas, en el cantón Cumandá con alrededor de 962.7 mm al año, y un valor estimado de 38510 mm acumulados para todo el período (40 años); las zonas que le siguen en valores altos de isoyetas son las que limitan con la zona media – baja de la provincia de Bolívar (cantón Chillanes) con valores de isoyetas de 900 mm al año (36000 acumulados), sucede lo mismo para las zonas que limitan con la provincia de Morona Santiago al norte y centro con isoyetas acumuladas de 34000 mm, misma que representa 850 mm al año. Con lo que respecta a la zona que va desde el límite con la provincia de Tungurahua hacia el centro de la provincia de Chimborazo (zona de mayor producción de quinua: Riobamba, Colta, Guano y Guamote) se presentan valores de 683 mm al año, con un valor estimado de 27331 mm acumulados durante los 40 años. Conforme se avanza hacia el sur (zona de menor producción: Alausí y Chunchi) los valores de isoyetas son de 800 mm y 750 mm al año con acumulados de 32000 mm y 30000 mm respectivamente. En lo que respecta a la zonificación agroecológica económica y debido al aumento y disminución de los valores de isoyetas (precipitaciones) anuales que serán inconstantes año tras año, se podría estimar que de acuerdo a las condiciones agroclimáticas óptimas del cultivo de quinua su producción a nivel de provincia podría verse afectada ligeramente tanto por el aumento como por el decremento de lluvias anuales, esto a pesar de que los valores anuales mencionados se encuentran dentro del rango de precipitación óptima del cultivo, mismo que es entre 500 a 1000 mm durante todo su ciclo; el tema grave en este caso sería la variabilidad climática y por consecuencia la afectación que pueda causar a ciertas etapas fenológicas (sobre todo a las de grano maduro o de madurez fisiológica) del cultivo, mismas que son más susceptibles al exceso de lluvia; de ser este el caso podrían existir pérdidas del cultivo en su totalidad o parcialmente bajando sus rendimientos drásticamente. Sin embargo, habrá que tomar en cuenta factores propios del cultivo como la variedad o ecotipo que se esté utilizando, para obtener una mejor resistencia hacia las condiciones climáticas desfavorables y mermar en algo la baja de rendimiento que podría ocurrir en el futuro, sobre todo por el problema de enfermedades fitopatógenas en hojas, flores y raíces que la falta de lluvias o el exceso de estas en ciertas etapas fenológicas puede provocar en el cultivo.

En la figura 16 se aprecia la diferencia entre la precipitación histórica y la del escenario RCP 4.5, según este se evidencia que para el año 2050 existiría un diferencial entre el 5% al 6% de aumento de precipitación en toda la provincia, con diferentes años en los que las precipitaciones podrían disminuir drásticamente a lo que se observó en el mapa histórico. Como se mencionó anteriormente estos aumentos y disminuciones de precipitación están dentro del rango de requerimientos agroclimáticos óptimos del cultivo, por otro lado, se deberá tomar en cuenta la evidente variabilidad climática que empeorará en el futuro y los daños consecuentes en períodos del cultivo en los que no es necesaria la lluvia. Lo cual bajará el rendimiento en la producción de quinua, habrá que considerar otros aspectos como el incremento de oomicetos¹⁹ como el Mildiu que afectan el cultivo, mismo que son favorecidos con el exceso de lluvias, y que se presentan en las hojas, provocando reducción del área fotosintética de la planta, afectando negativamente su desarrollo y la productividad.

En la figura 17, se observa valores de isoyetas para el escenario 8.5, los valores de isoyetas en la zona de mayor producción de quinua (Riobamba, Colta, Guano, Guamote) para el año 2050 bajo este escenario sería de 726 mm al año con un acumulado en los 40 años de 29040 mm, valores similares al del escenario 4.5; con lo que respecta a la zona de menor producción de quinua (Alausí y Chunchi), los valores de precipitación están en alrededor de 850 mm y 800 mm al año, con acumulados de 34000 y 32000 respectivamente, las consecuencias sobre el cultivo de este incremento son similares al escenario RCP 4.5.

La figura 18 permite apreciar el mapa con la diferencia entre la precipitación histórica y la del escenario RCP 8.5, según el mismo se evidencia que para el año 2050 existiría un aumento de lluvias entre el 7% al 9% de precipitación en toda la provincia, sin embargo, también existirán años en que las lluvias se vean disminuidas. Bajo este escenario también se podría esperar efectos económicos negativos por la variabilidad climática que podría ocasionar lluvias en épocas en las que el cultivo no las necesita y sequías en etapas en las que el cultivo necesita de agua.

¹⁹ Grupo de organismos eucariotas terrestres y acuáticos. Aunque superficialmente se parecen a los hongos en la formación de micelio y el modo de nutrición, estudios moleculares y características morfológicas distintivas los colocan en un reino distinto.

PRECIPITACIÓN PROYECTADA BAJO EL ESCENARIO RCP 8.5
PARA EL PERÍODO 2011-2050

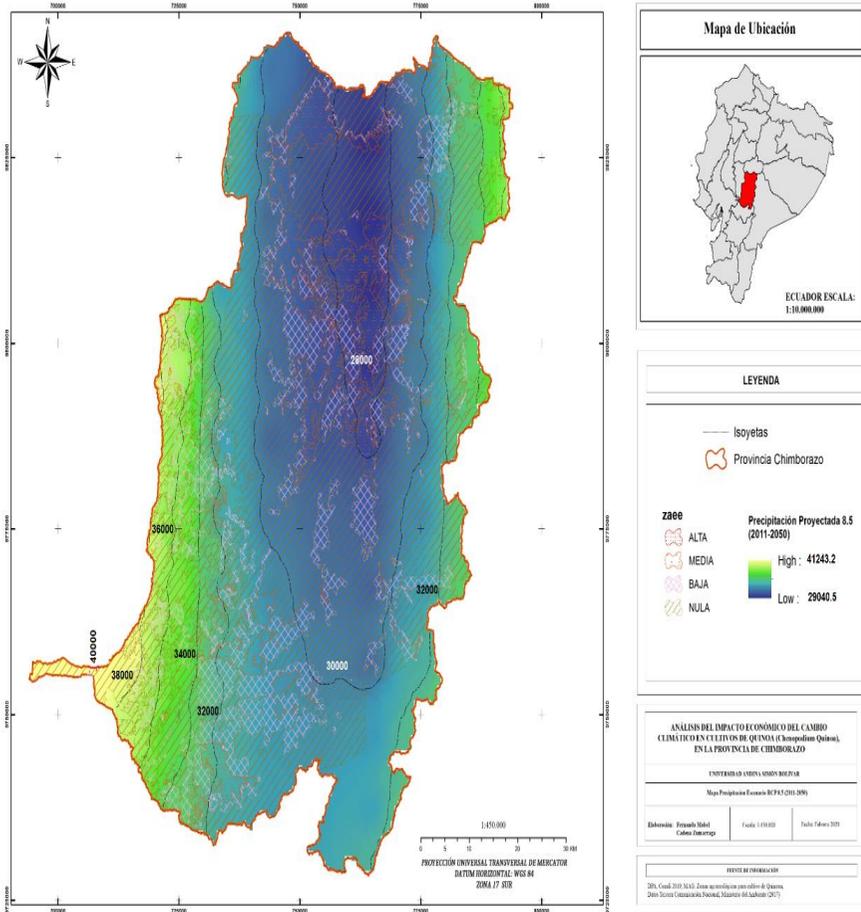


Figura 17. Mapa de precipitación proyectada bajo el escenario RCP8.5, para el periodo 2011 – 2050. Elaborado por el autor a partir de información proporcionada por el MAAE 2017 y MAG 2014.

Diferencia entre la precipitación proyectada bajo el escenario RCP8.5 para el periodo 2011-2050 y la precipitación histórica

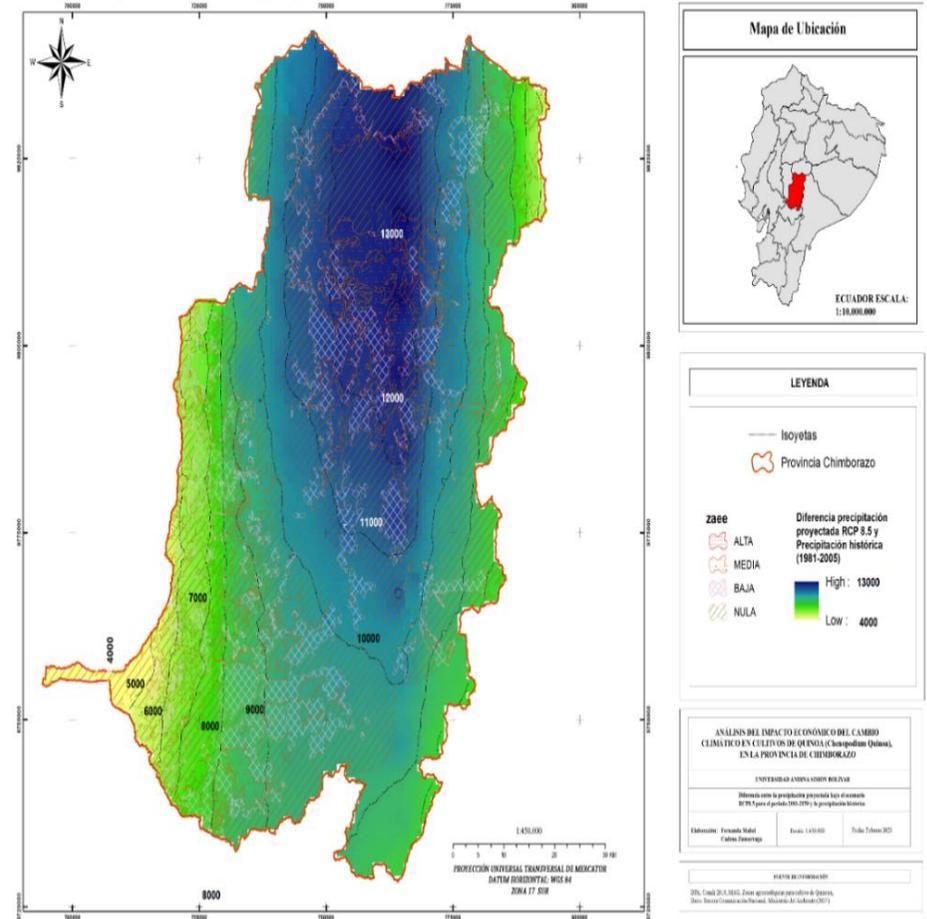


Figura 18. Mapa de diferencia entre la precipitación proyectada bajo el escenario RCP8.5 y la precipitación histórica. Elaborado por el autor a partir de información proporcionada por el MAAE 2017 y MAG 2014.

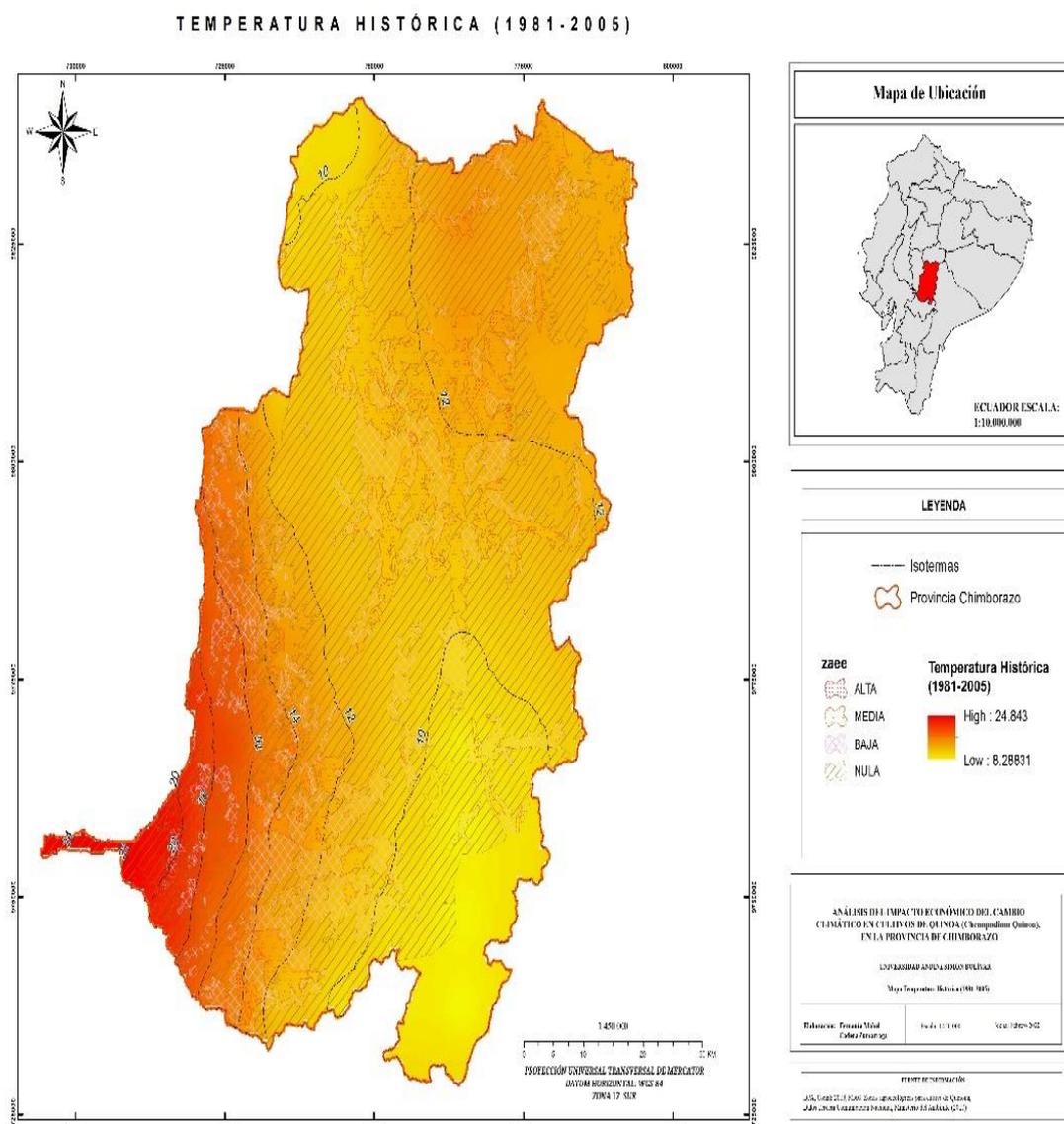


Figura 19. Mapa de temperatura histórica (1981 – 2005). Elaborado por el autor a partir de información proporcionada por el MAAE 2017 y MAG 2014.

La figura 19 muestra los resultados de la distribución del régimen espacial de la variable de temperatura histórica en la provincia de Chimborazo de acuerdo a los datos disponibles para el período histórico 1981- 2005 (25 años). Se puede observar que los cantones que colindan con las provincias de Guayas y el sur de la provincia de Bolívar presentan temperaturas medias (isotermas) entre 24 – 18 °C (Cumandá) y 17 – 12°C (Pallatanga) aproximadamente, mientras que en las zonas productoras de quinua del sur de la provincia presenta valores de temperatura que oscilan entre 16 a 10°C (Alausí) y 16 – 12°C (Chunchi)., en las zonas productoras del norte de la provincia (las de mayor producción) la temperatura media presenta valores entre 14 – 12 °C (Colta) 12 °C (Guano y Riobamba), 12 -10 °C (Guamote). La temperatura óptima para el cultivo de quinua está

en un rango entre 11 – 20°C, la temperatura es un factor importante y determinante en los riesgos de producción por baja de rendimientos, debido a que las temperaturas muy bajas o muy altas afectan drásticamente la formación del grano puesto que origina esterilidad del polen, dando lugar a infecundidad o granos inmaduros, arrugados o de bajo peso, la temperatura ideal de floración está entre los 5 a 17°C (Ec INIAP 2014).

En la figura 20 se muestra los resultados de la temperatura aplicando el escenario RCP 4.5, para el período 2011-2050 (40 años) en la provincia de Chimborazo, se puede apreciar que bajo este escenario habría un aumento promedio de 1.0°C aproximadamente en toda la provincia. De acuerdo a los requerimientos agroclimáticos de la quinua dentro de sus zonas productoras estos aumentos están dentro de sus rangos óptimos. Por otro lado, se tiene que tomar en cuenta que estas son temperaturas medias por lo que es seguro que las temperaturas máximas y mínimas superen los rangos óptimos agroclimáticos de la quinua, afectando de esta manera su producción y por consiguiente su rendimiento. Una temperatura no óptima es la variable que más daños puede causar en ciertas de las etapas fenológicas de la quinua como es el panojamiento y la floración. Lo más seguro es que en el futuro sucedan casos como días más calientes y noches más frías, este último caso es por lo general cuando ocurren las heladas.

Como se puede observar en la figura 21 se encuentra el mapa con la diferencia entre la temperatura histórica y la temperatura con el escenario RCP 4.5 en la provincia de Chimborazo. En la zona productiva de quinua del norte de la provincia la diferencia es de aproximadamente 1.2°C más elevado, mientras que en la zona productora del sur de la provincia existe un incremento que de acuerdo a este escenario sería de 0.8°C, por lo que se podría deducir que este ligero aumento de la temperatura, así como las sequías y otros fenómenos climáticos podrían afectar la agricultura de la provincia en general ya que existen etapas fenológicas dentro del ciclo de vida de cualquier planta que son más susceptibles que otras al incremento o la baja (menor a cero) de la temperatura. Claramente habrá períodos dentro de todo un año que serán más calurosos que otros, en el futuro habrá que evitar que las etapas fenológicas de la quinua más susceptibles a la temperatura (fuera de los rangos óptimos) no atraviesen por estos períodos.

TEMPERATURA PROYECTADA BAJO EL ESCENARIO RCP 4.5
PARA EL PERIODO 2011-2050

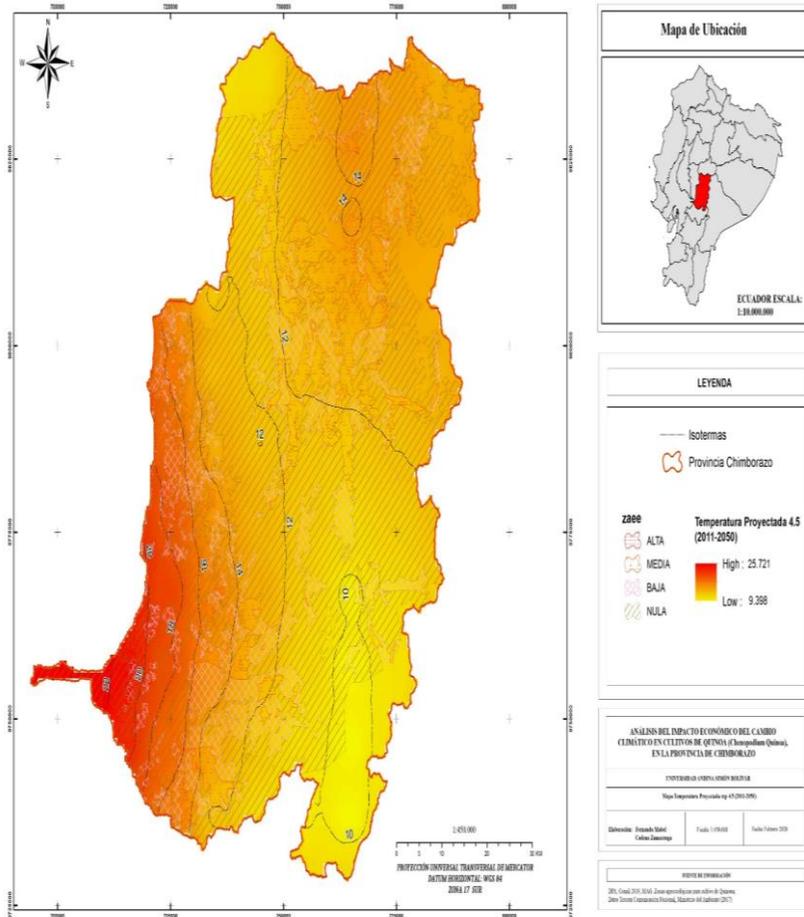


Figura 20. Mapa de temperatura proyectada bajo el escenario RCP4.5, para el periodo 2011 – 2050. Elaborado por el autor a partir de información proporcionada por el MAAE 2017 y MAG 2014.

Diferencia entre la temperatura proyectada bajo el escenario RCP 4.5 para el periodo 2011-2050 y la temperatura histórica

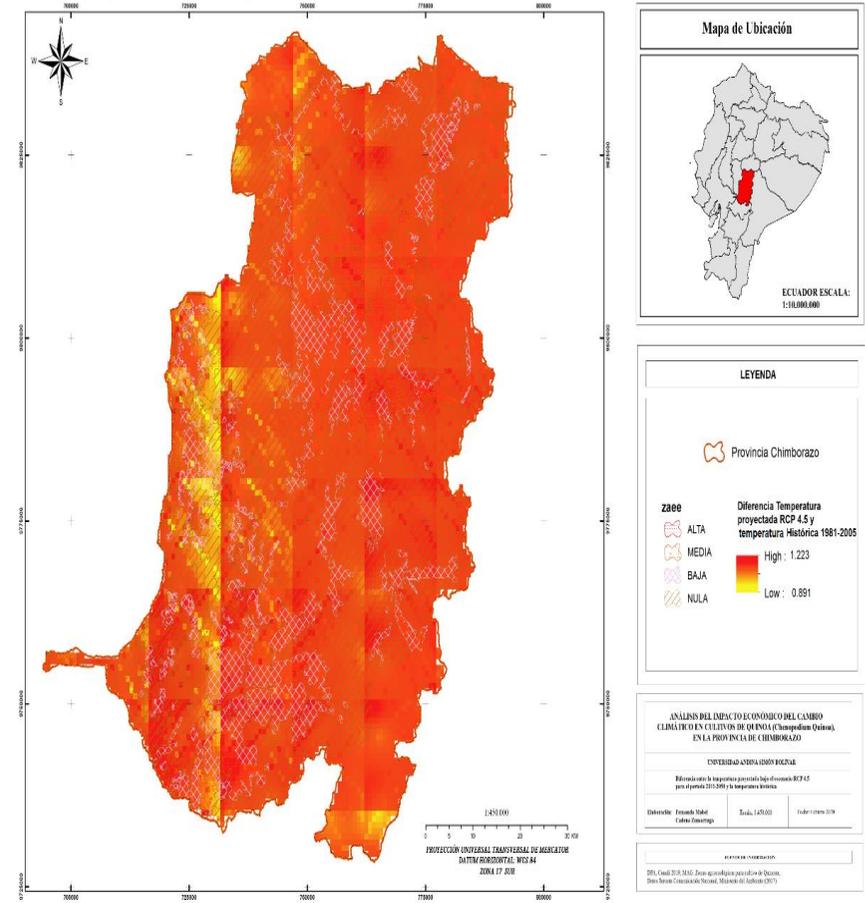


Figura 21. Mapa de diferencia entre la temperatura proyectada bajo el escenario RCP4.5 y la temperatura histórica Elaborado por el autor a partir de información proporcionada por el MAAE 2017 y MAG 2014.

TEMPERATURA PROYECTADA BAJO EL ESCENARIO RCP 8.5 PARA EL PERIODO 2011-2050

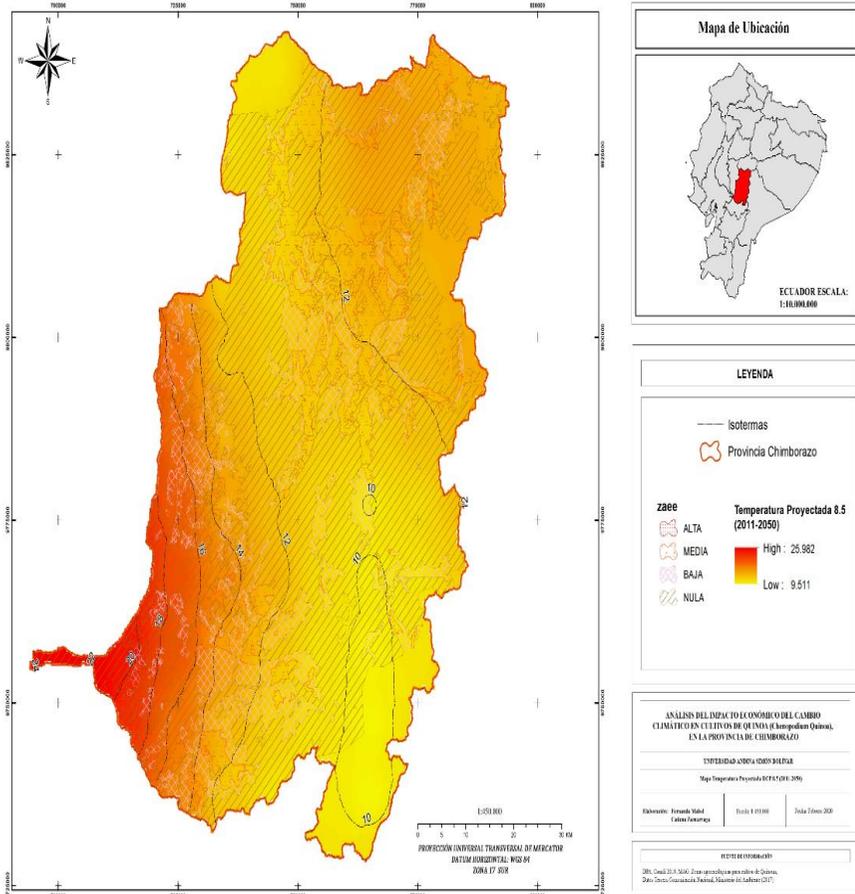


Figura 22. Mapa de temperatura proyectada bajo el escenario RCP8.5, para el periodo 2011 – 2050. Elaborado por el autor a partir de información proporcionada por el MAAE 2017 y MAG 2014.

Diferencia entre la temperatura proyectada bajo el escenario RCP 8.5 para el periodo 2011-2050 y la temperatura histórica

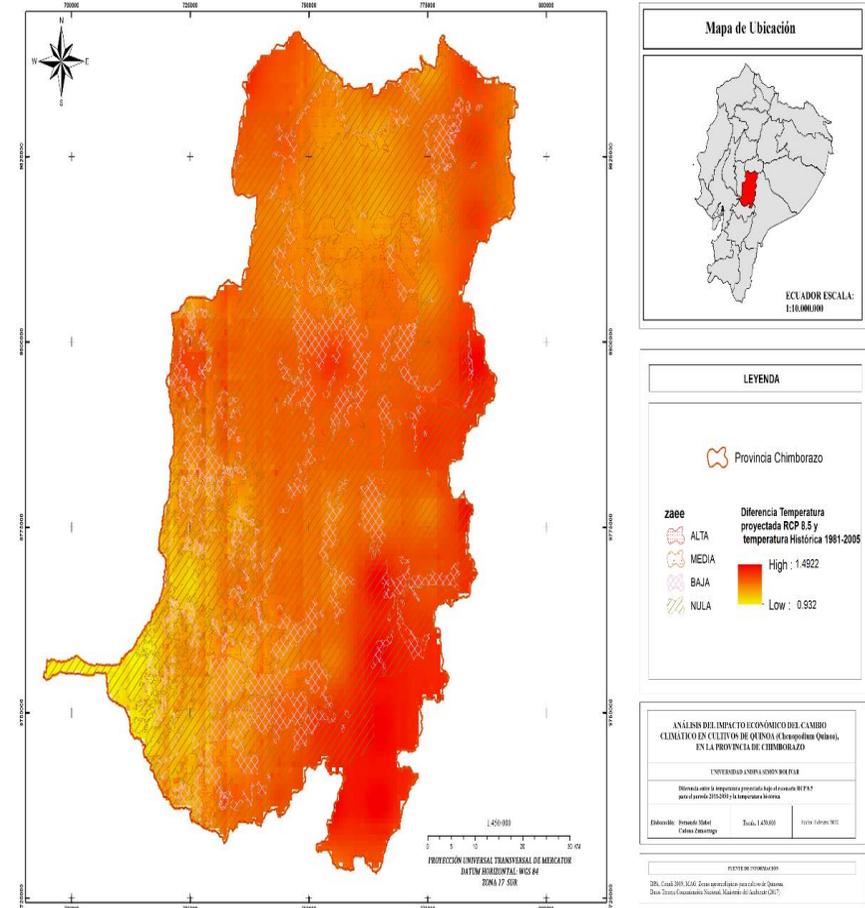


Figura 23. Mapa de diferencia entre la temperatura proyectada bajo el escenario RCP8.5 y la temperatura histórica. Elaborado por el autor a partir de información proporcionada por el MAAE 2017 y MAG 2014.

La figura 22 muestra los resultados de la temperatura aplicando el escenario RCP 8.5, para el período 2011-2050 (40 años) en la provincia de Chimborazo, se puede apreciar que bajo este escenario habría un incremento promedio de 1.1°C aproximadamente en toda la provincia en lo que a temperatura media se refiere, aunque, en el futuro podría haber inconvenientes con las temperaturas mínimas que ocasionan las heladas y con las máximas, mismas que traen graves problemas sobre la producción.

En la figura 23 se observa la diferencia entre la temperatura histórica y la temperatura en el escenario RCP 8.5 dentro de la provincia de Chimborazo. Se puede mencionar que en la zona norte productora de quinua se evidencia que existe un incremento máximo de la temperatura media de aproximadamente 0.9 °C. Mientras que en la zona productora del sur existe un incremento mínimo de temperatura media de aproximadamente 1.3 °C. Al igual que en el escenario RCP 4.5 estos incrementos se encuentran dentro de los rangos agroclimáticos óptimos de la quinua, aunque, habría que tener especial cuidado con las temperaturas mínimas y máximas. Según Carrasco (2016, 43) el factor climático que más influye en la producción y rendimiento de la quinua es la temperatura máxima, por lo que concluye en su estudio que los comportamientos de los factores climáticos muestran una tendencia creciente con un efecto negativo hacia la producción y rendimiento, ya que a medida que se eleva la temperatura sobrepasando el umbral óptimo requerido por el cultivo, la producción y rendimiento de quinua se reduce.

3. El impacto económico del cambio climático en el cultivo de quinua de la provincia de Chimborazo.

Como ya se mencionó en el capítulo anterior, los cultivos agrícolas pueden ser sensibles a las variaciones de temperatura y precipitaciones, sobre todo en zonas donde la producción se desarrolla por secano (que no tiene riego y solamente se beneficia del agua de la lluvia.) y que además cuenten con un nivel de tecnología tradicional. Los efectos del cambio climático en la agricultura serán diversos, es decir no serán homogéneos en todas las regiones del planeta, ni siquiera dentro de un mismo país (Galindo 2009 citado por Carrasco 2016, 2).

La quinua posee una gran plasticidad y ha sido nominado por muchos como un buen modelo para investigar los mecanismos fisiológicos que las plantas adoptan para enfrentar condiciones adversas, como la salinidad y sequía extrema (Ruiz y otros 2014

citado por Monje y Olave 2019, 22). Esta especie al estar adaptada a las duras condiciones climáticas de los Andes, exhibe una notable tolerancia a varias condiciones de estrés abióticos (Jacobsen y otros 2003), como a la sequía (Jacobsen y otros 2004) y la salinidad (Adolf y otros 2013; Shabala y otros 2013). De ahí que la quinua haya sido señalada como un buen candidato para ofrecer seguridad alimentaria, especialmente ante el escenario mundial futuro donde se prevé exceso de salinización y aridez en los suelos de siembra del mundo; esta es otra de las razones por las que la FAO declaró el 2013 como el AIQ.

Algunos objetivos de la declaratoria del AIQ fueron: * Promover la cooperación internacional, así como de actores gubernamentales para fomentar la producción y el uso sostenible de la quinua. * Aumentar las prácticas de cultivo más sostenible y establecer políticas que promuevan su conservación. * Aumentar conciencia sobre las propiedades y el valor agregado nutricional en las economías locales, especialmente en las comunidades productoras. * Reconocer la valiosa contribución de los pueblos indígenas como guardianes de la quinua. * Generar nuevos conocimientos. * Diversificar el uso de quinua (FAO 2013).

3.1 Evolución del cultivo de quinua dentro y fuera de la provincia de Chimborazo.

Para el año 1984, la superficie de cultivo en el país se estima que era de apenas unas 900 a 1000 ha (Peralta y Mazón 2014). En el año 1985 el INIAP estaba en la búsqueda de fuentes de alimentos alternativos, impulsaron así la investigación de algunas plantas que presentaban valiosas propiedades poco conocidas, como era el caso de la quinua. “En la década de los 80s en varias zonas del país la quinua era considerada como maleza (desde la parte agronómica) y como comida de “indios” (desde la parte social”²⁰, la siembra se realizaba en pequeñas hileras asociado con otros cultivos de mayor importancia para los pequeños productores de la Sierra (Mullo 2019, 5). En aquellos años el cultivo ya tenía una importancia económica en Perú y Bolivia, aunque la producción era para consumo interno; por aquel entonces en el Ecuador la quinua estaba pasando por un proceso de “erosión genética”²¹, porque su cultivo estaba casi desapareciendo, en esta

²⁰ Ing. Alex Leguizamo, entrevistado por la autora, 16 de octubre de 2020

²¹ “Hoy en día afrontamos enormes presiones que tratan de imponer la uniformidad en vez de la diversidad, uniformidad tanto biológica como cultural, produciéndose un proceso de pérdida de biodiversidad. Esta pérdida de biodiversidad es conocida como erosión genética y se puede definir como el proceso de pérdida de la variabilidad

década las provincias de Cañar, Azuay y Loja ya casi no presentaban cultivos de quinua o incluso habían desaparecido por completo (Ec INIAP 1985).

A mediados de los 80s se realizan los primeros esfuerzos para organizar la producción de la quinua en Ecuador. En 1985, el INIAP libera las primeras variedades mejoradas de quinua de grano con sabor amargo, obtenidas por selección denominadas: INIAP Cochasquí e INIAP Imbaya. En 1986, se crea la Asociación de Productores de Quinua (PROQUINUA), la cual termina tras pocos años con relativo éxito. En 1988, las Escuelas Radiofónicas Populares del Ecuador (ahora Fundación ERPE) en la provincia Chimborazo inicia actividades de producción agroecológica, se interesan en este grano y estimulan a numerosos agricultores de la sierra para que empiecen a sembrar con una visión comercial. Para la década de los 90 se continúa con la promoción del consumo de quinua, a pesar de que el grano no aparecía entre los cultivos más importantes del país, sino estaba en la lista de productos destinados al autoconsumo local. A inicios de esta década INIAP publica un recetario compilado con 92 recetas de quinua (Muñoz y otros 1990). En ese mismo año Latinreco de la NESTLÉ publica en un libro los resultados de los cinco años de experiencia con el cultivo y el procesamiento de la quinua en Ecuador (Whali 1990).

En 1992 se liberan las variedades INIAP Tunkahuan e INIAP Ingapirca de bajo contenido de saponina (Nieto y otros 1992) y se publican las experiencias en Ecuador sobre cosecha y pos cosecha de quinua (Nieto y Vimos 1992). De las cuatro variedades de quinua liberadas en esta etapa, solo la variedad INIAP Tunkahuan sigue vigente, que además es de origen ecuatoriano. En 1996, el Ministerio de Agricultura y Ganadería publica la Zonificación Potencial de la quinua en Ecuador y establece 86.856 Ha sin limitaciones de clima y suelo para el cultivo. En 1997, el cultivo evoluciona a la producción de quinua orgánica con pequeños productores dentro de la provincia de Chimborazo. En 1998, ERPE inició las primeras acciones para fomentar el cultivo en la provincia, cuyo fin sería comercializarlo en el mercado internacional (Peralta 2009,5).

En el año 2000, los productores de 90 comunas de Colta, Guamote, Alausí y Riobamba decidieron unirse para impulsar este producto andino con el apoyo de ERPE, empezaron con 200 familias productoras con 100 Ha de cultivo; en el 2003 eran 900 grupos familiares y 430 Ha; este mismo año se constituye COPROBICH con alrededor

genética, y afecta tanto a animales terrestres y acuáticos como a vegetales (plantas y árboles que tradicionalmente han aportado el sustento de nuestras comunidades) y a pequeños microorganismos” (GRAIN 1996 y Álvarez 2000 citado por González 2006, 161).

de 1500 productores. De acuerdo a los resultados del III Censo Agropecuario realizado en el año 2000, a nivel nacional para la quinua se registraron 2659 Unidades de Producción Agropecuaria (UPAs), con cerca de 900 Ha sembradas, habiendo sido cosechadas 636 Ha y con una producción total de 226 Ton, de las cuales se vendieron 180 Ton. El rendimiento promedio para la Sierra fue de 0,4 Ton/Ha. El promedio de superficie sembrada con quinua fue 0,3 Ha/ UPA. Las provincias con mayor número de UPAs con quinua fueron Chimborazo, Cotopaxi e Imbabura; pero la principal provincia productora fue Chimborazo con cerca del 80% de la producción total (Peralta 2009, 5).

En 2002, se estimó una producción a nivel nacional de 2000 Ha, de las cuales 500 Ha estaban destinadas a la exportación como quinua orgánica certificada (Jacobsen y Sherwood, 2002). En el año 2006 se fundó Sumak Life (Productos orgánicos del Chimborazo), con la finalidad de producir, procesar y comercializar principalmente productos orgánicos de quinua y sus derivados. En el 2008, con el apoyo de la Fundación McKnight (EE.UU) y el asesoramiento del PROINPA de Bolivia, el INIAP inicia el programa de mejoramiento de quinua por hibridación, siendo los principales objetivos desarrollar nuevas variedades de quinua, con tamaño grande del grano, resistencia a enfermedades foliares causada por hongos, alto potencial de rendimiento, con adaptación a condiciones marginales de clima y suelo y con aceptación de los agricultores y en los mercados (Peralta y Mazón 2014).

Para el año 2009, el cultivo de la quinua incrementó en superficie en las provincias de: Chimborazo (orgánica principalmente), Imbabura, Carchi, Cotopaxi, Bolívar, Cañar, Pichincha y Loja. Se estima que la variedad INIAP Tunkahuan se sembraba en más del 60% de la superficie cultivada en Ecuador, ese mismo año la provincia de Chimborazo exporta quinua a Francia, Bélgica, Alemania, Estados Unidos y Canadá. Para el 2012, se contabilizaban en la provincia de Chimborazo 1484 productores de quinua. Para el 2013, 1700 familias sembraban de manera orgánica 700 Ha dentro de la provincia, durante este año se exportaban alrededor de 400 toneladas a Europa y EE.UU (Peralta y Mazón 2014).

Las variedades que siembran desde hace más de 20 años en sistemas orgánicos certificados para exportación en la provincia de Chimborazo son mezclas de variedades nativas (poblaciones de diverso color de planta y ciclo de cultivo – dando lugar a un ecotipo) de grano amargo (alto contenido de saponina), de colores de planta rojo, rosado, verde, morado (Ver Figura 24). Algunos productores orgánicos, han separado a las poblaciones de quinua por color; no es raro ver campos de plantas rojas o verdes

solamente (Ver Figura 25). Son variedades con granos de tamaño mediano, de color crema o blanco opaco (Peralta y Mazón 2014).



Figura 24. Cultivo de quinua con mezcla de variedades nativas. Fuente: imagen de Peralta y Mazón, 2014



Figura 25. Cultivo de quinua con variedad de quinua purificada. Fuente: imagen de Peralta y Mazón, 2014

En el 2014, dentro de la provincia de Chimborazo existían 2366 productores mientras que a nivel nacional eran 6000 aproximadamente, en ese año cada quintal de quinua pelada se vendía a USD 225 en el extranjero, mientras que para el mercado local era de USD 180, pero sin procesar (El Comercio 2014).

Para el 2015 inicia el declive del precio de la quinua en la provincia, debido a su sobreproducción en Perú y Bolivia, los cuales son los mayores abastecedores del grano en el mundo, por lo que los precios en todo el país bajaron y se perdieron varios compradores extranjeros, quienes prefirieron adquirir el producto de los otros países, debido a que el producto presentaba mejor calidad; esto provocó una sobreoferta en el

mercado local de la provincia y a nivel nacional. Para el 2016 las certificadoras orgánicas encuentran que la producción de exportación de quinua del país estaba contaminada con agroquímicos (principalmente fungicidas), por lo que varios contenedores con quinua fueron devueltos. Los agricultores esperaban vender el quintal de quinua orgánica al granel en USD 120 en el mercado internacional, y terminaron comercializándola hasta por USD 25 en las ferias y centros de abasto locales. A partir de ese año empieza la decadencia del cultivo dentro de la provincia, generando una fuerte crisis económica en los productores y cientos de deserciones de agricultores que optaron por sembrar cebada y trigo.

En el año 2016, empieza a disminuir la superficie de cultivo pasando de 882 Ha cosechadas a 605 Ha para el año 2017. Como se mencionó en el párrafo anterior hubo varios factores entre los que están la sobreoferta que se generó en el año 2013, lo cual hizo que los años 2014 y 2015 se siembren entre 1100 a 1750 Ha de quinua respectivamente (Ec Ministerio de Agricultura y Ganadería 2020).

“Actualmente en Chimborazo la productividad de la quinua orgánica está en descenso gradual pasando de 3500 kg/Ha (2015-2016) a 2200 kg/Ha (2018-2019), esto se debe a una serie de factores estructurales entre los que están: 1.- pobreza por Necesidades Básicas Insatisfechas y por consumo²², 2.- erosión y pérdida de la fertilidad del suelo, 3.- agricultores realizan el cultivo en micro o minifundios por lo que resulta poco rentable y difícil pagar el trabajo que exige el cultivo, y, 4.- existe un bajo recambio generacional ya que más del 60% de los productores tienen entre 50 - 65 años, debido a la migración a las grandes ciudades de las personas más jóvenes”²³.

“A esto se suma que los predios de producción de quinua se encuentran poco diversificados., aunque el cultivo sea resistente a condiciones de sequía en la mayoría de sus etapas fenológicas, se conoce también que el mismo es vulnerable a la variabilidad climática”²⁴. La cadena productiva de la quinua en Chimborazo, hasta la actualidad es de las más importantes en el país.

3.2 Importancia Económica y Producción en la provincia de Chimborazo

²² “Parte de la determinación de una canasta de bienes y servicios que permitiría, a un costo mínimo, la satisfacción de las necesidades básicas, y define como pobres a los hogares cuyo ingreso o consumo se ubique por debajo del costo de esta canasta” (Ec INEC 2020).

²³ Ing. Alex Leguizamo, entrevistado por la autora, 16 de octubre de 2020

²⁴ Ing. Alex Leguizamo, entrevistado por la autora, 16 de octubre de 2020

Aunque dentro de la provincia poco se conoce sobre que la quinua es un alimento original de los pueblos indígenas de los Andes, los productores y consumidores saben que este grano es una fuente de vitaminas y nutrientes, incluso mencionan que poseen propiedades regenerativas. La quinua posee una enorme importancia económica en la provincia puesto que es una fuente de ingresos relevante para los cantones productores y por consiguiente para quienes lo cultivan, lo procesan y lo comercializan. En los últimos años se han incrementado el número de emprendimientos que diversifican la quinua en snacks, cereales, apanaduras y bebidas, tanto dentro de la provincia como en otras zonas del país. En el año 2018 la provincia de Chimborazo mostró la mayor producción y rendimiento comparado con las otras provincias productoras del país (Imbabura, Pichincha, Carchi y Cotopaxi), esto, a pesar que dentro de la provincia de Chimborazo la producción es mayoritariamente orgánica. En el Anexo 9, se muestra el mapa con algunas de las principales zonas quinueras del norte en la provincia de Chimborazo, en las que interviene CEFA en donde se realizan capacitaciones a los agricultores, sobre el cultivo y manejo de quinua.

-3.3 Principales Zonas productoras de Quinua en la provincia de Chimborazo.

Dentro de la provincia existen varios cantones que se destacan en la producción de quinua, mismos que cuentan con las condiciones agroclimáticas óptimas para su crecimiento. En el año 2014 mediante la estrategia de Fomento a la Producción de Quinua en la Sierra ecuatoriana, se reactivó y fortaleció la producción de quinua; uno de sus objetivos fue aumentar la siembra del grano en zonas rurales de las provincias productoras. En Chimborazo se consideraron los cantones Colta, Riobamba, Guano y Guamote como sectores prioritarios. La producción en los cantones de la provincia ha variado a lo largo de los años (Ec Ministerio de Agricultura y Ganadería 2016b, 2).

3.3.1. Producción Histórica de Quinua (2010 - 2020), en el cantón Riobamba.

Debido a que es más complicado realizar un análisis de los efectos del cambio climático sobre la producción en toda la provincia, por razones de que son pocas las estaciones meteorológicas dentro de la misma, nos centraremos en un cantón,

específicamente Riobamba, el mismo que cuenta con una estación en la Escuela Politécnica del Chimborazo. En el periodo 2019-2020 según las personas entrevistadas se mejoró en gran medida la fertilización del suelo, esperando mejorar la productividad, aunque la variabilidad climática mermo gravemente la producción.

Para empezar con el análisis primero se presentan los datos de producción y rendimiento dentro de este cantón:

Tabla 9
Producción y Rendimiento de Quinua en el cantón Riobamba (2010 - 2020)

Período	Hectáreas sembradas	Hectáreas cosechadas	Producción (Tm)	Rendimiento (Tm/Ha)
2010-2011	98	95	114	1.2
2011-2012	105	100	125	1.25
2012-2013	170	162	200	1.23
2013-2014	215	210	265	1.26
2014-2015	530	512	517	1.0
2015-2016	502	495	574	1.15
2016-2017	258	250	300	1.2
2017-2018	230	210	189	0.9
2018-2019	295	260	237	0.91
2019-2020	265	242	239	0.98

Fuente: Sumak Life 2020, Coprobich 2020, Maquita 2020

Elaboración: Propia²⁵

3.3.2. Precio del productor.

Los ingresos totales, dependen del proceso productivo; para esta provincia en especial existen precios diferentes entre el cultivo convencional y el orgánico. Es así que se toma en consideración que el quintal de quinua orgánica se comercializa a un precio establecido; quienes se encargan de establecer el precio son las empresas que exportan la quinua.

En lo que respecta a la quinua convencional las bodegas comerciales que por lo general se encuentran en su mayoría en la ciudad de Riobamba imponen sus precios,

²⁵ Los rendimientos que se presentan para este estudio fueron obtenidos mediante la división de la producción para las hectáreas cosechadas.

ofreciendo precios bajos en épocas altas de cosecha y precios altos cuando la época de cosecha es baja. No obstante, puede darse el caso que los productores oferten quinua orgánica en estos lugares, aunque los precios sean inferiores a los pagados por las empresas asociativas exportadoras a pesar de que en estos sitios la quinua orgánica o convencional es lo mismo; es decir no valoran la calidad del producto. Las bodegas comercializan al por mayor a los diferentes comerciantes minoristas que se acercan a comprar de diferentes sitios del país.

Según Mullo (2019, 39) el mercado internacional suministra un mayor beneficio para los productores cuando sus productos son comercializados como orgánicos, cuando la comercialización se realiza con productos convencionales a nivel local (bodegas comerciales) el beneficio es negativo entre -2% y -24%. Los que se benefician mayoritariamente de la venta de quinua son los transformadores y comercializadores.

Tabla 10
Precios pagados al productor de Quinua Provincia de Chimborazo (2010-2020)

Año	USD Convencional (quintal)	USD Orgánica (quintal)
2011	25	40
2012	35	60
2013	45	70
2014	85	120
2015	73	110
2016	60	105
2017	42	95
2018	54	80
2019	56	75
2020	58	80

Fuente: EC Ministerio de Agricultura y Ganadería 2020²⁶

Elaboración: Propia

En la Tabla 10 se presenta un historial de precios de quinua tanto orgánica como convencional desde el año 2011 al 2020, se puede apreciar que existe un alza

²⁶ La información proporcionada por el MAG es del año 2014 - 2018, los datos de los años anteriores y siguientes fueron adquiridos por consultas personales en bodegas locales y corporaciones exportadoras.

significativa del precio de la quinua en el año 2014, esto debido a que en el 2013 la ONU declara el año 2013 como el AIQ, haciendo que aumente la demanda tanto nacional como internacional, aunque la fuerte competencia de Bolivia y Perú y su sobreoferta hicieron que para el 2015 los precios empiecen a bajar, lo que ocasionó que los agricultores se desmotiven y muchos reemplazaron el cultivo de quinua por el de trigo y cebada.

3.3.3. Efectos del Cambio Climático en la Producción y Rendimiento de la Quinua en Chimborazo, y su consecuente impacto económico.

Los cultivos y las personas que se dedican a la agricultura en general deberán adaptarse a los escenarios climáticos adversos en cada zona. De igual manera las entidades gubernamentales encargadas deben preparar modelos que ayuden de alguna manera a descifrar los cambios futuros a causa del cambio climático.

Para medir la función de producción se suele utilizar modelos econométricos, que además permiten medir el impacto del cambio climático en el rendimiento del cultivo, tal es el modelo de Mantilla (2007) y Carrasco (2016), mismo que establece que la función de producción indica que la cantidad de producto que se puede obtener está en función de las cantidades de capital, trabajo, tierra e iniciativa empresarial; todo esto de acuerdo a la tecnología que exista en un momento dado del tiempo.

Así por ejemplo la función de producción en este caso de simulación hace referencia a un momento del tiempo en que se está aplicando cierta tecnología, si ocurre una innovación o retroceso, es decir, si ocurre un cambio en la tecnología, la función de producción cambiará (Carrasco 2016). Otros autores han incorporado al modelo anterior en función de la producción, variables como: capital, semillas, agua de riego, fertilizantes y factores climáticos. Esto permite analizar el cultivo a través del tiempo, al considerar las variables climáticas (temperatura y precipitación).

Este tipo de modelo obtiene una respuesta económica sobre el rendimiento del cultivo, ya que utiliza en sus estimaciones variables observadas en el tiempo, mismas que captan la variabilidad del clima. Este modelo también permite analizar el efecto individual de cada variable climática, se toman en cuenta además los rangos de condiciones agroclimáticas óptimas del cultivo de quinua, puesto que este modelo realiza supuestos en base a los umbrales de tolerancia de las variables de temperaturas máximas, mínimas

y de precipitaciones, dado que fuera de los rangos de temperatura y precipitación óptimos el cultivo acortara el rendimiento.

Con este antecedente, para el análisis de la presente investigación se realizó un estudio similar a lo explicado anteriormente, pero sin el uso de programas de simulación econométricos, simplemente se hicieron observaciones de varios datos, para lo cual se utilizaron los datos climáticos (Tmax, Tmin, y precipitación), mismos que fueron datos mensuales de los últimos 10 años del cantón Riobamba provincia de Chimborazo (estación meteorológica de la ESPOCH) (Anexo 4), de igual manera se analizaron los datos tanto de producción y rendimiento, para conforme a la información de requerimientos agroclimáticos de la quinua (capítulo 1), analizar los problemas de producción que se han suscitado en el período de tiempo 2010 - 2020

En el Anexo 4, se indica los meses y años en los que las condiciones climáticas han estado fuera de los rangos agroclimáticos óptimos de la quinua, dentro de los meses que forman parte del ciclo de cultivo (octubre - agosto). Aunque casi todos los meses durante todos estos años han tenido temperaturas mínimas dentro del rango de tolerancia climática de la quinua, es importante notar que son temperaturas promedio tanto de las máximas como de las mínimas, por lo que cabe mencionar que, dentro de todos estos meses dentro de estos períodos de tiempo, ha habido entre 1 a 10 días con temperaturas mínimas de entre 1-6 °C, sin embargo, se marcan con rojo los meses que han pasado por estas bajas temperaturas con mayor frecuencia, ya que el daño dentro del cultivo pudo haber sido peor en dichos meses. Lo mismo sucede para la temperatura máxima misma que ha estado en un rango entre 22 a 25°C.

Como se mencionó en el Capítulo uno, para el ciclo de cultivo de quinua los rangos óptimos de temperatura son: entre 7 a 20°C y para la precipitación es entre 500 a 1000 mm.

3.4 Resultados

El comportamiento de los factores climáticos en base a la información del INAMHI muestra que: la variable temperatura máxima (Tmax) presenta una tendencia creciente en promedio de 20.8 °C a 21.5 °C; la variable temperatura mínima (Tmin) de igual manera evidencia un incremento pasando de un promedio de 7.6 °C a 8.8 °C, aunque en los últimos años (2018-2020) se refleja que las temperaturas mínimas son más bajas y frecuentes, lo mismo sucede con el aumento de las temperaturas máximas en los últimos

años mismas que son más altas y frecuentes. Según Carrasco (2016, 44) la temperatura es el factor climático que influye mayoritariamente en la producción y rendimiento de la quinua, sobre todo si afecta la etapa de floración, tanto las bajas como las altas temperaturas originan esterilidad del polen y afectan el desarrollo y crecimiento de la planta, dando lugar a esterilidad de la flor lo cual impide la formación del grano, o se originan granos inmaduros, arrugados o de bajo peso; dependiendo del momento en que se produce el estrés por temperatura.

Las precipitaciones tienen un comportamiento irregular a lo largo de los 10 años (2011-2020) entre 440 mm a 735 mm acumulados durante el ciclo de cultivo, en el período 2014 – 2015 existe una disminución impresionante incluso mucho menor del rango de los parámetros agroclimáticos óptimos, algo similar ocurre en el período 2018 – 2019 en el cual la precipitación acumulada fue de 464.7 mm.

El rendimiento (Tm/Ha) de quinua es muy fluctuante, presentando una baja en los períodos 2014- 2015, 2017-2018, 2018-2019 y 2019-2020; las razones climáticas se presentan en la Tabla 11, entre las que se presentan están la caída de lluvia en época de cosecha, falta de precipitaciones en época de siembra y las heladas, algo que se puede constatar además en el Anexo 4. Si en la cosecha cae lluvia puede dañar el grano de quinua y ocasionar pérdidas. Es importante mencionar que en el período 2018-2019 uno de los principales inconvenientes que se suscitaron y que mermaron la producción fueron las plagas como los áfidos, algo similar fue en el período 2017- 2018 también hubo problemas por plagas, pero en menor medida; aunque el principal inconveniente en ese período (2017- 2018) fue la falta de lluvias adecuadas en las etapas iniciales del cultivo. Para un buen establecimiento de campo del cultivo se considera una precipitación adecuada entre 60 a 100 mm en las fases iniciales (FAO 2016b, 4).

La fase fenológica para la cual la precipitación es muy importante es la germinación (octubre, noviembre), aunque existen estudios que mencionan que se puede mejorar la producción si hay lluvias al inicio de la formación del botón floral (febrero, marzo) y en la floración (marzo, abril) (Mujica y otros 1998, citado por Mendoza 2013). Los efectos del cambio climático en la provincia de Chimborazo incluyen incrementos en la temperatura media, esto provocará en las plantaciones de quinua estrés por calor; sin embargo, habrá temperaturas más bajas durante las noches, ocasionando efectos adversos en la fisiología vegetal a consecuencia de las heladas; de igual manera como se aprecia en este capítulo habrá cambios en los patrones de lluvia y muy probablemente en su intensidad, definitivamente la variabilidad climática repercutirá en

mayor medida en el rendimiento del cultivo en el futuro, como ya se puede ver que ha ocurrido en los últimos años.

Tabla 11
Eventos climáticos que pudieron ser la causa principal de los bajos rendimientos

Período	Rendimiento (Tm/Ha)	Presencia de Precipitación en la cosecha	Falta de Precipitación en la siembra	Tmax. fuera de los rangos óptimos	Tmin. fuera de los rangos óptimos	Precipitación fuera de los rangos óptimos dentro del ciclo de cultivo
2010-2011	1.2			X		
2011-2012	1.25			X		
2012-2013	1.23			X		
2013-2014	1.26		X	X		X
2014-2015	1.0	X	X	X		X
2015-2016	1.15	X		X		
2016-2017	1.2		X	X		
2017-2018	0.9		X	X	X	X
2018-2019	0.91		X	X	X	X
2019-2020	0.98	X	X	X	X	X

Fuente: INAMHI – Estación Meteorológica ESPOCH 2020

Elaboración: Propia

Aunque la quinua es resistente a la sequía no resiste de buena manera las heladas, y eso lo podemos constatar en los últimos años donde se observa que las temperaturas mínimas son más bajas que en años anteriores, cabe recalcar que bajas temperaturas hubo en todos los 10 años de análisis, pero en los últimos años fueron mucho más bajas y frecuentes. Entre los años 2018-2020 se puede notar con más frecuencia la variabilidad climática con falta lluvias en épocas que solían llover y exceso de las mismas en épocas de cosecha, mermando de esta manera la producción.

En los valores reportados se observa una disminución en los rendimientos de quinua en los últimos años, que afectan directamente a los agricultores; quienes, a falta de adecuada tecnificación en sus cultivos, carencia de sistemas de alerta temprana previo a la siembra, terminan consumiendo su tiempo y dinero para implementar el cultivo, esta situación al repercutir en la productividad, ocasionará estragos en la economía familiar de los agricultores y de la zona productora. Tal como se puede observar en el Anexo 11

sobre el análisis económico financiero, mediante el cual se puede reportar una disminución de ingresos por hectárea para los agricultores de quinua orgánica del 30%; y del 45% en agricultores de la quinua convencional, valores obtenidos desde el periodo 2010 al 2020, esta disminución del ingreso puede ser superior si el nivel de tecnificación del cultivo es baja, y si la superficie del cultivo es menor a 0.1 Ha.

Con lo que respecta a los escenarios RCP4.5 y RCP8.5, la disminución de ingresos a los agricultores tanto orgánicos como convencionales podría ser superior al 50%, debido a la variabilidad climática, más no al aumento de temperatura o al aumento de la precipitación, puesto que ambas variables según los dos escenarios se encontrarán dentro de los rangos agroclimáticos óptimos de la quinua, resultado similar al que se muestra en el estudio realizado por Tonconi 2015, en su análisis económico por el cambio climático en la producción agrícola alimentaria de varios cultivos entre estos la quinua, en el que se indica: “para los cultivos de quinua y cañihua los efectos del cambio climático son positivos”, sin embargo este estudio no toma en cuenta la variabilidad climática.

Capítulo tercero

Percepción sobre los impactos del cambio climático entre los productores orgánicos de quinua: estudio de caso en las comunidades Nitiluisa, San Francisco Cunuhuachay y San José de Gaushi.

“El Cambio Climático es un problema global con graves dimensiones ambientales, sociales, económicas, distributivas y políticas, y plantea uno de los principales desafíos actuales para la humanidad” (Papa Francisco 2015, 22).

Las Comunidades Nitiluisa, San Francisco de Cunuhuachay y San José de Gaushi forman parte de la parroquia Calpi, las comunidades se ubican a una altitud de 3300 m s.n.m, entre 15 - 17 km de la ciudad de Riobamba, tienen una extensión de Nitiluisa (826,245ha), San Francisco de Cunuhuachay (751,211ha) y San José de Gaushi (511,651ha); hasta el 2015 contaban con 1200, 1000 y 980 habitantes respectivamente; la topografía es ondulada con una diferencia de altura relativa de 25-75 m y una pendiente que va de 8-45%. En la mayoría de los casos las personas que aportan con ingresos familiares se dedican a actividades como: agricultura, ganadería o construcción (Sistema Nacional de Información 2015, 49:118:122).

Mayoritariamente en la parroquia de Calpi predomina la intervención que corresponde al 78,61% del territorio, la mayor parte por actividades agropecuarias, y en el resto se tiene el ecosistema herbazal de páramo con 1104,17 Ha., ubicadas en las partes más altas de la parroquia, donde además está ubicado el Bosque Protector El Cercado, mismo que fue declarado área de bosque y vegetación protectora con una extensión total de 51,99 ha de las cuales 44,88 ha se encuentran en Calpi (Sistema Nacional de Información 2015, 18).

La mayor parte de la población se dedica a la agricultura; cultivan, consumen y venden productos como: quinua, alfalfa, maíz, papa, brócoli, pasto, haba, avena, vicia, cebada y hortalizas. Las principales vertientes de agua para riego y consumo humano y de animales se generan desde las faldas del Chimborazo, el río del mismo nombre que baña la parte baja de la parroquia San Juan que se une con el río Sicalpa para formar el río Chibunga es el único derivado fluvial que rodea el área; en la parroquia de Calpi, de

las 174 Ha con acceso a riego, el 98% tienen un tipo de riego por gravedad o surcos; y el 2% son regadas por aspersión (SNI 2015, 15:94:98).

1. El Cultivo de Quinua en las Comunidades Nitiluisa, San Francisco Cunuhuachay y San José de Gaushi.

Dentro de las comunidades de la provincia de Chimborazo la quinua ha permanecido por muchos años adaptándose a duras condiciones de producción que se han dado por la variabilidad climática y el reciente cambio climático; otras de las condiciones a las que está expuesta este grano andino en estas comunidades es que crecen en lotes o terrenos que no tienen riego y se encuentran a más de 3000 m s.n.m. En estas comunidades desde hace más de 20 años la quinua ha ganado valor cultural y socioeconómico, posicionándose incluso como un atractivo turístico vinculado a las tradiciones (trueque de productos en las plazas) y al paisaje que dan sus cultivos, que lo hace único de los andes ecuatorianos. En la actualidad, en estas tres comunidades el cultivo orgánico de quinua forma parte de la soberanía alimentaria y de la economía de alrededor de 75 *familias*²⁷ que son pequeños productores indígenas, que habitan dentro de estas comunidades (CEFA 2020), de igual manera estas poblaciones la siguen percibiendo como una valiosa planta medicinal, siendo utilizada sus diversas partes (hojas, flores y raíces) para el tratamiento de hemorragias, abscesos, migrañas, luxaciones, diabetes, etc.

La quinua cultivada en estas tres comunidades que pertenecen al cantón Riobamba, así como las de otros cantones de la provincia de Chimborazo cuentan con certificaciones de producto orgánico y de comercio justo, por lo que se lo reconoce como uno de los principales productos orgánicos de exportación de la Agricultura Campesina e Indígena de la Sierra y por ende de esta provincia productora (CEFA 2020). En el Anexo 10 se muestra el mapa de algunas zonas productoras de quinua en el cantón Riobamba y se resalta a las propiedades quinueras de la Parroquia Calpi.

Según CEFA (2020), la provincia de Chimborazo exporta cada año alrededor de 700 t, de los cuales corresponde aproximadamente entre el 7% al 8% a las estas tres comunidades estudiadas, que va principalmente a los mercados de Estados Unidos y la Unión Europea. En el año 2019 el país se propuso lograr la certificación de Buenas Prácticas Agrícolas BPAs para todos los productos de exportación, por lo que dentro de

²⁷ Ing Dora Cevallos, entrevistado por la autora, 23 de noviembre de 2020

estas comunidades se distribuye manuales y se capacita a los productores de quinua para aportarlos de conocimientos sobre el sistema productivo de este grano andino. Tal como lo relata el manual de CEFA, los productores de las comunidades quinueras conocen de cerca las condiciones ambientales, los sectores en los que habitan y cultivan, así como las etapas de desarrollo de la quinua.

Es así que, el presente capítulo buscó medir la percepción de los agricultores orgánicos de quinua de estas tres comunidades, sobre el impacto del cambio climático en el cultivo de este grano.

2. Enfoque y marco metodológico para la Medición de la percepción sobre Cambio Climático en las tres comunidades de la provincia.

La selección de la provincia de Chimborazo se basó en que esta presenta a diferencia de las otras provincias sistemas de producción orgánicos, además varios años ha tenido altos rendimientos, así también cuentan con varias empresas exportadoras de quinua que llevan registros de hectáreas sembradas y productividad, algo importante para este estudio. Se escogió el cantón Riobamba debido a que como ya se mencionó anteriormente este presenta una estación meteorológica con datos desde hace más de 10 años. Dentro de este cantón son varias las comunidades que trabajan junto a entidades gubernamentales y no gubernamentales en buenas prácticas agrícolas, que además cuentan con biofábricas y se encuentran bien organizadas, entre estas están las tres comunidades seleccionadas para este estudio que a diferencia de otras comunidades del cantón estas presentan un ligero mayor porcentaje de agricultores entre los 51 -71 años lo que indicaba de cierta manera mayor experiencia en el cultivo y en la medición de percepción del cambio climático, los productores entrevistados todos practicaban el cultivo orgánico y frecuentemente asistían a las capacitaciones de buenas prácticas agrícolas.

Se realizó la encuesta a 17 productores en dos de las comunidades y a 16 productores en la última comunidad, debido a que ese era el número de agricultores que estuvieron disponibles para ayudar con sus respuestas al momento de hacer el estudio en cada zona. Para la investigación del entendimiento sobre cambio climático en las poblaciones es necesaria una línea de estudio que aborde la percepción de los ciudadanos, debido a que la aplicación exitosa de cualquier estrategia, requiere comprender el grado de sensibilidad, información y comprensión sobre el cambio climático que posee la

población, de manera que, mediante estos estudios se puede identificar qué está pasando en el entorno, que se puede hacer al respecto, de qué manera y por quién (Retamal y otros 2011). Por lo que llega a ser relevante conocer la percepción del cambio climático en las comunidades locales, pues únicamente a partir del conocimiento local es posible viabilizar estrategias de adaptación y mitigación adecuadas (Nordgren 2011; Ulloa 2011).

En el presente trabajo se utilizó la metodología de investigación cualitativa, misma que se realizó de manera aleatoria y que además permitió acceder, procesar y analizar con objetividad la información requerida de los agricultores. La investigación de este estudio de caso se desarrolló mediante encuestas a quienes practican y trabajan en la agricultura orgánica del cultivo de quinua, concretamente a 50 productores indígenas que forman parte del sistema de producción orgánica y que habitan en estas tres comunidades, por lo que el *margen de error* sería de 12.27% de acuerdo al número total de agricultores de quinua en las tres comunidades (228 personas) y con un nivel de confianza del 95%. Dentro de las 75 familias quinueras de las tres comunidades existen casos que asisten a las charlas sobre el cultivo de quinua entre 2 a 3 miembros de una misma familia y que además cuentan con experiencia en el cultivo.

De igual manera se realizaron 5 entrevistas semiestructuradas a miembros que forman parte de la Mesa Técnica de Quinua Chimborazo.

Los instrumentos de la investigación utilizados en este trabajo fueron las siguientes:

- Documentos electrónicos.
- Cámara (fotos).
- Cuestionarios de entrevistas y encuestas.

La Encuesta (Ver Anexo 5) permitió recolectar información mediante la aplicación de cuestionarios de manera directa a los productores de quinua de las tres comunidades, cada uno fue guiado por el entrevistador en cualquiera de sus dudas sobre las preguntas. Se establecieron preguntas relacionadas al manejo del cultivo, tecnología utilizada, cambio climático, enfermedades y fenología del cultivo. La misma nos permitió tener una idea general de la percepción de los agricultores locales con respecto al clima y sus variaciones. Durante la realización del estudio se suscitaron algunas limitaciones como son: estar atravesando por una pandemia, y la falta de un cuaderno de registro de campo por parte de los agricultores, que les permita ser más precisos con la información que brindan.

La entrevista semiestructurada o entrevista cualitativa a profundidad fue abierta entre el investigador y los informantes; dirigido hacia la comprensión de las perspectivas que tienen los entrevistados respecto de sus experiencias, tres de ellas fueron por correo electrónico, una fue vía telefónica y otra presencial. Esta herramienta se utilizó con el objetivo de tener un acercamiento más profundo al tema de la investigación, las mismas se realizaron a actores clave previamente identificados. La formulación de las preguntas se direccionó para conocer con mayor detalle las dimensiones abordadas en las encuestas como fueron: causa de los problemas en rendimiento del cultivo, variedades o ecotipos con mejores rendimientos y cambios percibidos en el clima. Las personas entrevistadas dieron su aprobación para su participación, para la misma se realizó previamente una guía de preguntas con el fin de facilitar el diálogo.

2.1 Sistematización de la Información

Una vez finalizadas las encuestas y entrevistas, se procedió a sistematizar la información recolectada. Se tabularon las encuestas en una matriz Excel con el objetivo de facilitar la cuantificación de los resultados obtenidos en las mismas. Posteriormente, se transcribieron las entrevistas, y se realizó una triangulación entre la información obtenida en las encuestas, las entrevistas y los datos de investigaciones previas realizadas por el MAG a los productores de quinua de la provincia de Chimborazo, para de esta manera interpretar los resultados y dar respuesta a las preguntas planteadas en la investigación.

2.2 Resultados

2.2.1 Caracterización Social

En total se realizaron 50 encuestas en 3 comunidades de la parroquia Calpi, cantón Riobamba de la provincia de Chimborazo: Nitiluisa (17 encuestas), San Francisco Cunuhuachay (17 encuestas) y San José de Gaushi (16 encuestas). Del total de las encuestas, 19 fueron hombres (38%) y 31 mujeres (62%), tal como se puede apreciar en la figura 26. La edad promedio de los encuestados es de 57 años, apenas el 8% de los encuestados se encuentra en un rango de edad comprendido entre 20 - 40 años, de estos

hubo una persona de 25 años, una de 29, una de 39 y una de 40 años. Una realidad similar a lo que se registra a nivel nacional desde hace varios años y que sigue sin cambiar hasta la actualidad, recientemente el Ministerio de Agricultura realizó un informe donde menciona que la edad promedio del agricultor a nivel nacional supera los 47 años (Ecuadorenvivo 2020).

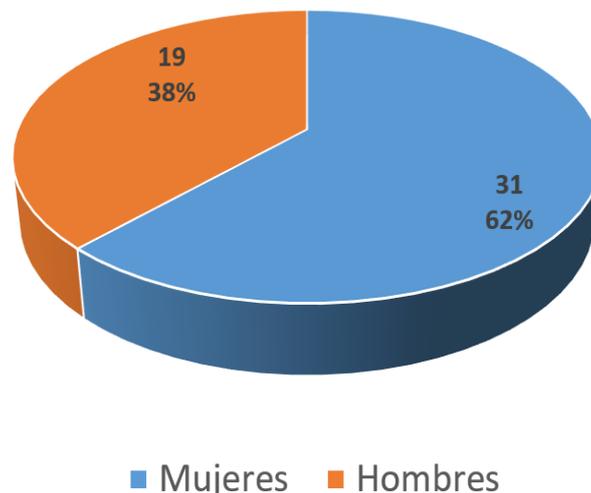


Figura 26. Género de los encuestados. Fuente: Encuesta. Elaboración: Propia.

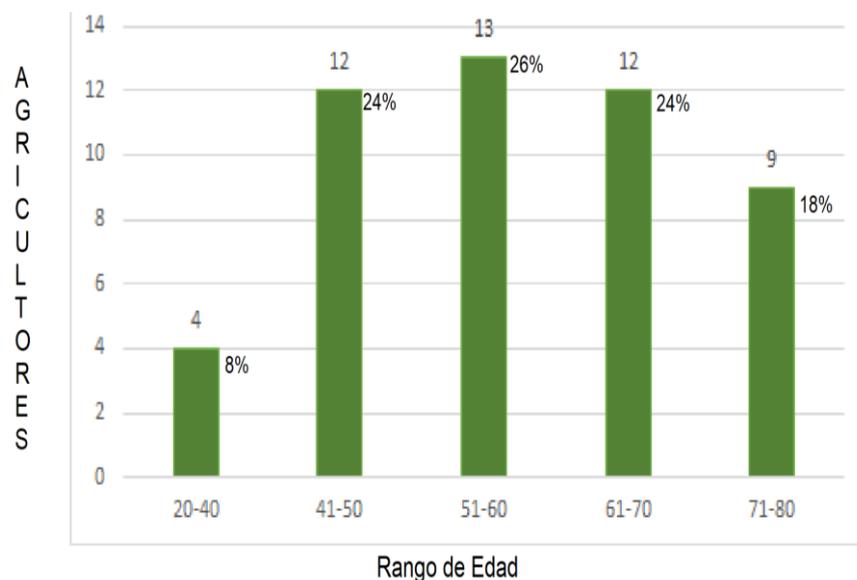


Figura 27. Rango de edades de las personas encuestadas. Fuente: Encuesta. Elaboración: Propia.

En la Figura 27 se observa el detalle de la edad de los encuestados. Todos los encuestados se auto identificaron como indígenas, de igual manera todos han recibido

capacitaciones constantes por parte del MAG y Fundación Maquita²⁸ para mejorar sus cultivos orgánicos de quinua, así como de otros cultivos. La escolaridad promedio de todos los encuestados fue de 6 años.

2.2.2 Características de la producción

Tenencia de la tierra. - Los encuestados tienen entre 1 y 8 lotes, en promedio 4 lotes; los cuáles son usados para la siembra de sus cultivos o para pasto con crianza de ganado. El 35% manifestó que todos o algunos de sus predios no tienen escrituras. En la población encuestada de las tres comunidades se refleja el dominio de minifundios, el 10% de los encuestados (5 personas) poseen únicamente un lote con superficies entre 0.14 - 0,3 Ha que la denominan solar, el resto tienen más de un predio con superficies entre 0.01 Ha – 1.30 Ha. En la figura 28 se muestra el número de lotes que existen de acuerdo a la superficie en Ha., dentro del grupo de agricultores encuestados en las tres comunidades.

Dos de los encuestados (4%) indicaron que entre todos sus lotes hay unos que son propios y otros que son de propiedad familiar. Finalmente, dos personas (4%) indicaron que la mitad de las ganancias de su producción son para pagar arriendo del lote (Ver figura 29). Para poder obtener los datos de hectáreas totales sembradas con quinua, la encuestadora se basó en la suma total del área de los lotes de cada uno de los encuestados (tal como se puede observar en la figura 30) y a partir de dibujos los encuestados muestran que porcentaje siembran de quinua normalmente en la suma de sus lotes, esto debido a que la mayoría hacen rotación de cultivos entre lotes o poseen más de un cultivo en un lote; las cuales son prácticas que provienen de las formas tradicionales del cultivo de quinua.

²⁸ Es una organización de economía social y solidaria que promueve asociatividad, producción sostenible y comercio justo, forma parte de la Mesa Técnica de Quinua Chimborazo y es actor directo de la cadena de Quinua Certificada Orgánica. Se encargan de la capacitación a los agricultores, de igual manera son quienes compran el producto orgánico para exportar.

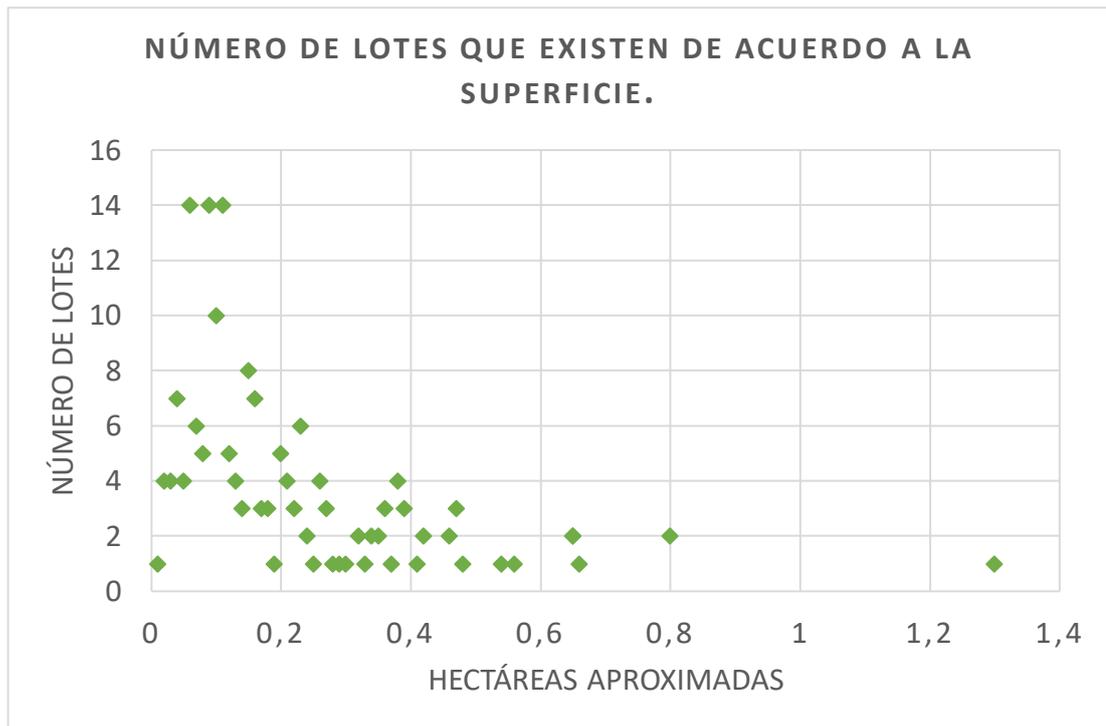


Figura 28. Número de lotes que existen de acuerdo al tamaño de superficie dentro del grupo de encuestados. Fuente: Encuesta. Elaboración: Propia

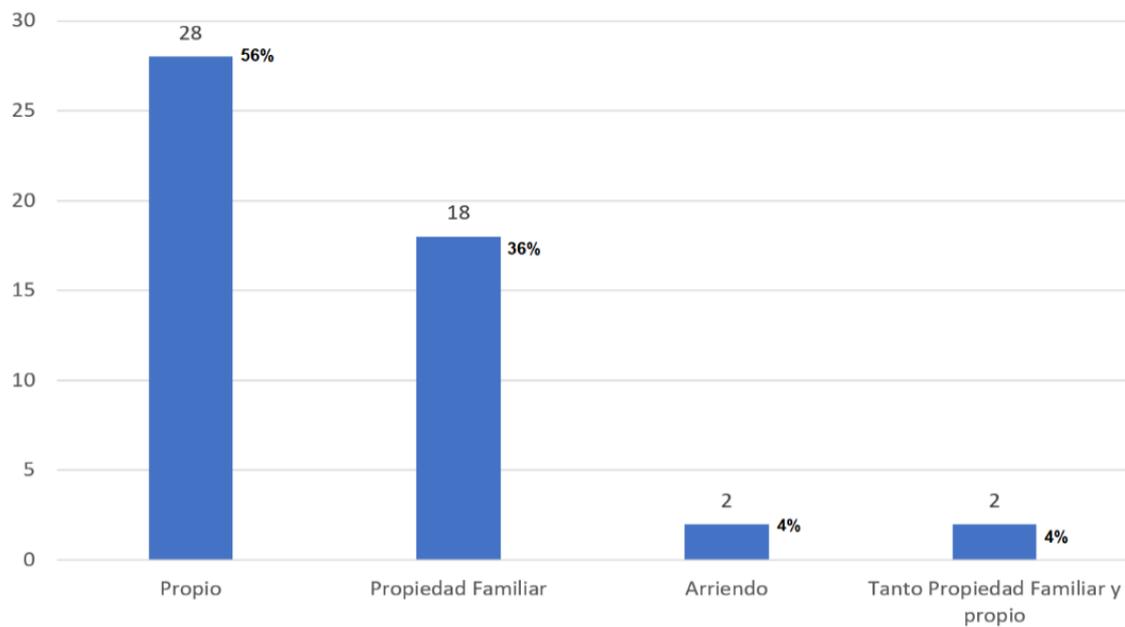


Figura 29. Tenencia de la Tierra en las comunidades encuestadas. Fuente: Encuesta. Elaboración: Propia

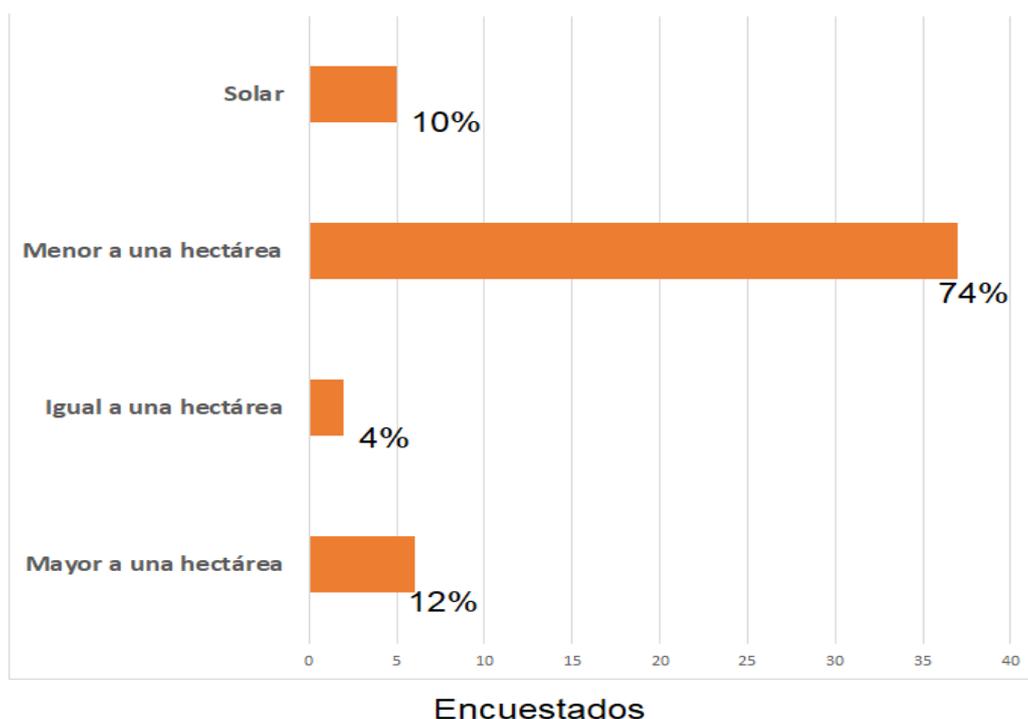


Figura 30. Suma total de lotes de los agricultores encuestados. Fuente: Encuesta. Elaboración: Propia

Superficie de cultivo. - Los agricultores encuestados además manifestaron que utilizan entre el 25% y el 100% de la suma total de superficie de sus lotes para la siembra de quinua, esto dependía del número de lotes y su tamaño, ya que los agricultores de estas comunidades con pocos lotes y que además son pequeños, no siembran solo quinua, debido a que también necesitan de otros productos para consumo propio y familiar, así como para la venta de los mismos. Quienes afirmaban sembrar el grano en el 100% de sus terrenos decían que compran, o hacen intercambio de quinua con otros productos entre vecinos o familiares.

De acuerdo a la información de superficie total proporcionada por el MAG Chimborazo de cada una de las personas encuestadas en la visita que se hizo a las oficinas en Calpi, se pudo calcular la superficie promedio de cultivo de quinua, siendo de 0,60 hectáreas aproximadamente. Según Ec MAG en el año 2019, la superficie promedio del cultivo de quinua en la provincia de Chimborazo fue de 0.40 ha., en la Figura 31 se aprecia el porcentaje de superficie que utilizan los agricultores encuestados del total de sus lotes.

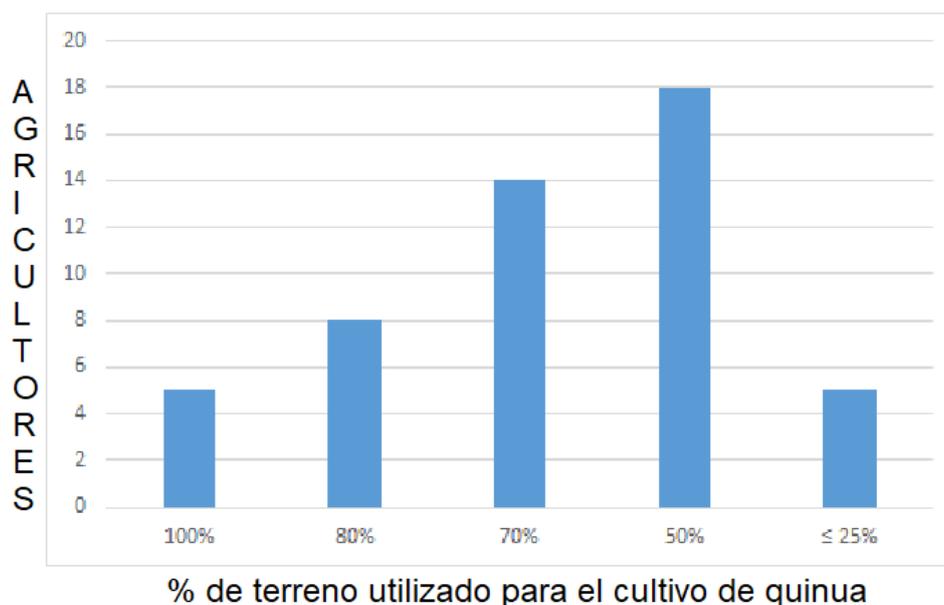


Figura 31. Porcentaje de la suma total de lotes que se utiliza para el cultivo de quinua. Fuente: Encuesta. Elaboración: Propia

Calendario de Siembra. - algunos encuestados afirmaron sembrar solo en octubre (3 personas) o solo en noviembre (2 personas); aunque la gran mayoría siembra tanto en octubre como en noviembre (45 personas), de estos últimos, 3 personas afirman sembrar incluso en diciembre; es decir una parte en un mes y el restante en los otros meses, esto con el fin de que, si las condiciones climáticas no favorecen en uno de los meses de siembra, se pueda recuperar lo invertido con la otra siembra. De igual manera el 92% dicen que esperan a que lleguen las lluvias para empezar a sembrar, ya que la semilla necesita de un suelo con bastante humedad para germinar. Quienes sembraban sin esperar a que caiga la lluvia decían que: “[...] las semillas están en la tierra sin ningún problema y germinarán cuando llueva”.

Calendario de Cosecha.- Para los encuestados definir con exactitud el mes de cosecha fue un poco difícil, por las siguientes razones: 1) se fijan sobre todo en la madurez del grano para cosechar, 2) la variedad o ecotipo que hayan sembrado también marca una diferencia en el mes de cosecha y 3) cómo se mencionó anteriormente siembran dos o tres meses seguidos. Los meses de cosecha que reportaron fueron: junio, julio y agosto, esto les permite aprovechar la lluvia en las primeras etapas del cultivo y evitar el exceso de humedad en la cosecha, ya que si después de la madurez hay un exceso de humedad en el grano se produce la germinación en la panoja y por ende la pérdida de la cosecha. Mencionan que la cosecha es una etapa importante, y debe realizarse oportunamente para

evitar pérdidas por: viento, el ataque de aves o el deterioro de la calidad del grano, u efectos climáticos adversos.

Destino de la Producción. – Todos los encuestados de estas tres comunidades afirmaron que su producción es para exportación, aunque, apenas un 5% también la vende en el mercado mayorista de Riobamba o en Calpi, aunque al precio de la quinua convencional. De igual manera todos afirmaron que conservan aproximadamente entre un 2-5% de la producción para consumo y para el uso como semilla para la próxima siembra.

2.2.3 Prácticas agronómicas

Variedad de preferencia. – La semilla o material vegetativo más utilizado es propia de la provincia, de ahí su nombre, la llaman Chimborazo o nativa, pero sobre todo la conocen como la “quinua amarga”. Otra de las variedades que usan es la denominada INIAP Tunkahuan o “quinua dulce” (Ver Figura 32). Las preferencias para elegir la semilla son múltiples, por ejemplo, dicen que la nativa presenta la ventaja de que tiene mayor peso y por consiguiente ganan más dinero, de igual manera al ser amarga afirman que no atrae a los pájaros; por otro lado, la INIAP Tunkahuan dicen que es de fácil lavado y el sabor es del gusto de quienes la siembran; o simplemente usan esa semilla porque Fundación Maquita que son quienes los capacitan en el cultivo orgánico les proveen como insumo, a partir de esta entrega todos los encuestados afirman reciclar la semilla. Según Ec MAG 2018, la semilla nativa es más tolerante a condiciones adversar (como plagas, clima, etc), presentando un mayor rendimiento.

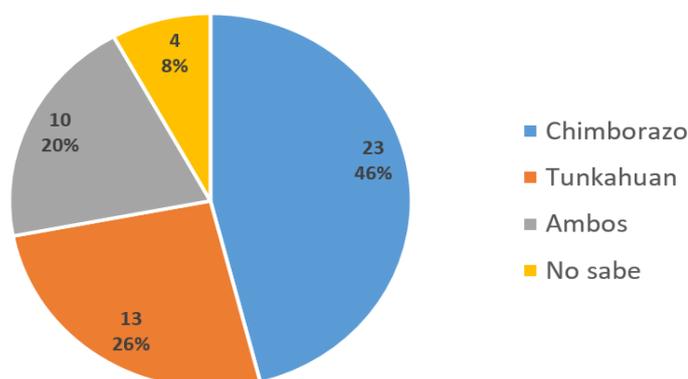


Figura 32. Variedades utilizadas en el cultivo, dentro de las tres comunidades encuestadas. Fuente: Encuesta y Elaboración: Propia

Mano de obra. – Este cultivo tiene varias labores previo a la siembra como posterior a esta. Entre las actividades previas que los agricultores tienen que realizar están: arado, rastrado y nivelado del suelo, surcado, abonado y siembra. Las actividades posteriores a la siembra son: riego (para quienes puedan realizarlo), deshierba, fertilización foliar con biol en dos etapas (panojamiento y floración), aporque, cosecha, lavado, secado, trillado, limpieza de impurezas y almacenamiento.

Al ser un cultivo de mucha labor, casi todos los agricultores encuestados afirmaron contratar peones para todas las actividades antes mencionadas; unos mencionaron que realizan todas las actividades de manera familiar, otros combinan, es decir en algunas actividades contratan (por lo general las que son previas a la siembra y el aporque) y otras labores las realiza toda la familia, aunque también hubo casos en los que solo el propietario realiza todas las actividades agrícolas (Ver Figura 33).

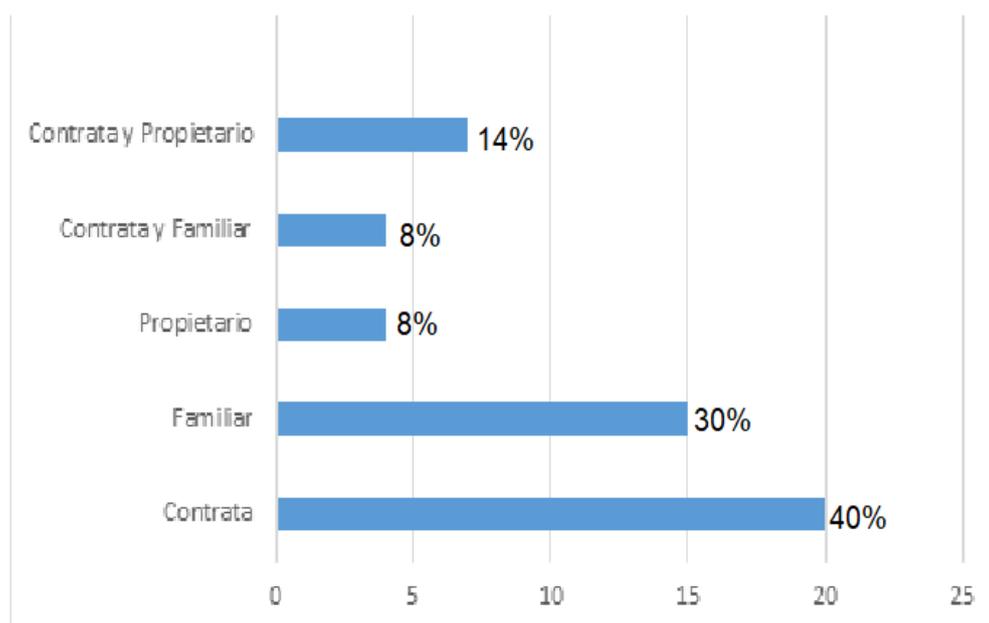


Figura 33. Mano de obra para el trabajo dentro de la finca. Fuente: Encuesta. Elaboración: Propia

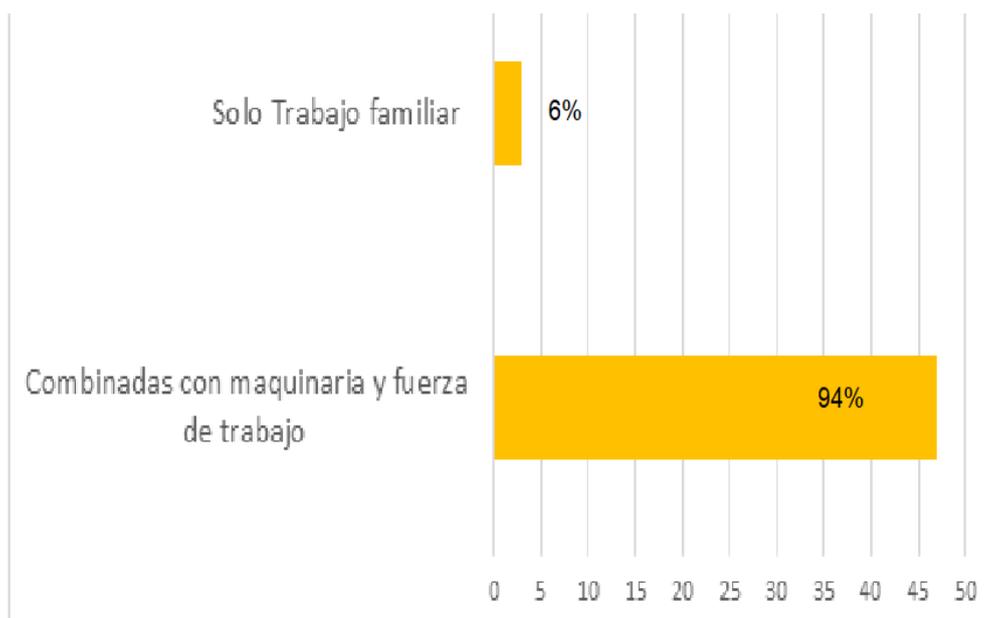


Figura 34. Mecanización por labor para trabajos de producción. Fuente: Encuesta. Elaboración: Propia

En cuanto a los trabajos para preparación de la tierra, la siembra, el aporque, la cosecha, etc., la mayoría de encuestados indicó que la realizan combinando la mecanización por labor y la fuerza de trabajo humana (47 personas) (Tal como se indica en la Figura 34).

Técnicas agrícolas. - las prácticas que utilizan para el mantenimiento y fertilización del suelo y del cultivo es con abonos orgánicos y uso de bioles. Todos afirmaron que practican agricultura orgánica, y constantemente se capacitan para el manejo del cultivo, ya que es un requisito indispensable para obtener y mantener la certificación orgánica. Cada una de las comunidades encuestadas tienen un punto de reunión donde se instruyen, realizan y almacenan los bioinsumos orgánicos también denominadas biofábricas comunitarias. Todos también afirman emplear reciclaje de materia orgánica y estiércol de animales menores; entre los abonos y fertilizantes para desarrollo y crecimiento de quinua que emplean están: biol, plantas fijadoras de nitrógeno (haba y vicia), Bocashi y realizan lombricultura (algo que se puede observar en el Anexo 6).

El 78% (39 encuestados) mencionó realizar la siembra de quinua en conjunto con plantas fijadoras de nitrógeno como: haba, chocho, arveja y/o vicia. Posterior a la cosecha el 90% de los encuestados (45 personas) afirmaron rotar el cultivo (Ver figura 35), los agricultores mencionaron que al finalizar el ciclo de cultivo de quinua por lo general siembran vicia en asocio con otro cultivo, para volver a nutrir el suelo; y prepararlo así

para el siguiente ciclo. También cultivan ya sea en la misma parcela de quinua o en otra, diferentes productos como: maíz, alfalfa, cebada, arveja, trigo, cebolla, papa y hierba para ganado. Quienes no rotan el cultivo afirmaron volver a sembrar quinua en el mismo lote hasta dos o tres años seguidos.

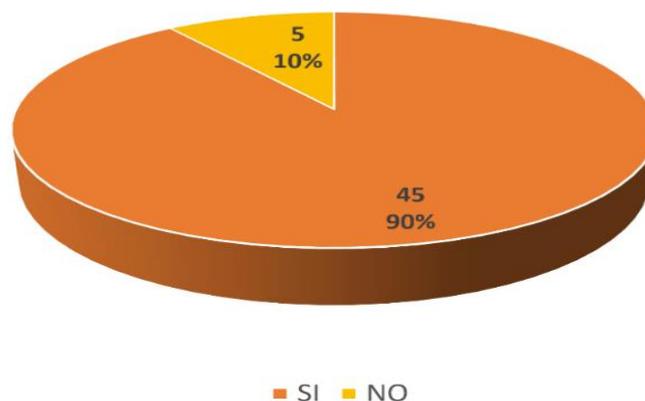


Figura 35. Rotación de cultivo. Fuente: Encuesta. Elaboración: Propia

Riego. – Los cultivos de quinua en estas comunidades son de secano, es decir la tierra de cultivo es sin riego y sólo recibe el agua de la lluvia. Los agricultores que poseen riego en uno o algunos de sus lotes prefieren dar prioridad a los cultivos que requieran de agua constantemente durante su ciclo de vida. De los 50 encuestados 25 afirmaron poseer agua para riego en al menos uno de sus lotes, los otros 25 afirmaron no tener riego en ninguno de sus lotes (Ver figura 36).

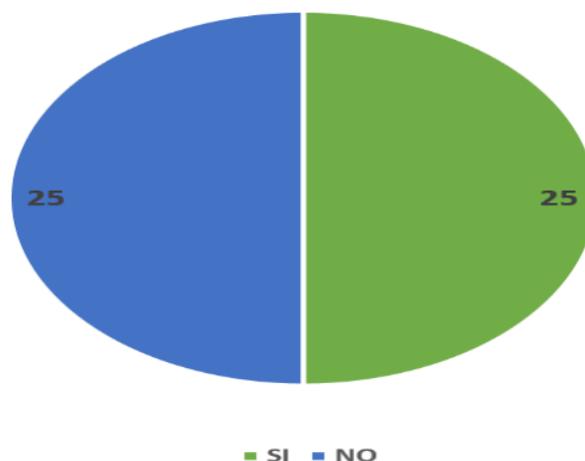


Figura 36. Acceso a agua para riego de cultivos. Fuente: Encuesta. Elaboración: Propia

Conocimientos sobre el cultivo de quinua. – Todos los encuestados indicaron haber obtenido sus conocimientos sobre el cultivo principalmente por sus padres o abuelos, y en los últimos años por la asesoría profesional de las entidades gubernamentales y no gubernamentales como MAG y Maquita.

Años de experiencia sembrando quinua. - El promedio de años de experiencia de las personas encuestadas fue de 9 años aproximadamente. Quienes indicaron tener más años de experiencia (>20 años) fueron personas con edades entre los 60 – 80 años, y de menor experiencia (2 años) tenían edades entre 20 – 40 años. La experiencia media (10 años) poseían personas de edades entre 35 – 65 años.

2.2.4 Detalle económico sobre la producción

El cálculo de las utilidades requiere de la información de los costos de producción, estos datos pueden permitir a la vez obtener información para el apoyo, mejor planificación y lograr una evaluación que permita mejorar las ganancias para los agricultores. Lamentablemente la mayoría de los agricultores encuestados no registran en un libro de campo con fechas, las actividades realizadas y tampoco los gastos incurridos durante el ciclo de cultivo, por lo que fue difícil tener una información más exacta de ganancias y pérdidas. Sin embargo, todos hicieron un análisis del dinero que invirtieron para producir el cultivo de quinua desde la siembra hasta la cosecha en el período 2019 - 2020, es así que se pudo realizar el análisis aproximado de los costos de producción por hectárea de cultivo en estas comunidades (Ver Tabla 12).

Este análisis fue para las dos variedades cultivadas dentro de estas comunidades y con la suposición de que todos contraten peones y maquinaria. El costo por el servicio del jornalero/peón incluye la alimentación, algo que dentro de estas comunidades es muy común. Es importante aclarar que, aunque los insumos para abono los realizan dentro de las comunidades eso también representa un gasto de materiales y de transporte que están incluido en la Tabla 12²⁹, los resultados muestran que invierten aproximadamente 763 dólares para establecer el cultivo en una hectárea, con un rendimiento aproximado de 22 quintales/hectárea.

²⁹ Los costos presentados son valores acordes a la realidad de estas tres comunidades, los mismos cambiarían de acuerdo a las distintas condiciones de cada zona de producción de quinua tanto dentro como fuera de la provincia.

Tabla 12
Costos de producción al agricultor del sistema orgánico semitecnificado de las tres comunidades

	UNIDAD	CANTIDAD POR HECTÁREA	COSTO UNITARIO (\$/Ha)	COSTO TOTAL (\$/Ha)
1. Preparación del terreno				
Insumos				
Bocashi, Compostaje, humus, etc	Saco	18	2,00	36,00
Mano de obra				
Limpieza de rastrojos y surcador	Peón	4	14,00	56,00
Aplicación de materia orgánica				
Maquinaria y Equipos				
Tractor con arado	Hora	3	12,00	36,00
Surcadora	Hora	2	12,00	24,00
2. Labores del cultivo				
2.1 Siembra				
Mano de obra				
Siembra	Peón	3	12,00	36,00
2.2 Mantenimiento				
Insumos Foliars				
Biol	Litros	10	2,00	20,00
Bocashi	Sacos	50	2,00	100,00
Mano de Obra				
Aplicación de insumos foliares	Peón	2	12,00	24,00
deshierba manual	Peón	8	12,00	96,00
Primer aporque	Peón	6	12,00	72,00
Segundo aporque	Peón	6	12,00	72,00
3 Cosecha				
Mano de Obra				
Cosecha	Peón	6	12,00	72,00
4 Post Cosecha				
Mano de Obra				
Lavado y Secado	Peón	1	12,00	12,00
Ayudante trilladora	Peón	2	12,00	24,00
Maquinaria				
Trilladora	Hora	4	16,00	64,00
Materiales	Sacos	22	0,50	11,00
Transporte	Flete	1	8,00	8,00
TOTAL COSTOS POR HECTÁREA AL AGRICULTOR				763,00

Fuente: Encuesta

Elaboración: Propia

Los costos de producción en las tres comunidades investigadas según los agricultores que siembran quinua, están entre los \$50 a \$80 (para las parcelas menores o iguales a 0.10 Ha.), \$140 a \$400 (para la suma de minifundios entre 0.20- 0.50 Ha.), \$450 a 700 (para la suma de minifundios entre 0.60 – 0.90 Ha.), \$763 (para la suma de minifundios igual a 1 Ha.) y mayor a \$800 (para la suma de minifundios mayor a 1 Ha.). La producción del cultivo en estas comunidades de acuerdo al costo mencionado anteriormente esta entre 1 a 2 quintales (para las parcelas menores o iguales a 0.10 Ha.), 3.5 a 10.5 quintales (para la suma de minifundios entre 0.20- 0.50 Ha.), 12 a 20 quintales (para la suma de minifundios entre 0.60 – 0.90 Ha.) y alrededor de 22 quintales (para la suma de minifundios igual a 1 Ha.); todos dados aproximados, con utilidades para los agricultores entre los \$30 a \$80 (para las parcelas menores a 0.10 Ha.) a \$997 (para la suma de minifundios igual a 1 Ha.), este valor es si el precio de venta del quintal de quinua bordea los 80 dólares.

La rentabilidad para cada caso mencionado anteriormente de acuerdo al área del cultivo se observa en la Tabla 13.

Tabla 13
Producción, costos y Rentabilidad de acuerdo a la superficie de cultivo

Caso	Superficie de cultivo		Producción (qq)	Costo de Producción Total (\$)	Costo de Producción /qq	Precio Venta Actual (\$)	Ingreso Total (\$)	Utilidad (\$)/qq	Beneficio o Utilidad Bruta (\$)	Rentabilidad %	Mano de Obra		Maquinaria	
	m2	Ha.									Familiar	Contrata	Si	No
1	<=500	<=0,05	<=1	<=50	<=50,00	<=80	<=80	<=30,00	<=30	<=60,0	X			X
	1000	0,1	2	80	40	80	160	40	80	100	X	X	X	
2	2000	0,2	3,5	140	40	80	280	40	140	100	X	X	X	
	5000	0,5	10,5	400	38,1	80	840	41,9	440	110		X	X	
3	6000	0,6	12	450	37,5	80	960	42,5	510	113,3		X	X	
	9000	0,9	20	700	35	80	1600	45	900	128,6		X	X	
4	10000	1	22	763	34,68	80	1760	45,32	997	130,7		X	X	

Fuente: Encuesta y entrevistas

Elaboración: Propia

En la Tabla 13 se puede observar que la rentabilidad es alta en todos los casos, y va aumentando conforme aumenta la superficie del cultivo, para el caso de las superficies de cultivo más pequeñas su rentabilidad tiene ventaja debido a que no contratan personal o maquinaria, para estos casos la relación beneficio/costo es baja para los agricultores con pequeños lotes (≤ 0.05 Ha.), debido a que para la siembra y mantenimiento del cultivo estos agricultores realizan un elevado desgaste físico. Los encuestados propietarios de pequeños lotes incluso mencionaron que, por problemas de bajos rendimientos a causa del clima o de plagas, a veces no llegan ni a recuperar lo invertido.

2.2.5 Percepción sobre Cambio Climático y efectos en el cultivo de quinua

A continuación, se muestran los resultados obtenidos en cuanto a las percepciones sobre el cambio climático de las tres comunidades productoras de quinua. Este ítem se ha organizado en torno a las preguntas del Anexo 7:

a) ¿Los agricultores encuestados consideran que el clima ha cambiado comparado con hace 10 o 20 años atrás?

De acuerdo a la información obtenida en las encuestas, 46 personas (92%) consideran que el clima sí ha cambiado, mientras que 4 personas (8%) indican que no saben (Ver Figura 37).

Al desagregar las respuestas por género, se puede observar que 18 hombres y 27 mujeres si consideran que el clima ha cambiado, mientras que 1 hombre y 4 mujeres dicen no saber nada o no se han dado cuenta. Las personas que dicen que si ha cambiado el clima informan que ya no saben qué meses lloverá y cuando no lloverá, indican que antes les era más fácil predecir los meses de lluvia, “[...] ahora llueve cuando no debería llover” afirmaron la mayoría de los encuestados, igual dicen que la intensidad de la radiación y los vientos son más fuertes. Ninguno de los encuestados dijo que el clima no ha cambiado, más bien informaron que son poco observadores y que no saben si ha cambiado o no.

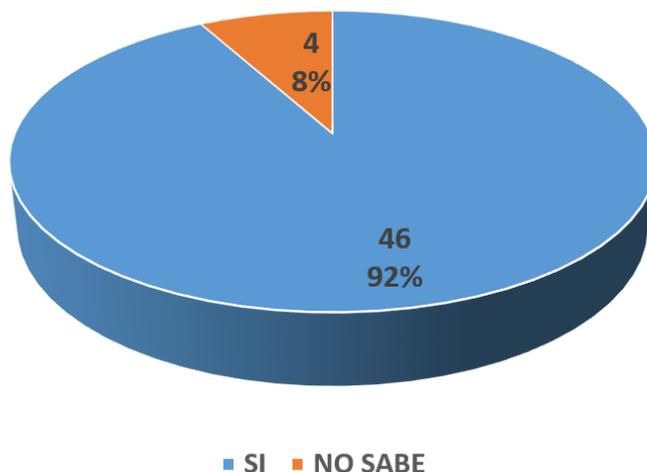


Figura 37. Resultados sobre la pregunta: ¿Usted considera que el clima ha cambiado, comparado con hace 10 o 20 años?. Fuente: Encuesta. Elaboración: Propia

b) ¿Ha oído hablar de cambio climático y comente sus percepciones al respecto?

Tal como se puede observar en la Figura 38, once de los agricultores encuestados (22%), mencionaron que, si han oído hablar de cambio climático, entre las fuentes donde oyeron u obtuvieron información están: noticias o programas televisivos y radiales, de igual manera mencionan ciertas capacitaciones de organizaciones no gubernamentales donde han hablado al respecto. Lo que refirieron sobre cambio climático fue: “Variabilidad Climática”, “Deforestación y la importancia de sembrar árboles nativos”, “incremento de temperatura”, “contaminación”, “desgaste de la capa de ozono”, “el ser humano es el principal culpable”.

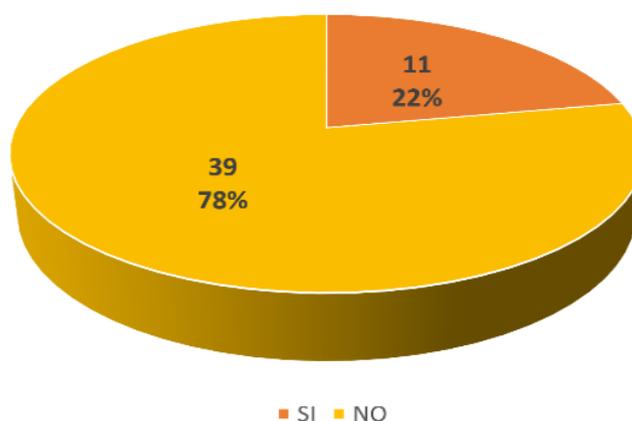


Figura 38. Resultados sobre la pregunta: ¿Ha oído hablar sobre cambio climático?. Fuente: Encuesta. Elaboración: Propia

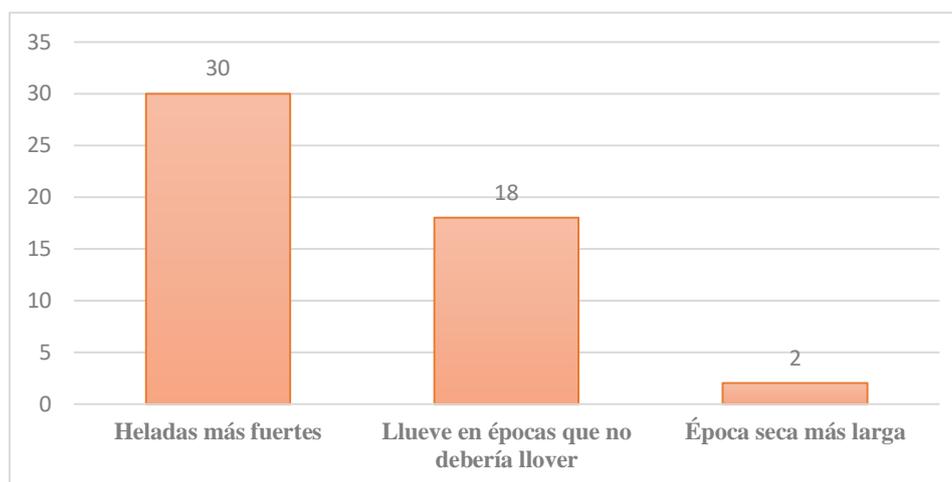


Figura 39. Resultados sobre la pregunta: ¿Otros cambios percibidos a través de los años?. Fuente: Encuesta. Elaboración: Propia

Absolutamente todos los encuestados mencionaron que la época de lluvia y sequía han variado demasiado (variabilidad climática), comparando con hace 10 años atrás. Aunque, al preguntarles si a más de esta variación que otras percepciones de cambios más notorios en cuanto al clima ha notado; las respuestas fueron diversas y la mayoría tienen que ver con la variabilidad climática, es así que 30 agricultores mencionaron que en la actualidad las heladas son más fuertes, 18 mencionaron que llueve en épocas que no debería llover, y 2 dijeron que la época seca se ha hecho más larga (Ver Figura 39).

c) ¿Cuáles son las problemáticas o efectos adversos que los agricultores han tenido a causa del clima y que han afectado su productividad?

Al preguntarles a los encuestados si alguna vez han tenido problemas o efectos adversos con el clima que haya perjudicado su cultivo de quinua, el 100% (50 personas) contestaron que sí. De igual manera el 64 % de los encuestados mencionaron que la principal amenaza para obtener el rendimiento óptimo del cultivo son las heladas³⁰, el 22 % dice que las plagas y enfermedades que afectan la quinua son la principal amenaza para una adecuada producción (Ver Figura 40).

³⁰ La helada es un fenómeno atmosférico que se presenta cuando la temperatura del aire, existente en las cercanías del suelo, desciende por debajo de cero grados y hace que el agua o el vapor que está en el aire se congele depositándose en forma de hielo en las superficies (Martínez y otros 2007).

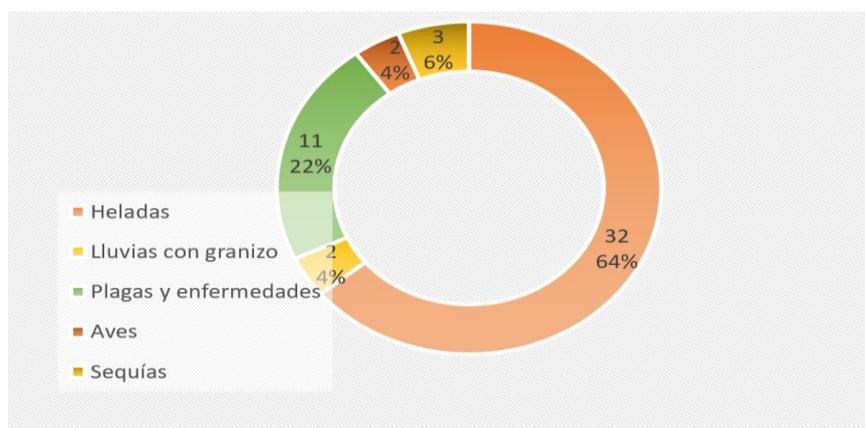


Figura 40. Resultados sobre la pregunta: ¿Cuál cree usted que es la mayor amenaza para obtener el rendimiento óptimo de su cultivo de quinua?. Fuente: Encuesta. Elaboración: Propia

d) ¿Los agricultores han observado cambios en el tamaño, color y forma en la planta, así como adelantos o retrasos en la llegada de las etapas fenológicas?

Quienes mencionaron que sí, indican que por ejemplo después de la helada las hojas, flores y el grano se tornan de un color café y su forma es como de una hoja o flor seca lo que ocasiona o la pérdida de la flor o mal formación del grano. El 82% de los encuestados señalan haber observado cambios en las hojas y flores después de una situación extrema de clima.

El resto afirmó no saber ya que no se percatan de los efectos del mal clima en el cultivo. El 30% de los encuestados manifestaron que, si han observado un retraso en el inicio del panojamiento y floración, sobre todo si previamente hubo una helada. El resto de los encuestados dicen no saber si ha existido en sus cultivos de quinua un retraso o adelanto en alguna de las etapas del cultivo, ya que son poco observadores (datos que se pueden observar en las Figuras 41 y 42).

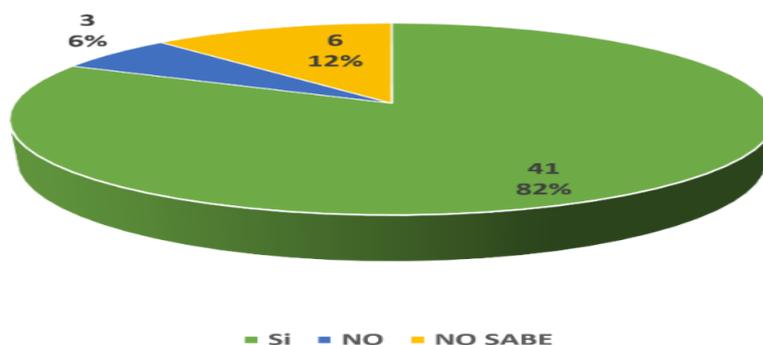


Figura 41. Resultados sobre la pregunta: ¿Ha observado cambios en el tamaño, color y forma de las hojas, tallo, flores y en el grano de quinua, a causa del clima extremo?. Fuente: Encuesta. Elaboración: Propia

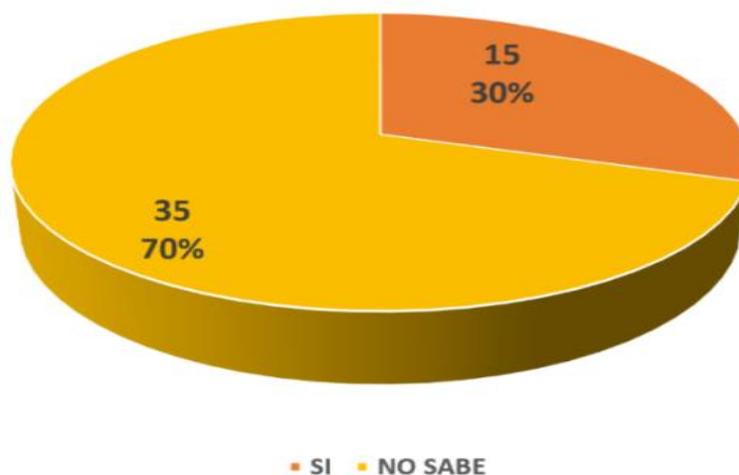


Figura 42. Resultados sobre la pregunta: ¿Ha observado un retraso o un adelanto en los días de inicio de algunas de las etapas del cultivo, en comparación con hace 10 o 20 años?. Fuente: Encuesta. Elaboración: Propia

e) **¿De acuerdo a la experiencia de los agricultores a qué condiciones climáticas se adapta mejor la quinua?**

Los encuestados mencionan que depende qué etapa del cultivo afecte, pero a la sequía se adapta mejor afirma el 62% de agricultores (Ver figura 43).

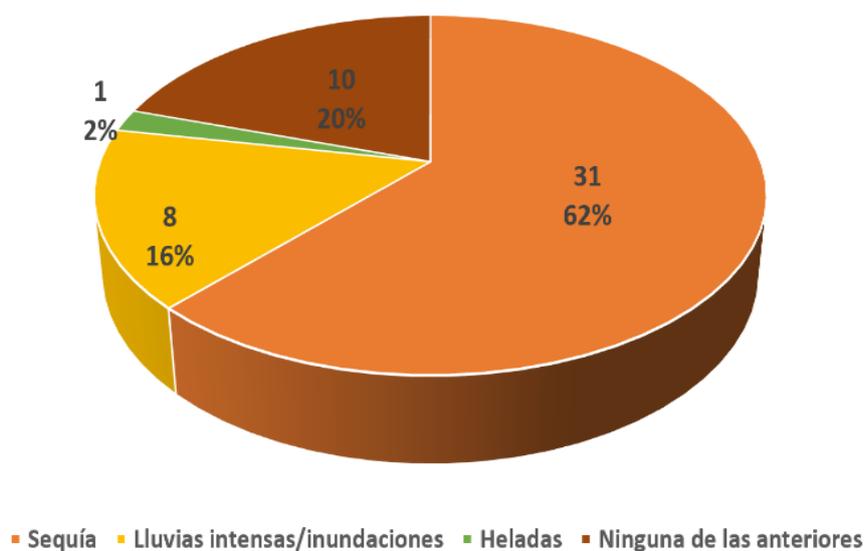


Figura 43. Resultados sobre la pregunta: ¿A qué condiciones climáticas se adapta mejor la quinua?. Fuente: Encuesta. Elaboración: Propia

f) ¿Los agricultores consideran que la época seca es más intensa y prolongada, además comente que está sucediendo con la lluvia?

Todos los encuestados mencionaron que si, efectivamente la época seca está más fuerte y prolongada. Y señalan el año 2020 como ejemplo de que las lluvias no han llegado en el mes de octubre e incluso ni hasta mediados de noviembre, que es la fecha cuando se realizó la presente encuesta, por lo que los agricultores no podían empezar a sembrar quinua como tenían planificado, por la falta de lluvias.

Si bien la lluvia puede caer con fuerza y gran intensidad en ciertas épocas del año, los encuestados coinciden que la época de lluvia es más corta, pero sobre todo notan fenómenos que antes no existían como es la ocurrencia de lluvias en los meses de junio y julio, que es una época crítica en el cultivo ya que se está formado el grano, mismo que no debe estar húmedo ya que puede podrirse o la semilla puede emerger dentro de la panoja, ocasionando pérdidas en la producción.

g) ¿Los agricultores consideran que el agua es más escasa comparada con hace 10 a 15 años atrás?

El 82% de los encuestados mencionaron que, si efectivamente el agua está más escasa que hace 15 años, sin embargo, también hay quienes no saben si ha disminuido o aumentado el nivel del agua (10%), otros que creen que está igual (4%) y finalmente dos personas (4%) mencionaron que ahora hay más agua que hace 15 años (resultados que se pueden apreciar en la Figura 44).

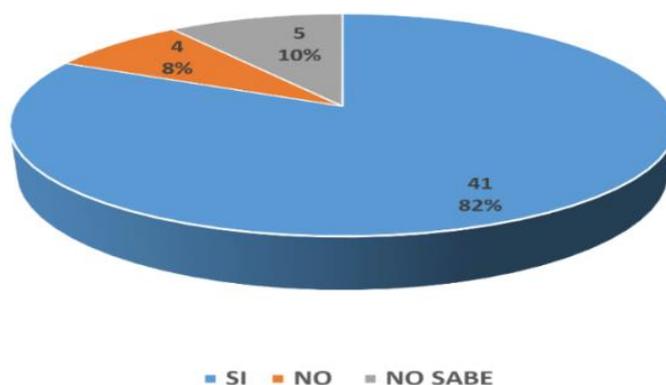


Figura 44. Resultados sobre la pregunta: ¿Usted considera que el agua está más escasa comparado con hace 10 a 15 años atrás?. Fuente: Encuesta. Elaboración: Propia

- h) ¿Considera que en la actualidad el problema de plagas en el cultivo de quinua ha aumentado o disminuido comparado con hace 10 años, cree que el clima influye en la aparición de plagas y enfermedades?**

La mayoría de agricultores encuestados mencionaron que hace diez años o más luchaban contra las plagas, pero no había tanto como lo que ven en la actualidad (Ver Figura 45). Aunque también hay un 14% que mencionan que no se han dado cuenta si el cultivo ha aumentado, disminuido o se ha mantenido igual.



Figura 45. Resultados sobre la pregunta: ¿Usted considera que en la actualidad el problema de plagas en el cultivo de quinua comparado con hace 10 o 15 años atrás, ha...?. Fuente: Encuesta. Elaboración: Propia

Algunos de los encuestados al afirmar que efectivamente el clima influye en la aparición de plagas contaban sus experiencias con el cultivo tanto en época seca, como en época de lluvia (Ver figura 46). Mencionaban que cuando la sequía es prolongada en cultivos no desarrollados, suele existir infestaciones por áfidos³¹. Por otro lado, si la precipitación es continua por varios días, aparecen manchas blancas en las hojas que posteriormente se hacen amarillas, características del Mildiu³².

³¹ "Los áfidos son insectos polívoros succívoros y se alimentan de una importante cantidad de cultivos. Los daños son de importancia económica y pueden ser letales para las plantas, ya que los áfidos están adaptados para transmitir diferentes virus cuando chupan la savia" (Simbaqueba y otros 2014).

³² Es causada por un protista oomiceto (*Peronospora farinosa*) que forma manchas amarillas en las hojas y tallos, afecta principalmente el follaje de la planta.

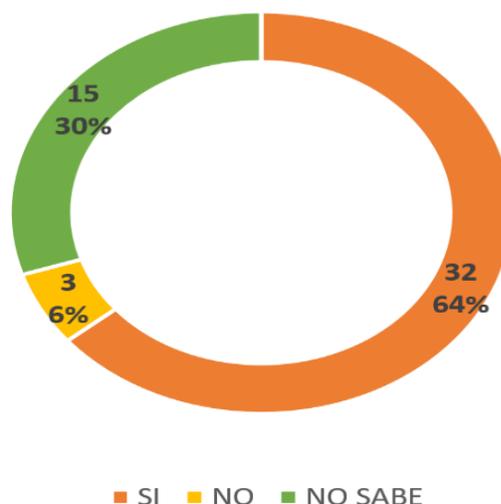


Figura 46. Resultados sobre la pregunta: ¿Usted considera que el clima influye en la aparición de plagas o enfermedades en el cultivo de quinua?. Fuente: Encuesta. Elaboración: Propia

i) ¿De las etapas fenológicas de la quinua cuál o cuáles son perjudicadas por la falta de lluvia, lluvia intensa, granizadas y heladas, causando daños permanentes en el cultivo y su rendimiento?

Las respuestas en esta pregunta coincidieron en muchas de las etapas fenológicas del cultivo entre los encuestados, No obstante, hubo muchas diferencias en otras etapas, como se puede apreciar en la Tabla 14³³, los 50 encuestados coinciden que la falta de lluvias afecta las cinco primeras etapas del cultivo, de la misma manera todos coincidieron en que la intensidad de lluvias afecta en gran medida la última etapa del cultivo; con respecto a las granizadas mencionan que las bolas de hielo dañan las hojas, flores y el grano de la quinua en cualquier etapa del cultivo en el que la planta o plántula se encuentre expuesta, sin embargo, en estas tres comunidades casi no han tenido problemas por granizadas, lo que conocen al respecto es sobre todo de otras comunidades que si presentan este fenómeno con algo más de frecuencia y con cuyos agricultores han conversado sobre lo fatal que puede ser para el cultivo de quinua.

Finalmente, con respecto a las heladas, todos coincidieron que las etapas más críticas del cultivo que son afectadas por este evento son: Emergencia, dos hojas contiledonales, floración y grano lechoso. Los encuestados que no respondieron, o bien no sabían si el efecto adverso perjudicaba a dicha etapa, o no creían que lo hiciera.

³³ Las fotos que se indican en análisis de etapas fenológicas son de autoría de CEFA 2020, en su estudio sobre fenología de quinua, no publicado hasta la fecha de realización de la presente investigación.

Tabla 14

¿La falta de lluvia, la lluvia intensa, granizadas y heladas a que etapas del cultivo perjudicaría en mayor medida la producción?

ETAPA FENOLÓGICA	ILUSTRACIÓN	Efecto adverso			
		FALTA DE LLUVIA	LLUVIA INTENSA	GRANIZADAS	HELADAS
Agricultores encuestados					
Siembra		50	0	0	0
Germinación		50	0	0	0
Emergencia		50	0	50	50
Dos cotiledones		50	0	50	50
Dos hojas verdaderas		50	2	50	44
Cuatro hojas verdaderas		41	2	50	38
Seis hojas verdaderas		38	9	50	30
Ramificación		25	15	50	35
Iniciopanojamiento		25	15	50	46

Inicio Floración		25	18	50	47
Floración		21	15	50	50
Grano lechoso		15	15	50	50
Grano pastoso		5	40	50	45
Madurez fisiológica y comercial		0	50	50	35

Fuente: Encuesta.

Elaboración: CEFA 2020, Propia.

Las heladas afectan de manera significativa en las fases de panojamiento, floración y maduración (grano lechoso a grano pastoso) puesto que la planta es muy sensible en estas fases. Asimismo, las sequías, que son marcadas entre junio y noviembre, afectan de manera importante a la germinación, floración y el inicio de la formación del grano lechoso. Las granizadas ocasionan daños físicos en la planta que terminan dañando la producción, estas al igual que las heladas tienen afectación en todas las fases fenológicas de la quinua en Chimborazo, la etapa de emergencia es susceptible tanto a las heladas, granizadas como a las sequias, sin embargo, no al exceso de lluvias ya que esta etapa necesita de suficiente humedad en el suelo (deberá ser una zona no proclive a encharcamientos), debido a que el exceso de humedad ocasionaría podrición de la planta.

Las lluvias intensas tienen especial afectación en la fase de maduración, por el hecho que ocasiona la germinación de los granos en la panoja y por la incidencia de hongos que afectan a la calidad del producto (micotoxinas), ocasionando graves pérdidas en la producción.

La gran mayoría de los encuestados fueron muy analíticos al momento de contestar las preguntas, ya que discernían adecuadamente, por ejemplo al momento de responder sobre la principal amenaza de la quinua hacían un análisis en el que mencionaban que para las plagas, enfermedades y aves existen mecanismos para controlarlos (uso de biol y espantapájaros), mientras que los efectos del clima no los pueden controlar, por lo que su conclusión era que la mayor amenaza del cultivo son los eventos climáticos extremos.

Discusión y Conclusiones

En este capítulo se realiza la discusión de los resultados y se presentan las respectivas conclusiones que se obtuvieron a partir de esta investigación, que además se enlazan con los conceptos del capítulo uno, conclusiones de otras investigaciones, y los resultados obtenidos en el presente trabajo.

En muchos estudios alrededor del mundo se ha cuantificado el valor económico en base a pronósticos climáticos, comparan los rendimientos que se obtendrían con las prácticas de manejo convencionales y los rendimientos esperables cuando se mejoran las prácticas de manejo del cultivo de acuerdo al clima pronosticado, la destreza de las predicciones para pronosticar las condiciones climáticas estacionales está evolucionando constantemente, y en el futuro podría servir como un instrumento interesante para diseñar medidas de adaptación a la variabilidad climática, con la que tienen que lidiar los agricultores.

1. Discusión

Las consecuencias que podría acarrear el cambio climático sobre la agricultura en el futuro pueden llegar a ser muy graves, esta es la razón por la que organizaciones como la OMM y la FAO en los últimos años han desempeñado un papel cada vez más importante, al estimular el desarrollo y el establecimiento de servicios agrometeorológicos y la difusión de información agroclimática, con el fin de ayudar a advertir a los agricultores y encargados del sector agrícola de muchos países sobre las eventualidades climáticas próximas, y así tomar acciones oportunas previas al suceso, algo que será indispensable en el futuro. Estos servicios en países como el nuestro tienen que asumir mayores responsabilidades, debido a que cada vez hay más presión de la población y los efectos son cada vez más perjudiciales sobre la producción de los cultivos.

Sin duda alguna, con el paso de los años las comunidades agrícolas incrementarán las solicitudes de información relacionada con el clima, por lo que mejorar la disponibilidad de información climática, así como renovar las tecnologías agrícolas, la gestión del agua, las técnicas del control de plagas y enfermedades basadas en el clima (debido a que por ejemplo: el aumento de temperatura, la sequía o la falta de lluvias

favorece a la tasa reproductiva de algunos insectos y de enfermedades fitopatógenas), todas podrían ser innovaciones locales que permitirán la adaptación en el sector agrícola.

La incorporación de adecuados servicios agroclimatológicos y agrometeorológicos locales de alerta temprana podrían contrarrestar los efectos negativos del cambio climático y la variabilidad climática en el sector agrícola y por ende permitirá mejorar la producción haciendo que se reduzcan las pérdidas que conllevan los fenómenos climáticos extremos por el hecho de tomar medidas oportunas que disminuyan el efecto adverso contra la producción, varios estudios evidencian que el uso de estos servicios puede mejorar la productividad.

Las proyecciones climáticas realizadas en el presente estudio muestran que el futuro del cultivo de quinua en la provincia de Chimborazo está seriamente amenazado por el cambio climático. Con el rango de emisiones globales de GEI de los escenarios que corresponden a las vías de concentración representativas RCP4.5 y RCP8.5, indican que el aumento de la temperatura promedio del aire continuará para el 2050 y puede llegar hasta a 1.1°C más que en la actualidad. También es probable que aumente la frecuencia de los días de extremo calor y noches de extremo frío. Pero sobre todo existen desventajas por el decremento o el incremento de lluvias anuales hacia los próximos años, tal como se puede observar en estas proyecciones, de igual manera la variabilidad climática conllevará a presencia de lluvias en etapas que el cultivo no las necesita, lo cual en ese caso sería perjudicial para la producción.

En el presente estudio los incrementos de temperatura son similares entre el escenario RCP 4.5 y el RCP 8.5 en este periodo se esperaría de igual manera los mismos problemas de rendimientos en la quinua, para el periodo 2011-2050 en ambos escenarios, solo tomando en cuenta la variable temperatura. Según Armenta y otros (2016, 52) los cambios proyectados en la temperatura media para todos RCP, muestran que para 2011 - 2040 ésta se incrementaría entre 0,5 y 1°C en el país.

Las proyecciones realizadas en este estudio muestran que los escenarios tanto del RCP 4.5 como el RCP 8.5, apuntan hacia una mayor precipitación en el futuro, si se las compara con la precipitación histórica (1981 - 2005), ambos escenarios proyectan para el 2050 que el aumento de lluvias puede estar entre un 5% a un 9% respectivamente. Aunque si las precipitaciones anuales se ven disminuidas es posible que estas se presenten en los próximos años con mayor intensidad y fuerza, ocasionando problemas en el rendimiento del cultivo.

Investigaciones del Banco Mundial plantean que como resultado del cambio climático se confirma que, la precipitación en promedio será más variable, por lo que el cambio climático empeorará la competencia actual por los recursos hídricos, debido a que la demanda de agua de riego aumentará con la temperatura más alta y la falta de lluvias que se presentarán en ciertos años (The World Bank 2012, 43). Ese mismo artículo indica que se espera que la variabilidad climática también aumente, por lo que de ser así lo más seguro es que también se afecte el inicio, el final y la duración de las etapas fenológicas de la planta de quinua, así como las condiciones de crecimiento, lo que conlleva desafíos adicionales para la producción de este grano, ya que las afectaciones en una de las etapas del cultivo acarrearán problemas en la producción.

La quinua en general muestra gran resistencia a períodos de sequía, necesita de adecuada humedad en la fase inicial del cultivo (germinación y emergencia), habitualmente la quinua es favorecida con lluvias durante las fases de crecimiento y desarrollo, mientras que durante la maduración y cosecha requiere de condiciones de sequedad (Mendoza 2013, 18). Para un buen establecimiento de campo se considera una precipitación adecuada entre 60 a 100 mm (FAO 2016b, 4). Las fases fenológicas para las cuales la precipitación es muy importante son la germinación, la formación del botón floral, y la floración (Mujica y otros 1998, citado por Mendoza 2013).

A lo largo de los años los agricultores encuestados, así como la gran mayoría de quienes cultivan quinua en toda la provincia de Chimborazo han establecido su calendario de siembra y de cosecha para que coincidan con los meses de lluvia y sequía respectivamente, según las necesidades del cultivo en las distintas etapas fenológicas por las que el cultivo esté atravesando. Sobre todo, dado el hecho de que muchos agricultores no tienen agua para riego por lo que se ven en la necesidad de establecer el cultivo por seco.

Según los agricultores las heladas están sucediendo con mayor intensidad que en años anteriores, de igual manera los datos climáticos muestran mayor frecuencia en su ocurrencia, incluso fuera de la época que es común esto puede afectar en fases fenológicas de mayor sensibilidad a este fenómeno (panojamiento, floración, maduración y cosecha) con consecuencias principalmente en la calidad del grano. Existen estudios que indican que el riego tecnificado merma las afecciones causadas por la helada, por lo que el mismo puede llegar a ser una medida de adaptación ante estos eventos; de igual manera varios estudios muestran que el riego adecuado durante todo el ciclo de cultivo permite obtener mejores rendimientos comparado con aquellos cultivos de quinua que no poseen riego,

lamentablemente, como se mencionó en el capítulo anterior uno de los principales problemas en la provincia de Chimborazo es que la gran mayoría de agricultores no poseen riego.

2. Conclusiones

Los análisis realizados en este estudio demuestran que la variabilidad climática misma que es consecuencia del cambio climático, ha hecho hasta esta fecha y hará en el futuro que exista un impacto económico negativo en el cultivo de quinua, debido a la baja del rendimiento que ha estado presentándose en los últimos años en este cultivo, esta variabilidad climática ha provocado que el ingreso de los agricultores se vea disminuido en un 30% (para orgánicos) y 47% (para convencionales). Y se espera que de acuerdo a los escenarios RCP4.5 y RCP8.5 la variabilidad climática aumente y con eso la disminución de ingresos incluso llegue a ser mayor al 50% en ambos escenarios.

Dependiendo de las hectáreas sembradas (tamaño del terreno cultivado con quinua), así como de los costos de producción que conllevan al agricultor establecer y mantener un cultivo semitecnificado, el impacto económico del cambio climático, y de su consecuente variabilidad climática puede ser elevado y significativo, sobre todo si se considera un agricultor minifundista que además realiza los trabajos que conlleva el cultivo de manera familiar o por su propio esfuerzo y sin tecnificación.

Existen ciertas etapas fenológicas (desde la siembra a la ramificación) en las que los eventos climáticos adversos ocasionan impactos económicos relacionados al rendimiento del cultivo, mientras que también hay otras etapas fenológicas (desde el panojamiento a la madurez fisiológica del grano) en las que estos eventos repercuten únicamente en la calidad del producto, pero que de igual manera ocasiona pérdidas económicas, ya que un grano de poca calidad no sirve para exportación, por lo que los agricultores tienen que vender el producto orgánico a precios de la quinua convencional en los mercados locales.

De igual manera hay fases fenológicas en las que la quinua puede ser un poco más tolerante a sequías, heladas y lluvias fuertes, pero lamentablemente si estos eventos se presentan, siempre terminarán ocasionando secuelas en la fisiología de la planta que afectaran la calidad y/o rendimiento productivo, por ejemplo la afectación por las heladas pueden ser más intenso cuanto mayor sea el descenso térmico y su duración, las

consecuencias del daño dependerá también de la especie o variedad cultivada, y como ya se mencionó anteriormente de la etapa fenológica del cultivo.

De acuerdo al estudio de caso en las comunidades se constató que la fase de siembra, que normalmente se realiza en los meses de octubre y noviembre es afectada por la falta de lluvias, ocasionando la pérdida total del cultivo lo que representa altas consecuencias económicas para el productor, por lo que el agricultor vuelve a sembrar en diciembre y enero con el fin de poder recuperar lo invertido.

Con información agrometeorológica oportuna se podrá orientar de mejor manera a los productores de comunidades rurales sobre eventos climáticos anómalos próximos y de este modo contribuir a la reducción de la vulnerabilidad y a la mejora de la capacidad de adaptación en sus sistemas productivos agropecuarios locales.

En lo que refiere a política agrícola a nivel nacional se la deberá encaminar hacia la agricultura campesina, es decir deberán estar orientadas hacia su realidad, dado que hasta la actualidad no existe una política fuerte orientada a este tipo de agricultura, y en donde además se considere el conjunto de aspectos que condicionan y limitan su producción; de igual manera será necesario aumentar la inversión en la tecnificación para poder mejorar la productividad de sectores tan estratégicos como el de la quinua ya que es una fuente importante de ingresos para los agricultores de la Sierra, también se deberá vigorizar la investigación sobre mejoras genéticas del cultivo. Es posible que estas inversiones no garanticen mermar las consecuencias negativas del cambio climático; pero, si no se toman medidas y se continúa procediendo como hasta ahora, es casi seguro que las consecuencias pueden ser graves.

La lluvia es un impulsor clave de este cultivo y la forma en que los agricultores han manejado desde hace décadas la época de lluvia y época seca ha determinado la diferencia entre el éxito y el fracaso, aunque en los últimos años la principal causa de pérdida de productividad y rendimiento es la variabilidad climática actual, los agricultores tienen que lidiar con lluvias en épocas de madurez de grano y de cosecha, así como con falta de lluvias en las etapas iniciales, por lo que sin duda ha perjudicado la productividad del grano en esta provincia.

Aunque las condiciones climáticas puedan llegar a ser muy similares en dos períodos continuos del cultivo de quinua, podría haber una diferencia en la producción si se fertiliza adecuadamente el suelo, lo cual marca una diferencia notable en el rendimiento, puesto que la producción se ve mejorada. Los agricultores han notado que una adecuada fertilización mejora de manera significativa la producción, haciendo que

además la planta crezca más sana y pueda soportar de mejor manera los eventos climáticos desfavorables, así como a las plagas y enfermedades, la adecuada fertilización del suelo también puede ser una medida de adaptación al cambio climático.

La falta de riego sin duda traerá problemas en el futuro ya que el cultivo se verá en la necesidad de requerir agua para su crecimiento, debido a la falta de lluvias en las épocas de emergencia y crecimiento de la planta.

Los factores climáticos no son los únicos responsables de una buena o una mala producción, existen otros factores que intervienen como son: el nivel de tecnología, la calidad nutricional del suelo, el adecuado trabajo en campo, el riego, entre otros.

Otro problema con el que tienen que lidiar a menudo los agricultores en el cultivo de quinua es las plagas y enfermedades, mismas que ocasionan graves pérdidas, y que además muchos de los mismos agricultores han notado que se presentan con mayor intensidad después de un evento climático adverso, así manifestaron que los áfidos suelen presentarse en las etapas medias del cultivo después de una larga sequía, lo mismo ocurre con fitopatógenos como el mildiú que se da después de varios días seguidos de lluvias y que puede ocurrir entre las primeras y últimas etapas del cultivo.

En la agricultura del país, los esfuerzos de adaptación poco se centran en la implementación de medidas que ayuden a fomentar medios de vida rurales que sean más resilientes ante la variabilidad climática y los desastres. Sin duda alguna, el costo de inversiones en investigación agrícola, vías rurales e infraestructura y eficiencia del riego, respaldan a una mejora en la productividad, y podrían a la vez ayudar a los agricultores a adaptarse al cambio climático. De partida cabe señalar que, independientemente del escenario de cambio climático que se considere, la agricultura se verá afectada negativamente por el cambio climático.

La quinua se constituye en un cultivo estratégico para contribuir a la seguridad y soberanía alimentaria debido a: su calidad nutritiva, su amplia variabilidad genética, su adaptabilidad y su relativo bajo costo de producción, si se compara con otros productos como el banano, cacao, cárnicos, entre otros.

Como se mencionó en la introducción de este trabajo de investigación, las especies con rangos climáticos limitados y/o con pequeñas poblaciones son normalmente las más vulnerables a la extinción, este no es el caso para la quinua la misma que a nivel nacional presenta varias poblaciones tanto de germoplasma creado en el Ecuador, como traídos de Perú y Bolivia, de igual manera todas estas poblaciones presentan rangos climáticos extensos, si se compara con otras especies nativas, esa gran plasticidad hace que

obviamente cualquiera de las variedades de quinua no sean vulnerables de desaparecer a consecuencia del cambio climático, lo que si será inevitable es que en el futuro se verá aún más afectado sus rendimientos por la afectación de la producción, por la variabilidad climática y los eventos climáticos adversos.

De acuerdo con lo leído para la realización de la presente investigación, se puede concluir que los países desarrollados tendrán la capacidad de desplegar e innovar tecnologías para adaptarse más fácilmente al cambio climático y a la variabilidad climática, en lo que respecta a nuestro país se deberá avanzar en investigaciones específicas de cada cultivo, para lo cual se deberá contar con la participación de los agricultores, para que contribuyan en el avance de técnicas de innovación y el desarrollo de tecnologías adecuadas para cada realidad. Para el caso específico de la quinua, las innovaciones de países como Perú y Bolivia siguen siendo relevantes para ser aplicadas, por el hecho de que estos países con frecuencia realizan investigaciones sobre este cultivo, con el fin de reducir las adversidades del mal clima, es así que están en la búsqueda de variedades o ecotipos de ciclo corto y de igual manera promueven la adopción de tecnologías de riego más eficientes para paliar los efectos de la escasez hídrica en la época de siembra.

A pesar de que la quinua dentro de la provincia de Chimborazo es un cultivo mayoritariamente orgánico, y que el nivel de tecnificación, acceso a sistemas de riego, cercanía a vías principales es algo menor comparado al de las provincias de Pichincha, Imbabura y Carchi; muchas veces el rendimiento y producción ha llegado a sobrepasar a las demás provincias, por lo que es importante buscar alternativas productivas que permitan a los agricultores mejorar sus condiciones socioeconómicas en torno al cultivo de quinua, mediante la incorporación de nuevas variedades con características de precocidad y alto rendimiento, así como crear incentivos para su cultivo y mantenimiento, y promover su consumo.

Actualmente la producción de quinua en el país es liderada por la provincia de Chimborazo, que en su mayoría utiliza un sistema de producción orgánica, por lo que generalmente su cultivo se lo realiza con fines de exportación, esto ha provocado que a lo largo de toda la provincia (dentro de los cantones productores) se conformen asociaciones de pequeños productores que presentan un alto nivel de organización.

Lista de Referencia

- Acebey A. Krömer T y Vásquez M. 2012. «¿Qué es una especie endémica?» Gaceta No 121. Veracruz, México.
- Adolf VI, S-E Jacobsen y S Shabala (2013). *Salt tolerance mechanisms in quinoa (Chenopodium quinoa Willd.)*. Environmental and Experimental Botany 92: 43-54
- Aguirre, Zhofre. 2010. «Las plantas vasculares como indicadoras de la calidad y problemas de los ecosistemas». Ecología Forestal. Revista de la Carrera de Ingeniería Forestal 1 (1): [http://dspace.unl.edu.ec:9001/jspui/bitstream/123456789/349/1/LAS%20PLAN TAS%20VASCULARES.pdf](http://dspace.unl.edu.ec:9001/jspui/bitstream/123456789/349/1/LAS%20PLAN%20TAS%20VASCULARES.pdf)
- Agropuno. «Etapas fenológicas de la quinua». Disponible en: <https://www.agropuno.gob.pe/biblioteca-virtual/>. Consultado el 10 de diciembre de 2019.
- Álvarez, C. 2010. «Una tonelada de CO₂». El País Semanal. <https://blogs.elpais.com/ecolab/2010/04/una-tonelada-de-co2.html>
- Álvarez-Flores R., Winkel T., Degueudre D., Del Castillo C., Joffre R. 2014. «Plant growth dynamics and root morphology of little-known species of *Chenopodium* from contrasted Andean habitats». Botanique 92 (2): 101-108. [doi:10.1139/cjb-2013-0224](https://doi.org/10.1139/cjb-2013-0224).
- Armenta, Guillermo, Villa Jorge Luis, y Jácome Pablo. 2016. *Proyecciones Climáticas de Precipitación y Temperatura para Ecuador, bajo distintos Escenarios de Cambio Climático. "Informe de Proyecciones Climáticas de la Tercera Comunicación de Cambio Climático de Ecuador*. Quito.
- Benson, Nsikak. 2008. *Climate Change, Effects*. Encyclopedia of global warming and climate change. Londres: SAGE Publications.
- Benítez B. 2018. La Gestión Integrada del Recurso Hídrico (GIRH) como herramienta para contribuir al proceso de adaptación del Cambio Climático en la Cuenca Transfronteriza». Quito- Ecuador
- BioDic. 2020. «vEcotipo». Disponible en: https://www.biodic.net/palabra/ecotipo/#.Xi_M_GhKiUk
- Bioenciclopedia. 2015. «Plantas Vasculares». Disponible en: <https://www.bioenciclopedia.com/plantas-vasculares/> 10 de noviembre de 2018.

- Burke Marshall, Solomon Hsiang y Miguel Edward. 2015. «Global non-linear effect of temperature on economic production». *Nature* 527. <https://www.nature.com/articles/nature15725>
- Cambio Climático Global. «¿Qué es el Cambio Climático?», accedido el 14 de enero de 2019. <https://cambioclimaticoglobal.com/que-es-el-cambio-climatico>.
- Carabine, Elizabeth, y Lemma Alberto. 2014. «El Quinto Reporte de Evaluación del IPCC ¿Qué implica para Latinoamérica?» Disponible en. <https://cdkn.org/wpcontent/uploads/2014/12/INFORME-del-IPCC-Que-implica-paraLatinoamerica-CDKN.pdf>.
- Care. 2015. «Manual de Nutrición y Fertilización de la Quinua». Disponible en: <https://www.care.org.pe/wp-content/uploads/2015/06/Manual-de-Fertilizacion-de-La-Quinua.pdf>
- Carpio B. 2007. «Evaluación de características, Agronómicas de diez cultivares de quinua (*Chenopodium Quinoa Willd.*) tolerantes a sequía». Disponible en: <http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/600/EPG199-00219-01.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Carrasco F. 2016. «Efectos del cambio climático en la producción y rendimiento de la quinua en el distrito de juli, período 1997 – 2014». Disponible en <http://www.scielo.org.pe/pdf/comunica/v7n2/a04v7n2.pdf>
- Carvajal Franco. 2013. «*Cambio Climático y Costos de Producción*. Facultad de Economía Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Observatorio de Política Socio Ambiental. Quito
- CBI. 2020. «The European market potential for quinoa». Disponible en: <https://www.cbi.eu/market-information/grains-pulses-oilseeds/quinoa-grains/market-potential>.
- CEFA. 2020. *Manual de Buenas Prácticas Agrícolas. Cultivos de Quinua – Chimborazo*. Riobamba – Ecuador.
- Center for Biological Diversity. The Extinction Crisis», accedido el 14 de enero de 2019. https://www.biologicaldiversity.org/programs/biodiversity/elements_of_biodiversity/extinction_crisis/
- CEPAL. 2015a. «Estudios del cambio climático en América Latina. Adaptación al cambio climático en América Latina y el Caribe».

- https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/39842/S1501318_es.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- _____. 2015b. «La economía del cambio climático en América Latina y el Caribe. Paradojas y desafíos del desarrollo sostenible». https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/37310/4/S1420656_es.pdf
- Chandler David. «Climate Change odds much worse than thought». “New analysis shows warming could be double previous estimates”. MIT News Office, 19 de mayo de 2009. <http://news.mit.edu/2009/roulette-0519>.
- Chicago Tribune. 2016. «U.S. farmers make foray into quinoa as demand for grain grows». Disponible en: <https://www.chicagotribune.com/business/ct-quinoa-demand-20161006-story.html>
- CIIFEN. 2007. «Adaptación y mitigación frente al Cambio Climático» http://www.ciifen.org/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=102&Itemid=341&lang=es
- Climate & Development knowledge Network. 2014. «The IPCC Fifth’s Assessment Report. What’s in it for Latin America?» <https://cdkn.org/wp-content/uploads/2014/11/IPCC-AR5-Whats-in-it-for-Latin-America.pdf>
- CNN. 2018. «Atención: el mundo está por alcanzar el límite de los 2 grados Celsius para el cambio climático, dice reporte de la ONU». <https://cnnespanol.cnn.com/2018/11/27/cambio-climatico-calentamiento-global-onu-reporte-2-grados-limite/>
- Coady David, Parry Ian, Sears Louis y Shang Baoping. 2017. *How Large Are Global Fossil Fuel Subsidies? World Development*, vol. 91, issue C, 11-27.
- Collins, M., R. Knutti, J. Arblaster, J.-L. Dufresne, T. Fichet, P. Friedlingstein, X. Gao, W.J. Gutowski, T. Johns, G. Krinner, M. Shongwe, C. Tebaldi, A.J. Weaver and M. Wehner. 2013. «Long-term Climate Change: Projections, Commitments and Irreversibility. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change» [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. Disponible en: <http://pure.iiasa.ac.at/id/eprint/10551/1/Long->

[term%20climate%20change%20Projections%2C%20commitments%20and%20irreversibility.pdf](#)

Cordero, V., Vásquez, P. & Rosero C. 2011. *Análisis situacional de la Soberanía Alimentaria en el contexto de la adaptación al cambio climático en el Ecuador. Manuscrito, Proyecto Fortalecimiento de las Capacidades de los encargados de la formulación de Políticas para hacer frente al cambio climático.* Ministerio del Ambiente (MAE) – Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). Quito, Ecuador.

DCD. «tCO₂e». Disponible en: <http://www.odt.org/dcd/ballast/tco2e.html>. 28 de noviembre de 2018.

De Cara G. J. 2006. «Las observaciones fenológicas en la agrometeorología. Ambiental». Servicio de Aplicaciones meteorológicas. I.N.R.M. España. <https://www.tiempo.com/ram/2764/la-observacin-fenolgica-en-agrometeorologa-y-climatologa/>

De la Torre L., Navarrete H., Muriel M., Macía M. J. & Balslev. H. «Enciclopedia de las Plantas Útiles del Ecuador», Herbario QCA & Herbario AAU. Quito & Aarhus. 2008.

<https://scholarspace.manoa.hawaii.edu/bitstream/10125/47330/de%20la%20Torre%20et%20al.%202008%20Encyclopedia%20of%20useful%20plants%20of%20Ecuador.pdf>

Diverse Field Crops Cluster Ca. 2019. «Quinoa». Disponible en: <https://www.dfcc.ca/quinoa>

Ec INEC. 2019. «Encuesta de superficie y producción Agropecuaria continua 2018». Boletín técnico 01-2018-ESPAC.

https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac-2018/Boletin%20tecnico.pdf

_____. 2020. «Pobreza por Consumo». Disponible en: <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/pobreza-por-consumo/#:~:text=La%20Pobreza%20por%20Consumo%2C%20parte,del%20costo%20de%20esta%20canasta.>

Ec INIAP. 1985. «La Quinoa un gran alimento y su utilización». Disponible en: <https://repositorio.iniap.gob.ec/jspui/bitstream/41000/251/4/iniapscbd175.pdf>

_____. 2014. «Quinoa». Introducción. <http://tecnologia.iniap.gob.ec/index.php/explore-2/mgranos/rquinua>.

- _____. 2018. «Manual agrícola de granos andinos chocho, quinua, amaranto y ataco». Recuperado el 12 de 9 de 2018, de <http://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/833/4/iniapscm69.pdf>
- Ec Ministerio de Agricultura y Ganadería. 2014a. «Mapa de Zonificación Agroecológica Económica del cultivo de quinua». Disponible en: <http://sipa.agricultura.gob.ec/index.php/zonificaciones-agroecologicas-economicas/zonificacion-quinua>
- _____. 2014b. «Zonificación Agroecológica Económica del Cultivo de Quinua. (Chenopodium Quinua) en el Ecuador Continental a escala 1:250.000». <http://sipa.agricultura.gob.ec/index.php/zonificaciones-agroecologicas-economicas/zonificacion-quinua>
- _____. 2016a. *La política agropecuaria ecuatoriana: hacia el desarrollo territorial rural sostenible: 2015-2025*. I Parte. El sector agropecuario ecuatoriano: análisis histórico y prospectivo a 2025. Quito-Ecuador.
- _____. 2016b. «Rendimientos de quinua en el Ecuador 2016». Disponible en: http://sipa.agricultura.gob.ec/biblioteca/rendimientos/rendimiento_quinua_2016.pdf
- _____. 2017. «Boletín Situacional. Quinua». Disponible en: <http://sipa.agricultura.gob.ec/index.php/granos/quinua>
- _____. 2017. «Ecuador Certificado. Catálogo de Oferta Exportable Ecuatoriana de Productos Orgánicos y con Certificaciones». Disponible en <https://www.comercioexterior.gob.ec/catalogo-de-productos-organicos-ecuador-certificado/>
- _____. 2018. «Resultados operativos de Rendimientos objetivos 2018. Maíz duro, Arroz, Soya, Papa, Quinua, Café, Cacao». Disponible en: http://sipa.agricultura.gob.ec/descargas/presentaciones/rendimientos_objetivos_2018.pdf
- _____. 2019. «Informe Rendimientos Objetivos Quinua». Disponible en: http://sipa.agricultura.gob.ec/descargas/estudios/rendimientos/quinua/rendimientos_objetivos_quinua_2019.pdf
- _____. 2020. Información quinua, correo electrónico al autor, 19 de agosto de 2020.
- Ec Ministerio de Ambiente y Agua. 2012. *Estrategia Nacional de Cambio Climático 2012-2025*. 08 de marzo de 2019.

- _____. 2013. «Sistema de Clasificación de los Ecosistemas del Ecuador Continental. Subsecretaría de Patrimonio Natural». Quito. http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/09/LEYENDA-ECOSISTEMAS_ECUADOR_2.pdf
- _____. 2016. «Estrategia Nacional de Biodiversidad 2015-2030», primera edición, noviembre de 2016, Quito-Ecuador. <http://maetransparente.ambiente.gob.ec/documentacion/WebAPs/Estrategia%20Nacional%20de%20Biodiversidad%202015-2030%20-%20CALIDAD%20WEB.pdf>
- _____. 2017. «Tercera Comunicación Nacional sobre Cambio Climático». 08 de marzo de 2019. <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/10/TERCERA-COMUNICACION-BAJA-septiembre-20171-ilovepdf-compressed1.pdf>
- _____. 2017. «Código Orgánico Ambiental». 08 de marzo de 2019. <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/09/Codigo-Organico-del-Ambiente.pdf>
- Ec Ministerio de Comercio Exterior Inversiones y Pesca. 2018. «Productos Orgánicos en Ecuador». Disponible en <http://www.agrocalidad.gob.ec/productos-organicos-en-ecuador/> 13 de agosto de 2018.
- Ec NDC. 2019. «Primera Contribución Determinada a nivel Nacional para el Acuerdo de París bajo la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático». <https://www4.unfccc.int/sites/ndcstaging/PublishedDocuments/Ecuador%20First/Primera%20NDC%20Ecuador.pdf>
- Ec Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo. 2017. «Plan Nacional para el Buen Vivir 2017–2021». Toda una vida. Quito: SENPLADES
- Ec Sistema Nacional de Información. 2015. «Actualización del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial Parroquia de Santiago de Calpi 2015-2025». Tierra de Arte y tradición. Disponible en: http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdocumentofinal/06608218000_01_Calpi%20ultimo%20_30-10-2015_21-08-14.pdf
- En Foco F. 2008. «Adaptación y mitigación del cambio climático en la agricultura». [http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/16ED4A71FC19731605257B6D0075EEFB/\\$FILE/En-foco-F.pdf](http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/16ED4A71FC19731605257B6D0075EEFB/$FILE/En-foco-F.pdf)

- El Comercio. 2014. «Chimborazo tiene 2 366 productores de quinua». Disponible en:
<https://www.elcomercio.com/actualidad/negocios/chimborazo-366-productores-de-quinua.html>.
- El Cultural. 2002. «Fenología y cambio climático». Disponible en:
<https://www.elcultural.com/revista/ciencia/Fenologia-y-cambio-climatico/5454>.
- El Telégrafo. 2018. «La agricultura campesina en 2018». <https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/columnistas/15/la-agricultura-campesina-en-2018>.
- El Tiempo. 2018. «Se impulsa en la dieta el consumo de la quinua». Diario de Cuenca.
<https://www.eltiempo.com.ec/noticias/cultura/7/quinua-ecuador-cultura>
- FAO. 1997. Capítulo I. «Origen y Descripción de la Quinua». http://www.fao.org/tempref/GI/Reserved/FTP_FaoRlc/old/prior/segalim/prodali/m/prodveg/cdrom/contenido/libro03/cap1.htm
- _____. 2006. «Ecuador. Nota de Análisis Sectorial Agricultura y Desarrollo Rural». <http://www.fao.org/docrep/pdf/012/ak168s/ak168s00.pdf>
- _____. 2010. «Global forest resources assessment 2010». <http://www.fao.org/3/a-i1757e.pdf>
- _____. 2011. «La Quinua: Cultivo milenario para contribuir a la seguridad alimentaria mundial». <http://www.fao.org/3/aq287s/aq287s.pdf>
- _____. 2013. «Quinua 2013, año Internacional». http://www.fao.org/quinua-2013/what-is-quinua/nutritional-value/es/?no_mobile=1
- _____. 2014. «Tendencias y perspectivas del comercio internacional de quinua». Santiago de Chile. <http://www.fao.org/3/a-i3583s.pdf>
- _____. 2016a. «Servicios ecosistémicos y biodiversidad». <http://www.fao.org/ecosystem-services-biodiversity/es/. 22/06/2018>.
- _____. 2016b. «Guía de cultivo de la quinua». <http://www.fao.org/3/a-i5374s.pdf>
- _____. 2016c. «El trabajo de la FAO sobre el cambio climático Conferencia de las Naciones Unidas sobre el cambio climático 2016». <http://www.fao.org/3/b-i6273s.pdf>
- _____. 2018. «Se acaba el tiempo para los bosques: su superficie sigue reduciéndose». <http://www.fao.org/americas/noticias/ver/es/c/1144235/>
- _____. «Water and Food», accedido el 02 de enero de 2019. <http://www.fao.org/docrep/x0262e/x0262e01.htm>.

- _____. «Selección de cultivares de quinua para analizar su resistencia a la sequía en tres ambientes de la cuenca del Titicaca», accedido el 15 de enero de 2020 http://www.fao.org/tempref/GI/Reserved/FTP_FaoRlc/old/prior/segalim/prodali/m/prodveg/cdrom/contenido/libro05/cap6.htm#1
- Fenner Michael. 1998. «The phenology of growth and reproduction in plants». Biodiversity & Ecology Division, School of Biological Sciences, University of Southampton. Reino Unido. Vol. 1/1, pp. 78–91. <https://www.uv.mx/personal/tcarmona/files/2016/08/Fenner-1998.pdf>
- Fernández Mery. 2013. «Diagnóstico de Modelos Agroclimáticos. Evaluación del riesgo agroclimático por sectores». Fondo Financiero de Proyectos de Desarrollo – Fonade e Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. <http://www.ideam.gov.co/documents/21021/21138/Uso+de+Modelos+agroclim%C3%A1ticos.pdf/9f53a23d-9afa-4fda-aad3-5fe407c6cfea>
- Ferreras Calixto. 2002. *Agroclimatología*. Serie Técnica y de Estudios. Región de Murcia. Consejería de Agricultura, Agua y Medio Ambiente. Murcia, España.
- Galán C, Vázquez L, García-Mozo H, Domínguez E. 2004. *Forecasting olive (Olea europaea) crop yield based on pollen emission*. Field Crops Research, 86, 43–51.
- García Mozo H, Pérez-Badía R, Galán C. 2008. *Aerobiological and meteorological factors' influence on olive (Olea europaea L.) crop yield in Castilla-La Mancha (Central Spain)*. Aerobiología, 24, 13–18.
- Garrido M, Silva P, Silva H, Muñoz R, Baginsky C, Acevedo E. 2013. «Evaluación del rendimiento de nueve genotipos de quinua (*Chenopodium quinua* Willd.) bajo diferentes disponibilidades hídricas en ambiente mediterráneo». Volumen 31, N° 2. Páginas 69-76 IDESIA (Chile) Mayo-Agosto, 2013. Disponible en: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-34292013000200010
- Girardín L. 2012. «Energía y cambio climático: desafíos para un desarrollo bajo en carbono». Conferencia en la fundación Patagonia tercer milenio. <http://fundacionbariloche.org.ar/wp-content/uploads/2015/05/Energ%C3%ADa-y-Cambio-Clim%C3%A1tico-FUNPAT-2012.pdf>
- González J. 2006. *Especies Exóticas*. Ecología. Distribución e impactos. biodiversidad agrícola y erosión genética. Andalucía- España

- Gordo O & Sanz J. 2010. «Impact of climate change on plant phenology in Mediterranean ecosystems». *Global Change Biology*. Department of Evolutionary Ecology, National Museum of Natural Sciences (CSIC). Madrid, Spain. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-2486.2009.02084.x>
- Gortaire R. 2014. *Apoyo a la Identificación y Conservación de los Sistemas Ingeniosos del Patrimonio Agrícola Nacional*. Quito- Ecuador.
- Granados R & Sarabia A. «Cambio climático y efectos en la fenología del maíz en el DDR-Toluca». Departamento de Geografía Física, Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México. Cd. Universitaria, C. P. 04510, Coyoacán, México, D. F. 2013. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342013000300008
- Greenfieldboyce Nell. 2007. «634 Million People at Risk from Rising Seas». National Public Radio. Washington D.C. <http://www.npr.org/templates/story/story.php?storyId=9162438>
- Guerrero A. 2016. «Rendimientos de Quinoa Ecuador 2016 (octubre 2016 – agosto 2016)». Dirección de Análisis y Procesamiento de la Información. Coordinación General del Sistema de Información Nacional. Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca. Quito- Ecuador. Disponible en: <http://fliphtml5.com/ijia/zjpb>
- Hayhoe, K., J. Edmonds, R.E. Kopp, A.N. LeGrande, B.M. Sanderson, M.F. Wehner, and D.J. Wuebbles. 2017: «Climate models, scenarios, and projections. In: Climate Science Special Report: Fourth National Climate Assessment», Volume I [Wuebbles, D.J., D.W. Fahey, K.A. Hibbard, D.J. Dokken, B.C. Stewart, and T.K. Maycock (eds.)]. U.S. Global Change Research Program, Washington, DC, USA, pp. 133-160. https://science2017.globalchange.gov/downloads/CSSR_Ch4_Climate_Models_Scenarios_Projections.pdf
- Hernández M. 1993. *La agroclimatología. Instrumento de planificación agrícola. Geographicalia*. Zaragoza-España.
- Hernández N; Soto F.; Caballero A. 2009. «Modelos de simulación de cultivos». *Características y usos Cultivos Tropicales*, vol. 30, núm. 1, pp. 73-82 Instituto

- Nacional de Ciencias Agrícolas La Habana, Cuba,
<https://www.redalyc.org/pdf/1932/193217899013.pdf>
- Hódar J, Zamora R, Cayuela L. 2012. «Cambio Climático y plagas: algo más que el clima». Ecosistemas Revista Científica de Ecología y Medio Ambiente. Universidad de Granada. Madrid.
<https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/viewFile/700/679>
- Houtart François. 2017. «La agricultura campesina e indígena como transición hacia el bien común de la humanidad». <https://lalineadefuego.info/2017/04/20/la-agricultura-campesina-e-indigena-como-transicion-hacia-el-bien-comun-de-la-humanidad-por-francois-houtart/>
- Huang M, Piao S, Ciais P, Peñuelas J, Wang X, Keenan T, Peng S, Joseph A. Berry, Kai Wang, Jiafu Mao, Ramdane Alkama, Alessandro Cescatti, Matthias Cuntz, Hannes De Deurwaerder, Mengdi Gao, Yue He, Yongwen Liu, Yiqi Luo, Ranga B. Myneni, Shuli Niu, Xiaoying Shi, Wenping Yuan, Hans Verbeeck, Tao Wang, Jin Wu, and Ivan A. Janssens. 2019. «Air temperature optima of vegetation productivity across global biomes». <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6491223/>
- IDMC. «Global Report on Internal Displacement 2018», accedido 10 de enero de 2019. <http://www.internal-displacement.org/global-report/grid2018/>.
- INAMHI. 2016. «Boletines Climáticos y Agrícolas». Información para el Agro, accedido el 29 de enero de 2019. <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/boletines-climaticos-y-agricolas/#>
- _____. 2020. «Estación Agrometeorológica». Escuela Politécnica del Chimborazo, accedido el 22/12/2018. <https://www.esPOCH.edu.ec/index.php/estaci%C3%B3n-meteorol%C3%B3gica.html#boletines-mensuales>
- INFOAGRO. «Fertilización Carbónica», accedido el 24 de enero de 2019. http://www.infoagro.com/abonos/fertili_carbonic.htm
- INSAM. 2016. «Agrometeorology». <http://www.agrometeorology.org/>
- International Society for Reef Studies. About Coral Reefs», accedido el 14 de enero de 2019. <http://coralreefs.org/about-coral-reefs/>

- IPBES. 2019. «Media Release: Nature's Dangerous Decline 'Unprecedented'; Species Extinction Rates 'Accelerating'». https://ipbes.net/news/Media-Release-Global-Assessment#_ftn1
- IPCC. 2002. «Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Cambio climático y Biodiversidad. Documento Técnico V del IPCC». <https://archive.ipcc.ch/pdf/technical-papers/climate-changes-biodiversity-sp.pdf>
- _____. 2008. «Climate Change 2007». Synthesis Report. Geneva, Switzerland. 104 pp. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ar4_syr_full_report.pdf
- _____, 2014a: «Cambio climático 2014: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático» [Equipo principal de redacción, R.K. Pachauri y L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Ginebra, Suiza, 157 págs. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/SYR_AR5_FINAL_full_es.pdf
- _____. 2014b. «Climate Change 2014. Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. WGII». https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WGIIAR5-PartA_FINAL.pdf
- _____. 2014c. «Climate Change 2014. Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Summary for policymakers». https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ar5_wgII_spm_en.pdf
- _____. 2018a. «Facts». "IPCC Participants", accedido 13 de diciembre de 2018. <http://www.ipccfacts.org/participants.html>.
- _____. 2018b. «History», accedido 13 de diciembre de 2018. <https://www.ipcc.ch/about/history/>.
- _____. 2019. «Glossary». "Radiative Forcing", accedido 04 de febrero de 2019. https://www.ipcc-data.org/guidelines/pages/glossary/glossary_r.html
- _____. 2020. «Climate Change and Land. An IPCC Special Report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems». Chapter 5. <https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/4/2020/02/SRCCL-Chapter-5.pdf>
- Jacobsen S; Mujica A y Ortiz R. 2003. La importancia de los cultivos andinos». FERMENTUM. Revista Venezolana de Sociología y Antropología. 13(36):14-24.

- Jacobsen, S.-E., Monteros, C., Christiansen, J. L., Bravo, L.A, Corcuera, L. J. y Mujica, A 2004. *Plant response of quinoa (Chenopodium quinoa Willd) to frost at various phenological stages*. European Journal of Agronomy. Vol. 22 (2005), Páginas: 131 - 139.
- Jones Nicola. 2013. Yale Environment 360. «How fast and how far Will Sea Levels Rise?», accedido el: 14 de diciembre de 2018. https://e360.yale.edu/features/rising_waters_how_fast_and_how_far_will_sea_levels_rise.
- Kelley Colin, Mohtadi Shahrzad, Cane Mark, Seager Richard y Kushnir Yochanan. 2015. *Climate Change in the Fertile Crescent and implications of the recent Syrian drought*. Proceedings of the National Academic of Sciences. Vol. 112. No11. Londres.
- Koziol, M. 1992 *Chemical composition and nutritional evaluation of quinoa (Chenopodium quinoa Willd)*. Journal of Food Composition and Analysis. 5, 35-68
- Latour B. 2011. «Esperando a Gaia. Componer el mundo común mediante las artes y la política». Cuadernos de otra parte. <http://www.bruno-latour.fr/sites/default/files/downloads/124-GAIA-SPEAP-SPANISHpdf.pdf>
- León-Yáñez, S., R. Valencia, N. Pitman, L. Endara, C. Ulloa Ulloa & H. Navarrete (eds.) 2011. «Libro rojo de las plantas endémicas del Ecuador», 2ª edición. Publicaciones del Herbario QCA, Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Quito. http://gesneriads.ua.edu/pdf/Gesneriaceae_%20Libro%20Rojo%20Ecuador%202011.pdf
- León X & Yumbra M. 2010. «El Agronegocio en Ecuador». El Caso de la Cadena del Maíz y La Empresa PRONACA. Quito-Ecuador. <http://www.accionecologica.org/documentos/libroagronegocio.pdf>
- Lenton T, Rockström J, Gaffney O, Rahmstorf S, Richardson K, Steffen W & Schellnhuber H. 2019. «Climate tipping points — too risky to bet against. The growing threat of abrupt and irreversible climate changes must compel political and economic action on emissions». <https://www.nature.com/articles/d41586-019-03595-0>
- Living on earth. «CO₂ Can Reduce Food Value», accedido el: 22 de agosto de 2014. <http://www.loe.org/shows/segments.html?programID=14-P13-00034&segmentID=1>

- Lone B, Qayoom S, Singh P, Dar Z, Kumar S, Dar N, Fayaz A, Lyaket N, Bhat M, Singh G. 2017. Climate Change and Its Impact on Crop Productivity. *British Journal of Applied Science & Technology*. 21(5): 1-15, 2017; Article no. BJASt.34148 ISSN: 2231-0843, NLM ID: 101664541. Kashmir – India.
- López, A. 1999. *Evaluación de cuatro variedades de quinua (Chenopodium quinua will) con tres fórmulas de nitrógeno, fósforo y potasio*. Tesis Ingeniería Agronómica. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Técnica de Ambato. Cevallos, Ecuador.
- Mall R.K, Gupta A y Sonkar G. 2017. *Effect of Climate Change on Agricultural Crops*. Department of Science and Technology. https://www.researchgate.net/publication/308945488_Effect_of_Climate_Change_on_Agricultural_Crops/link/5b17ca29458515cd61a9d52a/download
- Mantovani, M., A.R. Ruschel, M. Sedrez dos Reis, A. Puchalski & R.O. Nodari. 2003. *Fenología reproductiva de especies arbóreas em uma formação secundária da floresta Atlântica*. *Rev. Árvore* 27: 451-458.
- Martin Caitlin. 2013. «The Effects of Climate Change on Coral Reef Health». *Scientist American*. <https://blogs.scientificamerican.com/expeditions/the-effects-of-climate-change-on-coral-reef-health/>
- Martínez, L. y Rojas, L. 2007. *Control de heladas en agricultura*. INIA. Santiago de Chile, Chile
- Martínez L. 2013. «La agricultura familiar en el Ecuador». <https://www.flacsoandes.edu.ec/agora/la-agricultura-familiar-en-el-ecuador>
- Martínez E. A., Veas E., Jorquera C., San Martín R y Jara P. 2009. *Re-Introduction of Quinoa into Arid Chile: Cultivation of two lowland Races under extremely low irrigation*. *J. Agronomy & Crop Science* ISSN 0931-2250.
- Marvel Kate y Bonfils Céline. 2013. «Identifying external influences on global precipitation». Vol 110, No 48. Cambridge - Massachusetts, Estados Unidos. <https://www.pnas.org/content/pnas/110/48/19301.full.pdf>.
- Matus I. ed. 2015. «El cultivo de la quinua en Chile». Boletín N°362. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Centro Regional de Investigación Rayentué. Rengo. Chile. 103 p <http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/boletines/NR41416.pdf>
- Mendoza V.P. 2013. «Comparativo de accesiones de quinua (Chenopodium quinua Willd.) en condiciones de costa central». Disponible en:

<http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/1778/F01.M455.T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Monje M., Olave J. 2019. Revisión: «¿Puede el cambio climático afectar la producción de quinoa (*Chenopodium quinoa willd*) en el Altiplano chileno?», Disponible en: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-34292019000100019
- Monteros Guerrero A., Gaethe R., Lema V., Salazar C., Sanchez R., Llive F. 2016 *Panorama agroeconómico Ecuador. Dirección de Análisis y Procesamiento de la Información Sistema de Información Pública Agropecuaria (SIPA). Un Producto: Coordinación General del Sistema de Información Nacional Ministerio de Agricultura y Ganadería. Quito, Ecuador.*
- Moreno J. M., Aguiló E., Alonso S., Álvarez M., Anadón R., Ballester F., Benito G., Catalán J., De Castro M., Cendrero A., Corominas J., Díaz J., Díaz-Fierros F., Duarte C. M., Esteban A., Estrada A., Estrela T., Fariña A., Fernández F., Galante E., Gallart F., García de Jalón L. D., Gil L., Gracia C., Iglesias A., Lapieza R., Loidi J., López F., López-Vélez R., López J. M., De Luis E., Martín-Vide J., Meneu V., Mínguez M. I., Montero G., Moreno J., Moreno J. C., Nájera A., Peñuelas J., Piserra M. T., Ramos M. A., De la Rosa D., Ruiz A., Sánchez-Arcilla A., Sánchez L. J., Valladares F., Vallejo V. R. & Zazo C. (2005). *Evaluación Preliminar de los Impactos en España por Efecto del Cambio Climático.* Ministerio de Medio Ambiente. Zaragoza-España.
- Moreno V. 2016. «Validación del protocolo de control interno de calidad para la producción de semilla de quinua variedad (iniaptunkahuan), bajo dos tipos de fertilización», cadet, 2015.
<http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/7987/1/T-UCE-0004-18.pdf>
- Mujica A; Canahua A y Saravia R. 2001. *Agronomía del cultivo de la quinua. Quinoa (Chenopodium quinua Willd.) Ancestral cultivo andino, alimento del presente y futuro.* Santiago de Chile: FAO, UNA, Puno.
- Mujica A, Jacobsen S, Izquierdo J. y Marathee J. 2001. «Quinoa (*Chenopodium quinua Willd*) Ancestral Cultivo Andino, Alimento del Presente y Futuro». Capítulo 11: *Agronomía del Cultivo de la Quinoa.* FAO. Santiago - Chile.
http://www.fao.org/tempref/GI/Reserved/FTP_FaoRlc/old/prior/segalim/prodali/m/prodveg/cdrom/contenido/libro03/home03.htm

- Mujica A y Jacobsen S. 2001. «Resistencia de la quinua a la sequía y otros factores abióticos adversos, y su mejoramiento». http://www.fao.org/tempref/GI/Reserved/FTP_FaoRlc/old/prior/segalim/prodali/m/prodveg/cdrom/contenido/libro05/cap8.htm
- Müller C, Cramer W, Hare W, Lotze-Campen H. 2011. «Climate change risks for African agriculture. Alemania». <https://www.pnas.org/content/pnas/108/11/4313.full.pdf>
- Mullo A. 2019. «Análisis de la cadena de valor de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en la incorporación de productores y comercializadores orgánicos Bio Taita Chimborazo». Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/288186193.pdf>
- Muñoz L, Monteros C, Montesdeoca P. 1990. «A cocinar con quinua, 92 recetas fáciles de preparar». Publicación Miscelánea No. 55. Estación Experimental Santa Catalina, INIAP. Quito, Ecuador. 89 p.
- National Geographic. «Mass Extinctions. More than 90 percent of all organisms that have ever lived on Earth are extinct». Learn what may cause animal die-offs, accedido el 14 de enero de 2019. <https://www.nationalgeographic.com/science/prehistoric-world/mass-extinction/>
- NASA. 2018. Goddard Institute for Space (GISS), Global Temperature, accedido el: 27 de noviembre de 2018. <https://climate.nasa.gov/vital-signs/global-temperature/>
- NASA. 2019a. Carbon Dioxide, accedido el 3 de diciembre de 2019. <https://climate.nasa.gov/vital-signs/carbon-dioxide/>
- NASA. 2019b. Sea Level, accedido el: 20 de diciembre de 2019. <https://climate.nasa.gov/vital-signs/sea-level/> and <https://sealevel.nasa.gov/understanding-sea-level/overview>.
- Nieto. C. y Vimos C. 1992. La quinua, cosecha y poscosecha. Boletín Divulgativo No. 224. Estación Experimental Santa Catalina, INIAP. Quito, Ecuador.
- Nordgren M. 2011. Cambios Climáticos: percepciones, efectos y respuestas en cuatro regiones de Bolivia. Cuadernos de investigación. 73. La Paz: CIPCA.
- OECD. 2016. Ecuador. Disponible en: <https://atlas.media.mit.edu/es/profile/country/ecu/>
- ONU. 2013. Año Internacional de la Quinua. Sistema de las Naciones Unidas para el Perú. <http://onu.org.pe/ano-internacional-quinu/>
- Papa Francisco. 2015. *Primera Carta Encíclica*. LAUDATO SÍ. Cuidado de la Casa Común.

- Parlatino. 2011. Agrometeorología, la importancia de su desarrollo técnico y los sistemas de información y cooperación internacional. <http://parlatino.org/pdf/comisiones/agricultura/exposicion/xv-agrometeorologia-pma-24-mar-2011.pdf>
- Pe MINAGRI. 2013. Cadena agroproductiva de la QUINUA. <https://www.ciq.org.bo/images/recursosInformacion/repositorioDigital/10%20Principales%20aspectos%20de%20la%20cadena%20productiva.pdf>
- _____. 2017. *Informe. Análisis Económico de la Producción Nacional de la Quinua*. Dirección General de Políticas Agrarias. Dirección de Estudios Económicos e Información Agraria.
- Peñuelas J., Filella I. & Comas P. 2002. *Changed plant and animal life cycles from 1952 to 2000 in the Mediterranean region*. Global Change Biology. Barcelona - España.
- Peterson Thomas, Hoerling Martin, Stott Peter y Herring Stephanie. 2013. *Explaining extreme events of 2012 from a Climate Perspective*. American Meteorological Society. Vol 94, No 9. Carolina Del Norte - USA.
- Peralta E. 2009. LA QUINUA EN ECUADOR “Estado del Arte” <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/805/1/iniapscIgaq1.pdf>
- Peralta E. 2010. Producción y distribución de semilla de buena calidad con pequeños agricultores de granos andinos: chocho, quinua, amaranto. Sistema no convencional. Publicación miscelánea No. 169. Estación Experimental Santa Catalina. INIAP. Quito, Ecuador. 68 p.
- Peralta E., Mazón N. 2014. La Quinua en Ecuador. Capitulo Numero 5.3. “Estado del arte de la quinua en el mundo en 2013”: FAO (Santiago de Chile) y CIRAD, (Montpellier, Francia). <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/2433/1/iniapscCD13.pdf>
- Petit, J y Prudent, G. 2010. Cambio Climático y Biodiversidad en los Territorios de Ultramar de la Unión Europea: UICN. Bruselas - Bélgica. <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2010-064-Es.pdf>
- Pinedo Rember 2018. Sostenibilidad de sistemas de producción de quinua (chenopodium quinua willd.) en agroecosistemas del distrito Chiara, Ayacucho. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/3693/pinedo-taco-rember-emilio.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Portilla Fredi. 2018. *Agroclimatología del Ecuador*. Área de Ciencias de la Vida. Primera Edición. Editorial Universitaria Abya – Yala. Quito-Ecuador.

- Quinoa.pe 2013. La Quinoa. Disponible en: <http://quinua.pe/quinua-caracteristicas/>
- Rago A. 2013. Ciencia y Tecnología de los Cultivos Industriales. Quinoa. Año 3, N° 5 - 2013 ISSN 1853 -7677. https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta-revista-ciencia-y-tecnologa-de-los-cultivos-indu_4.pdf
- Refoyo P, Muñoz B, Polo I, Olmedo C y Requero A. 2013. *El hombre como factor de extinción biológica*. Departamento de Zoología y Antropología Física, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Complutense de Madrid.
- Retamal R, Rojas J, y Parra O. 2011. Percepción al cambio climático y a la Gestión del Agua: aportes de las estrategias metodológicas cualitativas para su comprensión. *Ambiente & Sociedade* 14 (1): 175-94. <https://doi.org/10.1590/S1414-753X2011000100010>.
- Reuters Thomson. 2018. 2018 Was 4th warmest year on record, EU climate change report finds. CBC, accedido 07 de enero de 2019. <https://www.cbc.ca/news/technology/2018-temperatures-copernicus-climate-change-report-1.4968286>.
- Rodríguez M. 1989. La agrometeorología contribuye a prevenir fenómenos climáticos adversos a las labores agrícolas. INAMHI. Ciencia y Tecnología para el Desarrollo Rural. Vol 1 N°5. <http://repositorio.educacionsuperior.gob.ec/bitstream/28000/1107/1/T-SENESCYT-0274.pdf>
- RT News. 2012. El calentamiento global hace que los animales marinos disminuyan su tamaño. <https://actualidad.rt.com/ciencias/view/57855-calentamiento-global-hace-animales-marinos-disminuyan-tamano>
- Sánchez, C. I.; Díaz, P. G.; Cavazos, P. M. T.; Granados, R. R. y Gómez, R. E. 2011. Elementos para entender el cambio climático y sus impactos. Grupo Editorial Miguel Ángel Porrúa. D. F., México. http://biblioteca.diputados.gob.mx/janium/bv/ce/scpd/LXI/elementos_camcli.pdf
- Shabala L, Y Hariadi y S-E Jacobsen (2013). *Genotypic difference in salinity tolerance in quinoa is determined by differential control of xylem Na⁺ loading and stomatal density*. *Journal of Plant Physiology* 170: 906– 914.
- Shevchenko Sergey and Tokarevsky Vladimir. 2011. Space and Time. Institute of Physics of NAS of Ukraine. https://www.researchgate.net/publication/51942303_Space_and_Time

- Simbaqueba R, Serna F, Posada F. 2014. Curaduría, Morfología e Identificación de Áfidos (hemiptera: aphididae) del museo entomológico UNAB. primera aproximación. <http://www.scielo.org.co/pdf/bccm/v18n1/v18n1a17.pdf>
- Sistema Nacional de Información. 2015. Actualización del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial Parroquia de Santiago de Calpi. 2015-2025. Disponible en: http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdocumentofinal/06608218000_01_Calpi%20ultimo%20_30-10-2015_21-08-14.pdf
- Sosa V, Brito V, Fuentes F, Sterinfort U. 2017. Phenological growth stages of quinoa (*Chenopodium quinoa*) based on the BBCH scale. <https://doi.org/10.1111/aab.12358>
- Stigter, C.J., M.V.K. Sivakumar & D.A. Rijks, 2000. *Agrometeorology in the 21st century: workshop summary and recommendations on needs and perspectives*. Agricultural and Forest Meteorology 103: 209-227.
- Stigter, C.J., 2005. *Building stones of agrometeorological services: adaptation strategies based on farmer innovations, functionally selected contemporary science and understanding of prevailing policy environments*. Opening key note lecture at the FPEC Symposium, Fukuoka, Japan. Journal of Agricultural Meteorology (Japan) 60: 525 – 528.
- Stigter Kees (ed). 2010. Applied Agrometeorology. Agroment Vision. Netherlands and Indonesia. ISBN 978-3-540-74697-3. [DOI 10.1007/978-3-540-74698-0](https://doi.org/10.1007/978-3-540-74698-0).
- The AAAS Climate Science Panel. What we know. The reality, risks, and response to climate change. San Diego – Estados Unidos, accedido el 02 de enero de 2019. http://whatweknow.aaas.org/wp-content/uploads/2014/07/whatweknow_website.pdf
- The Atlantic. Does Climate Change Cause More War?, accedido el 22 de diciembre de 2018. <https://www.theatlantic.com/science/archive/2018/02/does-climate-change-cause-more-war/553040/>.
- _____. Across Africa, the worst food crisis since 1985 looms for 50 million, 22 de mayo de 2016a. <https://www.theguardian.com/global-development/2016/may/22/africa-worst-famine-since-1985-looms-for-50-million>

- _____. Five Pacific islands lost to rising seas as climate change hits, 10 de mayo de 2016b. <https://www.theguardian.com/environment/2016/may/10/five-pacific-islands-lost-rising-seas-climate-change>.
- The New York Times. 2020. 2019 Was Second Hottest Year on Record. <https://www.nytimes.com/2020/01/08/climate/2019-temperatures.html>
- The World Bank. 2012. Turn Down the heat. Why a 4°C Warmer World Must be Avoided. <http://documents1.worldbank.org/curated/en/865571468149107611/pdf/NonAsciiFileName0.pdf>
- _____. 2014a. Food Price Watch. “First Quarterly Increase since August 2012”. “The Role of Food Prices in Food Riots”. <http://www.worldbank.org/en/topic/poverty/publication/food-price-watch-may-2014>.
- _____. 2014b. Turn Down the Heat. Confronting the New Climate Normal. Washington DC - USA. <http://documents.worldbank.org/curated/en/317301468242098870/pdf/927040v20WP000ull0Report000English.pdf>
- Thomas R. Karl, Jerry M. Melillo, and Thomas C. Peterson. 2009. *Global Climate Change Impacts in the United States*. A State of Knowledge Report from the U.S Global Research Program. New York- USA.
- Toapanta I. 2016. Duración de las etapas fenológicas y profundidad radicular del cultivo de Quinua (*Chenopodium quinua*), VAR. TUNKAHUÁN en el sector Querochaca, cantón Cevallos, provincia de Tungurahua. Universidad técnica de Ambato. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Carrera de Ingeniería Agronómica. <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/18301/1/Tesis-117%20%20Ingenier%C3%ADa%20Agron%C3%B3mica%20-CD%20372.pdf>
- Tonconi J. 2015. Producción agrícola alimentaria y cambio climático: un análisis económico en el departamento de Puno, Perú. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292015000200014>
- United Nations Climate Change. 2014. Pentágono EE.UU: el cambio climático amenaza la seguridad nacional, accedido el: 22 de diciembre de 2018. <https://unfccc.int/es/news/pentagono-eeuu-el-cambio-climatico-amenaza-la-seguridad-nacional>

- Ulloa A. 2011. *Políticas globales del cambio climático: nuevas geopolíticas del conocimiento y sus efectos en territorios indígenas*. En *Perspectivas culturales del clima*, editado por Astrid Ulloa, 477-94. Bogotá, D.C: Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá, Facultad de Ciencias Humanas, Departamento de Geografía: ILSA, Instituto Latinoamericano para una Sociedad y un Derecho Alternativos.
- Valenzuela D. 2016. Nuevos productos alimenticios en el comercio mundial: situación y perspectivas actuales para el cultivo y exportación de quinua por parte del Ecuador. <http://repositorio.uasb.edu.ec/bitstream/10644/5121/1/T2038-MRI-Valenzuela-Nuevos.pdf>
- Vicens N, Bosch J. 2000. *Weather-dependent pollinator activity in an apple orchard, with special reference to Osmia cornuta and Apis mellifera (Hymenoptera: Megachilidae and Apidae)*. *Environmental Entomology*, 29, 413–420.
- Weather Underground 2015. Earth's 5th Deadliest Heat Wave in Recorded History Kills 1,826 in India, accedido el 02 de enero de 2018. <https://maps.wunderground.com/blog/JeffMasters/earths-5th-deadliest-heat-wave-in-recorded-history-kills-1826-in-ind>.
- Weather Underground. Arctic Sea Ice Decline, accedido el: 14 de diciembre de 2018. <https://www.wunderground.com/climate/SeaIce.asp?MR=1>.
- Whali, Ch. 1990. *Quinua hacia su cultivo comercial*. Latinreco S.A. Quito, Ecuador. 198 p
- Wilches-Chaux, Gustavo, 1989, *Desastres, ecologismo y formación profesional: herramientas para la crisis*, Servicio Nacional de Aprendizaje, Popayán.
- Wilfredo Rojas, Amalia Vargas Mena y Milton Pinto Porcel. 2016. La diversidad genética de la quinua: potenciales usos en el mejoramiento y agroindustria. RIIARn [Vol.3 \(2\):114-124. Julio – Diciembre 2016. ISSN: 2518-6868.](http://www.scielo.org.bo/pdf/riiarn/v3n2/v3n2_a01.pdf)
- Willmer P, Stone G. 2004. Behavioral, ecological, and physiological determinants of the activity patterns of bees. *Advances in the Study of Behavior*, 34, 347–466.
- World Health Organization. 2014. Burden of disease from Household Air Pollution for 2012. Geneva, Switzerland. https://www.who.int/phe/health_topics/outdoorair/databases/FINAL_HAP_AAP_BoD_24March2014.pdf

- Wyett Kelly. 2014. *Asia and the Pacific Policy Studies. Escaping a Rising Tide: Sea Level Rise and Migration in Kiribati*. Australian National University. Vol 1. No 1. Australia.
- Yang Xiu-shi., Quin Pei-you., Guo Hui-min., 2019. Quinoa Industry Development in China. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/335629782_Quinoa_Industry_Development_in_China
- Zenghelis Dimitri. 2014. How much will it cost to cut global greenhouse gas emissions? The London School of Economics and Political Science Grantham Research Institute on Climate Change and the Environmental. <http://www.lse.ac.uk/GranthamInstitute/faqs/how-much-will-it-cost-to-cut-global-greenhouse-gas-emissions/>
- Zingaretti A.; De Vita M.; García M.; Ruiz M.; Bárcena N.; Roqueiro G.; Beuno L. 2015. Fenología de cuatro ecotipos de quinua (*Chenopodium quinua* Willd) sembrados en otoño e invierno (contraestacion), en el valle de Tullum, SAN JUAN, ARGENTINA. https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_-_fenologa_de_cuatro_ecotipos_de_quinua_chenopo.pdf

Anexos

Anexo 1: Consideraciones para tomar una zona con aptitud agroecológica.

FACTOR	VARIABLE	APTITUD AGROECOLÓGICA			
		ÓPTIMA	MODERADA	MARGINAL	NO APTA
SUELO	Pendiente	0 a 25%	25 a 5 %	50 a 70%	> 70%
	Textura	Arenosa (fina, media, gruesa), arenoso franco, franco arenoso (fino a grueso), franco limoso, franco, limoso, franco arcilloso (< 35% de arcilla), franco arcillo arenoso, franco arcillo limoso	Franco arcilloso (> a 35%)	Arcilloso, arcillo arenoso, arcillo limoso	Arcilloso (> 60%)
	Profundidad	Profundos, Moderadamente profundos, Poco profundos	Superficiales	(-)*	(-)*
	Pedregosidad	Sin	Pocas	Frecuentes	Abundantes, Pedregoso a rocoso
	Drenaje	Bueno, Moderado	Excesivo	Mal drenado	(-)*
	Nivel freático	Profundo, Medianamente profundo	(-)*	Superficial	(-)*
	pH	Ligeramente ácido, Neutro, Moderadamente alcalino	Ácido	Muy Ácido	Alcalino
	Toxicidad	Sin, Ligera	Media	(-)*	Alta
	Salinidad	Sin, Ligera	Media	Alta	Muy alta
	Materia orgánica	Muy Alta, Alta, Media	Baja	Muy baja	(-)*
	Nivel de fertilidad	Alta, Media	Baja	Muy baja	(-)*
CLIMA	Precipitación (mm)	500 a 1000	1000 a 1250	0 a 500 1250 a 1500	> 1500
	Temperatura (° C)	11 a 20	8 a 11 20 a 21	6 a 8 21 a 22	< 6 > 22
	Altitud (m.s.n.m.)	2000 a 3500	3500 a 3600	>3600, <2000	(-)*

Elaborado por Ec Ministerio de Agricultura y Ganadería (2014b).

Anexo 3: Insectos que afectan la quinua de las Órdenes Lepidóptera, Coleóptera, Homóptera, Hemíptera, Thysanóptera, Díptera y Ortóptera

ORDEN	FAMILIA	GÉNERO	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	DAÑOS
Thysanóptera	Thripidae	Frankliniella	F. tuberosi Moulton	Trips, Ulawá, Condorillo	Raspador y chupador de hojas y panojas
			F. tabaci Linderman		
Díptera	Agromyzidae	Liriomyza	L. huidobrensis Blanchard	Mosca minadora	Hojas (minas) y defoliación.
Ortóptera	Gryllidae	Gryllus	G. assimilis Fabricius	Grillo	Trozador de plántulas
Coleóptera	Bruehidae	Acanthoscelides	A. diasanus	Escarabajo	Granos
		Acalymma	A. demissa	Escarabajo	Perforador de hojas
	Chrysomelidae	Calligrapha	C. curvilinear Stal	Escarabajo	Hojas, brotes y frutos
		Diabrotica	Diabrotica spp.	Loritos o escarabajos de hojas	Hojas, brotes y frutos
			Diabrotica especies		
		Epitrix	E. subcrinita LeConte	Piki piki, pulguilla saltona	Perforador y defoliadores de hojas
	E. yanazara Beehnye				
	Curculionidae	Adioristus	Adioristus sp.	Escarabajo	Plántulas
	Meloidae	Epicauta	E. latitarsis Haag	Padre kuru, karhua, Acchu, escarabajo negro	Masticadores y defoliadores de hojas
			E. marginata Fabricius		
			E. willei Denier		
	Meloe	Meloe sp.	uchu kuru, llama llama kuru		
	Melyridae	Astylus	A. luteicauda Champ	Escarabajo	Consumo de polen y ocasionalmente daños de flores
			A. laetus Erichson	Escarabajo	
Tenebrionidae	Pilobalia	Pilobalia sp.	Charka charka		
Homóptera	Aphididae	Aphis	A. craccivora Koch	Pulgones, usa, q'omer usa	Pica-chupador hojas y panojas, segregan toxinas, deformación de brotes, y fumagina
			A. gossypii Glover		
		Macrosiphum	M. euphorbiae (Thomas)		
		Myzus	M. persicae (Sulzer)		
Hemíptera	Cicadellidae	Anacuerna	A. centrolina (Melichar)	Cigarritas	Puntos amarillos en hojas
		Bergallia	Bergallia sp.	Cigarritas	Picador - Chupador daño en hojas, inyectan toxinas, originan encrespamiento
		Borogonalia	B. impressifrons (Signore)	Cigarritas	
		Empoasca	Empoasca sp.	Lorito o cigarrita	
		Paratanus	Paratanus spp.	Cigarritas	
	P. exitiosus (Uhler)				
	P. yusti Young				
	Lygaeidae	Geocoris	Geocoris sp.	Chinches	Succionadores -estado ninfal
		Nysius	Nysius simulans	Chinches	Succionadores de granos
	Miridae	Rhinacloa	Rhinacloa sp.	Chinches	Succionadores
		Dagbertus	Dagbertus nr fasciatus	Chinches	Botones florales y frutos
	Dagbertus sp.				
	Nabidae	Nabis	Nabis sp.	Chinches	Succionadores -estado ninfal
Rophalidae		Liorryssus hyalinus,	Chinches	Succionadores de frutos	

Lepidóptera	Geleehiidae	Euryssacca	E. melanocampta (Meyrick)	Polilla de la quinua	1ra. Generación: hojas, brotes tiernos, inflorescencia en formación. 2da. Generación: inflorescencia y frutos inmaduros y maduros
			E. quinoae Povolny	Kcona Kcona	
	Geometridae	Perizoma	P. sordescens Dognin	Medidores cuarta cuarta	Inflorescencias y frutos
	Noctuidae	Agrotis	A. ipsilon (Hufnagel)	Silwi kuru	Cortadores plantas tiernas, defoliadores, daños inflorescencia en formación
		Copitarsia	C. decolora Guenée	Panojero, Ticonas	Defoliadores, minador de inflorescencia tierna, taladrador eje de inflorescencia y consumidor de granos
			C. incommoda Walker		
			C. turbata Herrieh-Sehaeffler		
		Dargida	D. graminivora Walker	Ticonas	Cortadores plantas tiernas, defoliadores, daños inflorescencia en formación
			D. acanthus Herrieh-Sehaeffler		
		Feltia	F. experta Walker	Tikuchi, ticona, gusanos de tierra	Cortadores plantas tiernas, defoliadores, daños inflorescencia en formación
		Helicoverpa	H. quinoa Hardwiek	Tikuchi, ticona, gusanos de tierra	Defoliadores, minador de inflorescencia, taladrador eje de inflorescencia y consumidor de granos
			H. titicacae		
			H. atacamae		
		Heliothis	H. zea (Boddie)	Ticonas	Cortadores plantas tiernas, defoliadores, daños inflorescencia en formación
			H. titicacuensis		
		Peridroma	P. saucia (Hübner)	Cortadores de plantas tiernas	Cortadores plantas tiernas, defoliadores, daños inflorescencia en formación
	P. unipunctata Haworth				
	P. interrupta Maassen				
	Spodoptera	S. eridania (Cramer)	Ticonas	Cortadores plantas tiernas, defoliadores, daños inflorescencia en formación	
		S. frugiperda (J.E. Smith)			
Hymenia	Hymenia sp.	Oruga de las hojas e inflorescencia	Hojas e inflorescencias		
Pyralidae	Herpetogramma	H. bipunctalis (Fabricius).	Polilla de la quinua	Hoja e inflorescencia -granos	
	Spolodea	S. recurvalis (Fabricius).	Oruga de las hojas e inflorescencia	Hoja e inflorescencia -granos	
	Pachyzancia	Pachyzancia sp.	Polilla de la quinua	Hoja e inflorescencia -granos	

Elaborado por FAO (2016b, 74:76).

Anexo 4. Información climática del cantón Riobamba (2010 - 2020).

AÑO	MES	SUM. PRECIPITACIÓN/ CICLO (mm)	M. TEMP. MÁX. (°C)	M. TEMP. MIN. (°C)
2010	Octubre	61,3	22	7,6
2010	Noviembre	103,9	21,7	7,5
2010	Diciembre	74,9	20,4	8,7
2011	Enero	44,6	20,8	7,2
2011	Febrero	137,1	20,5	8,7
2011	Marzo	43,7	21,5	5,9
2011	Abril	158,2	19,9	8,8
2011	Mayo	34,7	20,3	8,6
2011	Junio	30,6	20,6	6,1
2011	Julio	15,2	19,4	7,6
2011	Agosto	11	21,3	7,3
		715,2	20,8	7,6
2011	Octubre	17,9	23,2	7,9
2011	Noviembre	125,5	22,5	8,1
2011	Diciembre	68,9	20,6	9,6
2012	Enero	61,1	20,2	9,5
2012	Febrero	59,1	20,4	8,8
2012	Marzo	28,8	21	9,4
2012	Abril	79,6	21	8,9
2012	Mayo	23,3	19,5	8,5
2012	Junio	11,5	21	5,1
2012	Julio	6,9	20,7	7,3
2012	Agosto	17,4	20,6	5,9
		500	21,0	8,1
2012	Octubre	104,8	21,3	9
2012	Noviembre	45,7	21,8	9,1
2012	Diciembre	12,8	22,5	8,3
2013	Enero	9,6	22,4	9,5
2013	Febrero	90,5	21,1	9,4
2013	Marzo	29,9	21,3	9,3
2013	Abril	43,8	21,8	9,1
2013	Mayo	68,5	20,6	9,4
2013	Junio	17,3	20,4	5,5

2013	Julio	90,5	21,1	9,4
2013	Agosto	8,5	20,7	6,8
		521,9	21,4	8,6
2013	Octubre	49,3	21,9	8,6
2013	Noviembre	37,2	22,6	8,7
2013	Diciembre	18,2	22,4	9,3
2014	Enero	81,7	21,9	9,4
2014	Febrero	15,8	21,5	9,8
2014	Marzo	75,2	21,1	9,6
2014	Abril	38	20,9	9,5
2014	Mayo	89,4	20,5	9,6
2014	Junio	38	19,6	8,2
2014	Julio	12,6	20,3	5,9
2014	Agosto	19,7	19,6	7,6
		475,1	21,1	8,7
2014	Octubre	61,7	21,5	8,8
2014	Noviembre	28,4	22,9	9,1
2014	Diciembre	33	21,1	8,4
2015	Enero	34,2	20,4	9,5
2015	Febrero	15,8	21,5	9,8
2015	Marzo	113,2	20,5	10,4
2015	Abril	44,2	20,1	9,7
2015	Mayo	43,1	20,3	9,7
2015	Junio	24,9	20	8,6
2015	Julio	32,5	20,2	6,1
2015	Agosto	8,9	20,8	8,1
		439,9	20,8	8,9
2015	Octubre	57,4	22	9,7
2015	Noviembre	72	21,5	9,8
2015	Diciembre	13,4	21,9	9,2
2016	Enero	43,7	24,3	10,5
2016	Febrero	11,9	22,2	10,6
2016	Marzo	124,4	21,2	11
2016	Abril	107,3	21,7	11,1
2016	Mayo	21,3	21,5	9,8
2016	Junio	47,6	19,1	8,9
2016	Julio	6,8	19,9	6,5
2016	Agosto	7,1	21,2	7,6
		512,9	21,5	9,5
2016	Octubre	58,5	22,6	9,2

2016	Noviembre	28,5	23,9	8,8
2016	Diciembre	49,7	22,3	9,7
2017	Enero	81,8	21,6	9,5
2017	Febrero	124	21	9,4
2017	Marzo	150,2	19,8	9,8
2017	Abril	59	20,5	10
2017	Mayo	67,9	20,1	9,8
2017	Junio	82	20	9,1
2017	Julio	8	19,2	6,7
2017	Agosto	25,4	21	7,2
		735	21,1	8,9
2017	Octubre	41,2	22,4	8,6
2017	Noviembre	49,2	23,1	8,9
2017	Diciembre	72,3	21,9	9,3
2018	Enero	46,7	20,5	5,1
2018	Febrero	24,4	22,4	8,7
2018	Marzo	40,9	22	8,8
2018	Abril	99,6	20,6	5,2
2018	Mayo	90,2	19,6	9,5
2018	Junio	3,2	20,2	8,3
2018	Julio	11,1	20,4	7,9
2018	Agosto	8,7	19,9	7,5
		487,5	21,2	8,0
2018	Octubre	35,5	23	9,1
2018	Noviembre	127,8	21,7	10,2
2018	Diciembre	50,4	19,7	9,3
2019	Enero	38,7	21,6	9,5
2019	Febrero	30,7	21,7	10,4
2019	Marzo	27,5	22,2	10
2019	Abril	78	21,5	9,7
2019	Mayo	50,3	20,8	9,4
2019	Junio	19,6	20,1	8,8
2019	Julio	2,8	20,5	4,5
2019	Agosto	3,4	20,2	7,1
		464,7	21,2	8,9
2019	Octubre	32,3	20,6	8,6
2019	Noviembre	83,4	22	9,6
2019	Diciembre	59,8	21,9	9,6
2020	Enero	54,1	22,1	4,9
2020	Febrero	57,7	22,4	9,5

2020	Marzo	15,5	22,4	10,1
2020	Abril	18,3	21,6	9,8
2020	Mayo	30,7	21,7	10,2
2020	Junio	56	20,6	8,5
2020	Julio	41,5	19,2	8,4
2020	Agosto	41,9	21,7	7,3
		491,2	21,5	8,8

Fuente: INAMHI 2020 y Elaboración: Propia

Anexo 5. Encuesta

Encuesta dirigida a productores de quinua en el Cantón -----, Parroquia-----, Provincia de Chimborazo.

Fecha:.....Lugar:.....Hora:.....

Nombre del Encuestado: Género: Hombre.....

Mujer.....

Edad:..... Referencia de su ubicación dentro de la
comunidad.....

Autoidentificación:..... Años de estudios:.....

Objetivo: Conocer la percepción de la comunidad frente al impacto económico del Cambio Climático en cultivos de quinua.

1.- El terreno de en donde tiene su producción de cultivo/s es:

- a) Propio
- b) Arrendado
- c) Propiedad familiar
- d) Otros

2.- ¿Qué porcentaje de la ganancia de la cosecha se va para pagar el arriendo del terreno?.....

3.-¿De qué tamaño es el terreno de su producción agrícola?

- a) Más de una Hectárea.....
- b) Una Hectárea
- c) Menos de una hectárea.....
- d) Parcela.....

4.- Mano de obra para el trabajo dentro de la finca es:

- a) Del Propietario
- b) Familiar
- c) Contrata

5.- ¿Cuántos años lleva usted cultivando quinua?.....

6.- ¿Qué porcentaje del terreno utiliza para el cultivo de quinua?

- a) 100%
- b) 75%
- c) 50%
- d). 25% o menos

7.- De la producción total de quinua, ¿Cuánto es para la venta aproximadamente?

- a) 100%
- b) 75%
- c) 50%
- d).25% o menos

8.- ¿Qué variedad o ecotipo de quinua utiliza para la siembra?

- a) Tunkahuan
- b) Chimborazo

c) Otro.....

9.- ¿Por qué prefiere esa variedad o ecotipo y desde cuándo lo siembra?

.....

10.- ¿Cuál es su Calendario de siembra?.....

11.- La producción agrícola de su cultivo que tiempo dura aproximadamente ¿desde la siembra hasta la última cosecha?

- a) Mayo
- b) Junio
- c) Julio
- d) Agosto

12.- ¿Emplea agroquímicos en el cultivo de quinua?

- a) Si
- b) No

13.- Cómo realiza los trabajos de producción de su cultivo (ej: preparación de tierra, siembra, aporque, cosecha, etc.)

- a) Trabajo con maquinaria a motor.
- b) Trabajo familiar y campesina
- c) Combinadas con maquinaria y fuerza de trabajo

14.- ¿Qué tipo de riego emplea en sus cultivos?

- a) Acequia /rio
- b) Cosecha de agua (lluvia/neblina)
- c) Agua de red comunitaria
- d) Otros.

15.- ¿A más de la quinua tiene cultivados más productos?

- a) No
- b) Si

¿Cuáles?.....

.....

16.- ¿En su producción agrícola emplea reciclaje de materia orgánica y estiércol de animales menores?

- a) Si
- b) A veces
- c) Nunca

17.- ¿Para emplear abonos, fertilizantes para desarrollo y crecimiento de la quinua que emplea usted?

- a) Biol
- b) Compostaje
- c) Mulch
- d) Estiércol
- e) Plantas fijadoras de nitrógeno
- f) Bocashi.
- g) Abonos y fertilizantes químicos

18.- ¿De dónde obtiene las semillas para la siembra de quinua?

.....

19.- ¿De dónde obtiene los productos para fertilización, control de malezas y plagas del cultivo de quinua?

- a) Compra en cada de agroproductos
- b) Los obtiene de organismos estatales (INIAP/Agrocalidad-MAG)
- c) Los obtiene de organizaciones no gubernamentales

20.- En su producción cuanta cantidad de dinero invirtió para implementar su cultivo de quinua?

.....

21.- ¿Cuál es el Ingreso total que obtiene por el cultivo de quinua

.....

22.- ¿Cuál es el costo de producción de la quinua?.....

23.- Cuanto es el gasto por mes por compra de implementos de producción y fumigación y/o mantenimiento y desarrollo para el cultivo de quinua

.....

24.- Del total sembrado del cultivo de quinua, ¿cuál es el rendimiento esperado?

.....

25.- ¿Los conocimientos de producción agrícola como lo adquirieron?

- a) Asesoría profesional
- b) Empíricamente
- c) Conocimiento Ancestral y Local
- d) Otros

26.- ¿Qué prácticas o técnicas utiliza para el mantenimiento y fertilización del suelo de su cultivo?

- a) Abonos químicos
- b) Abonos orgánicos
- c) Ninguno
- d) Otros.

27.- ¿Usted como productor, al finalizar el cultivo productivo de quinua, que producto siembra en el terreno?

- a) mismo producto
- b) otro producto. Especifique.....

28.- ¿Le es rentable económicamente sembrar quinua?

.....

29.- ¿Dónde vende usted sus productos cosechados? Especificar si es para exportación

.....

.....

Firma

Anexo 6. Prácticas Agrícolas orgánicas.

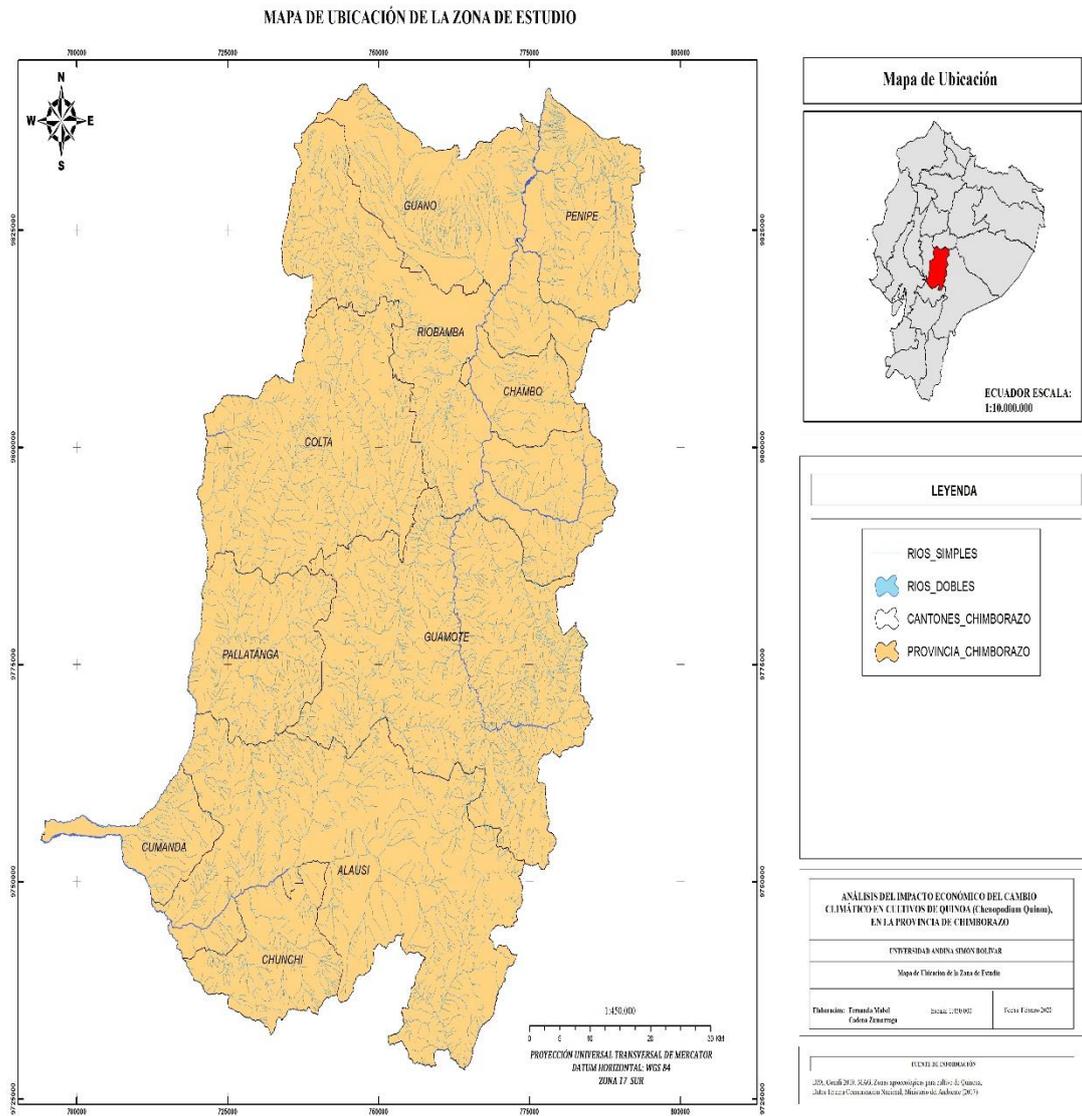


Fuente y elaboración: Propia

Anexo 7. Preguntas sobre percepción al Cambio Climático

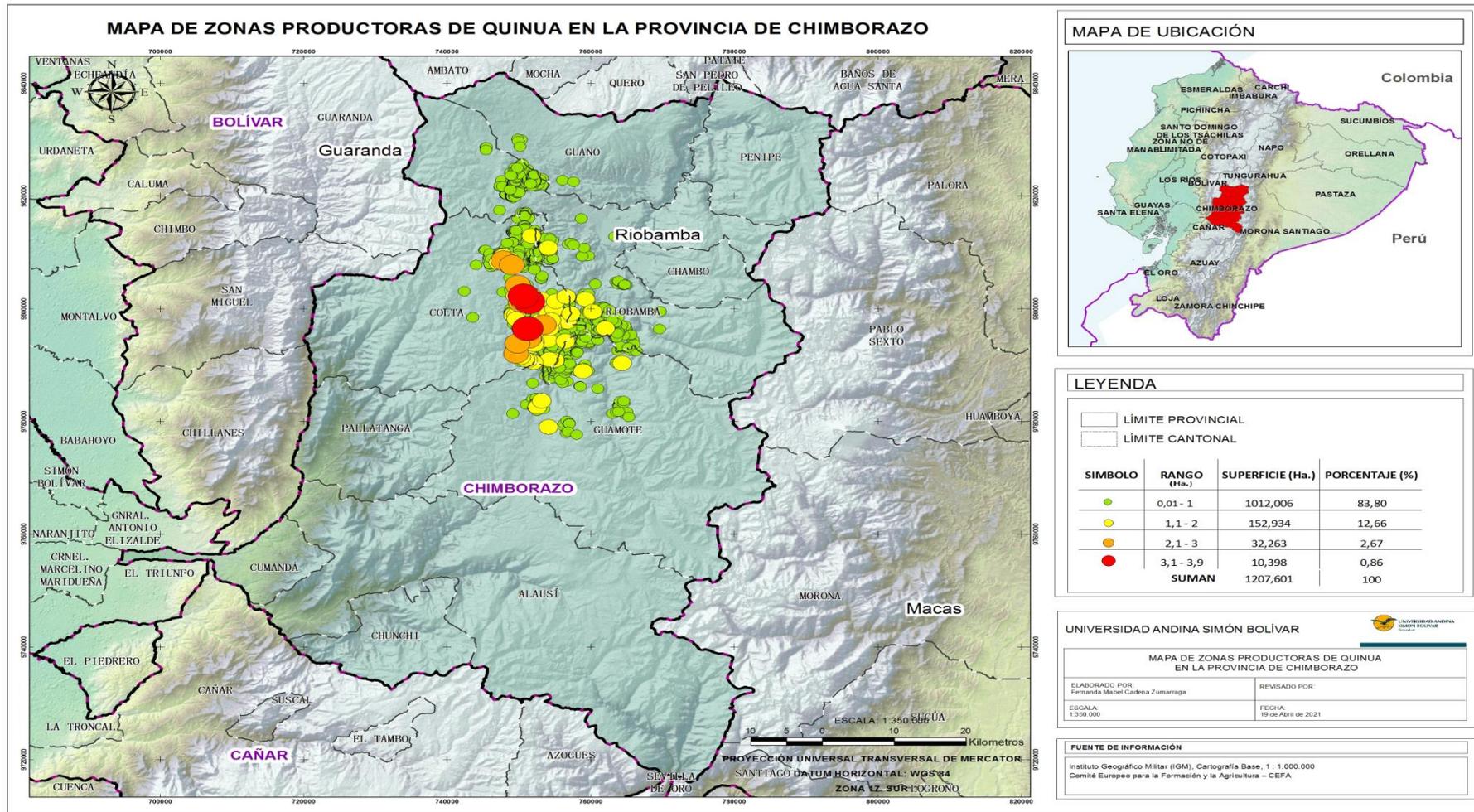
1. ¿Los agricultores encuestados consideran que el clima ha cambiado comparado con hace 10 o 20 años atrás?
2. ¿Ha oído hablar de cambio climático, si su respuesta es sí, comente que es lo que ha oído al respecto?
3. ¿Qué percepciones tienen los agricultores de quinua de las comunidades investigadas sobre los efectos del cambio climático?
4. ¿Cuáles son las problemáticas o efectos adversos/negativos que los agricultores han tenido a causa del clima?
5. ¿Los agricultores han observado cambios en el tamaño, color y forma de: las hojas, tallo, flores y en el grano de quinua, a causa del clima extremo?
6. ¿Los agricultores han observado un retraso o un adelanto en los días de inicio de la floración y del inicio de la madurez del grano, en comparación con hace 10 o 20 años?
7. ¿De acuerdo a la experiencia de los agricultores a qué condiciones climáticas se adapta mejor la quinua?
8. ¿Los agricultores consideran que la época seca es más fuerte y prolongada?
9. ¿A su criterio que está sucediendo con la lluvia?
10. ¿Los agricultores consideran que el agua es más escasa comparada con hace 10 a 15 años atrás?
11. ¿Los agricultores consideran que en la actualidad el problema de plagas en el cultivo de quinua ha aumentado o disminuido comparado con hace 10 años?
12. ¿Los agricultores consideran que el clima influye en la aparición de plagas o enfermedades en los cultivos de quinua?
13. De las etapas fenológicas de la quinua cuál o cuáles son perjudicadas por la falta de lluvia, lluvia intensa, granizadas, heladas.

Anexo 8. Mapa ubicación zona de estudio



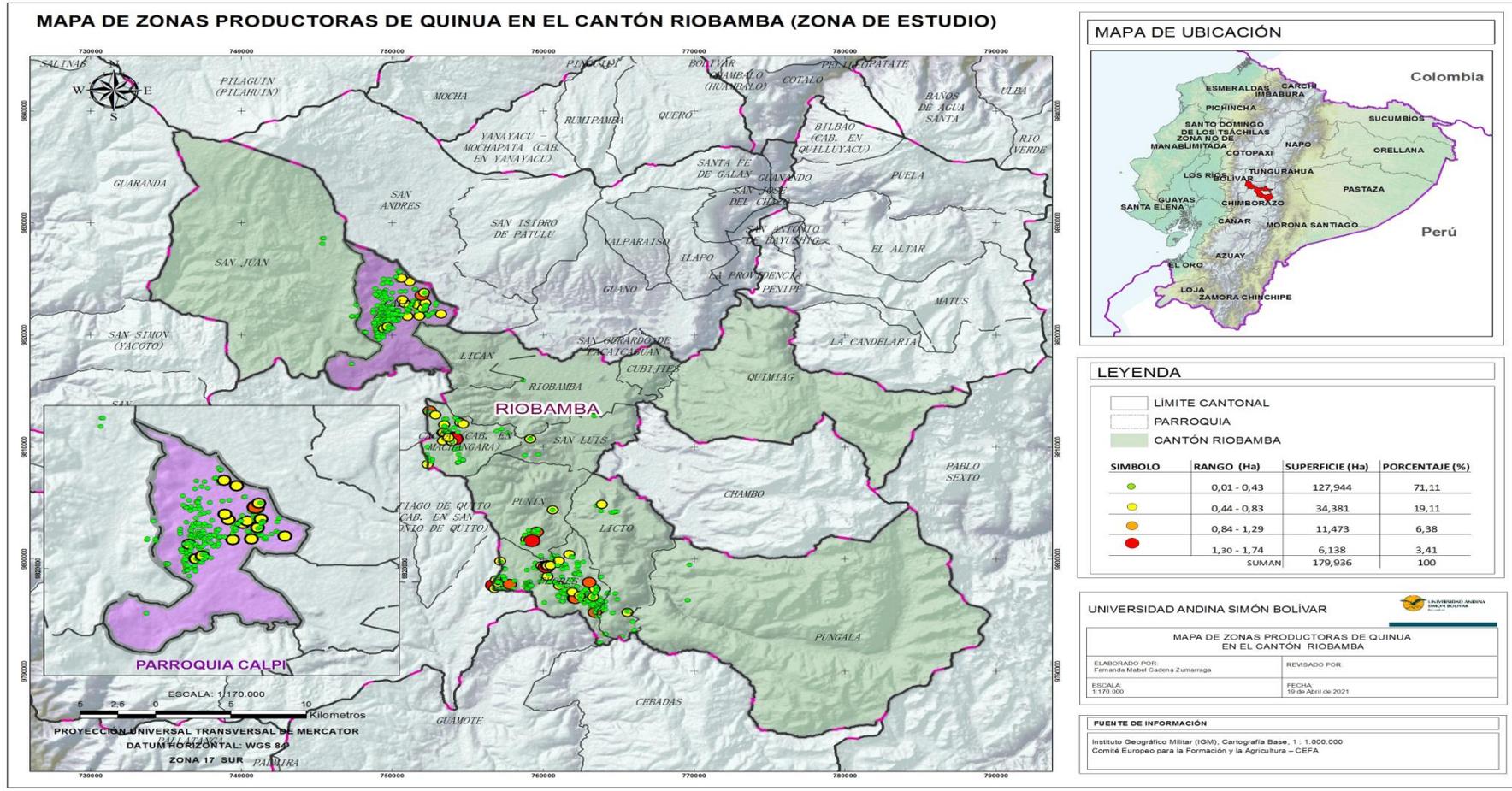
Fuente y elaboración: Propia

Anexo 9. Mapa de algunas de las zonas productoras del Norte de la provincia con intervención de CEFA.



Fuente y Elaboración: Propia

Anexo 10. Mapa de algunas zonas productoras de quinua en el cantón Riobamba y la zona de encuestas y entrevistas (Parroquia Calpi).



Fuente y Elaboración: Propia

Anexo 11. Análisis Económico Financiero sobre la afectación de los ingresos a los agricultores

Premisa 1	Caso que los productores oferten quinua orgánica en estos lugares, aunque los precios sean inferiores a los pagados por las empresas asociativas exportadoras a pesar de que en estos sitios la quinua orgánica o convencional es lo mismo; es decir no valoran la calidad del producto.
Premisa 2	Las tendencias de los últimos 3 años refleja la tendencia futura
Premisa 3	La premisa 1 se cumple debido a requisitos de los exportadores, no aceptación del producto, lo que en cierta forma obliga a los productores a aceptar el precio disponible a cambio de liquidez
Premisa 4	Los cultivos y las personas que se dedican a la agricultura en general deberán adaptarse a los escenarios climáticos adversos en cada zona.
Premisa 5	Existe un alto riesgo en el cultivo, lo que debería ser compensado con una alta tasa de retorno
Premisa 6	Variable temperatura máxima - (Tmax) presenta una tendencia creciente en promedio de 20.8 °C a 21.5 °C
Premisa 7	Variable temperatura mínima - (Tmin) de igual manera evidencia un incremento pasando de un promedio de 7.6 °C a 8.8 °C en los últimos años (2018-2020) se refleja que las temperaturas mínimas son más bajas y frecuentes. Para el caso del Ecuador el MAG (Anexo 1) informa que la temperatura óptima esta entre 11 – 20°C
Premisa 8	Los costos de producción en las tres comunidades investigadas según los agricultores que siembran quinua, están entre los \$50 a \$80 (para las parcelas menores o iguales a 0.10 Ha.) \$140 a \$400 (para la suma de minifundios entre 0.20- 0.50 Ha.) \$450 a 700 (para la suma de minifundios entre 0.60 – 0.90 Ha.)
Premisa 9	Existe una tendencia a la reducción del rendimiento, por agotamiento de suelos, por cambio climático y otros, se considera el valor mínimo de rendimiento
Premisa 10	Rendimiento aproximado de 22 quintales/hectárea.

Dimension	Costo de Producción	Dimensión prorrateada al rendimiento promedio, Tabla 9	Producción (Quintales)	Ingresos por venta convencional, valor promedio tabla 10	Beneficio en 180 días	Tasa en 270 días, periodo de producción estimado	Tasa en 361 días	Costo dimensionado a Ha	Ingresos por venta organica, valor promedio tabla 10
0,1	80	0,09	2,09	\$ 111,16	\$ 31,16	39%	52%	800,00	\$ 174,15
0,2	140	0,19	4,17	\$ 348,30	\$ 208,30	149%	199%	700,00	\$ 348,30
0,5	400	0,47	10,43	\$ 555,82	\$ 155,82	39%	52%	800,00	\$ 870,75
0,6	450	0,57	12,51	\$ 666,99	\$ 216,99	48%	64%	750,00	\$ 1.044,90
0,9	700	0,85	18,77	\$ 1.000,48	\$ 300,48	43%	57%	777,78	\$ 1.567,35

La tasa obtenida en la producción de quinua en terrenos menores a 1 Ha se considera atractiva. En una póliza de inversión dentro de una IFI se puede llegar a obtener hasta un 8,7% con un riesgo bajo, mientras que se puede obtener hasta un rendimiento del 10% en una IFI con riesgo medio.

AGRICULTORES ORGÁNICOS

Período	Rendimiento (Tm/Ha)	Rendimiento (qq/Ha)	Ingreso por venta
2010-2011	1,20	24,50	\$ 2.046,08
2011-2012	1,25	25,53	\$ 2.131,34
2012-2013	1,23	25,12	\$ 2.097,24
2013-2014	1,26	25,73	\$ 2.148,39
2014-2015	1,00	20,42	\$ 1.705,07
2015-2016	1,15	23,48	\$ 1.960,83
2016-2017	1,20	24,50	\$ 2.046,08
2017-2018	0,90	18,38	\$ 1.534,56
2018-2019	0,91	18,58	\$ 1.551,61
2019-2020	0,98	20,01	\$ 1.670,97

Utilidad por Ha, poco tecnificado	Variacion anual
1.246,08	
1.331,34	6,8%
1.297,24	-2,6%
1.348,39	3,9%
905,07	-32,9%
1.160,83	28,3%
1.246,08	7,3%
734,56	-41,1%
751,61	2,3%
870,97	15,9%

Utilidad por Ha, tecnificado	Variacion anual
1.283,08	
1.368,34	6,6%
1.334,24	-2,5%
1.385,39	3,8%
942,07	-32,0%
1.197,83	27,1%
1.283,08	7,1%
771,56	-39,9%
788,61	2,2%
907,97	15,1%

-30%

-29%

Costo por Ha, poco tecnificado	Costo por Ha, tecnificado
800,00	763,00

El ingreso por venta es una constante de 83.5 que es el promedio de los 10 años

AGRICULTORES CONVENCIONALES

Período	Rendimiento (Tm/Ha)	Rendimiento (qq/Ha)	Ingreso por venta
2010-2011	1,20	24,50	\$ 1.306,06
2011-2012	1,25	25,53	\$ 1.360,48
2012-2013	1,23	25,12	\$ 1.338,71
2013-2014	1,26	25,73	\$ 1.371,37
2014-2015	1,00	20,42	\$ 1.088,39
2015-2016	1,15	23,48	\$ 1.251,64
2016-2017	1,20	24,50	\$ 1.306,06
2017-2018	0,90	18,38	\$ 979,55
2018-2019	0,91	18,58	\$ 990,43
2019-2020	0,98	20,01	\$ 1.066,62

Costo por Ha, poco tecnificado	Costo por Ha, tecnificado
800,00	763,00

El ingreso por venta es una constante de 53.3 que es el promedio de los 10 años

Utilidad por Ha, poco tecnificado	Variación anual
506,06	
560,48	10,8%
538,71	-3,9%
571,37	6,1%
288,39	-49,5%
451,64	56,6%
506,06	12,0%
179,55	-64,5%
190,43	6,1%
266,62	40,0%

-47%

Utilidad por Ha, tecnificado	Variación anual
543,06	
597,48	10,0%
575,71	-3,6%
608,37	5,7%
325,39	-46,5%
488,64	50,2%
543,06	11,1%
216,55	-60,1%
227,43	5,0%
303,62	33,5%

-44%