

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

LA MOLINA

FACULTAD DE CIENCIAS



**“ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN
LOS CULTIVOS DE PAPA Y MAÍZ EN LA CUENCA DE MITO –
DISTRITO DE QUISQUI, REGIÓN HUÁNUCO”**

Presentada por:

EDSON JAIR ARIAS HUACHAMBER

Tesis para Optar el Título Profesional de:

BIÓLOGO

Lima – Perú

2020

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

FACULTAD DE CIENCIAS

**“ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN
LOS CULTIVOS DE PAPA Y MAÍZ EN LA CUENCA DE MITO –
DISTRITO DE QUISQUI, REGIÓN HUÁNUCO”**

Presentada por:

EDSON JAIR ARIAS HUACHAMBER

Tesis para Optar el Título Profesional de:

BIÓLOGO

Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:

Mg, Sc. Diana Zulema Quinteros Carlos
PRESIDENTE

M. Sc. Rolando Percy Egusquiza Bayona
MIEMBRO

Mg. Sc. Julian Chura Chuquiya
MIEMBRO

Maest. Cs. Juan Torres Guevara
ASESOR

Dr. Alexis Nicolás Ibáñez Blancas
CO-ASESOR

DEDICATORIA

Todo este esfuerzo a

Mis queridos padres Jose y Elizabet y a mis hermanos

A los guías de este trabajo, Juan Torres y Nicolas Ibáñez

AGRADECIMIENTO

Agradezco de manera muy especial a las Comunidad Campesina de Santa Rosa de Monte y San Pedro de Cani, en la persona de los señores Juan Goñi y Jamie Rosado, porque con su apoyo incondicional y la confianza que depositaron en mí, se hizo posible esta investigación.

A mis profesores y asesores Nicolas Ibañez y Juan Torres por darme la oportunidad de realizar esta investigación con su asesoría, permitirme ser parte del equipo de investigadores del Centro de Investigación de Zonas Áridas, y los consejos para el camino de la vida profesional.

Al Programa Nacional de Innovación Agraria (PNIA), por el financiamiento para la realización de esta investigación en el marco del Proyecto PNIA UNALM 027-2015 “Diversidad, flujo génico de cultivos andinos y seguridad alimentaria: contrarrestando procesos de erosión genética para enfrentar a los inciertos escenarios de cambio climático.

A los profesores e investigadores que ayudaron en gran medida a mi trabajo dándome luces para el entendimiento del mismo: Alejandro Casas, Fabiola Parra, Ignacio Torres, Alicia Castillo, Mariana Vallejo, Pedro Rau y Guillermo Murray

Aprovecho este espacio para expresar, todo mi agradecimiento a mis padres, creer en mí, por brindarme los medios para desarrollarme como persona y permitirme explorar las regiones más hermosas del Perú y el mundo. Gracias por todo.

Gracias a Claudia, por su paciencia, apoyo y todo su amor en estos años.

A mis amigos Jose Anibal, Alonso Reyes, Marggiori, Juan, Sphyros, Aracelly, Maria

ÍNDICE GENERAL

| | |
|--|-----------|
| RESUMEN | viii |
| ABSTRACT | ix |
| I. INTRODUCCIÓN | 1 |
| II. REVISIÓN DE LITERATURA | 5 |
| 2.1. ECOSISTEMAS DE MONTAÑA | 5 |
| 2.2. CLIMA | 5 |
| 2.3. VARIABILIDAD DEL CLIMA..... | 6 |
| 2.4. CAMBIO CLIMÁTICO | 6 |
| 2.5. ESCENARIOS DEL FUTURO | 7 |
| 2.6. ESCENARIOS DE EMISIÓN PARA CAMBIO CLIMÁTICO | 7 |
| 2.7. MODELOS DE CIRCULACIÓN GLOBAL | 8 |
| 2.8. MODELAMIENTO DE NICHOS ECOLÓGICOS..... | 9 |
| 2.9. COMUNIDADES CAMPESINAS | 9 |
| 2.10. PAPA | 10 |
| 2.10.1. Papa Canchan..... | 11 |
| 2.10.2. Papa Hualash..... | 12 |
| 2.11. MAÍZ | 12 |
| 2.11.1 Maíz Morocho..... | 14 |
| 2.12. CONOCIMIENTO ECOLÓGICO TRADICIONAL | 14 |
| 2.13. EL CLIMA RELACIONADO A LOS CONOCIMIENTOS TRADICIONALES | 14 |
| III. MATERIALES Y MÉTODOS | 16 |
| 3.1. ÁREA DE ESTUDIO | 16 |
| 3.2. METODOLOGÍA PARA EL ANÁLISIS DEL CLIMA PERIODO 1980 -2013..... | 17 |
| 3.2.1. Estado de las estaciones meteorológicas en la cuenca de mito..... | 17 |

| | |
|--|-----------|
| 3.2.2. Metodología para completar los vacíos de información en las series climáticas | 18 |
| 3.2.3. Metodología para el análisis de las tendencias climáticas en la cuenca de mito..... | 20 |
| 3.3. ESCENARIO CUANTITATIVO: METODOLOGÍA PARA MODELAR LA DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DE LA PAPA Y MAÍZ FRENTE A UN ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO | 21 |
| 3.3.1. Selección y georreferenciación de cultivos de papa y maíz a modelar | 21 |
| 3.3.2. Selección del tipo de escenario frente al cambio climático | 21 |
| 3.3.3. Selección de modelos climáticos para el escenario actual y RCP 4.5 al año 2050..... | 22 |
| 3.3.4. Elección de variables climáticas para el escenario actual y futuro | 23 |
| 3.3.5. Preparación y manejo de las variables climáticas actuales y futuras..... | 23 |
| 3.3.6. Variables climáticas para el escenario actual y futuro..... | 24 |
| 3.3.7. Metodología calcular la variación espacial de las variables climáticas para el escenario RCP 4.5 al año 2050 | 25 |
| 3.3.8. Metodología para calcular el área de la distribución potencial actual y al año 2050 | 26 |
| 3.4. ESCENARIO CUALITATIVO: METODOLOGÍA PARA GENERAR ESCENARIOS FUTUROS A PARTIR DE LAS PERCEPCIONES DE LAS COMUNIDADES PRODUCTORAS DE PAPA Y MAÍZ..... | 30 |
| 3.4.1. Metodología de la matriz de aspectos y definición de impulsores de cambio | 31 |
| 3.4.2. Metodología de la técnica de las historias de futuro y construcción de escenarios | 32 |
| 3.4.3. Estructura del taller y procesamiento de datos | 32 |

| | |
|---|-----------|
| IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES..... | 33 |
| 4.1. SERIES HISTÓRICAS DE LAS VARIABLES METEOROLÓGICAS | 33 |
| 4.1.1. Control de calidad para completar series históricas..... | 33 |
| 4.1.2. Series históricas completas | 34 |
| 4.2. MODELOS DEL CLIMA ACTUAL Y FUTURO AL AÑO 2050 | 38 |
| 4.2.1. Condiciones climáticas para el escenario actual según el modelo GENERIC GRID FORMAT | 38 |
| 4.2.2. Condiciones climáticas para el escenario futuro al año 2050 según el promedio de los modelos ACCESS1-0, HADGEM2-ES, HADGEM2-AO | 38 |
| 4.2.3 Distribución espacial de la variación de las condiciones climáticas con respecto al año 2050 | 39 |
| 4.3 MODELADO DE LA INFLUENCIA DEL CAMBIO CLIMÁTICO AL AÑO 2050 | 40 |
| 4.4 GENERACIÓN DE ESCENARIOS CUALITATIVOS | 46 |
| 4.4.1 Matriz de aspectos y definición de impulsores del cambio | 46 |
| 4.4.2. Generación de escenarios..... | 49 |
| V. CONCLUSIONES | 52 |
| VI. RECOMENDACIONES..... | 53 |
| VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 54 |
| VIII. ANEXOS..... | 64 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1: Resumen de los modelos climáticos elegidos para el presente trabajo | 22 |
| Tabla 2: Variables climáticas para cada modelo climático descargados del WorldClim | 23 |
| Tabla 3: Valores de las capas raster para conocer la influencia frente al Cambio Climático..... | 29 |
| Tabla 4: Análisis de factores que fue completada por los agricultores | 31 |
| Tabla 5: Valores del Área Bajo la Curva como resultado del modelado de nicho ecológico con MaxEnt | 41 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1: Fenología de la papa | 11 |
| Figura 2: Fotografía de la variedad papa Canchan..... | 11 |
| Figura 3: Fotografía de la variedad papa Hualash..... | 12 |
| Figura 4: Fenología del maíz..... | 13 |
| Figura 5: Fotografía de las razas de maíz morocho | 14 |
| Figura 6: Ubicación del distrito de Quisqui, Huánuco..... | 16 |
| Figura 7: Rango de altitudes para cuenca de Mito | 17 |
| Figura 8: Ubicación de las estaciones meteorológicas Puente Higueras y Jacas Chico | 17 |
| Figura 9: Ubicación de las estaciones meteorológicas Canchan, Huánuco y Puente Higueras..... | 18 |
| Figura 10: Representación de un Raster..... | 24 |
| Figura 11: Distribución temporal de la precipitación anual periodo 1989 -2013 | 35 |
| Figura 12: Distribución temporal de la Temperatura máxima anual periodo 1989 -2013..... | 36 |
| Figura 13: Distribución temporal de la Temperatura mínima anual periodo 1989 -2013..... | 37 |
| Figura 14: Distribución temporal de las anomalías de precipitación anual (mm) periodo 1980 – 2013 | 37 |
| Figura 15: Distribución espacial de la variación de precipitación anual (mm) respecto al año 2050 | 39 |
| Figura 16: Distribución espacial de la variación de Temperatura máxima anual (mm) respecto al año 2050..... | 39 |

| | |
|---|----|
| Figura 17: Distribución espacial de la variación de Temperatura mínima anual (mm) respecto al año 2050..... | 40 |
| Figura 18: Mapas de distribución potencial para el cultivo papa canchan..... | 41 |
| Figura 19: Mapas del impacto del cambio climático al año 2050..... | 42 |
| Figura 20: Mapas de distribución potencial para el cultivo papa Hualash Largo | 42 |
| Figura 21: Mapas del impacto del cambio climático al año 2050..... | 43 |
| Figura 22: Mapas de distribución potencial para el cultivo maíz Morocho..... | 43 |
| Figura 23: Mapas del impacto del cambio climático al año 2050..... | 44 |
| Figura 24: Interacción entre los factores donde las flechas rojas indican influencia positiva y las flechas azules influencias negativas | 48 |
| Figura 25: : Ilustración para el escenario de maíz al año 2050 elaborado por los productores de maíz..... | 49 |
| Figura 26: Ilustración para el escenario de papa al año 2050 elaborado por los productores de papa | 50 |

ÍNDICE DE ANEXOS

| | |
|--|----|
| ANEXO 1: Análisis descriptivo de la precipitación para las estaciones meteorológicas cercanas a la cuenca de Mito..... | 64 |
| ANEXO 2: Validación para los datos de precipitación de las estaciones cercanas a la cuenca de Mito..... | 64 |
| ANEXO 3: Análisis descriptivo de la temperatura máxima para las estaciones meteorológicas cercanas a la cuenca de Mito..... | 64 |
| ANEXO 4: Validación para la Temperatura máxima para las estaciones cercanas a la cuenca de Mito. | 65 |
| ANEXO 5: Análisis descriptivo de la Temperatura mínima de las estaciones cercanas a la cuenca de Mito. | 66 |
| ANEXO 6: Validación para la Temperatura mínima de las estaciones meteorológicas a la cuenca de Mito. | 66 |
| ANEXO 7: Distribución espacial de las condiciones climáticas para el escenario actual y futuro al año 2050. | 67 |
| ANEXO 8: Matriz de aspectos para el cultivo de papa | 68 |
| ANEXO 9: Matriz de aspectos para el cultivo de maíz | 69 |

RESUMEN

En la cuenca de Mito se encuentran la comunidad campesina de Santa Rosa de Monte Azul y el centro poblado de San Pedro de Cani, y como en muchas comunidades de los andes tropicales, son altamente vulnerables frente a los efectos del cambio climático. Así mismo, algunos campesinos comentan de un cambio en el tiempo meteorológico y en amenazas que cada vez son más frecuentes en sus cultivos. El presente estudio se realizó con el objetivo de comparar escenarios futuros, cuantitativos y cualitativos, frente al cambio climático para los cultivos de papa y maíz en la cuenca de Mito. Con objetivos específicos que se centran en determinar tendencias climáticas, generar escenarios cuantitativos, y generar escenarios cualitativos. Los resultados de tendencias arrojaron que para en los años 1980 – 1989, 1990 – 1999, 2000 – 2013, la precipitación anual presenta un aumento de 11mm/año, 8.7mm/año, y 7.2mm/año. Para temperatura máxima anual, se presenta un decrecimiento 0.04°C/año, aumento 0.07°C/año, y aumento 0.03°C/año. Para temperatura mínima anual, se presenta decrecimiento de 0.06°C/año, aumento de 0.17°C/año, y decrecimiento 0.04°C/año. Así mismo, se obtuvo que para la cuenca al año 2050, la precipitación anual ha incrementado entre 55mm y 148mm; temperatura máxima anual incrementa entre 2.0°C a 2.2°C; y temperatura mínima anual incrementa entre 2.13°C a 2.27°C. Para los escenarios cuantitativos, los resultados de modelos de distribución potencial para los cultivos al año 2050, indicaron que las áreas con alta influencia frente de cambio climático son de 1979.3ha para papa canchan, y 6296.2ha para papa Hualash largo, mientras que para maíz morocho se presentan 2303.5ha nuevas áreas idóneas para su desarrollo. Para la generación de escenarios cualitativos mediante la percepción local se determinó que, para la papa, disminuiría la producción debido al aumento de las plagas, así también los suelos se verían afectados por el uso de químicos en papa mejorada. Mientras que, para el maíz, existirá competencia entre los maíces mejorado y las razas de maíces locales, y que esto afectaría el consumo y costumbres de la comunidad. En conclusión, ambas metodologías presentan resultados similares, tendencias climáticas y escenarios futuros, pero además se complementan y permiten el mejor entendimiento del sistema frente al cambio climático.

Palabras claves: papa nativa, razas de maíz, cambio climático, escenarios del futuro, percepción local

ABSTRACT

In the Mito-basin are located the community of Santa Rosa de Monte Azul and the town center of San Pedro de Cani, and as in many communities of the tropical Andes, they are highly vulnerable to the effects of climate change. Furthermore, some farmers comment on a change in the weather and threats that are becoming more frequent in their crops. The present study was conducted with the objective of comparing future scenarios, quantitative and qualitative, in the face of climate change for potato and maize crops in the Mito basin. With specific objectives that focus on determining climatic trends, generating quantitative scenarios, and generating qualitative scenarios. The results of trends showed that for the years 1980 - 1989, 1990 - 1999, 2000 - 2013, the annual precipitation presents an increase of 11mm / year, 8.7mm / year, and 7.2mm / year. For maximum annual temperature, there is a decrease of 0.04 ° C / year, an increase of 0.07 ° C / year, and an increase of 0.03 ° C / year. For minimum annual temperature, there is a decrease of 0.06 ° C / year, an increase of 0.17 ° C / year, and a decrease of 0.04 ° C / year. Moreover, it was obtained that for the basin to the year 2050, the annual precipitation has increased between 55mm and 148mm; Annual maximum temperature increases between 2.0 ° C to 2.2 ° C; and minimum annual temperature increases between 2.13 ° C to 2.27 ° C. For the quantitative scenarios, the results of models of potential distribution for the crops to the year 2050, indicated that the high influence areas in the face of climate change are 1979.3ha for Canchan potato, and 6296.2ha for Hualash largo potato, while for morocho maize 2303.5ha are presented new areas suitable for development. For the generation of qualitative scenarios through local perception, it was determined that, for potatoes, production would decrease due to the increase in pests, so that soils would also be affected by the use of chemicals in improved potatoes. While, for maize, there will be competition between improved maize and local maize breeds, and that this would affect the consumption and cultural customs of the community. In conclusion, both methodologies present similar results, climatic trends and future scenarios, but they also complement each other and allow a better understanding of the system in the face of climate change.

Keywords: native potato, maize breeds, climate change, future scenarios, local perception

I. INTRODUCCIÓN

Ante la creciente incertidumbre que se vive a nivel mundial debido al cambio climático resulta importante entender el sistema climático de nuestro país. Desde el Cuarto Informe del Panel Intergubernamental sobre Cambio climático (IPCC, 2007) se ha confirmado que el calentamiento global de la superficie del planeta ha sido inducido por las actividades humanas, las cuales se reflejan en el aumento de las concentraciones de Gases de Efecto Invernadero (GEI). Ahora, el Quinto Informe del IPCC afirma que en los últimos años se ha incrementado la temperatura promedio en la atmósfera y en los océanos, ha disminuido la extensión de hielo en los glaciares, han aumentado los gases de efecto invernadero, y han concluido que la influencia humana en la variación climática es inequívoca (IPCC, 2013). Todo esto se ha manifestado en los últimos años con la intensificación e incremento de la frecuencia de fenómenos climáticos externos a nivel mundial, como consecuencia de estos eventos se agudizan las condiciones críticas y devienen en factores limitantes para el desarrollo humano, como la migración forzada, la pobreza y la inequidad social, y la falta de seguridad alimentaria (FAO, 2006; INIA, CCTA, SPDA, & MINAM, 2015; MINAM, 2015; Sanabria, J., Alarcón, C., Trebejo, I. & Canchairi, G., 2011; Suarez, 2012).

El ecosistema montañoso andino es uno de los centros de origen de la agricultura, en el que se desarrolló la domesticación de unas series de cultivos importantes para la seguridad alimentaria mundial tales como la papa, frijoles, tomate. El Perú, posee una gran agrobiodiversidad vegetal, la cual está representada por lo menos por 128 especies de plantas domesticadas, caracterizándose también por la presencia de parientes silvestres de dichas plantas cultivadas (Torres, J. & Parra, F., 2009).

La problemática actual en las diferentes partes de la región andina se expresa en varios cultivos que soportan actualmente procesos de erosión genética, con la pérdida de su diversidad intra-específica y los conocimientos tradicionales asociados a ellos, el incremento de la vulnerabilidad de los agroecosistemas en los que se asientan y la disminución de la

seguridad alimentaria de las comunidades campesinas de la sierra centro y sur del Perú (Kessel & Enríquez, 2002; PMA & CENEPRED, 2015; J. Sanabria & Lhomme, 2013).

Sumando a esto, los impactos del cambio climático potenciarán estos procesos de erosión genética lo cual perjudicará a la actividad agrícola ocasionando la disminución de la productividad agrícola e incremento de la inseguridad alimentaria (INIA et al., 2015; MINAM, 2015).

Si bien existen trabajos para la cuenca de Mito sobre Agrobiodiversidad y Conservación In Situ (Torres, J., Velasquez, D., & Cruz, A., 2009; Velásquez, D., 2009), este vendría a ser el primer estudio que permitirá evaluar la influencia de Cambio Climático para la zona de estudio mediante metodologías cuantitativas y cualitativas. Esto a su vez complementará la falta de información y permitirá reducir la incertidumbre local en Huánuco, ya que por ahora se sabe que la seguridad alimentaria para esta región, y muchas más, del país se encuentra altamente amenazada, llegando a un estado preocupante para las próximas décadas (PMA & CENEPRED, 2015).

En este sentido el objetivo general del presente estudio es comparar escenarios cuantitativos y cualitativos en un escenario actual y futuro frente al cambio climático para los cultivos de papa y maíz en la cuenca de Mito-Región de Huánuco.

Siendo los objetivos específicos:

- Determinar los cambios de tendencia climática en los últimos 30 años para la cuenca de Mito, con el fin de comprender la dinámica del clima en la zona de estudio.
- Analizar la influencia del cambio climático mediante modelamiento de escenarios cuantitativos en base al clima actual y futuro para los cultivos de papa y maíz.
- Generar escenarios cualitativos futuros a partir de la percepción de las comunidades productoras de papa y maíz presentes en la cuenca de Mito (Distrito de Quisqui – Región Huánuco) sobre la influencia del cambio climático.

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura (FAO, 2006), la seguridad alimentaria es el resultado de funcionamiento del sistema alimentario a nivel local, nacional y mundial, el cual depende a menudo directa o indirectamente de los servicios del ecosistema forestal y agrícola. Las consecuencias de Cambio Climático podrían afectar directamente e indirectamente al funcionamiento del sistema alimenticio y con ello generar impactos negativos en la seguridad alimentaria local. ¿Cuáles serán los impactos en los cultivos de las comunidades campesinas de la región central de nuestros andes?

Hay que recalcar que el Perú forma parte de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC), desde que el Congreso de la República ratificó en 1993 sus principios. Uno de sus resultados fue la creación de la Comisión Nacional de Cambio Climático (CNCC) por R.S N°359-96-RE (MINAM, 2010). Coordinar la implementación de la CMNUCC y el Protocolo de Montreal relativo a las sustancias que agotan la capa de ozono; realizar el seguimiento de los diversos sectores públicos y privados en la aplicación de la CMNUCC; así como el diseño y seguimiento de la Estrategia Nacional de Cambio Climático son las funciones principales de la CNCC (MINAM, 2015). En el año 2003 se elaboró la ENCC, con el objetivo de que el Perú conozca su vulnerabilidad frente al Cambio Climático. Esto significa incorporar en sus políticas y planes de desarrollo las medidas de adaptación a los efectos adversos del mismo, que la población sea consciente de los riesgos de estos cambios y que el país mejore su competitividad, con un manejo responsable de sus recursos y de sus emisiones de gases de efecto invernadero sin comprometer el desarrollo sostenible.

Para nuestra área de estudio, la papa es el principal cultivo transitorio en la Región Huánuco el cual es, al mismo tiempo, una de las regiones de mayor superficie y producción a nivel nacional. La producción de papa en esta región es una actividad muy antigua y es una de las áreas de mayor variabilidad de formas o variedades cultivadas (Egusquiza, 2009). Siendo estos últimos los principales, e incluso únicos, alimentos presentes en la dieta básica de las comunidades campesinas de la cuenca de Mito (Torres *et al*, 2009). Además, la región andina es uno de los principales centros de origen y diversificación de plantas cultivadas a nivel mundial como la papa (Vavilov, 1951). En contraste con el maíz cuyo centro de origen se ubica en Mesoamérica (Kato, Mapes, Mera, Serratos, & Bye, 2009). Sin embargo, el consumo de tanto la papa y el maíz conforman dos de los cultivos con la mayor cantidad

hectáreas cosechadas en la región de Huánuco, lo que demuestra el importante aporte a la economía del local, nacional, y la propia alimentación de las comunidades campesinas (INEI, 2012). Además, la población de Quisqui de casi 8'000 habitantes donde casi el 80 por ciento de la población se encuentra en situación de pobreza, y que el 86 por ciento vive en la zona rural del distrito, por lo que muchas de estas comunidades dependen de sus cultivos para su alimentación (PMA & CENEPRED, 2015). Y como menciona el MINAM (2015) esta sería una de las muchas comunidades y localidades que serán altamente vulnerables al Cambio Climático. Por lo tanto, este estudio brindará las herramientas y resultados para los tomadores de decisiones.

El rol de los escenarios climáticos en la evaluación y planificación de la adaptación varían dependiendo del enfoque que se le otorga; la cual se determina por la naturaleza del caso, la escala del área de estudio, la disponibilidad de datos climáticos y su capacidad para manejarlos, y la escala de tiempo (Santoso, Idinoba, & Imbach, 2008). Pese a que sus resultados involucran un alto nivel de incertidumbre, representan una de las bases más sólidas para la investigación climática en el Perú. Es por tal razón, se decidió comparar los datos generados de los modelos matemáticos del Quinto informe del IPCC y sus escenarios climáticos futuros con escenarios generados a través de las experiencias de los productores de papa y maíz, para identificar y visibilizar los efectos del Cambio Climático en la cuenca de Mito para estos cultivos. Esto permitirá una adecuada toma de decisiones a futuro por entidades gubernamentales. Además, se empoderará los conocimientos tradicionales de las comunidades campesinas. Es así que este trabajo permite integrar metodologías desde dos perspectivas muy diferentes, pero que necesitan ser contrastadas para comprender a escala local los efectos del Cambio Climático.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ECOSISTEMAS DE MONTAÑA

Los ecosistemas de montaña a diferencia de todos los demás en el planeta, se caracterizan por su verticalidad, refiriéndose a este como el paisaje tridimensional. Tienden a ser muy frágiles debido a su inestabilidad estructural, siendo esta una característica importante de las montañas (J. Torres & Parra, 2009). Conforman también la quinta parte del paisaje mundial, contando con el 10 por ciento de la población mundial, al mismo tiempo que 2000 millones de personas dependen de los servicios ecosistémicos que brindan las montañas como por ejemplo: para la obtención de agua y energía hidráulica, madera, minerales, y sobre todo alimentos y agua potable (Dennison, 1996).

Debido a esta complejidad climática y su verticalidad los ecosistemas de montaña se caracterizan por poseer complejidad ecológica, albergando una diversidad natural de especies vitales que contribuyen a asegurar la variedad genética, así como plagas y enfermedades.

2.2. CLIMA

Podemos definir el clima como una descripción estadística del mismo en términos de valores medios y variabilidad de las cantidades pertinentes durante periodos que pueden ir de meses a miles de millones de años; sin embargo, el periodo normal es de 30 años acorde a lo establecido por La Organización Meteorología Mundial (OMM). En un sentido más amplio, para el IPCC (2007) el clima es una descripción del estado del sistema climático, este es un sistema complejo que consiste 5 componentes principales: la atmósfera, la hidrósfera, la criosfera, la superficie terrestre, la biosfera, y las interacciones entre ellas. Así es como el sistema climático cambia o evoluciona debido a forzamientos externos (como ejemplo: erupciones volcánicas, variaciones solares, etc.).

2.3. VARIABILIDAD DEL CLIMA

En el cuarto informe del IPCC (2007) se define a la variabilidad del clima como: “las variaciones en el estado medio y otros datos estadísticos (como las desviaciones típicas, la ocurrencia de fenómenos extremos, etc.) del clima en todas las escalas temporales y espaciales, más allá de fenómenos meteorológicos determinados”.

Este organismo internacional deja en claro que estas variaciones se puedan deber a procesos internos naturales dentro del sistema climático (variabilidad interna), o a variaciones en los forzamientos externos antropogénicos (variabilidad externa).

2.4. CAMBIO CLIMÁTICO

Se define como la variación del estado del clima identificable en las variaciones del valor medio y/o en la variabilidad de sus propiedades, que persiste durante largos periodos de tiempo, generalmente decenios o periodos más largos debido a procesos internos naturales, a forzamientos externos o a cambios antropogénicos persistentes de la atmósfera o del uso de la tierra (IPCC, 2007); Sin embargo La Convención Marco sobre el Cambio Climático (CMNUCC) de las Naciones Unidas, en su artículo 1 define como cambio climático a: “Cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima durante periodos de tiempo comparables”

Este organismo diferencia pues entre el cambio climático atribuible a las actividades humanas que alteran la composición atmosférica y la Variabilidad climática atribuible a causas naturales debido a variaciones del estado medio y otras características estadísticas (desviación, sucesos extremos, etc.) del clima en todas las escalas espaciales y temporales más amplias que las de los fenómenos meteorológicos. Por lo tanto, la variabilidad puede deberse a procesos internos naturales del sistema climático (variabilidad interna) o a variaciones del forzamiento externo natural o antropogénicos (variabilidad externa) (IPCC, 2007).

2.5. ESCENARIOS DEL FUTURO

Descripciones sobre cómo se podría desarrollar el futuro, basadas en una serie de asunciones coherentes sobre las relaciones clave entre elementos y los impulsores de cambio; en consecuencia, hay que esclarecer que un escenario no es una foto fija de un determinado momento, sino una ruta a largo plazo y cuya aplicación a sistemas complejos le permite ser una herramienta importante en la gestión de la incertidumbre (MA 2005).

2.6. ESCENARIOS DE EMISIÓN PARA CAMBIO CLIMÁTICO

Un escenario climático futuro es una representación plausible que indica cómo posiblemente se comportará el clima en una región para una cierta cantidad de años, tomando en cuenta datos históricos y usando modelos de proyección, generalmente para precipitación y temperatura (IPCC, 2007).

Desde el quinto informe del (IPCC, 2013) se ha empezado a utilizar un nuevo conjunto de escenarios: las rutas representativas de concentración (RCP, Representative Concentration Pathways, por sus siglas en inglés), estos nuevos escenarios pueden contemplar efectos de las políticas orientadas a limitar el cambio climático del siglo XXI, a diferencia de los escenarios de emisión utilizados en el AR4 (conocidas como SRES, Special Report on Emissions Scenarios, por sus siglas en inglés). Los RCPs se han definido en base a los niveles forzantes radiactivas hacia el año 2100, en vez de considerarse ciertos niveles futuros de emisión de gases de efecto invernadero (GEI). La definición de forzante radioactiva (FR) como la diferencia entre la radiación entrante a la Tierra contrastado con la radiación que se entrega de vuelta al espacio, por lo que si la diferencia es positiva se tendrá calentamiento producto de la acumulación de energía en la superficie terrestre. El IPCC menciona que el rango de FR será de 2.6 a 8.5 W/m² para el año 2100.

Cada RCP tiene asociada una base de datos de alta resolución espacial de emisiones de sustancias contaminante, de emisiones y concentraciones de gases de efecto invernadero y de usos de suelo hasta el año 2100.

Los escenarios RCP se clasifican de la siguiente manera:

- RCP2.6 es un escenario donde la mitigación aumentará por lo que requiere las emisiones netas de dióxido de carbono disminuyan después de 2070. En este escenario, los picos de concentración de gases de efecto invernadero en alrededor de 420 ppm y comienza a disminuir lentamente hacia 360 ppm en 2300.
- RCP4.5 es un escenario de estabilización tipo medio-bajo donde la concentración de gases de efecto invernadero se estabiliza a aproximadamente 540 ppm en 2100.
- RCP6.0 es un escenario de estabilización tipo medio-alto donde la concentración de gases de efecto invernadero alcanza aproximadamente 670 ppm en 2100 y se estabiliza en alrededor de 750 ppm a partir de entonces.
- RCP8.0 es el escenario más alto por su calentamiento continuo. Las concentraciones de gases de efecto invernadero alcanzan alrededor de 940 ppm en 2100 y sólo se estabilizará en torno a 2.000 ppm en 2250, siete veces superiores a los niveles pre-industriales

2.7. MODELOS DE CIRCULACIÓN GLOBAL

Los modelos de circulación global (GCM) son algoritmos matemáticos que intentan simular el sistema climático de la tierra siendo acoplados (atmósfera-océano y suelo) y predicen cambios de las variables en un mayor tiempo (Numerical Weather Prediction, NWP). Estos modelos se definen según el Informe del Grupo de trabajo III (IPCC, 2013): “Imágenes alternativas de lo que podría acontecer en el futuro, y constituyen un instrumento apropiado para analizar de qué manera influirán las fuerzas determinadas en las emisiones futuras, y para evaluar el margen de incertidumbre de dicho análisis”.

Los GCM usan una grilla tridimensional del globo, con resoluciones horizontales que van de 250km a 600km. Por lo tanto, la grilla es bastante gruesa, siendo imposible modelar procesos a menor escala, como el caso de una cuenca, no siendo útiles para el estudio de impactos locales que se deseen analizar (IPCC, 2007).

2.8. MODELAMIENTO DE NICHO ECOLÓGICO

Para Soberón y Nakamura (2009), el modelado del nicho ecológico es un instrumento que nos permite analizar los factores ecológicos asociados a distintas poblaciones de determinada especie, dicha información es analizada por distintos tipos de algoritmos nos posibilita proyectar a nivel geográfico o el área potencial que ocupa la especie. Así el propósito del modelado del nicho ecológico o de los modelados de distribución de especies y del modelado de hábitat son el mismo: identificar los sitios adecuados para la supervivencia de las poblaciones de una especie por medio de la identificación de sus requerimientos ambientales.

Según Hutchinson (1941), el término nicho se define como la suma de todos los factores que actúan en un organismo; así el nicho se define como un hiperespacio n-dimensional. Las variables pueden ser físicas o biológicas. Un concepto reformulado de nicho (Chase & Leibold, 2004): “El nicho de una especie es la descripción del conjunto de condiciones ambientales que permiten satisfacer sus requisitos mínimos de dicha especie, para que la tasa de natalidad de la población local sea mayor o igual que su tasa de mortalidad, junto con el conjunto de impactos per cápita de esa especie en estas condiciones ambientales.”

2.9. COMUNIDADES CAMPESINAS

Según La Ley General de Comunidades Campesinas (Ley N°24656, 1987), las comunidades campesinas son organizaciones de interés público, con existencia legal y personería jurídica, integrados por familias que habitan y controlan determinados territorios, ligadas por vínculos ancestrales, sociales, económicos y culturales, expresados en la propiedad comunal de la tierra, el trabajo comunal, la ayuda mutua, el gobierno democrático y el desarrollo de actividades multisectoriales, cuyos fines se orientan a la realización plena de sus miembros y del país.

2.10. PAPA

a) Taxonomía de la papa

El género *Solanum*, al cual pertenece la papa, consiste de aproximadamente 2800 especies, de las cuales 216 presentan o forman tubérculo, siendo 209 silvestres y 8 cultivadas (Hawkes, 1990). Todas tienen el mismo número base de cromosomas ($x = 12$), y están presentes en series poliploides, desde diploides ($2n = 2x = 24$) hasta hexaploides ($2n = 6x = 72$) (Hawkes, 1994).

b) Origen y distribución

La papa (*Solanum tuberosum* L.) es un cultivo originario de los Andes y base de la alimentación popular y seguridad alimentaria del Perú. En el Perú se cultivan 8 especies de papas, dentro de las que se encuentran 3,500 variedades de papa nativas cultivadas, además a nivel de Latino América, existen 99 especies de papas silvestres, de las que 93 están en el Perú (Huamán 1991, Hijmans y Spooner 2001 citados en Valladolid 2012).

c) Fenología y requerimientos climáticos del cultivo de papa

Según Egusquiza (2000) e Yzarra y López (2011):

- La temperatura es un factor que tiene influencia en cada una de las etapas fenológicas del cultivo de papa, siendo los requerimientos térmicos muy diferentes entre cada una de ellas. En la etapa de emergencia los requerimientos de temperatura oscilan entre 5 °C a 30 °C siendo la óptima de 17 °C a 25 °C.
- En la etapa de crecimiento, los extremos de temperatura se encuentran entre 6 °C a 30 °C
- En la etapa de tuberización, el rango de temperatura va entre 5 °C a 28 °C siendo la óptima de 14 °C a 20 °C
- Por lo tanto, las condiciones más favorables para la tuberización y el crecimiento del tubérculo son días cortos y temperaturas nocturnas templadas (14 a 16 °C)
- La precipitación pluvial óptima requerida por la planta es alrededor de 400 a 800 mm anuales, la cual debe ser distribuida en todo el ciclo vegetativo del cultivo.

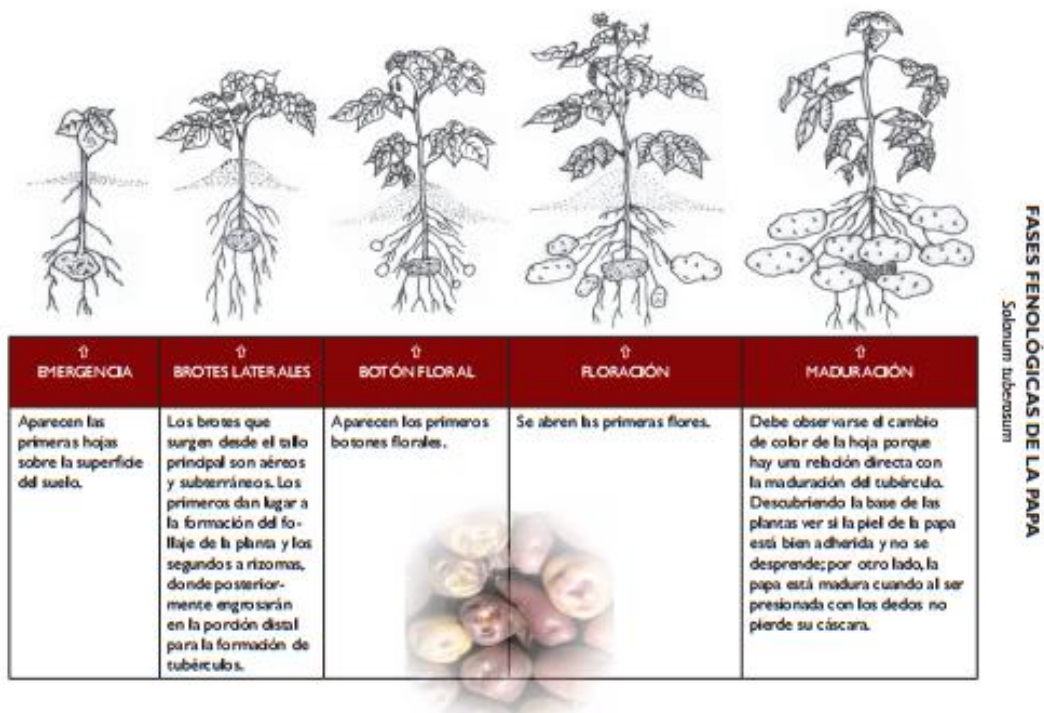


Figura 1: Fenología de la papa

FUENTE: (Yzarra & López, 2011)

2.10.1. Papa Canchan

La papa Canchán proviene del cruzamiento (BI-1)2 como progenitor femenino, cuya resistencia deriva de Black (*Solanum tuberosum* x *Solanum demisum*) y la variedad Libertas (*Solanum tuberosum*) y el progenitor masculino Murillo III-80 que proviene del cruzamiento de dos cultivares nativos (*Solanum ajanhuiri* y *Solanum andígena*) que aportan tolerancia a heladas y resistencia de campo a la racha. Se adapta a condiciones de sierra media, 2 000 a 3 500 metros de altitud y en costa central (INIA, 2012).



Figura 2: Fotografía de la variedad papa Canchan

FUENTE: (INIA, 2012)

2.10.2. Papa Hualash

Tubérculos elípticos a largo-aplanados, nada o muy poco tuberizados; piel roja de mediana intensidad y uniforme, ojos superficiales, cantidad mediana; cejas medianas a largas, yemas salientes en ojos del tercio basal; brotes rojos con pocas manchas blancas en el ápice; pulpa cremosa. Plantas de porte alto a mediano; follaje verde ligeramente amarillento. Tallos vigorosos, verdes con pocas manchas; alas de borde ondulado. Hojas grandes a medianas (Egusquiza, 2015).



Figura 3: Fotografía de la variedad papa Hualash

FUENTE: (Egusquiza, 2015)

2.11. MAÍZ

a) Taxonomía del maíz

El género *Zea* pertenece a la familia Poaceae que comprende más de 600 géneros. Los dos géneros del Nuevo Mundo más emparentados con el maíz son *Tripsacum* y *Zea* (Calderón & Rzedowski, 2005).

b) Origen y distribución

El maíz (*Zea mays* L.) es una gramínea anual originaria de América. Es una planta que se encuentra ampliamente distribuida en todas las regiones del Perú debido a que existe una diversidad de grupos y razas adaptadas a todas las condiciones climáticas, siendo la sierra, la zona agroecológica que presenta las mayores zonas de producción (Salhuana, 2004).

En la sierra se siembran principalmente el maíz amiláceo y maíz morocho en zonas de clima templado ubicadas entre los 2000 m a 3400 m. El maíz amiláceo y morocho son los cultivos más importantes de esta zona, tanto por el área que ocupa, por su participación la dieta alimentaria, así como en la generación de ingresos en la economía del agricultor (Celis-García, 1996; Salhuana, 2004).

c) Fenología y requerimientos climáticos del cultivo de maíz

Según Ochoa (2009):

- Los requerimientos térmicos del maíz para la etapa de germinación oscilan entre 10 °C a 30 °C, siendo el rango óptimo entre 15 °C a 25 °C.
- La etapa de crecimiento la temperatura debe encontrarse alrededor de los 7 °C a 30 °C, con un valor óptimo de 15 °C a 21 °C.
- La etapa de floración, la temperatura óptima es de 15 °C a 20°C.
- La precipitación pluvial óptima se encuentra alrededor de los 500 a 700 mm anuales. En relación al brillo solar, el maíz requiere de 10 a 14 horas de sol por día.

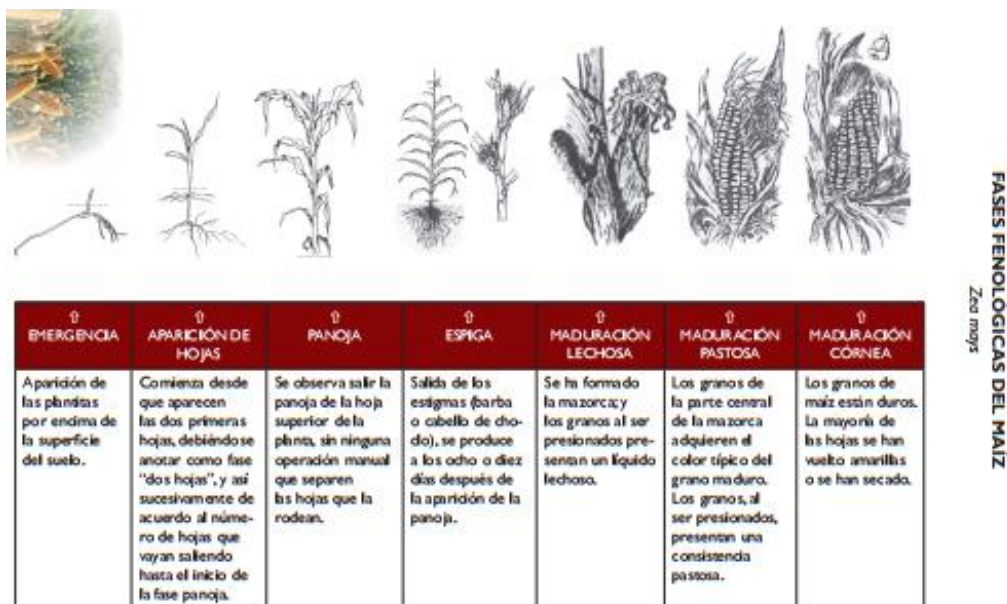


Figura 4: Fenología del maíz

FUENTE: (Yzarra & López, 2011)

2.11.1 Maíz Morocho

Maíz que presenta granos cristalinos en el exterior y harinosos en el interior, amarillos. Es una de las razas derivadas de las primitivas. Estas razas resultan del cruzamiento entre los maíces reventones primitivos con sus inmediatos derivados (Velásques & Montoro, 2011).



Figura 5: Fotografía de las razas de maíz morocho

FUENTE: Fotografía propia

2.12. CONOCIMIENTO ECOLÓGICO TRADICIONAL

El conocimiento ecológico tradicional o Traditional Ecological Knowledge (TEK) es un conjunto de conocimiento construido por un grupo de personas a través de generaciones que viven en estrecho contacto con la naturaleza. Incluye un sistema de clasificación, un conjunto de observaciones empíricas acerca del medio ambiente local y un sistema de autogestión que rige la utilización de recursos (Geriue, 2006). El conocimiento tradicional es dictado de forma oral por los más ancianos, en un nivel más bajo de cambios y dinamismo (Alves & Albuquerque, 2010).

2.13. EL CLIMA RELACIONADO A LOS CONOCIMIENTOS TRADICIONALES

Los ecosistemas montañosos por sus propias características poseen una gran variabilidad climática. Por lo tanto, las montañas andino tropicales no son ajenas a esto, lo que ha hecho que las sociedades que se asientan en estas hayan soportado por varios siglos, fuertes y recurrentes eventos climáticos; uno de ellos es el evento. Esta relación ancestral de las sociedades andinas con la variabilidad climática ha generado una gran inquietud en los investigadores sobre el potencial de sus conocimientos, llegando a decir que constituyen una

f fuente de información muy importante que se puede complementar y articular con la información científica y tecnológica contemporánea para hacer frente al actual cambio climático, como por ejemplo, en el tema de la adaptación a través de la formulación de escenarios climáticos (Nakićenović, 2010).

Los eventos climáticos y meteorológicos relacionados a las diferentes estaciones del año, por ende el registro del tiempo y el diseño de buena parte de las prácticas productivas en función a estos adquieren gran importancia (Torres & Valdivia del Río, 2012), así como los bioindicadores como predictores de las variaciones del clima (De la Torre & Burga, 1986). De estos, destacan los conocimientos sobre los tipos de nubes y vientos, los períodos de lluvias y otros eventos catastróficos, así como los ciclos lunares de importancia para el crecimiento de las plantas, entre otros. Por ejemplo el caso de los aimaras y otras sociedades andinas que poseen conocimientos sobre las lluvias, las heladas y el granizo en relación con la agricultura, aunque al parecer con poca capacidad productiva (Torres & Valdivia del Río, 2012).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. ÁREA DE ESTUDIO

El estudio se realizará en las comunidades campesinas de San Pedro de Cani, cuyo cultivo principal es el maíz, y Santa Rosa de Monte Azul, cuyo cultivo principal son las papas nativas, de la cuenca de Mito. Políticamente, está ubicada en el distrito de Quisqui de la Provincia de Huánuco. Geográficamente, Mito está ubicado entre los 09°48' – 09°55' de latitud sur y los 76°21' – 76°30' de longitud oeste, con una extensión de 17063 ha y altitudes de 2100 a 4200 msnm.



Figura 6: Ubicación del distrito de Quisqui, Huánuco

FUENTE: (IDMA, 2016)

Además, para este estudio la cuenca de Mito se puede dividir en cuenca baja, media y alta. Tal y como se muestra en la Figura 7, con el fin de ubicar la influencia del cambio climático en 3 pisos altitudinales de la cuenca y que sirven para conocer los pisos de los cultivos de estudio.

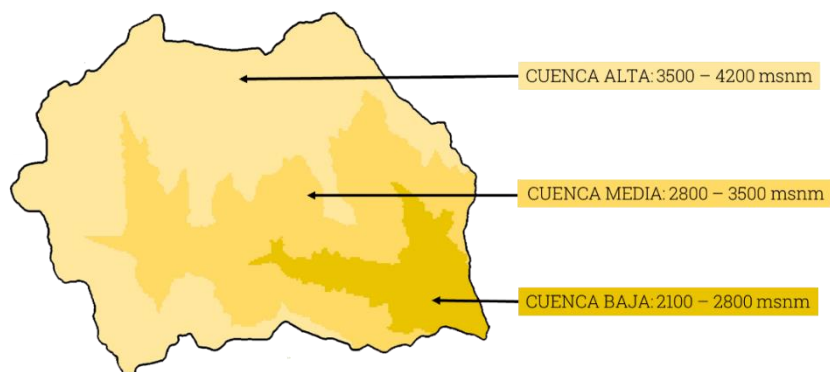


Figura 7: Rango de altitudes para cuenca de Mito

FUENTE: (Elaboración propia)

3.2. METODOLOGÍA PARA EL ANÁLISIS DEL CLIMA PERIODO 1980 -2013

3.2.1. Estado de las estaciones meteorológicas en la cuenca de mito

Dentro de la cuenca de mito no existen estaciones meteorológicas o hidrológicas; sin embargo, circúndate a nuestra área de estudio podemos ubicar a la estación meteorológica Puente Higueras, Latitud: 9° 55' 19.92" Longitud: 76° 18' 33.76", a 2006 msnm y la estación meteorológica Jacas Chico, Latitud: 9° 53' 5.05" Longitud: 76° 30' 3.37", a 3724 msnm (Ver Figura 8). Si bien estas estaciones se encuentran en lugares adecuados para determinar el clima para esa zona de estudio y que a la fecha siguen funcionando con regularidad, ambas carecen de información en temperatura y precipitación histórica de más de 30 años.

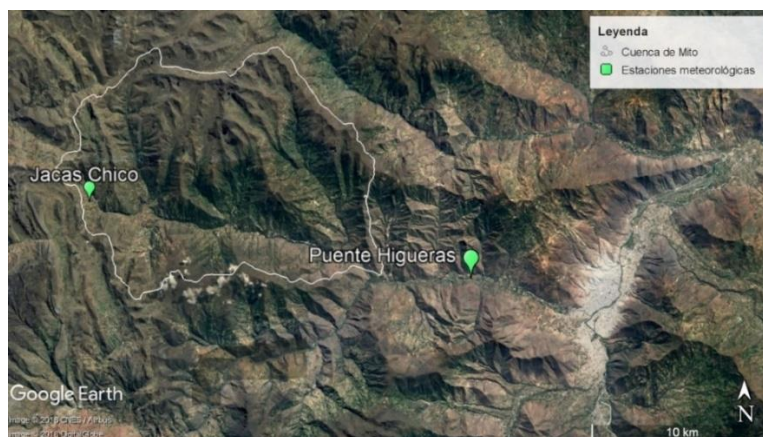


Figura 8: Ubicación de las estaciones meteorológicas Puente Higueras y Jacas Chico

FUENTE: (Elaboración propia)

En la Región Huánuco, según el SENAMHI (2018) las estaciones meteorológicas que se ubican en la zona montañosa y que tienen datos desde la década del 80 son: la estación meteorológica Canchan, Latitud: 9°55' 15.43" Longitud: 76°18' 34.62", a 1986 msnm, la estación meteorológica Huánuco Latitud: 9°57' 7.24" Longitud: 76°14' 54.8", a 1947 msnm, y la estación meteorológica San Rafael, Latitud: 10°20' 23.65" Longitud: 76°10' 56.65", a 2717 msnm (Ver Figura 9). Sin embargo, estas presentan vacíos de información en ciertos periodos de desde el año 1980 al 2013.

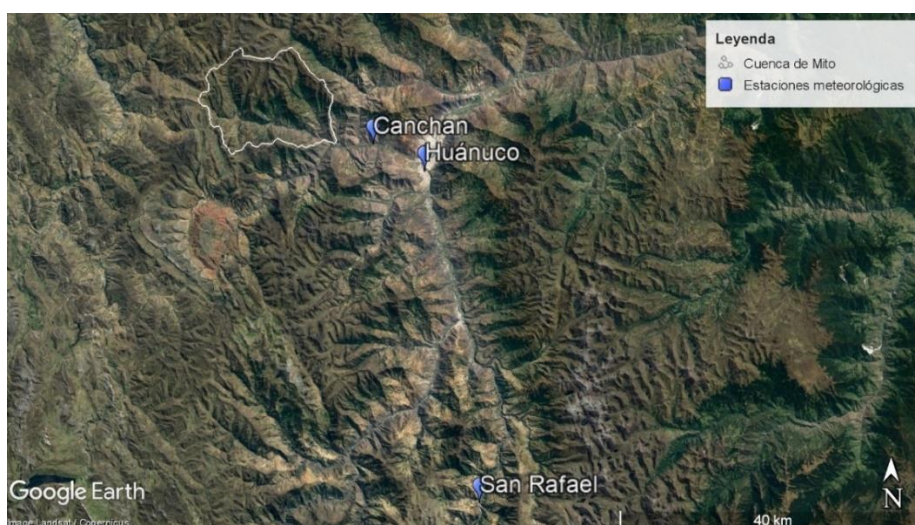


Figura 9: Ubicación de las estaciones meteorológicas Canchan, Huánuco y Puente Higueras

FUENTE: (Elaboración propia)

3.2.2. Metodología para completar los vacíos de información en las series climáticas

Una de las dificultades que encontramos en los datos históricos de las estaciones meteorológicas de Perú más son los vacíos de información que estos presentan, debido a factores como el deterioro de los equipos o el abandono de las estaciones por parte de las instituciones encargadas, y en nuestro estudio esta no fue la excepción.

Para completar estos vacíos se empleó la herramienta estadística RClm Tool creada por el Grupo Consultor para la Investigación Agrícola Internacional (CGIAR, por sus siglas en inglés) y el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT por sus siglas en inglés).

RCLim Tool es una extensión del programa R, que presenta una interfaz intuitiva y que ha sido diseñada con el objetivo de facilitar a los usuarios el análisis estadístico de las series climatológicas diarias de temperatura máxima, temperatura mínima y precipitación.

Los datos incompletos de las tres estaciones meteorológicas (Canchan, Huánuco, y San Rafael) de las variables Temperatura mínima diaria, Temperatura máxima diaria y Precipitación diaria serán tratados con Rclim Tool para completar los vacíos de información que presentan entre el periodo 1980 - 2013, y también para conocer el estado de las variables climáticas.

Según Llanos (2014), para utilizar RCLim Tool se necesita de 3 estaciones meteorológicas como mínimo para funcionar, ya que RCLim Tool permite (1) un análisis descriptivo de las estaciones que se han utilizado, (2) control de calidad, paso importante si queremos identificar errores irrazonables en las series históricas de las estaciones meteorológicas y (3) rellenar los vacíos de datos, mediante la estimación del modelo tipo vector autoregresivo (VAR), este modelo emplea correlaciones entre diversas series de tiempo, así utiliza los datos existentes del grupo de variables con datos faltantes para completar los vacíos de todas las series de datos que necesitemos (Cordano & Eccel, 2013).

Estos son los indicadores para el control de calidad que utiliza RCLim Tool y que servirán para conocer el estado de las series históricas de las tres estaciones:

- Porcentaje de Datos Atípicos: Porcentaje de data que no se incluye en el rango de $[x \pm 3s]$ donde x y s son la media y la desviación estándar de la muestra (Este criterio no se aceptable para la variable Precipitación).

- Porcentaje de Datos fuera de rango: Porcentaje de datos que se encuentra fuera de los límites definidos por el rango de la variable. Los datos identificados en este criterio serán reemplazados automáticamente por NA's.

- Porcentaje de Datos $t_{\max} < t_{\min}$: Porcentaje de datos en donde la temperatura máxima fue menor a la temperatura mínima en la misma fecha. Los datos identificados en este criterio serán reemplazados automáticamente por NA's.

- Porcentaje de Datos variación >10: Sólo para variables de temperatura, porcentaje de días en que la variación de los datos de temperatura fue mayor o igual a 10°C

- Porcentaje de Datos consecutivos: Identifica los datos iguales en un periodo mayor de cinco días consecutivos en la serie temporal de análisis y estos son reemplazados por NA's

3.2.3. Metodología para el análisis de las tendencias climáticas en la cuenca de mito

Con los datos completos de los parámetros de Temperatura máxima diaria, Temperatura mínima diaria y Precipitación diaria de las tres estaciones meteorológicas Canchan, Huánuco y San Rafael, se decidió que los datos de la estación meteorológica Canchan serán utilizados para representar las tendencias climáticas la cuenca de Mito, ya que es la más próxima a la zona de estudio.

Para graficar las tendencias de los parámetros de clima y acorde al trabajo de (Gulrado & Bermúdez, 2011) y (Guzmán, 2013) se realizó:

- Para graficar la tendencia del parámetro temperatura se utilizó la temperatura máxima anual y la temperatura mínima anual en el periodo de 1980 – 2013, además se consideró graficar la tendencia por periodos de 10 años.
- Para graficar la tendencia del parámetro precipitación se utilizó la precipitación anual en el periodo 1980 – 2013, al igual que para el parámetro anterior, se consideró graficar la tendencia por periodos de 10 años. Adicional, se graficó la anomalía de la precipitación anual para el periodo de estudio.

3.3. ESCENARIO CUANTITATIVO: METODOLOGÍA PARA MODELAR LA DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DE LA PAPA Y MAÍZ FRENTE A UN ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO

3.3.1. Selección y georreferenciación de cultivos de papa y maíz a modelar

Para el modelamiento de la distribución potencial actual y futura se escogieron los siguientes cultivos:

- Papa Canchan: por ser un cultivo de ingreso económico para las familias de la comunidad de Monte Azul
- Papa Hualash Largo: una variedad nativa importante en la alimentación de las familias de la comunidad de Monte Azul, ya que de esta se elabora el Tocosh
- Maíz Morocho: una raza de maíz importante en la alimentación de las familias del centro poblado de San Pedro de Cani, ya que de esta se elaboran muchos platos típicos

Si bien lo habitual es trabajar con grandes bases de datos obtenidas de herbarios, museos o bases de datos online, para el caso de estos cultivos no se cuenta con dicha información, por lo cual fue necesario ir a tomar los puntos de las chacras personalmente. Para la georreferenciación de los campos de cultivo se empleó coordenadas geográficas WGS 84 usando un GPS Garmin eTrex 10.

3.3.2. Selección del tipo de escenario frente al cambio climático

En el quinto informe del IPCC (2013), los 4 escenarios de emisión para cambio climático; clasificados en RCP 2.6, RCP 4.5, RCP 6.0, RCP 8.0; estos presentan hitos importantes en su serie histórica, siendo estos hitos los años 2020, 2050 y 2100.

Además, el IPCC brinda los modelos de circulación global para cada variable climática de cada uno de estos escenarios. Es así que para este estudio se decidió utilizar el escenario RCP 4.5 al año 2050, y así conocer la influencia del cambio climático en los cultivos de papa Canchan, papa Hualash alargado y maíz morocho.

3.3.3. Selección de modelos climáticos para el escenario actual y RCP 4.5 al año 2050

Existe una gran cantidad de modelos de circulación global disponibles en la red para su uso, solo unos pocos pueden ser ajustados a las condiciones del trópico y menos aún para una zona montañosa como lo es Huánuco. Además, estos modelos de circulación global están a una escala mayor (5 km – 50 km) y no son adecuados para una escala regional o local.

Para el clima actual, se utilizó el modelo del clima actual mundial llamado: Current conditions, modelo que se ha generado en base a la data histórica desde los años ~1960 al 1990 (Hijmans, Cameron, Parra, Jones, & Jarvis, 2005).

Para el clima al año 2050, los modelos climáticos del IPCC para el escenario RCP 4.5 al año 2050 seleccionados para este estudio fueron: ACCESS1-0, HadGEM2-ES, HadGEM2-AO, ya que presentan un ajuste adecuado o deseable para la zona norte del país (Ramos, 2014a) y para la región de Huánuco (SENAMHI, 2013a).

Tabla 1: Resumen de los modelos climáticos elegidos para el presente trabajo

| Modelo climático para el clima actual | Modelos climáticos para el clima al año 2050 (Escenario RCP 4.5) |
|--|---|
| Current conditions | ACCESS 1-0 |
| | HadGEM2-ES |
| | HadGEM2-AO |

FUENTE: Elaboración propia basado en (Ramos 2014) y (SENAMHI 2013)

3.3.4. Elección de variables climáticas para el escenario actual y futuro

Para obtener las variables climáticas de cada modelo climático, se utilizó la página web: www.worldclim.com. Este repositorio, en su versión 1.4, presenta la información climática para el pasado, presente y futuro en capas raster, las cuales se componen de píxeles de información, y en diferentes resoluciones (Hijmans et al., 2005).

Inicialmente se descargaron desde WorldClim las siguientes variables para cada modelo: Temperatura máxima mensual, Temperatura mínima mensual y Precipitación mensual, (Ver Tabla 2).

Tabla 2: Variables climáticas para cada modelo climático descargados del WorldClim

| ESCENARIO ACTUAL | ESCENARIO RCP 4.5 AL AÑO 2050 | | |
|----------------------------|--------------------------------------|----------------------------|----------------------------|
| Current conditions | ACCESS1-0 | HadGEM2-ES | HadGEM2-AO |
| Tmáx mensual (12) | Tmáx mensual (12) | Tmáx mensual (12) | Tmáx mensual (12) |
| Tmin mensual (12) | Tmin mensual (12) | Tmin mensual (12) | Tmin mensual (12) |
| Precipitación mensual (12) | Precipitación mensual (12) | Precipitación mensual (12) | Precipitación mensual (12) |

FUENTE: Elaboración propia basada en (Hijmans et al. 2005)

3.3.5. Preparación y manejo de las variables climáticas actuales y futuras

Todos los archivos de los datos de las variables climáticas que se han descargado desde WorldClim son del tipo RASTER, este consiste en una matriz de celdas (o píxeles) organizadas en filas y columnas en la que cada pixel contiene un valor que representa información (Ver Figura 10).

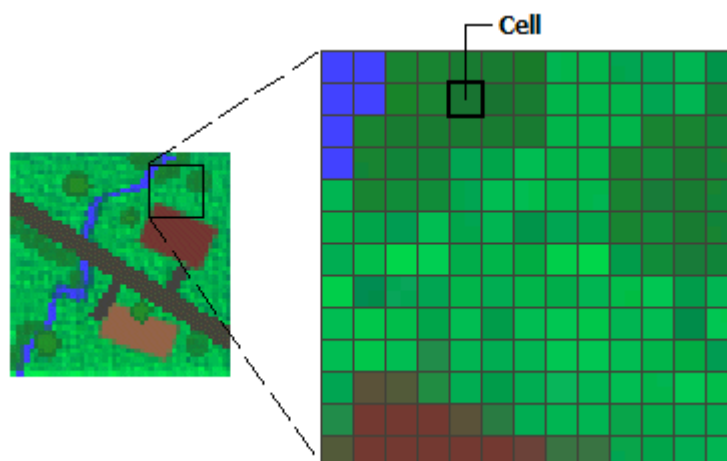


Figura 10: Representación de un Raster

FUENTE: (ArcGIS, 2019)

El manejo de las variables climáticas se llevó a cabo en el ArcGIS v 10.2 conocido por ser un potente programa de Sistemas de Información Geográfica, el cual nos permitió recortar a la zona de estudio todas las variables climáticas, así como realizar cálculos matemáticos entre estas.

La resolución de pixel en todas las variables de climáticas es de 30 segundos de grado de Arco o 1 km aproximadamente por lado, siendo esta la mejor resolución posible hasta el momento con el cual se puede trabajar.

3.3.6. Variables climáticas para el escenario actual y futuro

Se decidió que para los modelos futuros (ACCESS1-0, HadGEM2-ES, HadGEM2-AO) se realice un promedio para cada una de las variables. Con el fin de obtener solamente un conjunto de variables climáticas para el año 2050 en el escenario de cambio climático RCP 4.5. Adicionalmente, se calcularon 2 variables nuevas para el escenario actual, datos del modelo Current Conditions, y el escenario futuro, datos del promedio los modelos ACCESS1-0, HadGEM2-ES, HadGEM2-AO.

- La evapotranspiración de referencia (ET_o) (Hargreaves, 1994) que se calculó mediante la siguiente ecuación para los 12 meses del año. $ET_o = 0.0023 \times RA \times (T^{\circ}C + 17.8) \times TD^{0.5}$, donde RA es la radiación extraterrestre, TD = T max – T min, y T°C es (Tmax + Tmin) /2. La unidad de medida de esta variable es mm/mes
- La Duración de la temporada seca (DTS) (Murray-Tortarolo et al., 2016) se obtiene establecer una referencia, en este caso 100mm, luego cada una de las 12 capas raster de precipitación mensual se convierten los valores del pixel en 1 y 0, donde 1 es menor a 100mm y 0 mayor a 100mm. Para luego sumar las 12 capas y obtener una capa final con la duración de la temporada seca, cuya unidad de medida será número de meses.

La última variable que se agregó fue una capa de modelo digital de elevación (DEM) que nos brinda información de la altura en metros sobre el nivel del mar (msnm), esta última es importante, ya que este es un estudio de distribución de especies en ecosistemas de montañas.

3.3.7. Metodología calcular la variación espacial de las variables climáticas para el escenario RCP 4.5 al año 2050

El cálculo de la variación climática al año 2050 para la cuenca de Mito consiste en realizar una diferencia aritmética entre las variables en el escenario al año 2050 y el escenario actual para variables: Temperatura máxima anual, Temperatura mínima anual y Precipitación Anual.

Este cálculo se realiza por medio del programa ArcGIS v10.2 y su opción Raster Calculator.

3.3.8. Metodología para calcular el área de la distribución potencial actual y al año 2050

El modelamiento de la distribución potencial se realizó mediante el algoritmo MaxEnt en su versión 3.4.1. Este programa utiliza la técnica de aprendizaje de máquina que combina estadística, máxima entropía y métodos bayesianos, cuyo propósito es estimar distribuciones de probabilidad de máxima entropía sujeto a restricciones dadas por la información ambiental, con el fin expresarlos en espacio geográfico a partir de datos de Presencia-Entorno (Coordenadas geográficas – Capas raster del Clima) y posterior generar mapas de nichos ecológicos y de distribución geográfica (S. B. Phillips, Aneja, Kang, & Arya, 2006). MaxEnt es una herramienta ampliamente utilizada y que a su vez se ajusta a las necesidades de este proyecto, ya que consta con una interfaz amigable (S. J. Phillips & Dudík, 2008).

Se realizaron los siguientes pasos recomendados por Scheldeman y van Zonneveld (2011):

1. Pasos para utilizar MaxEnt

- 1.1. Importe en MaxEnt los archivos en formato .csv con los puntos de presencia para cada cultivo en la ventana “Samples”. Para la georreferenciación de los campos de cultivo se empleó coordenadas geográficas WGS 84 usando un GPS Garmin eTrex 10. En este estudio se ha decidió trabajar con los siguientes cultivos propios de la zona: Maíz Morocho de Huánuco, Papa mejorada Canchan, y la Papa Nativa Hualash alargado. Si bien lo habitual es trabajar con grandes bases de datos obtenidas de herbarios, museos o bases de datos online, para el caso de estos cultivos no se cuenta con dicha información, por lo cual fue necesario ir a tomar los puntos de las chacras personalmente.
- 1.2. Importe en MaxEnt las capas climáticas en condiciones actuales en formato ASCII (*.asc) utilizando la opción “Environmental layers”. En este análisis, los rasters tienen una resolución de 30 segundos, que representa el valor de pixel las variables: Precipitación mensual, Temperatura mínima mensual, Temperatura máxima mensual, Evapotranspiración de referencia mensual, Duración de temporada seca

anual, y la altura. Además, para la variable Duración de temporada seca anual se eligió la opción de variable categórica, mientras que el resto de las variables se quedó en la opción de variable continua.

- 1.3. En la opción “Projection layers directory/file”, importe en la base de datos las variables climáticas en condiciones futuras. Las cuales tienen que estar en formato ASCII (*.asc), deben el mismo tamaño de pixel y el sistema de coordenadas que las variables climáticas actuales
- 1.4. En la ventana “Output directory”, seleccione la ubicación (ruta del archivo o directorio) donde se van a grabar los resultados de la modelación.
- 1.5. Vaya a la pestaña “Settings” para modificar los parámetros.
- 1.6. Habilitar la opción “Remove duplicate presence records”, que permite eliminar del análisis los puntos de presencia duplicados en una celda raster para reducir los sesgos del muestreo, que favorecerían las condiciones climáticas de esos sitios donde se concentró el muestreo.
- 1.7. Después de modificar la opción “Settings”, regrese a la ventana principal. Haga clic en “Run” para empezar a calcular el área potencial de la especie.

2. Resultados en MaxEnt

- 2.1. Los resultados se graban en la carpeta seleccionada en el recuadro “Output Directory”. Uno de los archivos grabados es un documento HTML, que resume todos los resultados. También se incluyen las capas raster de los nichos ecológicos de los cultivos en estudio para el escenario actual y futuro al 2050.
- 2.2. En el archivo HTML encontramos el valor del AUC (acrónimo de Area Under the Curve), el cual nos permite saber si nuestros modelos se ajustan a nuestros datos. Para Araújo et al. (2005) la interpretación del AUC para los modelos generados se dan entre los siguientes valores: Excelente si el $AUC > 0.90$; Buena si

0.90>AUC>0.80; Aceptable si 0.80>AUC>0.70; Mala si 0.70>AUC>0.60; No válida si 0.60>AUC>0.50. Por lo tanto, los valores de AUC que se obtuvieron muestran que en todos los modelos resultantes son excelentes.

2.3. En el mismo documento HTML se ubicará el valor de umbral para limitar el área de distribución potencial de una especie, es este caso nuestros 3 cultivos. El valor de umbral es una probabilidad que, por encima de este, el sitio de estudio tendría condiciones climáticas apropiadas para la ocurrencia de la especie, mientras que la especie no ocurriría en sitios por debajo del valor de umbral. Para este estudio usaremos el valor de umbral “10 percentile training presence”: el Valor de probabilidad en el que el 90 por ciento de los puntos de presencia estarán dentro del área potencial. El 10 por ciento restante de los puntos que caen por fuera del área potencial son aquellos con un ambiente atípico, no incluido dentro de los límites del nicho realizado.

3. Visualización y procesamiento final de los resultados de MaxEnt

3.1. Para visualizar y modificar los archivos raster que la distribución potencial de los cultivos se los importará al software de información geográfica ArcGIS v10.2.

3.2. En ArcGIS v10.2 se aplicó un corte de umbral mediante la herramienta “Raster Calculator” para generar los mapas de distribución potencial para cada cultivo en sus respectivos escenarios. Cuya operación es la siguiente para cada capa: “NombreDelCultivo.asc > valor de umbral”. Este proceso consiste en convertir los valores continuos de las capas raster en valores 0 y 1, donde 0 indica que la especie de estudio no está presente y 1 indica que la especie está presente.

3.3. La conversión a rasters binarios tanto a los rasters de áreas de distribución potencial actual y futuro permite la comparación y la identificación de la influencia del cambio climático en el escenario futuro al año 2050.

Tabla 3: Valores de las capas raster para conocer la influencia frente al Cambio Climático

| Influencia frente al Cambio Climático | Raster áreas de distribución potencial futura (Valor de la celda) | Raster áreas de distribución potencial actual (Valor de la celda) | Resta de los raster (Valor de la celda) |
|--|---|---|---|
| (i) Áreas de alta influencia | 0 | 1 | -1 |
| (ii) Áreas por fuera del nicho realizado | 0 | 0 | 0 |
| (iii) Áreas de baja influencia | 2 | 1 | 1 |
| (iv) Nuevas áreas adecuadas | 2 | 0 | 2 |

FUENTE: modificado de (Scheldeman & van Zonneveld, 2011)

4. Análisis de la Influencia del cambio climático en la distribución de los cultivos

4.1. Se realizó una conversión sólo en los raster de distribución potencial futura de cada cultivo. Convirtiendo los valores 1 en valores 2, mediante la herramienta “Raster Calculator”.

4.2. Se realizó una resta entre los **raster** de distribución potencial futura al año 2050, con valores 2 y 0, menos los raster de distribución potencial actual, con valores 1 y 0. Esto se realizó para cada cultivo.

4.3. El significado de los resultados de esta resta se detalla en la Tabla 3

4.4. Se pasó a ordenar los rasters de distribución potencial actual y futura para cada cultivo, así como el raster de influencia y expresarlo en una unidad de áreas (m²).

Al superponer rasters binarios se obtienen cuatro situaciones posibles en cada celda (Ver Tabla 3):

- i. Áreas de alta influencia: áreas en las que la especie probablemente ocurra en las condiciones climáticas actuales pero que dejarán de ser adecuadas en el futuro.
- ii. Áreas por fuera del nicho realizado: áreas que no son adecuadas ni con las condiciones actuales ni con las condiciones futuras (de acuerdo con la modelación).
- iii. Áreas de baja influencia: áreas en las que la especie probablemente ocurra tanto en las condiciones climáticas actuales como en las condiciones climáticas futuras.
- iv. Nuevas áreas adecuadas: áreas en las que una especie tendría probabilidades de ocurrir en el futuro, pero que no son idóneas para la ocurrencia natural en las condiciones actuales.

3.4. ESCENARIO CUALITATIVO: METODOLOGÍA PARA GENERAR ESCENARIOS FUTUROS A PARTIR DE LAS PERCEPCIONES DE LAS COMUNIDADES PRODUCTORAS DE PAPA Y MAÍZ

Basándome en el trabajo de Ibáñez (2013) sobre las diferentes metodologías para la construcción de escenarios. Resultará oportuno utilizar metodologías basadas en talleres de expertos, que se caracterizan principalmente por la participación activa de las comunidades de la zona de estudio.

Es así como se realizó 1 taller participativo en la comunidad campesina de Huallacayan en donde participarán miembros de las comunidades productoras de papa y maíz de la cuenca de Mito, quienes ya han colaborado en proyectos anteriores (Velásquez Milla, Casas, Torres-Guevara, & Cruz-Soriano, 2011).

3.4.1. Metodología de la matriz de aspectos y definición de impulsores de cambio

Acorde a Palomo et al. (2009) la metodología de “La matriz de aspectos y definición de impulsores de cambio”, consiste en la identificación de factores que influyen en un factor central u específico.

Los factores con los cuales trabajamos fueron elegidos en base a la experiencia previa del CCTA (2014) dando un total de 6 factores: Plagas y enfermedades del cultivo, Comercio del cultivo, Clima, Consumo del cultivo, Costumbres de la comunidad, y Sistema de producción del cultivo. Siendo el factor central u específico: La diversidad de papas y maíces.

Esta metodología comienza por completar una matriz de factores (Ver Tabla 4), en donde se conocerá la percepción de un grupo de agricultores sobre cada uno de los factores. Esto es seguido de una actividad donde el mismo grupo, en espacio en blanco, empiece a crear relaciones entre los 6 factores ya mencionados y el factor central. así como se decidió separar a los asistentes en 2 grupos: los agricultores de papa y los agricultores de maíz, y que cada grupo analice y discuta las relaciones entre los factores.

Tabla 4: Análisis de factores que fue completada por los agricultores

| Factores | Antes | Ahora | Porqué cambio | Beneficiados | Perjudicados |
|-----------------|--------------|--------------|----------------------|---------------------|---------------------|
| Factor 1 | | | | | |
| Factor 2 | | | | | |
| Factor 3 | | | | | |
| Factor 4 | | | | | |
| Factor 5 | | | | | |
| Factor 6 | | | | | |

FUENTE: (Palomo, Martín-López, López, & Montes, 2011)

3.4.2. Metodología de la técnica de las historias de futuro y construcción de escenarios

“La técnica de las historias de futuro y construcción de escenarios” (MA 2005) que toma como base las líneas de tiempo sobre una situación hipotética de futuro ligada al impulsor de cambio identificado por la población local: el cambio climático.

Para este taller se centró en una dinámica que consiste en dibujar: ¿Cómo afectaría el cambio climático en cultivos de papa/maíz? Incluyendo los factores ya mencionados. Además, de exponerlo frente al grupo y así narrando una historia.

3.4.3. Estructura del taller y procesamiento de datos

La estructura del taller consta de (1) la formación de 2 grupos de trabajo que desarrollarán la matriz de aspectos y definición de impulsores del cambio que afectan tanto a los cultivos de maíz y papa (2) los grupos explican el comportamiento de los principales factores que afectan a los cultivos de papa y maíz, y conocer los impulsores del cambio para cada cultivo, (3) Una vez discutido sobre estos factores entre los miembros del grupo, ahora se procederá a graficar el comportamiento de estos factores y explicando a través de imágenes como se verán como comunidad al año 2050 mediante la técnica de las historias de futuro. Para registrar toda la información se utilizaron paleógrafos y tarjetas de cartulina donde escribir, mientras que para la explicación de los escenarios a futuros frente al cambio climático se usaron grabadoras.

Toda esta información fue ordenada para definir los factores que las comunidades consideran importantes que estarían afectando a los cultivos de papa y maíz, en base a la cantidad de relaciones que los agricultores elaboren. Además, de contrastar estos resultados cualitativos con los escenarios cuantitativos del modelamiento de nicho ecológico.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. SERIES HISTÓRICAS DE LAS VARIABLES METEOROLÓGICAS

4.1.1. Control de calidad para completar series históricas

Uno de los primeros resultados del RCLimTool es el control de calidad en donde se nos resumen a través de análisis descriptivos y el uso de indicadores, para cada una de las variables con las que estamos trabajando. Obteniendo así el estado de nuestros datos de las series históricas antes de que este programa rellene los vacíos de información en la serie histórica.

Para la variable precipitación los resultados (Anexo 1) de cada estación meteorológica para el periodo 1980 – 2013, se resalta el porcentaje de datos faltantes o NA (Not Available por sus siglas en inglés), muestran que la estación Canchan, la más cercana al área de estudio, presenta casi un 28.6 por ciento de NA. De otro lado, las 3 estaciones presentan Coeficientes de Variación (CV) de más de 250 por ciento. Estos valores de CV reflejan la gran variabilidad en el comportamiento de la precipitación (Anexo 2).

En el caso de temperatura máxima (Anexo 3), el resultado para esta variable presenta valores de CV similares, para San Rafael = 9.5; Huánuco = 7.5; y Canchan = 19.2. El mayor valor de los NA para esta variable (49.1 por ciento) está en la Estación Canchan. En cuanto al porcentaje de datos atípicos tenemos que Canchan, es la estación con el menor valor = 0.26 por ciento (Anexo 4), lo que indicaría que más del 99 por ciento de los datos de temperatura máxima se encuentran dentro del rango (Anexo 4).

Para la variable Temperatura mínima (Anexo 5), una vez más vemos que la estación Canchan cuenta con el de mayor valor de NA entre las otras estaciones (27.1 por ciento). En cuanto al porcentaje de datos atípicos, Canchan presenta un valor de 0.38, lo que indica que la gran parte de nuestros datos se encuentran dentro del rango (Anexo 6).

Al ser las estaciones meteorológicas de Huánuco, San Rafael y Canchan, las únicas ubicadas en la parte sierra de la región Huánuco y contar con registros diarios por más o menos 30 años, queda continuar y completar la serie histórica de Canchan con el RClimTool, y así extrapolar la información de esta estación meteorológica para identificar las tendencias de las variables climáticas para el área de estudio.

4.1.2. Series históricas completas

a) Precipitación Anual

La precipitación anual para el periodo 1980 al 2013 presenta como Precipitación anual mínima de 202.6mm, que corresponde al año 1991, y una Precipitación anual máxima de 618.7mm, que corresponde al año 1989.

En la primera década (1980-1989), como se representa en la figura 11, presenta una pendiente positiva con un incremento del 11.9mm/año, esta tendencia se mantiene en la segunda década de estudio (1990- 1999), cuyo incremento es de 8.7mm/año. Para los años 2000 al 2013, la precipitación anual presenta una pendiente positiva con un incremento de 7.2mm/año. Esta tendencia ha sido común en otras zonas de los Andes centro del país, donde se observa un aumento de la precipitación del 20 a 30 por ciento/año para cuenca del río Santa en el periodo 1965 a 2006, y un incremento de la precipitación anual de 8,47 y 5,06 en las estaciones meteorológicas Huancalpi y Huancavelica, respectivamente, para la provincia de Huancavelica en el periodo 1965 al 2006 (SENAMHI, 2009b, 2010)

Aunque es cierto que en algunas partes de los Andes centrales la tendencia es opuesta, como en Cerro de Pasco, que presenta un decrecimiento en la precipitación anual de -28,52mm/año (SENAMHI, 2010). Sin embargo, el comportamiento de la precipitación resulta difícil de predecir debido a que presentan comportamientos que no presentan un patrón tan definido como las otras variables (PROCLIM, 2005).

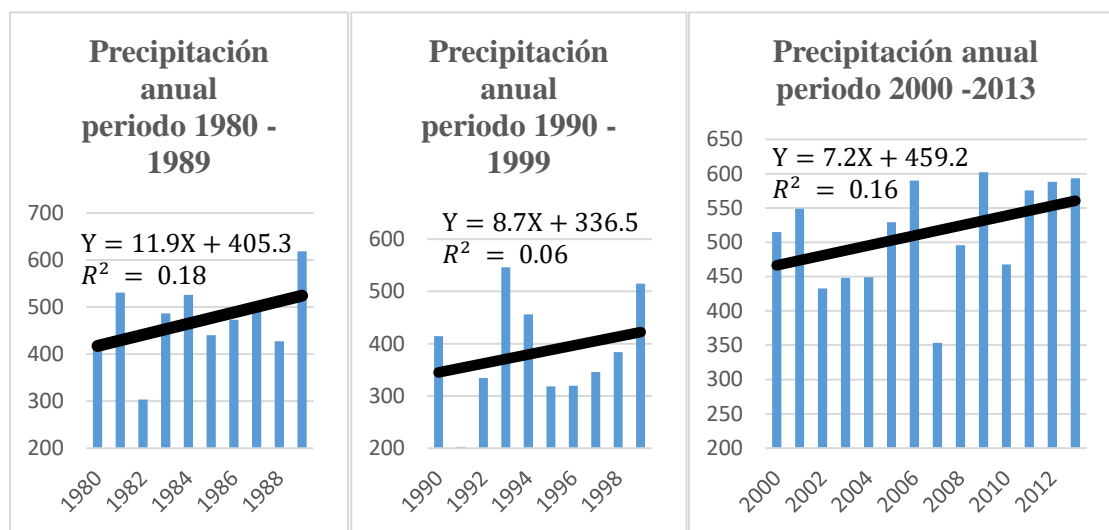


Figura 11: Distribución temporal de la precipitación anual periodo 1989 -2013

b) Temperatura máxima anual

La temperatura máxima anual en la zona de estudio para el periodo 1980 al 2013 oscila entre 27.09°C, que corresponde al año 1998, y 25.65°C, que corresponde al año 1993.

En la figura 12, se observa que en la primera década de estudio (1980 – 1989) se obtuvo una línea de tendencia negativa con un decrecimiento de -0,04°C/año. Mientras que en la segunda década (1990 – 1999) se obtuvo una línea de tendencia positiva con un incremento de 0.07°C/año. Así mismo, el periodo 2000 – 2013 presenta una línea de tendencia positiva con un incremento de 0.03°C/año. Esta tendencia se aprecia lo largo de los andes peruanos. En los andes centrales, tenemos el caso de Huayao, Región Junín, donde la temperatura máxima se incrementa en un 0.03°C/año durante el periodo 1965 -2006 (SENAMHI, 2010). En los andes noroeste, tenemos el caso de la cuenca de Piura donde se observa un aumento de 0.67°C/década para el periodo 1965 -2006 (PROCLIM, 2005).

En los andes surestes, el caso de la cuenca del río Urubamba se observó algo similar con un aumento de la temperatura máxima que va entre 0.01°C a $0.04^{\circ}\text{C}/\text{año}$ para el periodo 1965 -2006 (SENAMHI, 2009a). Aunque, algunas regiones de los andes peruanos presentan comportamientos opuestos al que observamos en esta cuenca y los ejemplos anteriores, como el caso de Cerro de Pasco para los andes centrales en donde se observa un decrecimiento de la temperatura máxima en un $0.06^{\circ}\text{C}/\text{año}$ (SENAMHI, 2010).

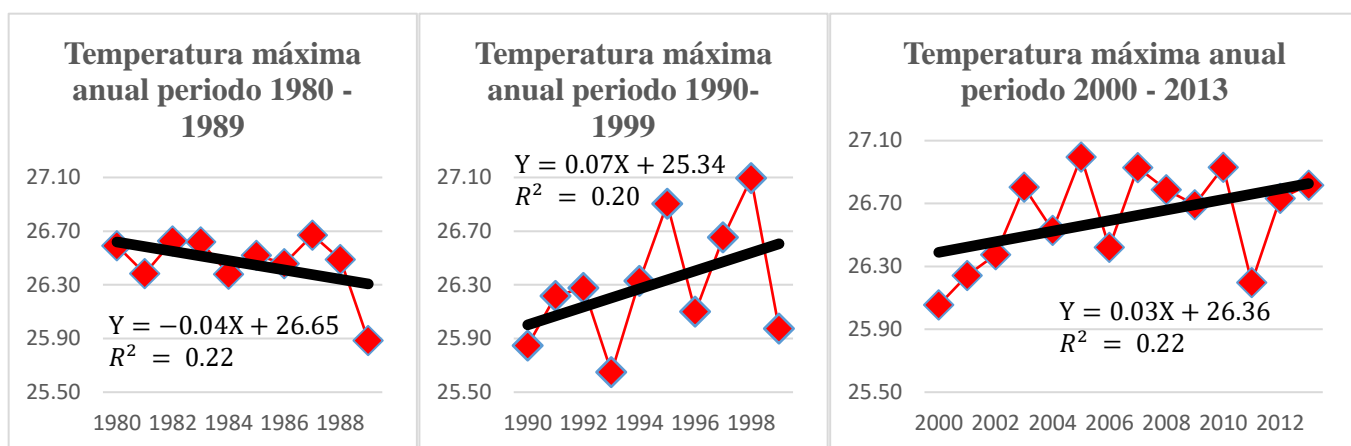


Figura 12: Distribución temporal de la Temperatura máxima anual periodo 1989 -2013

c) Temperatura mínima

La temperatura mínima anual en la zona de estudio para el periodo 1980 al 2013 oscila entre 11.73°C , que corresponde al año 1991, y 13.88°C , que corresponde al año 1998.

En la figura 13, se observa que en la primera década de estudio (1980 -1989) se observa una tendencia negativa con un decrecimiento del $0.06^{\circ}\text{C}/\text{año}$. Mientras que en la segunda década (1990-1999) se presenta una tendencia positiva con un incremento del $0.17^{\circ}\text{C}/\text{año}$. Ya para los años 2000-2013 la tendencia es negativa con un decrecimiento de $0.04^{\circ}\text{C}/\text{año}$. Si comparamos los resultados de temperatura máxima con temperatura mínima, observamos que el comportamiento de los últimos 14 años no está siguiendo las tendencias para cada variable. En estos últimos 14 años, se nos muestra como la amplitud térmica, la diferencia entre temperatura máxima y mínima, se hace mayor a medida que pasan los años. Esto se expresa en inviernos más fríos y veranos más cálidos.

En los Andes centrales, la mayoría de las tendencias de temperatura mínima tienden a ser positivas como en la cuenca del río Santa con un incremento del $0.02^{\circ}\text{C}/\text{año}$ para el periodo 1965-2005 o en Cerro de Pasco con un incremento del $0.01^{\circ}\text{C}/\text{año}$ en el periodo 1965-2005 (SENAMHI, 2009b, 2010). Aunque otras zonas, como Jauja, si se presentan un decrecimiento del $0.03^{\circ}\text{C}/\text{año}$ para el periodo 1965-2005 (SENAMHI, 2010).

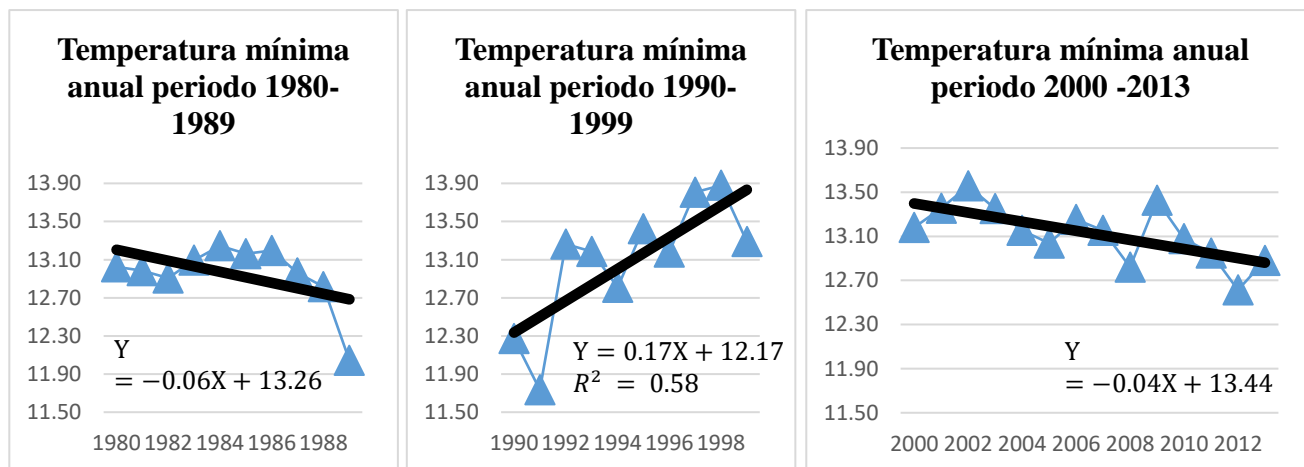


Figura 13: Distribución temporal de la Temperatura mínima anual periodo 1989 -2013

d) Anomalía de precipitación

En la Figura 14 se observa cómo ha cambiado la anomalía de la precipitación en el período 1980 – 2013. Se obtuvo una tendencia positiva que incrementa en $3.38\text{mm}/\text{año}$, lo que se observa en la última década las lluvias han presentado un comportamiento que va hacia el aumento de lluvias.

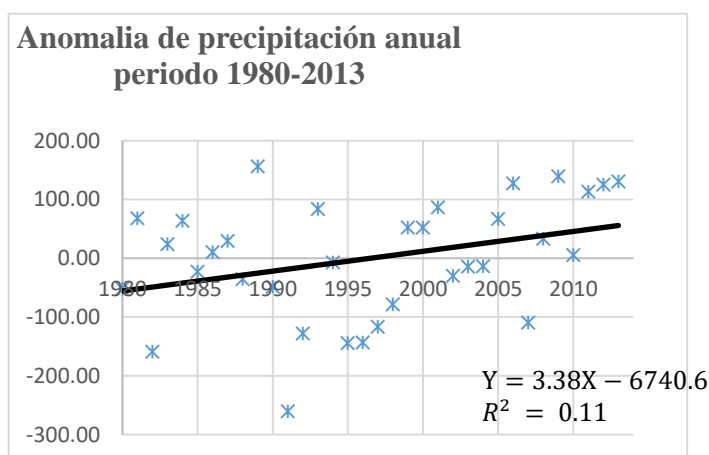


Figura 14: Distribución temporal de las anomalías de precipitación anual (mm) periodo 1980 – 2013

4.2. MODELOS DEL CLIMA ACTUAL Y FUTURO AL AÑO 2050

En el Anexo 7, se presentan las distribuciones espaciales de las variables climáticas: Precipitación anual, Temperatura máxima anual, y Temperatura mínima anual. A continuación, se detallan los rangos de valores para cada variable.

4.2.1. Condiciones climáticas para el escenario actual según el modelo GENERIC GRID FORMAT

En el escenario actual, tenemos que la precipitación anual presenta valores que van de 386mm a los 1'014mm, donde los valores altos se concentran en la cuenca alta y los bajos en la cuenca baja; la temperatura máxima anual presenta valores que van desde 12.9°C hasta 25.6°C, donde los valores altos se concentran en la cuenca baja y los bajos en la cuenca alta; y la temperatura mínima anual presenta valores que van desde -1.3°C hasta 10.4°C, donde los valores altos se concentran en la cuenca baja y los bajos en la cuenca alta.

4.2.2. Condiciones climáticas para el escenario futuro al año 2050 según el promedio de los modelos ACCESS1-0, HADGEM2-ES, HADGEM2-AO

En el escenario futuro al año 2050, la precipitación anual presenta valores que van desde 441mm hasta 1'158mm, donde los valores altos se concentran en la cuenca alta y los bajos en la cuenca baja; la temperatura máxima anual presenta valores que van desde 15°C hasta 27.8°C, donde los valores altos se concentran en la cuenca baja y los bajos en la cuenca alta; y la temperatura mínima anual presenta valores que van desde 1°C hasta 12.6°C, donde los valores altos se concentran en la cuenca baja y los bajos en la cuenca alta.

4.2.3 Distribución espacial de la variación de las condiciones climáticas con respecto al año 2050

La variación de la precipitación anual con respecto al año 2050 muestra un incremento a lo largo de la cuenca de Mito que va desde los 55mm hasta los 148mm, observándose que el mayor incremento de la precipitación anual se da en la parte alta de la cuenca de Mito.

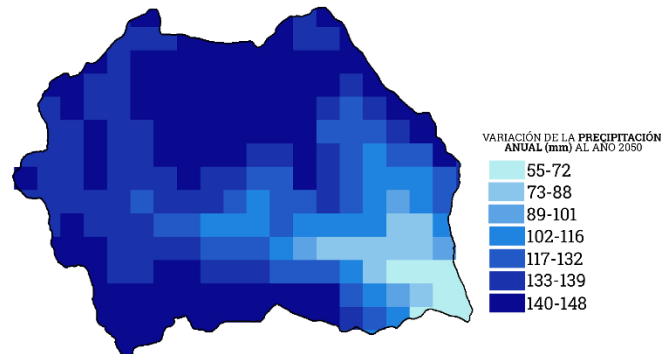


Figura 15: Distribución espacial de la variación de precipitación anual (mm) respecto al año 2050

La variación de la temperatura máxima anual respecto al año 2050 muestra un incremento de 2.0°C y 2.2°C. Para esta variable no se observa una distribución espacial específica, ya que en gran parte esta variación resultó ser homogénea.

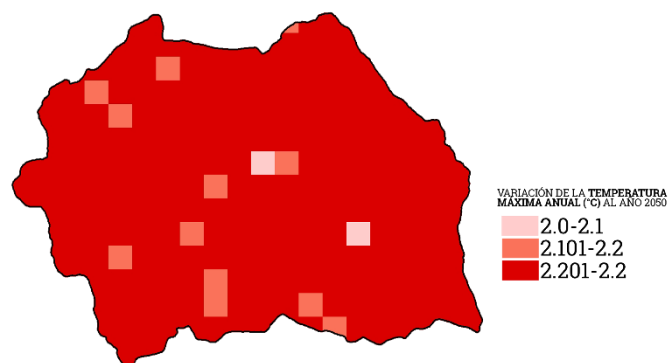


Figura 16: Distribución espacial de la variación de Temperatura máxima anual (mm) respecto al año 2050

La variación de la temperatura mínima anual respecto al año 2050 muestra un incremento de 2.13°C a 2.27°C. Para esta variable no observa una distribución especial específica, los valores están más dispersos.

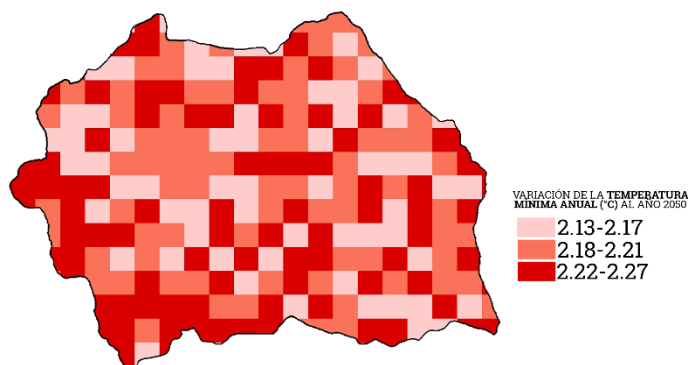


Figura 17: Distribución espacial de la variación de Temperatura mínima anual (mm) respecto al año 2050

La información de los Modelos de Circulación Global Regionalizados aportados por el WorldClim, parece no distanciarse mucho de lo observado en las líneas de tendencias precipitación anual y temperatura máxima anual que se han elaborado en el presente trabajo de investigación. Así mismo, los resultados nuestros modelos indican un aumento para las tres variables en estudio al año 2050 no distan de resultados que obtuvieron Ramos (2014) para la parte norte del país; el SENAMHI (2009, 2011, 2010) en la zona norte, centro y sur de los Andes peruanos; y el SENAMHI (2013) en trabajo conjunto al MINAM para la región de Huánuco.

4.3 MODELADO DE LA INFLUENCIA DEL CAMBIO CLIMÁTICO AL AÑO 2050

El primer resultado que nos brinda MaxEnt es el Área Bajo la Curva (AUC), valor que se interpreta como la mayor probabilidad de que un punto de presencia seleccionado aleatoriamente esté ubicado en una celda del raster con una alta probabilidad para la ocurrencia de la especie. En la Tabla 5 se observa que los modelos generados para los cultivos de Papa Canchan y Maíz Morocho presentan AUC = 0.999; mientras que para el cultivo de Papa Hualash Largo presenta un AUC = 0.998.

Tabla 5: Valores del Área Bajo la Curva como resultado del modelado de nicho ecológico con MaxEnt

| Cultivo | Área bajo la Curva (AUC) |
|--------------------|--------------------------|
| Papa Canchan | 0.999 |
| Papa Hualash Largo | 0.998 |
| Maíz Morocho | 0.999 |

En la figura 18 se aprecia la distribución potencial del cultivo de papa canchan dentro de la cuenca de Mito. En el escenario actual este cultivo se distribuye entre las alturas de 2800 – 3500 msnm, lo cual corresponde a la descripción del (INIA, 2012). Mientras que en el escenario futuro al año 2050 se nota una reducción de esta área manteniéndose en ese rango de alturas.

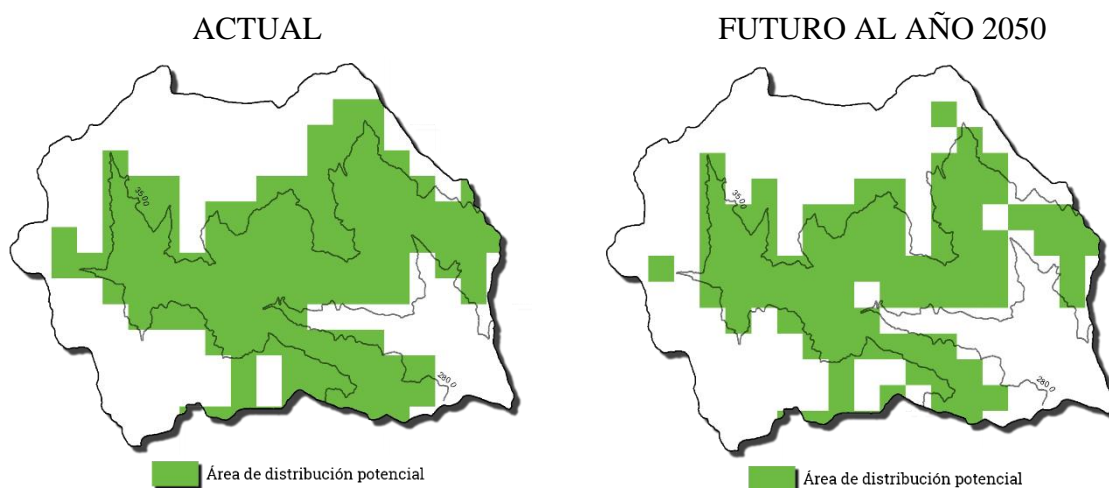


Figura 18: Mapas de distribución potencial para el cultivo papa canchan

Como muestra la figura 19, la influencia de cambio climático al año 2050 para el cultivo papa canchan se expresa en áreas de baja influencia, que representan el 41.5 por ciento (7081.1ha) del área total de la cuenca de Mito. Por otra parte, el área de alta influencia representa el 11.6 por ciento (1979.3ha) del área total de la cuenca. Esto evidencia que las condiciones climáticas futuras reducirían el área de distribución potencial de papa canchan. En este escenario al año 2050 no se observa un desplazamiento claro hacia mayores alturas debido a la resolución del raster, pero sí una reducción en el límite superior e inferior con respecto a la distribución actual.

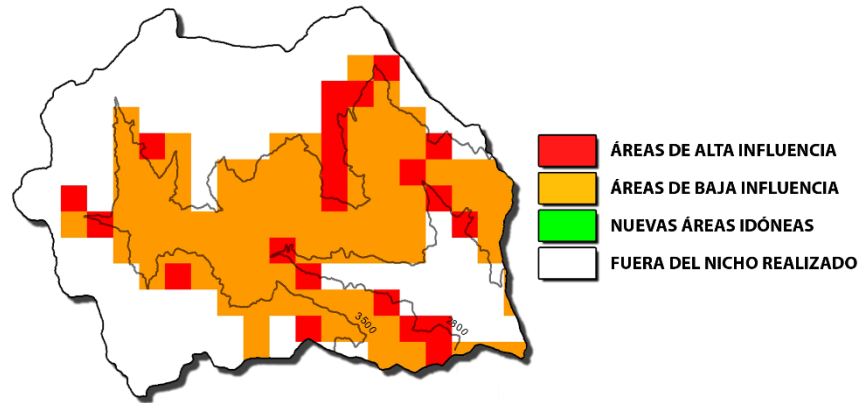


Figura 19: Mapas de la influencia del cambio climático al año 2050 para papa Canchan

Para la papa Hualash largo, en la figura 20, se observa que en el escenario actual este cultivo de papa nativa este se desarrolla por encima de los 3400msnm. Mientras que para el escenario al año 2050 esta distribución se encuentra en los 2800 a 3500msnm y una clara reducción en su distribución.

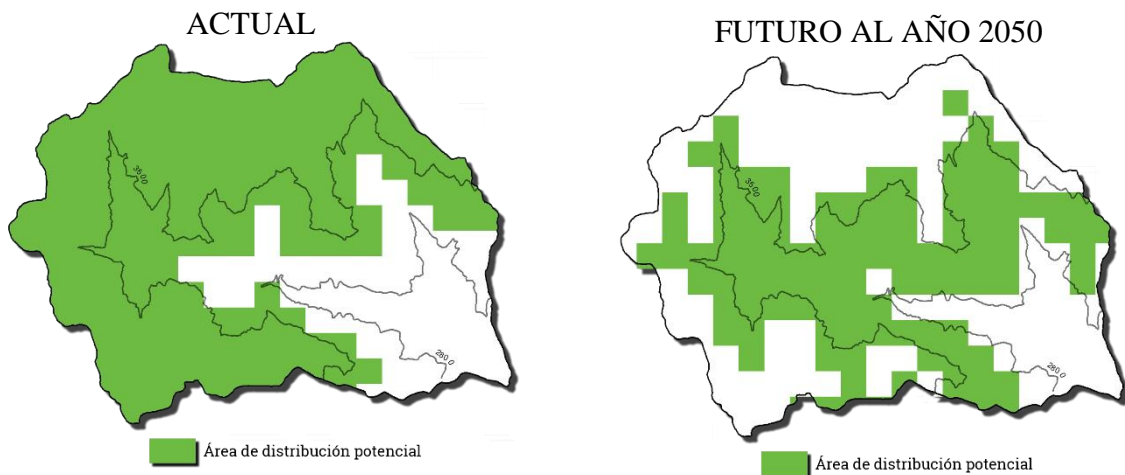


Figura 20: Mapas de distribución potencial para el cultivo papa Hualash Largo

El mapa de influencia del cambio climático (Ver Figura 21) tenemos que el área de baja influencia representa el 37.3 por ciento (6364.5ha) del área de la cuenca. Mientras que el área de alta influencia, área donde la especie no estaría presente en el futuro, representa el 36.9 por ciento (6296.2ha) del área de la cuenca. Además, según el modelo, las nuevas áreas idóneas para el cultivo representan el 11.7 por ciento (1996.4ha) del área de la cuenca.

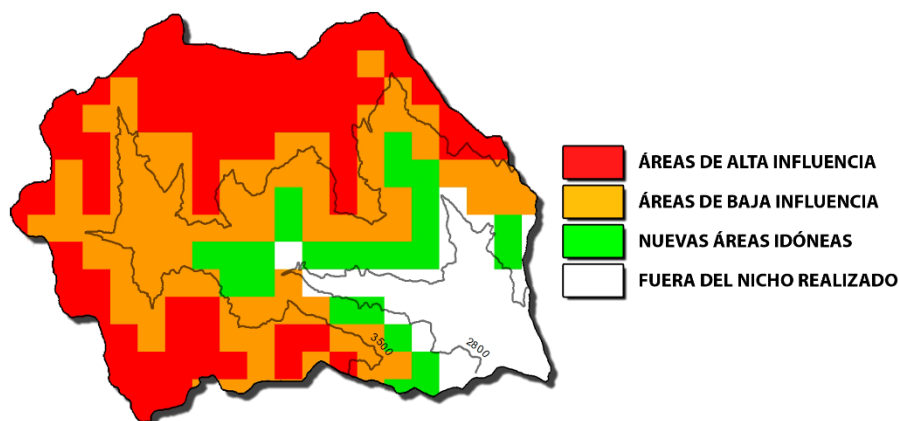


Figura 21: Mapas de la influencia del cambio climático al año 2050 para papa Hualash

Para el maíz morocho, en la figura 16, se observa que, en el escenario actual, este cultivo se desarrolla por debajo de los de los 3400msnm. Mientras que para el escenario al año 2050 esta distribución se mantiene el límite de altitud y un claro aumento en su distribución.

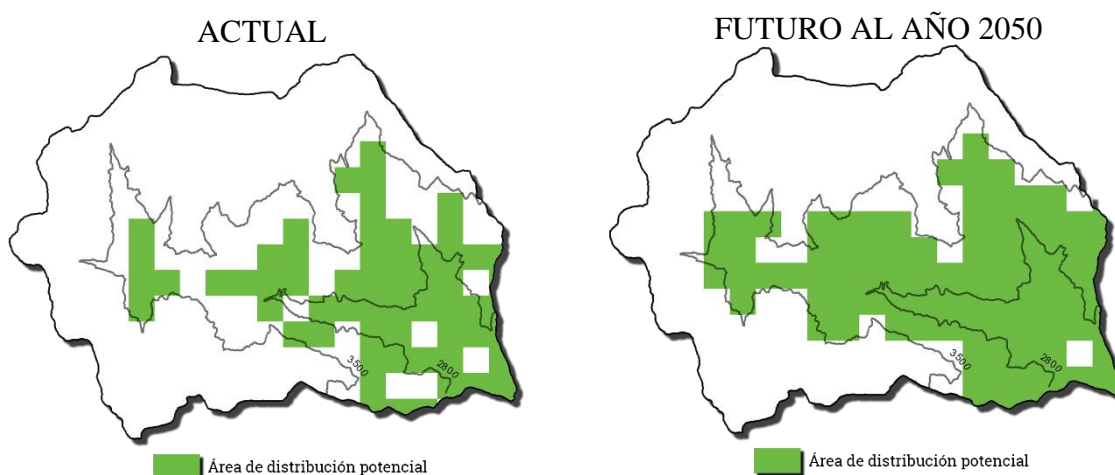


Figura 22: Mapas de distribución potencial para el cultivo maíz Morocho

El mapa de influencia del cambio climático para esta raza de maíz (Ver Figura 17). tenemos que el área de baja influencia representa el 26.9 por ciento (4589.9ha) del área de la cuenca. Además, según el modelo, las nuevas áreas idóneas para el cultivo representan el 13.5 por ciento (2303.5ha) del área de la cuenca.

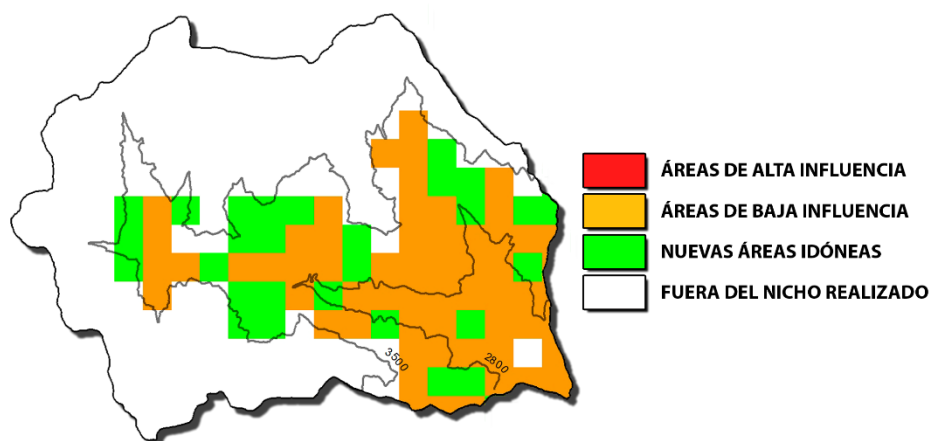


Figura 23: Mapa de la influencia del cambio climático al año 2050 para maíz Morocho

Sobre el modelamiento en MaxEnt para cultivos, el algoritmo también permite la identificación de zonas agroecológicas ideales. Sin embargo, esta es una tarea aún más compleja que la de identificar el área de distribución natural de una especie silvestre debido a la interacción dinámica entre los paisajes agrícolas de manejo y los factores ambientales, ya que una especie se puede cultivar fuera de su nicho, siempre y cuando se usen determinadas prácticas agrícolas Scheldeman y van Zonneveld (2011).

Para el cultivo de maíz morocho, un cultivo que se encuentra arraigada a la cultura andina, en el escenario futuro al año 2050 presenta condiciones favorables, beneficiado por el incremento de la temperatura, y la precipitación e incluso por la irregularidad de las lluvias. Si bien los resultados proyectados para maíz morocho al año 2050 son favorables para nuestra área de estudio indicando aumentos de área, no necesariamente indicaría que todos los maíces cultivados por los agricultores de Quisqui respondan de igual forma (Ureta, Martínez-Meyer, Perales, & Álvarez-Buylla, 2012).

Una vez más es necesario recalca que las variables utilizadas se limitan a condiciones climáticas, y que las relaciones interespecíficas con otras especies u otros factores abióticos no se incluyeron en este estudio podrían enriquecer los resultados finales. Por último, y aunque no es objetivo de este trabajo, el aumento de áreas para esta raza de maíz no necesariamente indicaría un aumento de producción del cultivo, ya que se proyecta que para Perú se mantenga su producción al año 2055 (Jones & Thornton, 2003). Estos autores

resaltan también la importancia de trabajar a escala local, así el trabajo del SENAMHI (2013) que mediante modelamiento proyectaron un desplazamiento a zonas más altas y un aumento en el rendimiento de maíz amiláceo al año 2030, pero esto no se reflejaría en todo el Perú. En contraste, Raissig et al. (2011) comenta que los andes del sur serían afectados por sequías y las irregularidades de la precipitación, afectando así a cultivos como papa y maíz.

Para el caso de papa Canchan, existe una reducción del área de distribución potencial frente a un escenario de cambio climático. La variedad mejorada enfrenta un reto más en un escenario que no ha sido tan agresivo como para la variedad nativa Hualash, ya que las condiciones climáticas están entre los rangos óptimos de temperatura y precipitación a lo largo del crecimiento y desarrollo del cultivo (Egusquiza, 2000a; SENAMHI, 2009a). Y que para la zona de andes central se observa un patrón similar en cuanto a distribución, además se menciona un aumento de su rendimiento para el año 2030 (SENAMHI, 2009a).

Para el caso de papa Hualash, una variedad de papa nativa, para el escenario al año 2050, el contraste es muy marcado, mostrando una reducción agresiva del espacio geográfico disponible a futuro para que este cultivo se desarrolle, y que si bien muestra un aumento de áreas idóneas para su desarrollo esto quizá se deba la poca cantidad de muestras dentro del modelamiento. La irregularidad de las precipitaciones estaría limitando en su desarrollo a la especie, ya que el cultivo de papa, en específico la formación de tubérculos, las condiciones ideales son comprendidas entre 10 a 20°C; y en cuanto a agua, la planta no debe sufrir de déficit de agua (Egusquiza, 2000b). Además, de como otras plagas podrían subir en altitud como el caso de la polilla de la papa (Veneos, 2014), y que cabe la posibilidad de que otras plagas y enfermedades aumenten su área de distribución.

Por una parte, es seguro que las instituciones enfocadas a la producción agrícola harán frente a estos cambios en el clima, quizá aportando nuevas variedades que soporten estas nuevas condiciones ambientales, así como el trabajo en conjunto con la investigación científica y el conocimiento tradicional de las comunidades con las cuales se trabajan. En contraparte, la tecnología y organización social de las comunidades campesinas probablemente serán suficientemente para adaptarse tal como lo han hecho en el curso de su historia a los cambios climáticos, a partir de los principios generales del comportamiento de las cuencas y y el conocimiento tradicional (Earls, 2010). Esta capacidad de los pueblos para atender sus

nuevas necesidades, acordes con los cambios socio ecológicos y globales que se viven en el mundo contemporáneo haría posible continuar desarrollando nuevas variedades y quizá recuperar otras perdidas (Casas, Torres-Guevara, & Parra, 2016). La reducción del riesgo frente al cambio climático para ambos cultivos está en la diversificación de métodos de adaptación de las comunidades campesinas (J. Torres, 2015).

4.4 GENERACIÓN DE ESCENARIOS CUALITATIVOS

4.4.1 Matriz de aspectos y definición de impulsores del cambio

El presente taller logró juntar a 20 campesinos conservacionistas de las comunidades de Santa Rosa de Monte Azul y Huallacayan. Con una duración de 6 horas desde las 9:00 am y 15:00 pm del domingo 25 de junio del año 2017.

Como primer resultado tenemos las matrices de aspectos y definición de impulsores de cambio. Los principales factores influyentes para la diversidad de papa en la cuenca de Mito, son las presentadas en la Anexo 8. Se logró identificar para este cultivo al clima, el uso de fertilizantes y semillas mejoradas como los comentarios más recurrentes sobre el cambio en los últimos años. Además, de que ellos mismos se incluyen en la parte de perjudicados de manera repetitiva.

En el caso del maíz, la matriz (Anexo 9) nos indica lo importante que es el clima, y como este ha cambiado con respecto al pasado, pero atribuyendo a este cambio de razas nativas por mejoradas. A su vez como los productores y sus familias que no invierten en maíces mejoradas y sus aditivos químicos se ven perjudicados.

A continuación (Ver Figura 24), se muestran las relaciones entre cada uno de los factores planteados en la matriz. Además, conforme se avanzó con el ejercicio, los campesinos agregaron factores e interacciones al resultado final. Lo que vemos aquí son las interacciones positivas o relaciones directas(rojo) y negativas o relaciones indirectas (azul).

Para la diversidad de papa, en la figura 24, se agregaron 4 factores adicionales en el dialogo: Gobierno, Cambio de Hábitat, Migración y Aumento de población. El gráfico también nos refleja las relaciones entre factores. Dando como resultado que el factor Comercio presenta más relaciones, 7 en total, seguido de los factores: Hábitos de consumo y Cambio del clima, 6 en total. Seguido de los otros factores.

El factor comercio se puede ver de varios aspectos, como la introducción de variedades mejoradas, el acceso a través de carreteras y movilidad, así como las capacitaciones por parte del gobierno para la siembra de un tipo de variedad mejorada y que a su vez esto mejore el ingreso monetario en el hogar, afectaría de forma negativa a la diversidad de papa. El comercio ha moldeado a las comunidades, cambiando así también sus hábitos de consumo, otro factor importante, ya que se han abandonado las comidas tradicionales de cada comunidad a base de papa, se menciona como ahora los jóvenes prefieren otro tipo de comidas, que se preparan con alimentos ajenos a la zona o procesado, es cierto que el acceso a vías de transporte ha permitido un mejor comercio de variedades de papa, pero también el ingreso de otras costumbres a las comunidades, como por ejemplo los programas de gobierno quienes alegan que los alimentos locales son poco nutritivos y que incorporan en sus plan nutricionales alimentos que no son de la zona. Mientras que los cambios del clima en los últimos 30 años, hace que sea un poco difícil, conocer las fechas de lluvias en estos últimos años ha sido difícil de predecir, y que las señales meteorológicas que ellos utilizaban, al menos sus padres y abuelos, ya no son tan claras o se cumplen como antes. Sienten que las temporadas de sequias duran más y que las lluvias demoran en llegar. Así también que los veranos son más cálidos y los inviernos son más fríos. Y que todo esto no solo afecta a sus chacras de papas y otros cultivos, también a los ganados. Así como a las plagas y enfermedades que atacan a los cultivos en general, más para las variedades mejoradas con plagas como la racha. Estos cambios han hecho que familias enteras dejen el campo, por algo más seguro, como cambiar de cultivos locales a cultivos mejorados, o en el peor de los casos, buscar un empleo en las ciudades.

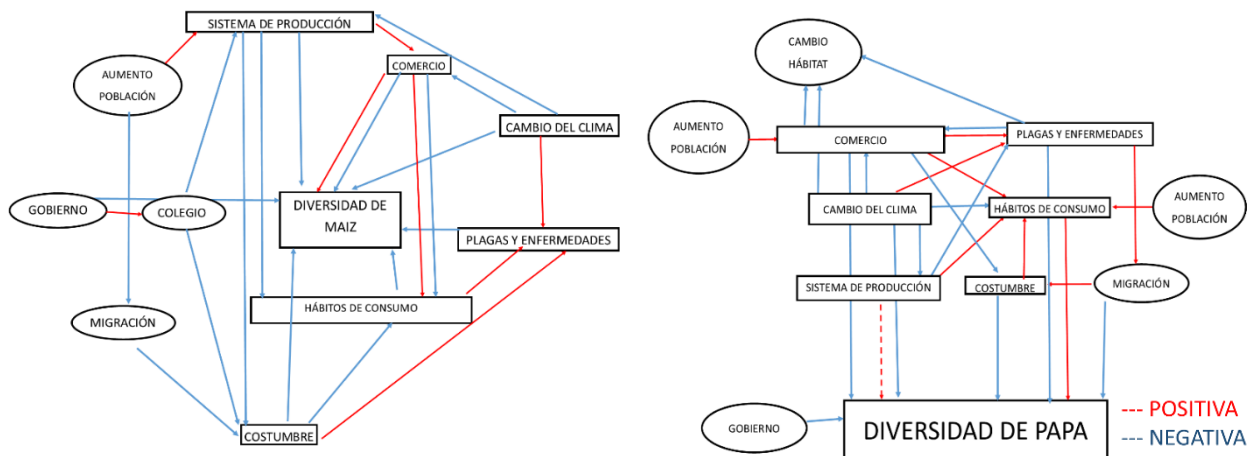


Figura 24: Interacción entre los factores donde las flechas rojas indican influencia positiva y las flechas azules influencias negativas

En cuanto al cultivo de maíz, en la figura 24, tenemos que los productores identificaron más factores ajenos a los que ya se habían planteado: Aumento de la población, Migración, Gobierno y Colegio. Para este cultivo, se observa que el factor dominante o de cambio es Sistema de producción, con 7 interacciones, seguido por el factor Comercio, con 6 interacciones, y los factores Hábitos de consumo y Costumbres, 5 interacciones.

El factor de sistema de producción nos muestra que la producción de maíz ha cambia mucho. Desde la llegada de insumos químicos para mejorar el rendimiento por hectárea, que se centran en unas pocas variedades, mientras que el resto se quedan relegadas y en algunos casos olvidadas. Además, como poco a poco, algunos agricultores empiezan a cambiar por otros cultivos, que no necesiten tantos requerimientos para que las ganancias netas se las lleve el agricultor. Para este cultivo, el factor comercio se interrelacionan mucho, ya que se centra en variedades mejoradas, las cuales presentan demanda en el mercado local, así, poco a poco, los agricultores de variedades nativas son marginados al punto de tener que elegir, si seguir con sus variedades o enfocarse a una, ya que además esta variedad es la que genera ingresos económicos a la familia. Aquí los hábitos de consumo y las costumbres afectan negativamente a la diversidad de maíz en la cuenca, muy similar al caso de la papa, los jóvenes prefieren otro tipo de alimentos, están cambiando sus gustos por las frituras, los dulces, y platos que no son de la zona. Y no solo en el tema alimenticio, ya que los jóvenes no se dedican al campo como sus padres y las jóvenes no están aprendiendo la selección de semillas como sus madres.

4.4.2. Generación de escenarios

Luego de haber identificado las interacciones entre los factores, los grupos empezaron a generar sus escenarios futuros. Con la ayuda de material visual, ellos construyen los escenarios, primero en dibujo, para luego explicarlos de forma oral.

Para el Maíz, si las variables actuales de temperatura y precipitación al año 2050 mantuvieran su tendencia, entonces las condiciones meteorológicas no serían favorables para que el maíz nativo, así como su consumo por parte de las nuevas generaciones de jóvenes. Mientras que las variedades de maíz mejorado serán cultivadas con mayor frecuencia, pero ocuparía zonas más altas de las habituales, ya que el mercado así lo demanda y será aún una fuente de ingresos para la economía familiar. También se resalta un cambio en el consumo de alimentos y de las costumbres propias de la comunidad. Esto se debería a un cambio tecnológico debido a los apoyos dados por los programas de atención del gobierno y un aumento del nivel de educación de los pobladores de la zona.



Figura 25: Ilustración para el escenario de maíz al año 2050 elaborado por los productores de maíz

Para el cultivo de papa, si las variables actuales de temperatura y precipitación al año 2050 mantuvieran su tendencia, disminuiría la producción debido al aumento de las plagas que generará una disminución del comercio de este producto en los mercados locales y regionales. Al mismo tiempo esta reducción afectaría la seguridad alimentaria de la población, y profundizaría el desplazamiento de la población. Principalmente porque los suelos han sido contaminados por el exceso de fertilizantes y otros insumos químicos que conllevó el aumento en la producción de papa mejorada. Y como resultado, los hábitats naturales aledaños a la comunidad se verían reducidos. En cuanto a los hábitos de consumo, los patrones de consume de papa se verán afectados de manera significativa, debido a que los jóvenes ya no darán continuidad a los patrones de producción y porque han sido influenciados grandemente por la cultura exterior. Muchos de estos jóvenes, ya no laboran en el campo y se están empezando a desplazar para seguir sus estudios de secundaria, o en algunos casos, universitarios. Y quizá llegue el momento en donde se haga la siguiente pregunta ¿Quién sembrará estas tierras? Al mismo tiempo esto se daría en un contexto de menor apoyo del gobierno al sector agrícola, lo que afectaría sensiblemente la conservación de las variedades actuales



Figura 26: Ilustración para el escenario de papa al año 2050 elaborado por los productores de papa

El desplazamiento de cultivos a zonas más altas, como el de los maíces, es un patrón que ya ha venido siendo estudiado, y sobre todo cuáles serán las respuestas adaptativas para mantener la producción de dicho cultivo frente a cambios del clima y la influencia de factores sociales y económicos (Skarbø & VanderMolen, 2016). Así mismo, los resultados de estos escenarios cualitativos refuerzan y aportan, tanto o más, que los escenarios cuantitativos, ya que nos permiten conocer factores económicos y sociales que no pueden ser modelados, pero que se enriquece gracias a la conversación con quienes están a cargo de la preservación, la adaptación a retos cambiantes y el cultivo de razas maíces y variedades de papas, y que esta información pueda ser utilizada en planes de manejo con efectos positivos en la conservación de recursos genéticos (Ibáñez Blancas, de los Ángeles La Torre-Cuadros, & Mallma Carrera, 2018; Ureta, González-Salazar, González, Álvarez-Buylla, & Martínez-Meyer, 2013).

V. CONCLUSIONES

- La distribución temporal de la precipitación anual u anomalía de precipitación presenta tendencias positivas para las últimas 3 décadas. Mientras que la distribución temporal de las variables Temperatura máxima anual presenta en la última década una tendencia positiva, mientras que la temperatura mínima anual una tendencia negativa para la misma década.
- De los modelos de distribución potencial actual y futuro de los cultivos en estudio; se presentaron áreas con alta influencia frente al cambio climático al año 2050: Para papa canchan es de 11,6 por ciento (1979.3 ha); y para papa Hualash, el 36.9 por ciento (6296.6 ha). El caso del maíz morocho, este cultivo a futuro no presenta áreas con alta influencia, sino nuevas áreas idóneas que representa el 26.9 por ciento (4589.9.9 ha).
- En base al taller, el maíz, si bien las condiciones futuras permitirán una expansión de las áreas cultivadas a mayor altura, la migración de los jóvenes no permitirá aprovechar esta condición debido a la escasez de mano de obra. Para las papas, los escenarios muestran una mayor competencia entre variedades mejoradas y nativas, y también señalan un posible límite cuando la temperatura no permita el desarrollo de este cultivo, en este caso las papas nativas tendrían mejores capacidades de respuesta y de adaptación.
- Los agricultores afirman que cada año el calor aumenta y que resulta muy difícil precisar cuándo va a llover. Además, tienen muy en claro que tanto el maíz nativo como la papa canchan podrían expandirse a zonas más altas. Mientras que, para la papa nativa, sería el más afectado por el cambio climático. Todo esto se reafirma con la información de tendencias y los modelos de distribución.

VI. RECOMENDACIONES

- Investigar más a fondo cada uno de los ejes: agrobiodiversidad, clima y como estos se relación con la productividad de cultivos de importancia nacional.
- Crear una base de datos para los cultivos de papa nativa y maíz, con el fin de conocer la ubicación, nombre de la variedad y comunidades quienes la cultivan.
- Es de suma importancia que se realicen estudios de ecofisiología para papas nativas, debido a la escasa información para estos cultivos, y así comprender cuales son los requerimientos ambientales que estos necesitan
- Considerar hacer estudios socio-ecológicos para conocer el estado cultural de estas comunidades.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alves, A., & Albuquerque, U. (2010). Ethno what?. Terminological problems in ethnoscience with a special emphasis on the Brazilian context. In *Recent Developments and Case Studies in Ethnobotany* (pp. 69–74). Sociedade Brasileira de Etnobiologia e Etnoecologia/NUPEEA.
- Araújo, M., Pearson, R., Thuiller, W., & Erhard, M. (2005). Validation of species–climate impact models under climate change. *Global Change Biology*, 11, 1504–1513.
- ArcGIS. (2019). ¿Qué son los datos ráster? Retrieved January 10, 2019, from <http://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/manage-data/raster-and-images/what-is-raster-data.htm>
- Calderón, G., & Rzedowski, J. (2005). Flora fanerogámica del Valle de México. In Instituto de Ecología, A.C y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Pátzcuaro (Michoacán). <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Casas, A., Torres-Guevara, J., & Parra, J. (2016). Domesticación en el continente americano, Volumen 1. (November), 504.
- CCTA. (2014). Erosión genética (Papa, maíz y cultivos asociados, granos y/o raíces). Lima, Perú.
- Celis-García, J. (1996). Incidencia de la sequía en Perú: Estrategias para superar esta limitante. Cajamarca, Perú.
- Chase, J. M., & Leibold, M. A. (2004). Ecological Niches: Linking Classical and Contemporary Approaches. *Biodiversity and Conservation*, 13(9).

- Cordano, E., & Eccel, E. (2013). R-Package RMAWGEN (p. 68). p. 68. Retrieved from <http://cran.r-project.org/web/packages/RMAWGEN/RMAWGEN.pdf>
- De la Torre, C., & Burga, M. (1986). Andenes y camellones en el Perú andino: Historia, Presente y futuro. Lima, Perú: CONCYTEC (Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología).
- Dennison, D. (1996). Máxima prioridad: la conservación de los ecosistemas y culturas de montaña. Bilbao: Bakeaz.
- Earls, J. (2010). Manejo de cuencas y conservación de suelos. 2010.
- Egusquiza, R. (2000a). La papa: Producción, transformación y comercialización (Primera ed). Lima, Perú: Universidad Nacional Agraria La Molina - UNALM.
- Egusquiza, R. (2000b). La Papa Producción, Transformación y Comercialización. Lima: CIMAGRAF S.R.L.
- Egusquiza, R. (2009). Caracterización de papas nativas cultivadas en Huánuco. Lima, Perú: Coordinadora de Ciencia y Tecnología en los Andes.
- Egusquiza, R. (2015). Catálogo de papas nativas cultivadas en Huánuco. Universidad Nacional Agraria La Molina.
- FAO. (2006). Seguridad Alimentaria. In Informe de políticas (pp. 1–4). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación - FAO.
- Gerique, A. (2006). An introduction to ethnoecology and ethnobotany Theory and Methods. Advanced Scientific Training.
- Gulrado, S. G., & Bermúdez, F. L. (2011). Tendencia de las precipitaciones y temperaturas en una pequeña cuenca fluvial del sureste peninsular Semiárido. Boletín de La Asociación de Geógrafos Españoles, (56), 349–372.

- Guzmán, F. (2013). Evaluación del impacto del cambio climático en el cultivo de café en la cuenca alta del río Sisa, provincias de Lamas (distrito Alonso de Alvarado) y El Dorado (distrito San Martín de Alao), región San Martín. Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Hargreaves, G. H. (1994). Defining and using reference evapotranspiration. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 120(6), 1132–1139. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9437\(1994\)120:6\(1132\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9437(1994)120:6(1132))
- Hawkes, J. G. (1990). *The potato evolution biodiversity and genetic resources* (Belhaven Press. London, Ed.). UK.
- Hawkes, J. G. (1994). Colecciones de papa en expediciones en México y Sur América. In Jun England (Ed.), *Imperial Bureau of Plant Breeding and Genetic*.
- Hijmans, R. J., Cameron, S. E., Parra, J. L., Jones, P. G., & Jarvis, A. (2005). Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*, 25(15), 1965–1978. <https://doi.org/10.1002/joc.1276>
- Hutchinson, G. E. (1941). Ecological aspects of succession in natural populations. *The American Naturalist*, 75, 406–418.
- Ibáñez Blancas, A. N., de los Ángeles La Torre-Cuadros, M., & Mallma Carrera, G. A. (2018). Using Foresight to Gain a Local Perspective on the Future of Ecosystem Services in a Mountain Protected Area in Peru. *Mountain Research and Development*, 38(3), 192–202.
- Ibáñez, N. (2013). Construcción de escenarios de futuro a través de métodos prospectivos participativos en un Área Natural Protegida. Universidad Internacional de Andalucía.
- IDMA. (2016). *Agrobiodiversidad para alimentar al Perú y al mundo*. Lima, Perú: Instituto de Desarrollo y Medio Ambiente - IDMA.

- INEI. (2012). Resultados Definitivos IV Censo Nacional Agropecuario (Instituto Nacional de Estadística e Informática, Ed.). Lima, Perú.
- INIA. (2012). Papa INIA 303 - Canchán (p. 2). p. 2. Lima, Perú: Instituto Nacional de Innovación Agraria - INIA.
- INIA, CCTA, SPDA, & MINAM. (2015). Plan de Acción Estratégica 2015 - 2021 para la adaptación al cambio climático de comunidades campesinas ubicadas en centros de origen y diversificación de cultivos nativos. Lima, Perú: Sociedad Peruana de Derecho Ambiental - SPDA.
- IPCC. (2007). Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. In R. K. Pachauri & A. Reisinger (Eds.), Informe de Síntesis. Ginebra, Suiza: IPCC.
- IPCC. (2013). Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Working Group I Contribution 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. In Cambridge University Press., <https://doi.org/10.1029/2001JD001516>
- Jones, P. G., & Thornton, P. K. (2003). The potential impacts of climate change on maize production in Africa and Latin America in 2055. *Global Environmental Change*, 13(1), 51–59. [https://doi.org/10.1016/S0959-3780\(02\)00090-0](https://doi.org/10.1016/S0959-3780(02)00090-0)
- Kato, T., Mapes, C., Mera, L., Serratos, J., & Bye, R. (2009). Origen y diversificación del maíz : una revisión analítica. Ciudad de México, México: Universidad Nacional Autónoma de México, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- Kessel, J. van, & Enríquez, P. (2002). Señas y Señaleros de la santa tierra: agronomía

andina. Abya Yala, Quito: Departamento de Sociología Rural de la Universidad de Wageningen, Holanda.

- Ley N°24656. (1987, April 14). Diario Oficial El Peruano. Publicado El 14 Abril.
- Llanos, L. (2014). RClimTool: manual de usuario (pp. 1–17). pp. 1–17. Retrieved from www.aclimatesectoragropecuariocolombiano.org
- Millennium Ecosystem Assessment. (2005). Ecosystems and Human Well-being: Synthesis. In The Millennium Ecosystem Assessment series. <https://doi.org/10.1196/annals.1439.003>
- MINAM. (2010). Segunda Comunicación Nacional del Perú a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático 2010 (Ministerio del Ambiente del Perú, Ed.). Lima: Fondo Editorial del MINAM.
- MINAM. (2015). Estrategia Nacional Ante El Cambio Climático. Lima, Perú: Ministerio del Ambiente - MINAM.
- Murray-Tortarolo, G., Friedlingstein, P., Stich, S., Senevirante, S., Fletcher, I., Mueller, B., ... Zeng, N. (2016). The dry season intensity as a key driver of NPP trends. *Geophysical Research Letters*, 43(6).
- Nakićenović, N. (2010). IPCC Special report on emissions scenarios (SRES): Describing socioeconomic and environmental futures for climate change research218 and assessment. In CHDGC and CRC, US NAS and NRC, The National Academies' Keck Center. Washington DC.
- Ochoa, A. (2009). Influencia de la Temperatura y Precipitación en el cultivo Maíz Amiláceo (*Zea mays* L.) en las variedades San Gerónimo y Blanco Urubamba en el Valle del Mantaro. Universidad Nacional del Centro del Perú.
- Palomo, I., Martín-López, B., López, C., & Montes, C. (2009). Hacia un nuevo modelo

de gestión del sistema socio-ecológico de Doñana basado en la construcción de una visión compartida sobre sus eco-futuros (Ignacio Palomo & B. Martín-López, Eds.). Madrid: WWF España.

- Palomo, I., Martín-López, B., López, C., & Montes, C. (2011). Participatory scenario planning for protected areas management under the ecosystem services framework: the doñana social-ecological system in southwestern Spain. *Ecology and Society*, 16(1), 23.
- Phillips, S. B., Aneja, V. P., Kang, D., & Arya, S. P. (2006). Modelling and analysis of the atmospheric nitrogen deposition in North Carolina. *International Journal of Global Environmental Issues*, 6(2–3), 231–252. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2005.03.026>
- Phillips, S. J., & Dudík, M. (2008). Modeling of species distributions with Maxent: new extensions and a comprehensive evaluation. *Ecography*, (32), 161–175. <https://doi.org/10.1111/j.2007.0906-7590.05203.x>
- PMA, & CENEPRED. (2015). Mapa de vulnerabilidad a la inseguridad alimentaria ante la recurrencia de fenómenos de origen natural. Lima, Perú: Programa Mundial de Alimentos (PMA) y Centro Nacional de Estimación y Reducción del Riesgo de Desastres (CENEPRED).
- PROCLIM. (2005). Escenarios del Cambio Climático en el Perú 2050. Cuenca del Río Piura. Lima, Perú: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú.
- Raissig, A., Huggel, C., Romero, G., Díaz, A., & Contenido, E. (2011). Análisis de eventos extremos seleccionados y su relación con aspectos climáticos en las regiones Apurímac y Cusco.
- Ramos, L. (2014a). Estimación del efecto del cambio climático en la precipitación en la costa norte del Perú usando simulaciones de modelos climáticos globales. Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Ramos, L. (2014b). Estimación del Efecto del Cambio Climático en la Precipitación en

la Costa Norte del Perú usando Simulaciones de Modelos Climáticos Globales. Universidad Nacional Agraria la Molina.

- Salhuana, W. (2004). Diversidad y Descripción de las Razas de Maíz en el Perú (Wilfredo Salhuana, A. Valdez, F. Scheuch, & J. Davelouis, Eds.). Lima, Perú: Cincuenta años del Programa Cooperativo de Investigaciones en Maíz (PCIM) 1953-2003.
- Sanabria, J., & Lhomme, J. P. (2013). Climate change and potato cropping in the Peruvian Altiplano. *Theoretical and Applied Climatology*, 112(3–4), 683–695. <https://doi.org/10.1007/s00704-012-0764-1>
- Sanabria, J., Alarcón, C., Trebejo, I., & Canchauri, G. (2011). Impacto del cambio climático en cultivos anuales de las regiones de Cusco y Apurímac. Lima, Perú.
- Santoso, H., Idinoba, M., & Imbach, P. (2008). Climate Scenarios: What we need to know and how to generate them. Centre for international forestry research (CIFOR).
- Scheldeman, X., & van Zonneveld, M. (2011). Manual de Capacitación en Análisis Espacial de Diversidad y Distribución de Plantas. Roma, Italia: Bioversity International.
- SENAMHI. (2009a). Caracterización y aptitud agroclimática de papa y maíz en la subcuenca del río shullcas, Junín. Retrieved from http://issuu.com/praa/docs/senamhi_cap_agro_shullcas/62
- SENAMHI. (2009b). Escenarios climáticos en la cuenca del río Santa para el año 2030 - Resumen Ejecutivo. Lima, Perú.
- SENAMHI. (2010). Escenarios de cambio climático en la cuenca del río Mantaro para el año 2100. Lima, Perú.
- SENAMHI. (2011). Escenarios de Cambio Climático en la Cuenca del Río Urubamba para el año 2100. Lima, Perú.

- SENAMHI. (2013a). Evaluación de los modelos CMIP5 del IPCC en el Perú : Proyecciones al año 2030 en la Región Huánuco Reporte ejecutivo Reporte ejecutivo Evaluación de los modelos CMIP5 del IPCC en el Perú : Proyecciones al año 2030 en la Región Huánuco Reporte ejecutivo. Lima, Perú.
- SENAMHI. (2013b). Impacto del cambio climático y medidas de adaptación para los cultivos de papa y maíz amiláceo en la subcuenca del río Shullcas , Junín.
- SENAMHI. (2018). Data historica de estaciones meteorológicas para la Región Huánuco - Perú. Retrieved March 20, 2019, from <http://www.senamhi.com.pe>
- Skarbø, K., & VanderMolen, K. (2016). Maize migration: key crop expands to higher altitudes under climate change in the Andes. *Climate and Development*, 8(3), 245–255. <https://doi.org/10.1080/17565529.2015.1034234>
- Soberón, J., & Nakamura, M. (2009). Niches and distributional areas: Concepts, methods, and assumptions. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 106(2), 19644–19650. [https://doi.org/10.1016/0003-2670\(59\)80101-X](https://doi.org/10.1016/0003-2670(59)80101-X)
- Suarez, W. (2012). Caracterización climática y escenarios de Cambio Climático al 2030 y 2050, y Oferta Hídrica superficial actual y futura de las regiones Cusco y Apurímac. <https://doi.org/10.1007/s13398-014-0173-7.2>
- Torres, J. (2015). Experiencias de adaptación al cambio climático, los conocimientos ancestrales, los conocimientos contemporáneos y los escenarios cualitativos en los Andes . Alcances y límites (Perú). 1–21.
- Torres, J., & Parra, F. (2009). *Parientes silvestres de plantas nativas cultivadas andinas: Los Sachas* (Primera ed). Coordinadora de Ciencia y Tecnología en los Andes.
- Torres, J., & Valdivia del Río, M. J. (2012). El clima y los conocimientos tradicionales

en la región andina. Climas encontrados. Recopilación y análisis de la bibliografía existente. Soluciones prácticas.

- Torres, J., Velasquez, D., & Cruz, A. (2009). Mecanismos de Sostenibilidad de la Agrobiodiversidad Vegetal Nativa en Comunidades Tradicionales Altoandinas de Cajamarca y Huánuco. Lima.
- Ureta, C., González-Salazar, C., González, E. J., Álvarez-Buylla, E. R., & Martínez-Meyer, E. (2013). Environmental and social factors account for Mexican maize richness and distribution: A data mining approach. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 179(August 2018), 25–34. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2013.06.017>
- Ureta, C., Martínez-Meyer, E., Perales, H. R., & Álvarez-Buylla, E. R. (2012). Projecting the effects of climate change on the distribution of maize races and their wild relatives in Mexico. *Global Change Biology*, 18(3), 1073–1082. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2011.02607.x>
- Valladolid, J. (2012). Guía de Saberes para la Crianza de la Agrobiodiversidad Andina. Lima, Perú: PRATEC - Proyecto Andino de Tecnologías Campesinas.
- Vavilov, N. (1951). The Origin, Variation, Immunity and Breeding of Cultivated Plants. *Chronica Botanica*, 13, 1–387.
- Velásques, H., & Montoro, Y. (2011). Estudio sobre la Biodiversidad, Erosión y Contaminación Genética del Maíz Nativo en Perú. In *Biodiversidad , Erosión y Contaminación Genética del Maíz Nativo en América Latina del Maíz Nativo en América Latina* (pp. 53–96). Fundación Heinrich Boll.
- Velásquez, D. (2009). Estrategias campesinas de conservación in situ de recursos genéticos en agroecosistemas andinos de la Sierra del Perú: Cajamarca y Huánuco. Universidad Autónoma de México.
- Velásquez, D., Casas, A., Torres-Guevara, J., & Cruz-Soriano, A. (2011). Ecological and socio-cultural factors influencing in situ conservation of crop diversity by

traditional Andean households in Peru. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 7, 40. <https://doi.org/10.1186/1746-4269-7-40>

- Veneos, J. (2014). Análisis de la distribución potencial de *Phthorimaea operculella* (Zeller), bajo condiciones del clima actual y un escenario de cambio climático. Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Yzarra, W., & López, F. (2011). Manual de observaciones fenológicas. SENAMHI

VIII. ANEXOS

ANEXO 1. Análisis descriptivo de la precipitación para las estaciones meteorológicas cercanas a la cuenca de Mito.

| | Huánuco | San Rafael | Canchan |
|----------|---------|------------|---------|
| N | 12662 | 12662 | 12662 |
| Mín | 0 | 0 | 0 |
| Máx | 48.7 | 234 | 65.4 |
| Media | 1.195 | 2.234 | 1.295 |
| Varianza | 10.344 | 63.743 | 12.133 |
| Desv.Est | 3.216 | 7.984 | 3.483 |
| Mediana | 0 | 0 | 0 |
| CV % | 269.139 | 357.382 | 268.976 |
| NA | 1467 | 2765 | 3626 |
| NA % | 11.586 | 21.837 | 28.637 |

ANEXO 2. Validación para los datos de precipitación de las estaciones cercanas a la cuenca de Mito.

| Estación | % Datos atípicos | % Datos fuera del rango | % Total datos NA |
|------------|------------------|-------------------------|------------------|
| Huánuco | 2.19 | 0 | 0 |
| San Rafael | 0.54 | 0.21 | 0.21 |
| Canchan | 1.82 | 0.02 | 0.02 |

ANEXO 3. Análisis descriptivo de la temperatura máxima para las estaciones meteorológicas cercanas a la cuenca de Mito.

| | Estación | | |
|----------|-----------------|------------|---------|
| | Huánuco | San Rafael | Canchan |
| n | 18140 | 18140 | 18140 |
| Mín | 14.8 | 12.9 | 2 |
| Máx | 32.3 | 29 | 22.8 |
| Media | 26.259 | 21.911 | 13.036 |
| Varianza | 3.921 | 4.492 | 6.302 |
| Desv.Est | 1.98 | 2.119 | 2.51 |
| Mediana | 26.6 | 22.1 | 13.6 |
| CV % | 7.541 | 9.673 | 19.257 |
| NA | 1856 | 5080 | 8910 |
| NA % | 10.232 | 28.004 | 49.118 |

ANEXO 4. Validación para la Temperatura máxima para las estaciones cercanas a la cuenca de Mito.

| Estación | % Datos atípicos | % Datos fuera del rango | %Datos tmax<tmin | %Datos variación> 10 | %Datos consecutivos | %Total datos NA |
|-----------------|------------------|-------------------------|------------------|----------------------|---------------------|-----------------|
| Huánuco | 1.03 | 0.6 | 0 | 0.09 | 0.03 | 10.85 |
| San Rafael | 0.24 | 0 | 0 | 0.02 | 0.36 | 28.36 |
| canchan | 0.26 | 0 | 0 | 0 | 0.03 | 49.15 |

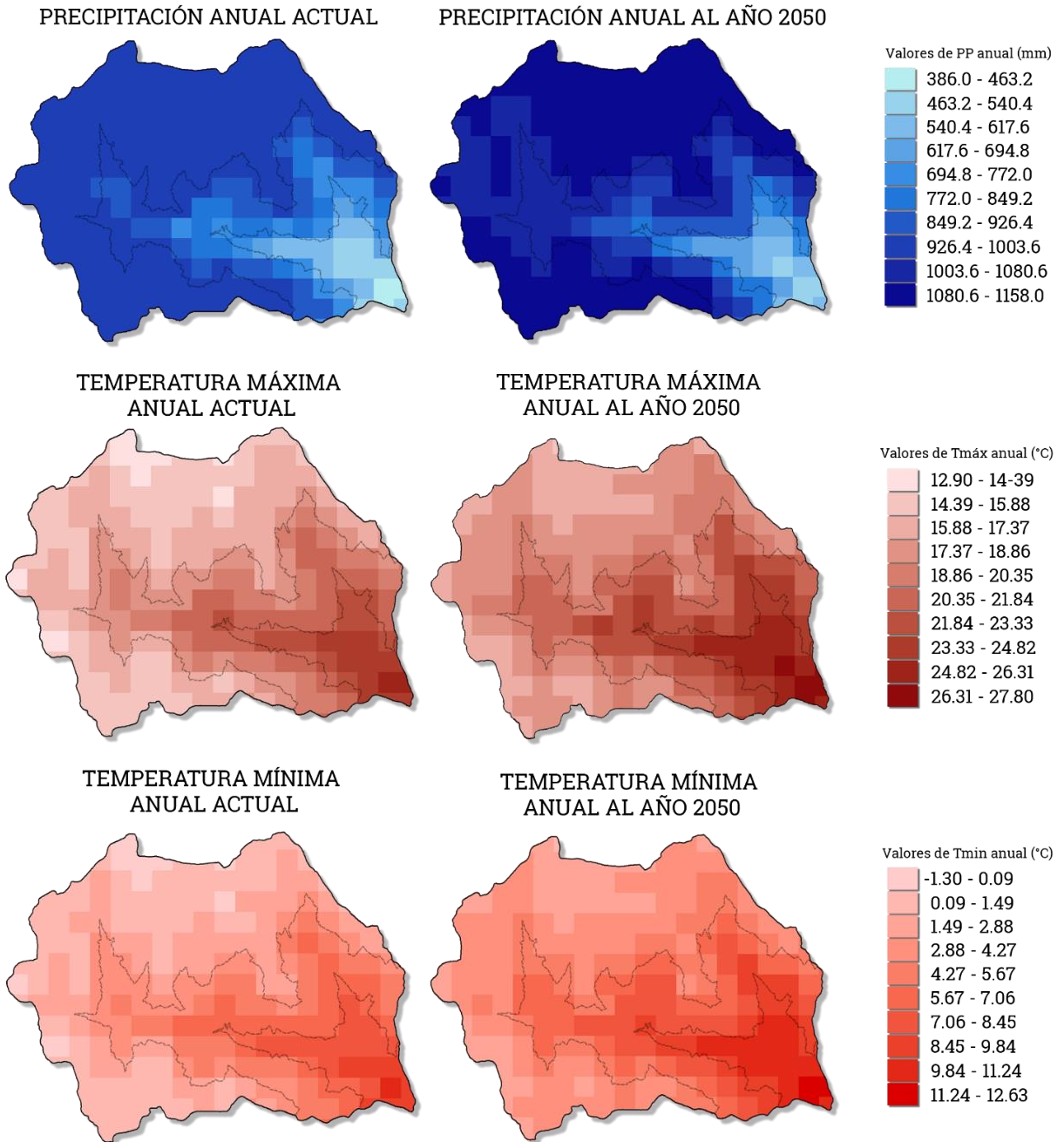
ANEXO 5. Análisis descriptivo de la Temperatura mínima de las estaciones cercanas a la cuenca de Mito.

| | Estación | | |
|----------|----------|------------|---------|
| | Huánuco | San Rafael | Canchan |
| N | 12662 | 12662 | 12662 |
| Mín | 4.5 | -1.5 | 2 |
| Máx | 19.8 | 19 | 22.8 |
| Media | 13.818 | 9.553 | 13.036 |
| Varianza | 4.948 | 5.282 | 6.302 |
| Desv.Est | 2.224 | 2.298 | 2.51 |
| Mediana | 14.3 | 10 | 13.6 |
| CV % | 16.098 | 24.058 | 19.257 |
| NA | 1767 | 3094 | 3432 |
| NA % | 13.955 | 24.435 | 27.105 |

ANEXO 6. Validación para la Temperatura mínima de las estaciones meteorológicas a la cuenca de Mito.

| Estación | % Datos atípicos | % Datos fuera del rango | % Datos tmax<tmin | % Datos variación> 10 | % Datos consecutivos | % Total datos NA |
|------------|------------------|-------------------------|-------------------|-----------------------|----------------------|------------------|
| Huánuco | 0.83 | 0 | 0 | 0.09 | 0.04 | 13.99 |
| San Rafael | 0.43 | 0.01 | 0 | 0 | 0.28 | 24.72 |
| Canchan | 0.38 | 0.22 | 0 | 0 | 0.04 | 27.37 |

ANEXO 7. Distribución espacial de las condiciones climáticas para el escenario actual y futuro al año 2050.



ANEXO 8. Matriz de aspectos para el cultivo de papa

| Factores | Antes | Ahora | Porqué cambio | Beneficiados | Perjudicados |
|------------------------|---|--|--|--|---|
| Plagas y enfermedades | No habían plagas | Hongos, Mariposa, Racha, Papa curio “Pudrición” | Demanda por papas modernas, Clima, Fertilizantes e insecticidas | Grandes empresas agroquímicas | Pequeño productor consumidor, Generan más cáncer y úlceras |
| Comercio | Trueque, Vendían directamente a Lima | Mercado Local, Restaurantes, Supermercados, Aumento de intermediarios | Compradores vienen a la comunidad, Aumento de las carreteras, capacitaciones y precio | Productor local, Consumidor, Tiendas de la comunidad, Transportistas, Aumento de agroquímicos e intermediarios | Menos ganancia para productor local, aumentan los riesgos, falta de información |
| Clima | Las estaciones cumplían, clima sano, poca contaminación, época segura en mayo y junio | Meses variados, hay más calor, mucha sequía, lluvia es fuerte, en cualquier momento llueve | No se respeta la luna, por el hombre, muchas fábricas, destruyen bosques, quema de pastos | Agroquímicos, farmacias, médicos | Comuneros, aumento de enfermedades en niños |
| Consumo | Escasez de consumo, comida sana poco producción, autoconsumo | Comida contaminada, enlatada, cambio en la alimentación, se han perdido iawas y comidas típicas, comida rápida | Tecnología para hacer harinas, costumbres de la ciudad, la modernización, la escuela, los programas sociales | Las empresas, los supermercados, las tiendas | Las nuevas generaciones, aumento del paternalismo |
| Costumbres | Valores, Respeto, la gente se saludaba, Respeto a los mayores, identidad cultural, danzas agrícolas | Ropa sintética, no se usa ropa tradicional, la confección era propia | Apareció la ropa sintética, costumbres modernas, pérdida de la identidad, Políticas del estado, inmigración | Fabricantes de ropa, tiendas | Las comunidades, las familias, identidad cultural |
| Sistemas de producción | Se respetaba el calendario agrícola, Abono natural, No había químicos, se sembraba poca cantidad, semilla nativa local, autoconsumo | La papa nativa sigue, las papas mejoradas con químicos más producción y se siembran en cualquier momento, la papa nativa se comercializa | Aparición de agroquímicos y fertilizantes, las semillas son modificadas (con tecnología), efecto del clima, hay menos agua que antes | Agricultores de papa comercial, Agroquímicos | Productores, consumidores |

ANEXO 9. Matriz de aspectos para el cultivo de maíz

| Factores | Antes | Ahora | Porqué cambio | Beneficiados | Perjudicados |
|------------------------|--|--|--|---|---|
| Plagas y enfermedades | No habían plagas, todo natural, no insecticidas | Shiuri: gusano, Pájaro: huampa, insecticidas DURIA | 10-15 años aparecieron las plagas, cuando se usó abono, utilizaron semilla mejorada | Agroquímicas, los intermediarios | Productores (abuelos, niños, animales) suelos, medio ambiente |
| Comercio | Producto sano y sin selección, 15 a 20 sacos, al mercado con burro, trueque | Compradores vienen a la chacra, otras variedades, 8-10 sacos, choclo pequeño, carros, bajo producto | Bajo producción por clima y plagas, transporte directo, ferias, bajo de variedad | Mayoristas mercado, empresas, productor maíz mejorado | Productores con variedades nativas, quienes no invierten |
| Clima | Clima bueno, estaciones marcadas, lluvias buenas, riego y calor normal, habían más animales | Clima variado, helada en cualquier mes, mucho calor y variable, riego se seca o poco caudal | Contaminación, quema de bosques, tala, carros, minería | Plagas y enfermedades, vendedor de insecticida, los que venden ropa | Productores, animales y plantas, consumidores |
| Consumo | Autoconsumo, todo natural y sano, almacén de 5 meses, ver la luna para sembrar, molestar a la luna para que llueva | Poco consumo, uso de aceite, mezcla de fideo con arroz, no mucho. | No importancia de productos locales, llegó el arroz y fideo, cocinas en menos tiempo | Comerciantes, más gusanos y aves | Los niños, animales, los abuelos, estómagos |
| Costumbres | Los abuelos enseñaban a comer y sembrar, todo natural, junio y agosto con la luna, guano de animales, herramientas de chacra, la familia ayuda, todo tejido a mano | Cualquier mes se siembra, preparación de terreno con máquinas, químicos y abonos, camisas y zapatos en el mercado. | Clima, modernización y tecnología, tierra pobre, plagas, no hay respeto, no se ha respetado a los abuelos, no se transmiten las costumbres | Tiendas de Huánuco, comerciantes de ropa y utensilios | Los niños que pierden sus costumbres, las propias costumbres de la comunidad, los productores |
| Sistemas de producción | Buena producción, calidad y cantidad, natural y sano, más variedades, más cantidad de maíz, no había surco, no se regaba, almacén de un año, | Baja producción, menos tiempo de cosecha, más inversión, hay mejorados, si hay surcos, aspersor, quema | Clima, contaminación, químico en el suelo, productos fertilizantes, más rentable las mejoradas, antes habían puquios | Comerciantes y productores | Los productores en venta Los que tienen variedades nativas |