



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

INSTITUTO DE POSTGRADO

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

**“EVALUACIÓN DEL IMPACTO POTENCIAL DEL CAMBIO CLIMÁTICO
SOBRE CUATRO ACCESIONES DE PAPA NATIVA (*Solanum tuberosum*) COMO
RECURSO ALIMENTARIO EN LA PROVINCIA DE CARCHI”**

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

AUTORA:

Jennyfer Renata Monteros Pillajo

DIRECTORA:

Mgs. Gladys Yaguana Jiménez

Ibarra, 2021



APROBACIÓN DE LA DIRECTORA DE TESIS

En calidad de Directora del Trabajo de Investigación con el tema: **“EVALUACIÓN DEL IMPACTO POTENCIAL DEL CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE CUATRO ACCESIONES DE PAPA NATIVA (*Solanum tuberosum*) COMO RECURSO ALIMENTARIO EN LA PROVINCIA DE CARCHI”** de autoría de Jennyfer Renata Monteros Pillajo, para obtener el Título de Magister en Biodiversidad y Recursos Genéticos Mención Recursos Fitogenéticos y de Microorganismos Asociados, doy fe que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometidos a su presentación y evaluación por parte del jurado examinador que se designe.

|
En la ciudad de Ibarra a los 10 días del mes de abril del 2021.

Lo certifico

Mgs. Gladys Yaguana Jiménez
C.I. 1102511209
DIRECTORA DE TESIS



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

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

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

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

| DATOS DE CONTACTO | | | |
|----------------------|---|-----------------|------------|
| CEDULA DE IDENTIDAD: | 1003709506 | | |
| APELLIDOS Y NOMBRES: | Monteros Pillajo Jennyfer Renata | | |
| DIRECCION: | San Antonio Barrio Villa Nueva - Ibarra | | |
| EMAIL: | renamonteros@yahoo.com | | |
| TELEFONO FIJO: | | TELÉFONO MOVIL: | 0999914260 |

| DATOS DE LA OBRA | |
|-----------------------------|--|
| TITULO: | "Evaluación del impacto potencial del cambio climático sobre cuatro accesiones de papa nativa (<i>Solanum tuberosum</i>) como recurso alimentario en la provincia de Carchi" |
| AUTORA: | Monteros Pillajo Jennyfer Renata |
| FECHA: DD/MM/AAAA | 13/06/2021 |
| SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO | |
| PROGRAMA: | <input type="checkbox"/> PREGRADO <input checked="" type="checkbox"/> POSGRADO |
| TITULO POR EL QUE OPTA: | Magister en Biodiversidad y Recursos Genéticos Mención Recursos Fitogenéticos y de Microorganismos Asociados |
| ASESOR /DIRECTOR: | Mgs. Gladys Yaguana Jiménez |

2. CONSTANCIAS

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

Ibarra, a los 16 días del mes de junio de 2021

LA AUTORA:

Firma:

Nombre: Jennyfer Renata Monteros Pillajo

REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

Guía: POSGRADO - UTN

Fecha: Ibarra, 16 de junio del 2021

Jennyfer Renata Monteros Pillajo: "EVALUACIÓN DEL IMPACTO POTENCIAL DEL CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE CUATRO ACCESIONES DE PAPA NATIVA (*SOLANUM TUBEROSUM*) COMO RECURSO ALIMENTARIO EN LA PROVINCIA DE CARCHI" / Trabajo de Grado de Magister en Biodiversidad y Recursos Genéticos.

DIRECTORA: Mgs. Gladys Yaguana Jiménez

El principal objetivo de la investigación fue evaluar el impacto potencial del cambio climático sobre cuatro accesiones de papa nativa *Solanum tuberosum* como recurso alimentario en la provincia de Carchi, como objetivos específicos: - Caracterizar las etapas fenológicas de cuatro accesiones de papas nativas en la provincia de Carchi, cantón Espejo, ciudad el Ángel. - Analizar el impacto potencial del cambio climático sobre las cuatro accesiones de papa nativa en sus etapas fenológicas. - Diseñar el escenario del cambio climático para el año 2070, en relación a las etapas fenológicas.

Ibarra, 16 de junio del 2021

Jennyfer Renata Monteros Pillajo

AUTORA

Mgs. Gladys Yaguana Jiménez

DIRECTORA



DEDICATORIA

A Leonardo, Luciana y Andrey por su paciencia y apoyo y confianza, a mi madre Patricia, a mi padre Edison y mis hermanos Silvana y David por motivarme a seguir creciendo profesionalmente.

Renata



AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Técnica del Norte y el Instituto de Posgrado por abrir sus puertas en las carreras de cuarto nivel y brindar docentes de calidad.

A la Magister Gladys Yaguana por compartir sus experiencias y sabidurías logrando culminar con éxito el presente trabajo de investigación.

A la Doctora Lucía Vásquez por fomentar el conocimiento y compartir sus experiencias.

A la Doctora Lucía Yépez por motivarme a elegir esta maestría que generó mayor interés en mi carrera profesional.

Al Ingeniero Carlos Alencastro por el apoyo brindado en este trabajo de investigación.

Renata



ÍNDICE DE CONTENIDOS

| | |
|---|----|
| CAPÍTULO I..... | 1 |
| PROBLEMA | 1 |
| 1.1. Problema de investigación..... | 1 |
| 1.2. Objetivos de la investigación..... | 3 |
| 1.2.1. Objetivo general | 3 |
| 1.2.2. Objetivos específicos..... | 3 |
| 1.3. Pregunta de investigación..... | 4 |
| 1.4. Justificación | 4 |
| CAPÍTULO II..... | 5 |
| MARCO REFERENCIAL | 5 |
| 2.1. Antecedentes..... | 5 |
| 2.2. Referentes teóricos | 6 |
| 2.3. El cambio climático y su impacto en la agricultura..... | 7 |
| 2.4. Cambio climático y cultivo de papa | 8 |
| 2.5. Escenarios de emisión | 9 |
| 2.6. Papa nativa <i>Solanum tuberosum</i> en el Ecuador..... | 9 |
| 2.7. Condiciones edafoclimáticos del cultivo de papa..... | 11 |
| 2.8. Etapas fenológicas de la papa (<i>Solanum tuberosum</i>) | 12 |
| 2.8.1. Fenología y tiempo fisiológico | 15 |
| 2.8.2. Punto de cosecha | 16 |
| 2.9. Características morfológicas de las cuatro accesiones de papa nativa (<i>Solanum tuberosum</i>) y una variedad mejorada..... | 16 |
| 2.9.1. Ratona negra..... | 16 |



| | |
|---|----|
| 2.9.2. Rosada | 17 |
| 2.9.3. Violeta | 18 |
| 2.9.4. Tacana roja | 19 |
| 2.9.5. Súper chola | 20 |
| 2.10. Marco legal | 22 |
| 2.10.1. Constitución de la República del Ecuador..... | 22 |
| 2.10.2. Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021..... | 23 |
| CAPÍTULO III | 25 |
| MARCO METODOLÓGICO | 25 |
| 3.1. Descripción del área de estudio | 25 |
| 3.2. Enfoque y tipo de investigación | 26 |
| 3.3. Etapas de la investigación..... | 26 |
| 3.3.1. Fase I | 26 |
| 3.3.1.1. Diseño experimental | 27 |
| 3.3.1.2. Características del experimento..... | 28 |
| 3.3.1.3. Variables evaluadas | 28 |
| 3.3.1.4. Manejo específico del cultivo..... | 29 |
| 3.3.2. Fase II..... | 31 |
| 3.4. Consideraciones bioéticas | 32 |
| CAPÍTULO IV | 33 |
| RESULTADOS Y DISCUSIONES | 33 |
| 4.1. Variables fenológicas | 33 |
| 4.1.1. Días a la emergencia de los brotes..... | 33 |
| 4.1.2. Días a la floración y tuberización | 36 |
| 4.1.3. Días la cosecha | 38 |



| | |
|---|----|
| 4.1.4. Rendimiento por hectárea (t/ha) | 40 |
| 4.2. Análisis del cambio climático en relación a las etapas fenológicas. | 42 |
| 4.2.1. Método de obtención de la temperatura (2019 - 2020, 2070-2071). | 42 |
| 4.2.2. Etapas fenológicas Vs grados días (°D) de las accesiones papa nativa y el testigo en periodo 2019 - 2020 y 2070 - 2071. | 45 |
| 4.2.2.1. Accesoión Violeta..... | 45 |
| 4.2.2.2. Accesoión Tacana roja..... | 48 |
| 4.2.2.3. Accesoión Ratona negra | 51 |
| 4.2.2.4. Accesoión Rosada | 54 |
| 4.2.2.5. Testigo 56 | |
| CAPÍTULO V | 60 |
| CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 60 |
| 5.1. Conclusiones..... | 60 |
| 5.2. Recomendaciones | 61 |
| REFERENCIAS | 62 |
| ANEXOS | 67 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1. Comunidades donde se colectaron los cultivares de papas nativas..... | 10 |
| Tabla 2. Caracterización morfológica de la accesoión Ratona negra..... | 17 |
| Tabla 3. Caracterización morfológica de la accesoión Rosada..... | 18 |
| Tabla 4. Caracterización morfológica de la accesoión Violeta..... | 19 |
| Tabla 5. Caracterización morfológica de la accesoión Tacana roja..... | 20 |
| Tabla 6. Caracterización morfológica de la variedad mejorada Súper chola..... | 21 |



| | |
|--|----|
| Tabla 7. Características del experimento..... | 28 |
| Tabla 8. Prueba de Tukey para los días a la emergencia de las accesiones de papas nativas y el testigo..... | 33 |
| Tabla 9. Prueba de Tukey para los días a la floración y tuberización de las accesiones de papas nativas y el testigo..... | 36 |
| Tabla 10. Prueba de Tukey para los días a la cosecha de las accesiones de papas nativas y el testigo..... | 39 |
| Tabla 11. Prueba de Tukey para el rendimiento de las accesiones de papas nativas y el testigo..... | 40 |
| Tabla 12. Temperatura de los años 2019 - 2020 y 2070 - 2071..... | 42 |
| Tabla 13. Grados días (°D) acumulados/mes de la producción del cultivo de papas (<i>Solanum tuberosum</i>) para el año 2019 - 2020 y para el año 2070 - 2071..... | 44 |
| Tabla 14. Estimación de ° D acumulados año 2019 - 2020 y 2070 - 2071 accesión Violeta..... | 46 |
| Tabla 15. Estimación de ° D acumulados año 2019 - 2020 y 2070 - 2071 accesión Tacana roja..... | 49 |
| Tabla 16. Estimación de ° D acumulados del año 2019 - 2020 y 2070 - 2071 accesión Ratona negra..... | 52 |
| Tabla 17. Estimación de ° D acumulados año 2019 - 2020 y 2070 - 2071 accesión Rosada..... | 54 |
| Tabla 18. Estimación de °D acumulados año 2019-2020 y 2070 - 2071 para el testigo Súper chola..... | 57 |
| Tabla 19. Datos de las variables evaluadas por tratamiento y repetición de las accesiones de papas nativas y el testigo..... | 67 |
| Tabla 20. Resumen de temperatura del INNAMHI de la ciudad de El Ángel año 2019..... | 68 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1. Ubicación del área de estudio. | 25 |
| Figura 2. Esquema de distribución experimental del ensayo | 27 |
| Figura 3. Días a la emergencia de los brotes para las accesiones | 34 |
| Figura 4. Días a la floración tuberización y para las accesiones | 37 |
| Figura 5. Días a la cosecha para las accesiones de papas nativas | 39 |
| Figura 6. °D acumulados de la producción de papas (<i>Solanum tuberosum</i>)..... | 43 |
| Figura 7. Escenario del cambio climático en relación a los °D y días acumulados del ciclo vegetativo del cultivo de papa (<i>Solanum tuberosum</i>) accesión Violeta. | 47 |
| Figura 8. Escenario del cambio climático en relación a los °D y días acumulados del ciclo vegetativo del cultivo de papa (<i>Solanum tuberosum</i>) accesión Tacana roja. | 50 |
| Figura 9. Escenario del cambio climático en relación a los °D y días acumulados del ciclo vegetativo del cultivo de papa (<i>Solanum tuberosum</i>) accesión Ratona negra..... | 53 |
| Figura 10. Escenario del cambio climático en relación a los °D y días acumulados del ciclo vegetativo del cultivo de papa (<i>Solanum tuberosum</i>) accesión Rosada. | 55 |
| Figura 11. Escenario del cambio climático en relación a los °D y días acumulados del ciclo vegetativo del cultivo de papa (<i>Solanum tuberosum</i>) Testigo. | 58 |

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

| | |
|--|----|
| Ilustración 1. Brotación de las yemas de los tubérculos de papa..... | 13 |
| Ilustración 2. Brotes de emergencia del cultivo de papa nativa (<i>Solanum tuberosum</i>). | 13 |
| Ilustración 3. Desarrollo del tallo del cultivo de papa nativa..... | 14 |
| Ilustración 4. Tuberización y floración del cultivo de papa nativa..... | 14 |
| Ilustración 5. Desarrollo de los tubérculos del cultivo de papa | 15 |
| Ilustración 6. Flor y tubérculo de la accesión Ratona negra. | 17 |
| Ilustración 7. Flor y tubérculo de la papa nativa accesión Rosada. | 18 |
| Ilustración 8. Flor y tubérculo de la papa nativa accesión Violeta. | 19 |



| | |
|---|----|
| Ilustración 9. Flor y tubérculo de la papa nativa accesión Tacana roja. | 20 |
| Ilustración 10. Flor y tubérculo de la variedad Súper chola. | 21 |
| Ilustración 11. Método de la temperatura media. Ecuación obtenida del estudio del estudio de “Predicción fenológica del cultivo de papa mediante tiempo térmico” de Flores et al., (2014, p.150). | 32 |



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

**“EVALUACIÓN DEL IMPACTO POTENCIAL DEL CAMBIO CLIMÁTICO
SOBRE CUATRO ACCESIONES DE PAPA NATIVA (*Solanum tuberosum*) COMO
RECURSO ALIMENTARIO EN LA PROVINCIA DE CARCHI”**

Autor: Jennyfer Renata Monteros Pillajo

Tutora: Mgs. Gladys Yaguana Jiménez

Año: 2021

RESUMEN

Uno de los factores que amenaza la sobrevivencia y agrobiodiversidad de los sistemas alimentarios es el cambio climático, si las temperaturas máximas y mínimas sobrepasan los requerimientos térmicos óptimos la producción de los cultivos representará un efecto negativo sobre el rendimiento. Para ello, es necesario cuantificar estos cambios que permitan a la sociedad estar preparada y afrontar los efectos que suscita actualmente. Esta investigación se enfocó en la evaluación del impacto potencial del cambio climático sobre cuatro accesiones de papa nativa (*Solanum tuberosum*) Violeta, Tacana roja, Ratona negra, Rosada y un testigo Super chola (variedad mejorada) en la provincia de Carchi - Espejo. Se desarrolló en tres fases de investigación: la caracterización de las etapas fenológicas del cultivo; el análisis del impacto potencial del cambio climático; y el diseño del escenario de cambio climático al año 2070 en relación con las etapas fenológicas. En la primera fase se identificó las etapas fenológicas del cultivo: días a la emergencia, floración y tuberización, días a la cosecha y rendimiento, aplicando un diseño completamiento aleatorio con cinco tratamientos, tres repeticiones y la prueba estadística de Tukey al 5%, obteniendo: 155 días de ciclo vegetativo para la accesión Violeta (T1), 140 días de ciclo vegetativo para la accesión Tacana roja (T2), 126 días de ciclo vegetativo para la accesión Ratona negra (T3), 155 días de ciclo vegetativo para la accesión Rosada (T4) y 181 días de ciclo vegetativo para el testigo (T5). En la segunda y tercera fase se demuestra que las cuatro accesiones y el testigo son sensibles a las variaciones eventuales de temperatura producto del cambio climático, lo que implica una variación del tiempo térmico requerido para cada etapa fenológica, y esto, perjudica un cambio para los cultivos alargando su ciclo vegetativo en el año 2070: 82 días más para la accesión Violeta, 85 días más para la accesión Tacana roja, 69 días más para la accesión Ratona negra, 155 días más para la accesión Rosada y 153 días más para el testigo.

Palabras claves: Cambio climático, papas nativas, temperatura, ciclo vegetativo, etapas fenológicas.



"EVALUATION OF THE POTENTIAL IMPACT OF CLIMATE CHANGE ON FOUR ACCESSIONS OF NATIVE POTATO (*Solanum tuberosum*) AS A FOOD RESOURCE IN THE PROVINCE OF CARCHI"

Author: Jennyfer Renata Monteros Pillajo

Tutora: Mgs. Gladys Yaguana Jiménez

Year: 2021

ABSTRACT

One of the factors that threatens the survival and agrobiodiversity of food systems is climate change, if maximum and minimum temperatures exceed optimal thermal requirements, crop production will have a negative effect on yield. For this, it is necessary to quantify these changes that allow society to be prepared and face the effects that it currently causes. This research focused on the evaluation of the potential impact of climate change on four accessions of native potato (*Solanum tuberosum*) Violeta, Tacana roja, Ratona negra, Rosada and a control Super chola (improved variety) in the province of Carchi - Espejo. It was developed in three research phases: the characterization of the phenological stages of the crop; analysis of the potential impact of climate change; and the design of the climate change scenario to the year 2070 in relation to the phenological stages. In the first phase, the phenological stages of the crop were identified: days to emergence, flowering and tuberization, days to harvest and yield, applying a random completion design with five treatments, three repetitions and the Tukey statistical test at 5%, obtaining : 155 days of vegetative cycle for the Violeta accession (T1), 140 days of vegetative cycle for the Tacana roja accession (T2), 126 days of vegetative cycle for the Ratona negra accession (T3), 155 days of vegetative cycle for the accession Rosada (T4) and 181 days of vegetative cycle for the control (T5). In the second and third phase, it is shown that the four accessions and the control are sensitive to eventual variations in temperature due to climate change, which implies a variation in the thermal time required for each phenological stage, and this harms a change for the crops lengthening their vegetative cycle in the year 2070: 82 more days for the Violet accession, 85 more days for the Red Tacana accession, 69 more days for the Black Mouse accession, 155 more days for the Pink accession and 153 more days for the control .

Keywords: Climate change, native potatoes, temperature, vegetative cycle, phenological stages.

CAPÍTULO I

PROBLEMA

1.1. Problema de investigación

La extensa variedad de alimentos que se puede encontrar en los mercados del Ecuador, hace que sea considerado como uno de los países con mayor biodiversidad alimentaria del planeta. Los pequeños productores resguardan el vasto acervo de variedades locales de alimentos nativos y tradicionales en las distintas zonas del país (Guerrero, 2015, p.12).

De acuerdo con el portal de estadísticas FAOSTATS en el 2017 de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), se ha podido identificar que a nivel mundial el cultivo de papa alcanza una producción de 388 190 674 toneladas en 19 302 642 hectáreas. Monteros agrega “el cultivo de papa se encuentra entre los cultivos más importantes del mundo, después del trigo, el arroz y el maíz” (2016, p. 1).

En Ecuador, la papa es uno de los cultivos más representativos. En el año 2017 este cultivo alcanzó una producción de 377243 t/ha (FOASTATS; 2017). Las provincias con mayor producción de este tubérculo son Sucumbíos con 29,96 t/ha, Tungurahua con 25,74 t/ha y Carchi con 21,86 t/ha (MAGAP, 2017, p.1).

Guerrero, señala que:

La región andina se caracteriza por el marcado uso de raíces y tubérculos, los cuales constituyen una parte primordial en la alimentación de los pueblos que la habitan. Es probable que la estacionalidad en cuanto a precipitaciones de los Andes haya sido el detonante de la aparición de numerosas especies que poseen órganos subterráneos almacenadores de nutrientes. Entre todos estos productos destacan las papas. En el Ecuador se estima que existen alrededor de 350 variedades nativas, la mayor parte cultivadas por pequeños agricultores a grandes alturas, por encima de los 3000 msnm y en pequeñas parcelas, al amparo de los diversos microclimas de la región (2015, p.12).

A pesar de la amplia diversidad de papa nativa presente en el Ecuador, actualmente su producción se encuentra amenazada por su bajo rendimiento, incremento de plagas y promoción de cultivo de variedades mejoradas, razones que desmotivan al agricultor a mantener el cultivo de este tipo de variedades (Monteros y Reinoso, 2010, p.15).

“En la provincia de Carchi existen 15 variedades de papa nativa, de las cuales 4 variedades son cultivadas en abundancia”. Es decir, la agrobiodiversidad de papa nativa se encuentra amenazada por los factores mencionados anteriormente (Monteros, Yumisaca, Andrade, Piedra y Reinoso, 2010, p.17).

Otro factor que amenaza la supervivencia y la agrobiodiversidad de papa nativa es el cambio climático. A ello se refiere Tonconi (2015, p. 132) en su investigación acerca de la producción agrícola alimentaria y cambio climático sostiene que si las temperaturas máximas y mínimas sobrepasan el requerimiento óptimo para la producción de papa, haba y maíz representa un efecto negativo sobre el rendimiento de estos cultivos.

El aumento de estas situaciones climáticas extremas está principalmente asociado al cambio climático, causado por las variaciones de temperatura, cambios en la distribución e intensidad de las precipitaciones, incrementos en la frecuencia de heladas y caída de nieve en zonas de montaña. Su conocimiento es esencial para afrontar el impacto sobre la producción de alimentos (Batka, 2009, p.4).

El Estudio desarrollado por Jiménez, Castro, Yépez y Wittmer (2012, p.29), indica que: “En la provincia de Carchi, se registraría mayores variaciones de temperatura llegando a probables incrementos para la década del 2020. Sin embargo, ya en la década de 2030 se podría registrar incrementos de 0.9°C”. Es probable que la variación de temperatura, así como otros indicadores del cambio climático afecten a los cultivos presentes en la provincia de Carchi.

Debido a los cambios en los agroecosistemas de producción de papa nativa, es necesario identificar y cuantificar los posibles cambios que permitan a la sociedad estar preparada para afrontar los efectos del cambio climático a largo plazo en posibles escenarios para el año 2070. Hay que considerar que existe desconocimiento de las

características de las etapas fenológicas de las variedades de papa nativa presentes en la provincia de Carchi. Para este estudio se han seleccionado 4 variedades de papa nativa más representativas en las cuales se podrá medir los potenciales efectos del cambio climático.

La presente investigación constituye un aporte al Plan Nacional de Desarrollo 2017 - 2021 (SENPLADES, 2017, p.17), específicamente en el eje 2: Economía al servicio de la sociedad, en el objetivo 6 donde se menciona el desarrollo, las capacidades productivas y del entorno para lograr la soberanía alimentaria y el Buen Vivir rural. El contexto actual, condicionado por el capitalismo global, postula una serie de cambios de gran magnitud para el campo en donde se muestra los efectos reales del cambio climático, que afecta perdurablemente los patrones nacionales y locales del clima, trastocando los ciclos de siembra y cosecha.

1.2. Objetivos de la investigación

1.2.1. Objetivo general

Evaluar el impacto potencial del cambio climático sobre cuatro accesiones de papa nativa *Solanum tuberosum* como recurso alimentario en la provincia de Carchi.

1.2.2. Objetivos específicos

- Caracterizar las etapas fenológicas de cuatro accesiones de papa nativas en la provincia de Carchi, cantón Espejo, ciudad El Ángel.
- Analizar el impacto potencial del cambio climático sobre las cuatro accesiones de papa nativa en sus etapas fenológicas.
- Diseñar el escenario del cambio climático para el año 2070, en relación con las etapas fenológicas.

1.3. Pregunta de investigación

¿Cuál es el impacto potencial del cambio climático sobre las etapas fenológicas de cuatro accesiones de papa nativa *Solanum tuberosum* como recurso alimentario en la provincia del Carchi?

1.4. Justificación

El cultivo de papa se ve principalmente afectado por las variaciones de humedad y de temperatura. El periodo crítico en cuanto al déficit hídrico se manifiesta durante el crecimiento vegetativo y la tuberización, por lo tanto, estos factores de cambio climático incidirán en el rendimiento, tamaño y calidad de la papa (Castro *et al.*, 2012, p.38).

“La conservación de la diversidad genética de semillas nativas ha demostrado que el contenido nutricional, resistencia y adaptación de muchas variedades de papa nativa es muy superior a las variedades mejoradas” (Amoros *et al.*, 2010, p.17).

En el cultivo de papa existen etapas de mayor vulnerabilidad ante los cambios del clima, por tal razón es importante reconocer las necesidades ambientales y climáticas del cultivo en cada etapa fenológica (Alvarado *et al.*, 2002, p.497).

El presente estudio contribuye con la línea de investigación de Soberanía, seguridad e inocuidad alimentaria sustentable de la Universidad Técnica del Norte. El mismo aporta con el análisis del impacto potencial del cambio climático sobre cuatro accesiones de papa nativa (*Solanum tuberosum*), uno de los recursos alimentarios más importantes de la provincia del Carchi y en general de la Sierra del Ecuador, en cada una de sus etapas fenológicas.

CAPÍTULO II

MARCO REFERENCIAL

2.1. Antecedentes

“Para la comunidad científica mundial es un gran desafío poder determinar conceptual y metodológicamente estrategias que permitan al agricultor resistir, adaptarse y recuperarse de los posibles efectos del cambio climático” (Altieri y Nicholls, 2013, p.9).

En el estudio realizado por Acosta *et al.*, (2010, p.31), menciona que la producción agropecuaria es sensible a cambios en la temperatura o en la precipitación sobre todo los cultivos de temporal, que dependen de los niveles de precipitación. Según los escenarios climáticos proyectados el clima sufrirá variaciones en el futuro.

En la agricultura es importante desarrollar estrategias que permitan adaptarse al cambio climático, para América Latina y El Caribe se debe considerar el incremento de la temperatura, erosión de los suelos, periodos cortos de cultivo y escasas de agua. (Ortiz, 2012, p.31). Magrin (2015), explica que, para tomar decisiones de adaptación de cultivos es necesario conocer los ecosistemas y labores culturales de cada producto con el fin de conservar la biodiversidad sin fines económicos.

Conservar la agrobiodiversidad de los cultivos es fundamental. Los recursos genéticos de la papa en el Ecuador son conservados y caracterizados por el Banco Nacional de Germoplasma INIAP, donde se ha realizado una caracterización morfoagronómica y molecular de 200 accesiones de papa nativa (Carranza *et al.*, 2015, p.43).

En la región andina se han identificado cultivos de 4000 variedades de papa, las cuales están caracterizadas por el Centro Internacional de la Papa (CIP). Existen familias dedicadas al cultivo de papa nativa de hasta 50 variedades, a pesar de esta siembra la papa nativa corre el riesgo de desaparecer debido a los efectos del cambio climático y a la preferencia de los consumidores por variedades más conocidas (Gutiérrez, 2008, p.20).

“Las variedades de papas nativas cuentan con características adaptativas que las vuelven necesarias para mejorar las cualidades de las variedades mejoradas” (Monteros

y Reinoso, 2010, p.15). De acuerdo con Cuesta *et al.*, (2010, p.53): “La variabilidad encontrada en este grupo de materiales de nativos abre la posibilidad de encontrar fuentes de resistencia para ser utilizados en mejoramiento genético para la obtención de nuevas variedades”.

2.2. Referentes teóricos

A nivel mundial se viven cambios ambientales que afectan tanto la vida del ser humano como a la biodiversidad y los ecosistemas. Son visibles dos tipos de cambios en el planeta, los que alteran la atmósfera y los océanos, y los que se expanden discretamente como son: la pérdida de diversidad biológica, invasiones biológicas y cambios en la química de la atmósfera (Billups *et al.*, 2001, p.688).

Para América Latina se prevé que los impactos físicos y biológicos del cambio climático ocasionen importantes repercusiones socioeconómicas y ambientales (Magrin, 2014, p.54). Según González y Padilla (2011, p.16) “Es muy probable un incremento entre 1 y 2 °C en las temperaturas de Sur América respecto a los niveles de 1990, siendo un riesgo en especial para las zonas con mayor biodiversidad”. Estos valores son corroborados por Vale y Pires (2018, p.27) quienes señalan “En los últimos 40 años, la temperatura ha aumentado entre 0,7 y 1°C en América Central y América del Sur”.

En la cordillera de los Andes se hace evidente el retroceso continuo de los glaciares, cambios en patrones tradicionales de precipitación, cambios en los caudales estacionales de los ríos y reducción de la disponibilidad de agua potable. Así también aumento en los desastres naturales de origen hidroclimático poniendo en riesgo a la biodiversidad heterogeneidad de la zona (Vale y Pires, 2018, p.27).

Los cambios observados en los escenarios desarrollados por el Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático proyectan una variación aún mayor en temperatura y precipitación. Las proyecciones para América del Sur para el año 2100 predicen un aumento de la temperatura de 1,7°C a 6,7°C, con cambios geográficos en los patrones de lluvia que implican una reducción del 22% en el noreste de Brasil y un incremento del 25% en el sureste de Sudamérica. Este es un escenario para el cual los

vegetales no están adaptados, dado a que no pueden desplazar sus rangos de distribución geográfica de manera natural y a la velocidad que avanza el cambio climático (IPCC, 2014, p.25).

La pérdida de biodiversidad es la consecuencia del cambio climático más difícil de mitigar ya que impactos como la extinción de especies resulta imposible revertir. La distribución de la vegetación de una región está determinada por la influencia de las condiciones de humedad y temperatura (Carabias, 2017, p.34).

2.3. El cambio climático y su impacto en la agricultura

La agricultura es una actividad altamente susceptible al aumento de la temperatura y la variabilidad en los rangos de precipitación. La temperatura promedio de la Tierra se ha incrementado en aproximadamente 0,8 °C desde 1970; cada década desde aquel año ha sido más calurosa que el anterior. Los agricultores han reportado pérdidas en sus cosechas por las temperaturas récord registradas, ya sea por estrés térmico e hídrico o acortamiento de la estación de crecimiento (Brown, 2006, p.76).

Para temperaturas mayores habrá reducciones en algunas regiones. En las latitudes menores especialmente en regiones tropicales y con sequía estacional, se proyecta una reducción en la productividad de los cultivos, incluso para pequeños incrementos en la temperatura media de 1 a 2 °C, incrementando el riesgo de hambruna (Fernández, 2013, p.13).

Globalmente, a partir de los incrementos en las temperaturas medias regionales de entre 1 °C y 3 °C, se proyecta un incremento potencial para la producción agrícola, pero éste se reduce para incrementos mayores de temperatura (López y Hernández, 2016, 472).

Debido al cambio climático la distribución y flujos de comercio entre países productivos agropecuario pueden modificarse en el futuro (Rodríguez, 2007).

2.4. Cambio climático y cultivo de papa

“Los factores climáticos que se toman en cuenta con mayor frecuencia son la precipitación, la radiación solar, la temperatura, la humedad relativa y los vientos” (Turner y Gillbanks, 2003, p.6).

Los efectos del cambio climático sobre la producción de cultivos son complejos, pues el crecimiento y rendimiento de las plantas están relacionados con la temperatura. Por ejemplo, si la temperatura está por encima de los 17 °C la tuberización disminuye, en tanto que, si es menor a 0 °C, los daños en el cultivo pueden llegar a ser bastante severos (Stol *et al.*, 1991 citado por Gutiérrez, 2008, p. 12).

Algunas estimaciones sobre los efectos del cambio climático a nivel mundial en el cultivo de la papa durante los próximos 50 años proyectan que la reducción del rendimiento puede oscilar entre 18 % y 32 % si las variedades no tienen una adaptación adecuada. La causa principal de esta disminución se atribuye hasta el momento, al cambio de la temperatura, que se incrementará hasta en 3.2 °C sobre el promedio en algunas regiones del planeta (Hijmans, 2003 citado por Gutiérrez, 2008, p. 11).

El aumento de la temperatura ejerce una presión adicional sobre las especies de papa silvestre. El 16% y el 22 % de éstas corren el riesgo de haberse extinguido para el año 2055, lo que representa una situación peligrosa, ya que estas especies constituyen importantes reservas genéticas para la obtención de nuevas variedades (Pliska, 2008, p. 6).

La diversidad genética de las papas nativas, en opinión de Hawkes (1990) citado por Gutiérrez (2008), hace que se adapten según cada uno de los agroecosistemas en los cuales han sido colectadas y/o domesticadas. Esta adaptación tiene que ver con atributos agronómicos y mecanismos fisiológicos que expresa la planta para tolerar diferentes tipos de estrés, entre ellos el estrés térmico (p.17).

2.5. Escenarios de emisión

Teniendo en cuenta los impactos negativos ocasionados por el cambio climático, la comunidad científica con el apoyo de entidades gubernamentales, se ha preocupado en generar documentos sobre evidencias del cambio climático, impactos y efectos en escenarios futuros. Generar proyecciones de los impactos del cambio climático sobre diferentes escenarios socioeconómicos y ecosistémicos ha permitido que los expertos hayan desarrollado modelos que simulen el sistema climático en el futuro y así poder establecer medidas de adaptación (Fernández, 2013, p.7).

Así también, Oviedo y León citado por Fernández (2013, p.7), afirma que, el reto es conocer los posibles cambios que puedan ocurrir en una región o en una localidad, para definir medidas de adaptación que permitan minimizar el impacto del cambio climático en el área de interés. Para tal efecto es necesario generar escenarios regionales y locales de clima futuro para evaluar el impacto del cambio esperado en cada escenario.

Para colocar tales proyecciones, se considera los cambios históricos observados entre diferentes períodos; en base al más largo conjunto de datos mundiales de temperatura de la Superficie disponible, el cambio sobresaliente es entre el promedio del período 1850–1900 (IPCC, 2014, p.13).

2.6. Papa nativa *Solanum tuberosum* en el Ecuador

“En el Ecuador el cultivo de papa nativa tiene presencia en el mercado del 5% en relación con el volumen total de papa comercializada” (Andrade *et al.*, 2005 p.13). “Esto podría conducir a la erosión genética de las variedades locales, debido al desuso e introducción de monocultivos con genes que remplazan a las especies nativas” (FAO, 1997).

Actualmente existe en el mundo una gran diversidad de papas nativas. Más de 4.000 especies sembradas en la región andina han sido catalogadas por el Centro Internacional de la Papa (CIP), 2.500 son cultivares peruanos. Existen riesgos que atentan contra su

permanencia, uno de ellos, es la erosión genética provocada por la introducción de variedades mejoradas de papa a partir de la década de 1.950 (Gutiérrez, 2008, p.16).

Monteros *et al.*, (2010, p.11), identifica reportes previos en donde se conoce alta diversidad del cultivares de papas nativas en las provincias de Bolívar, Cotopaxi, Chimborazo y Carchi (Tabla 1).

Tabla 1.

Comunidades donde se colectaron los cultivares de papas nativas

| Provincia | Cantón | Parroquia | Comunidad | Altitud metros | Cultivares colectados |
|-------------------|--------------------|----------------|-----------------------------|----------------|-----------------------|
| Bolívar | Guaranda | Guanujo | Marcopamba | 3505 | 18 |
| | | | Culebrillas | 3459 | 10 |
| Cotopaxi | Saquisilí | Cochapamba | Pactac | 3474 | 12 |
| | | Yanahurco | Chanchungaloma | 3500 | 12 |
| | Latacunga | Poaló | Maca Ugshaloma | 3480 | 5 |
| | Pujilí | Guangaje | Huayrapungo- 6 de diciembre | 3590 | 5 |
| Chimborazo | Coalta | Sicalpamba | El Belén | 3350 | 2 |
| | | | Compañía Labranza | 3500 | 2 |
| | | | La Merced | 3600 | 6 |
| | | | San Isidro | 3600 | 5 |
| | | Cebadas | Gualiñac | 3235 | 10 |
| | | Guamote | La Matriz | Guantug | 3822 |
| | | | Chanchán Tiocajas | 3679 | 3 |
| | | Palmira | Galte Laime | 3370 | 5 |
| | Guano | Ilapo | Sagaso Cruz de Mayo | 3650 | 2 |
| Carchi | Montufar | Piartal | San Pedro de Piartal | 3320 | 6 |
| | Tulcán | Julio Andrade | Casa Fría | 3360 | 3 |
| | San Pedro de Huaca | Mariscal Sucre | Mariscal Sucre | 3350 | 4 |
| | | | Huaca | 3300 | 2 |

La tabla 1 muestra los lugares de recolección del catálogo del INIAP sobre “Cultivares de papa nativas Sierra Centro Norte del Ecuador” de la autoría de Monteros *et al.*, (2010, p.11).

2.7. Condiciones edafoclimáticas del cultivo de papa

Suelo: La papa se desarrolla mejor en suelos francos, bien drenados, húmidos y apropiadamente abastecidos de materia orgánica y nutrientes. Suelos de textura liviana y media, tales como los negros andinos, permiten un bajo número de operaciones de labranza para establecer condiciones ideales para el crecimiento de las raíces. El pH de los suelos varía de ligeramente ácido a neutro, a medida que disminuye la altitud (Pumisacho y Sherwood, 2002, p. 27).

Temperatura: La papa no soporta temperaturas menores de -2°C y no es recomendable que el calor suba de 30°C , debido a que la planta se desarrolla rápidamente, lo que no permite que haya una buena formación de carbohidratos para poderlos acumular y formar los tubérculos. La temperatura óptima para el desarrollo de tubérculos está alrededor de los 18 o 20°C , mientras que el crecimiento vegetativo muestra un incremento con mayores temperaturas durante el día (MAG, 2017; Jiménez, 2009, citado por Vignola, Watler, Vargas y Morales, 2017, p. 34).

Prosuko (2000), menciona que la papa común se adapta fácilmente a gran diversidad de climas y suelos, desarrollándose mejor en zonas frías y templadas, con precipitaciones pluviales de 600 a 800 mm. Se cultiva desde pocos metros sobre el nivel del mar hasta altitudes que pasan los 4000 msnm.

Luminosidad: La intensidad y la duración de la luz influyen en el crecimiento de la planta de papa, los días largos favorecen el desarrollo de la parte aérea, mientras que la formación de tubérculos se acelera bajo condiciones de día corto. Con mayor luminosidad, la formación de tubérculos se inicia rápidamente, el ciclo es más corto y la producción de tubérculos es mayor (MAG, 2007; Jiménez, 2009, citado por Morales *et al.*, 2017, p.34).

Humedad: La planta de papa no responde ante cambios de la humedad del aire. En lugares donde la humedad es mayor, se favorece al ataque de enfermedades fungosas; además se dificulta su erradicación. En cuanto a la lluvia, el cultivo de papa requiere

alrededor de 500 mm (500 litros por metro cuadrado) durante todo su ciclo. Debe existir un período seco que permita la ejecución de las labores para la preparación del terreno. Para la germinación y principio del desarrollo se necesita poca agua, mientras que para el desarrollo posterior y tuberización los requerimientos son mayores. El período de cosecha debe ser seco para mayor facilidad en las labores (MAG, 2007; Jiménez, 2009, citado por Morales *et al.*, 2017, p.34).

Altitud: La papa se puede sembrar desde el nivel del mar hasta los 4000 msnm, siempre y cuando se cumplan las condiciones de temperatura para el cultivo (MAG, 2007; Jiménez, 2009, citado por Morales *et al.*, 2017, p.34).

2.8. Etapas fenológicas de la papa (*Solanum tuberosum*)

La fenología se describe comúnmente como los cambios que se producen en las plantas desde que emerge hasta la madurez de cosecha, tales como la brotación, floración, desarrollo del fruto, y cómo estos cambios se ven afectados por las condiciones ambientales locales (García-Carbonell *et al.*, 2002; Salazar-Gutiérrez *et al.*, 2013).

El principio y el fin de las etapas fenológicas son buenos indicadores del crecimiento potencial de los cultivos (Calviño *et al.*, 2003). El estudio fenológico permite evaluar la adaptabilidad de las especies vegetales a determinadas condiciones del medio, de la tal manera que se puede realizar un mejor manejo del cultivo, en labores como la poda, fertilización, polinización, raleo, cosecha, etc. (Medel y Orueta, 1986, citado por Parra *et al.*, 2014).

Tras una serie de actividades agrícolas se logra obtener el producto final de un cultivo. Estas actividades varían de acuerdo a la etapa en la cual se encuentra el cultivo, a estas etapas se las conoce como etapas fenológicas, mediante una caracterización fenológica se puede determinar la duración posible de las diferentes fases o etapas, así como sus problemas potenciales y sus necesidades fundamentales (Solorzano, 2007, p.47).

Las fases o etapas fenológicas también son conocidas como etapas de desarrollo del cultivo. Las características de cada etapa fenológica están definidas por el genotipo de la planta y las condiciones ambientales en las cuales se desarrolla. Un análisis del historial

fenológico de las plantas permitiría predecir los efectos del cambio climático y desarrollar estrategias para facilitar la adaptación del cultivo (Castillo y Castellvi, 2001, p.68).

A continuación, se mencionan el concepto de cada etapa fenológica descrito por Fuentes (2009, p.65):

Brotación: Ocurre cuando comienzan a emerger las yemas de los tubérculos; dura 2 a 3 meses, luego la papa está apta para sembrarse; es ideal que los tubérculos presenten por lo menos 3 brotes cortos y fuertes, y tengan una longitud de 0.5 a 1 cm.



Ilustración 1. Brotación de las yemas de los tubérculos de papa nativa (*Solanum tuberosum*).

Emergencia: Los brotes emergen a los 10-12 días en tubérculos, y de 8 a 10 días en semilla sexual. Ello sucede cuando son plantados en el campo y tienen las condiciones adecuadas de temperatura y humedad en el suelo, para su desarrollo.



Ilustración 2. Brotes de emergencia del cultivo de papa nativa (*Solanum tuberosum*).

Desarrollo de tallos: En esta etapa, hay crecimiento de follaje y raíces en forma simultánea; dura entre 20 a 30 días.



Ilustración 3. Desarrollo del tallo del cultivo de papa nativa (*Solanum tuberosum*).

Floración y tuberización: La floración es señal que la planta de papa está comenzando a emitir estolones o que inicia la tuberización. En variedades precoces, esto ocurre a los 30 días después de la siembra; en variedades intermedias, entre los 35 a 45 días; y en las tardías entre 50 a 60 días. Esta etapa dura unos 30 días.



Ilustración 4. Tuberización y floración del cultivo de papa nativa (*Solanum tuberosum*).

Desarrollo de los tubérculos: Los tubérculos alcanzan la madurez fisiológica a los 75 días, en variedades precoces, 90 días para intermedias y 120 días para variedades tardías. En esta etapa los tubérculos pueden cosecharse y almacenarse.



Ilustración 5. Desarrollo de los tubérculos del cultivo de papa nativa (*Solanum tuberosum*).

2.8.1. Fenología y tiempo fisiológico

La edad fisiológica de un tubérculo es producto de la edad cronológica y de los antecedentes ambientales de éste. Para medir la edad fisiológica se utiliza a menudo la acumulación de grados-día ($^{\circ}\text{D}$), relacionada con la aparición de cada fase de desarrollo, que difieren para cada variedad. Los grados-día son las unidades que miden el calor que la planta recibe cada día y que se acumula a lo largo de su desarrollo. La estimación diaria de éstos requiere del conocimiento de la temperatura media ambiental (T_a) (Apodaca *et al.*, 2006, p.9).

El efecto de la temperatura en el desarrollo de los cultivos se evalúa con la integral térmica. Esta variable relaciona a la temperatura ambiental con las etapas fenológicas del cultivo y permite pronosticar cuándo ocurrirá una de ellas. Se plantea que el conocimiento de los requerimientos térmicos por cada etapa fenológica, representa ventajas prácticas y agronómicas que permiten optimizar la utilización de insumos y planificar el cultivo de la papa bajo condiciones climáticas variables (Martín y Jerez, 2017, p. 77).

2.8.2. Punto de cosecha

Este estado del cultivo se define por los días del ciclo vegetativo de la variedad sembrada (precoz, intermedia o tardía) o bien cuando el follaje comienza a volverse amarillo en forma generalizada y las hojas comienzan a caerse de manera natural (Román y Hurtado, 2002, p.28).

La época de la cosecha es la madurez comercial de los tubérculos, la cáscara de la papa no se pela fácilmente al friccionar con el dedo pulgar (Sánchez, C., 2003 citado por Pantoja, 2013, p.15).

2.9. Características morfológicas de las cuatro accesiones de papa nativa (*Solanum tuberosum*) y una variedad mejorada

Jaramillo y Baena (2000) citado por Tibán, (2012, p.21), definen que la caracterización consiste en describir sistemáticamente los cultivares de una especie a partir de características cualitativas como el hábito de crecimiento, la altura de planta y el color de las flores.

Algunos caracteres pueden ser altamente heredables, fácilmente observables y expresables en la misma forma en cualquier ambiente. Las características morfológicas se utilizan para estudiar la variabilidad genética, para identificar plantas y para conservar los recursos genéticos. Por lo tanto, la caracterización es el primer paso en el mejoramiento de cultivos y programas de conservación (Hernández, 2013, p.113).

A continuación, se describe las características morfológicas de las cuatro accesiones de papa nativa y una variedad mejorada:

2.9.1. Ratona negra

En la Tabla 2 se describe las características morfológicas de la accesión Ratona negra obtenidas por el estudio realizado por Pantoja (2013).

Tabla 2.

Caracterización morfológica de la accesión Ratona negra.

| Caracterización Morfológica | |
|-----------------------------|--|
| Habito de crecimiento | Erecto |
| Tallo | Verde con morado, liso. |
| Hoja | Asimétrico con cuatro pares de folíolos laterales y seis interhojuelas entre folíolos laterales. |
| Flor | Lila con acumen blanco en ambos lados, rotada, sin antocianinas, estigma pigmentado. |
| Grado de floración | Profusa. |
| Baya | Cónica alargada, verde con áreas pigmentadas. |
| Forma del tubérculo | Elíptico. |
| Piel del tubérculo | Morado intermedio |
| Pulpa del tubérculo | Blanca con pocas manchas moradas |
| Brote | Morado |

En la presente tabla se presenta las características morfológicas de la accesión Ratona negra estudio realizado por Pantoja (2013, p.53).



Ilustración 6. Flor y tubérculo de la accesión Ratona negra.

2.9.2. Rosada

En la Tabla 3 se representa las características morfológicas de la accesión rosada obtenidas por el estudio realizado por Monteros *et al.*, (2010).

Tabla 3.

Caracterización morfológica de la accesión Rosada.

| Caracterización Morfológica | |
|-----------------------------|---|
| Hábito de crecimiento | Semi erecto. |
| Tallo | Verde con pocas manchas y alas onduladas. |
| Hoja | Disectada con 5 pares de folíolos laterales, 2 pares de interhojuelas. |
| Flor | Pentagonal. Morado claro con acúmen banco en el haz con puntas blancas en el envés. |
| Grado de floración | Profusa. |
| Baya | Ovoide con mucrón terminal, verde. |
| Forma del tubérculo | Comprimido con ojos medio |
| Piel del tubérculo | Amarillo con manchas salpicadas rosadas. |
| Pulpa del tubérculo | Blanco |
| Brote | Blanco con rosado en la base. |

En la presente tabla se presenta las características morfológicas de la accesión Rosada estudio realizado por Monteros *et al.*, (2010, p. 117).



Ilustración 7. Flor y tubérculo de la papa nativa accesión Rosada.

2.9.3. Violeta

En la Tabla 4 se presenta las características morfológicas de la accesión Violeta y los datos fueron obtenidos por la investigación realizada por Monteros *et al.*, (2010).

Tabla 4.

Caracterización morfológica de la accesión Violeta.

| Caracterización Morfológica | |
|-----------------------------|---|
| Hábito de crecimiento | Semi erecto. |
| Tallo | Verde con muchas manchas y alas rectas. |
| Hoja | Disectada con 4 pares de folíolos laterales y 4 pares de interhojuelas. |
| Flor | Rotada, violeta intenso. |
| Grado de floración | Profusa. |
| Baya | Globosa, verde con pocos puntos blancos. |
| Forma del tubérculo | Elíptico con ojos medios. |
| Piel del tubérculo | Amarillo claro con manchas alrededor de los ojos moradas. |
| Pulpa del tubérculo | Blanco |
| Brote | Morado con blanco en el ápice. |

En la tabla 4 se presenta las características morfológicas de la accesión Violeta estudio realizado por Monteros et al., (2010, p. 117).



Ilustración 8. Flor y tubérculo de la papa nativa accesión Violeta.

2.9.4. Tacana roja

Mediante la Tabla 5 se presenta las características morfológicas de la accesión Tacana roja, los datos son obtenidos del estudio realizado por López *et al.*, (2011).

Tabla 5.

Caracterización morfológica de la accesión Tacana roja.

| Caracterización Morfológica | |
|-----------------------------|--|
| Hábito de crecimiento | Erecto. |
| Tallo | Verde con muchas manchas pigmentadas |
| Hoja | Tiene 5 pares de folios laterales primarios, 3 pares de interhojuelas. |
| Flor | Predominante violeta, una intensidad intermedia y color secundario color blanco. |
| Grado de floración | Escaso |
| Baya | Globosa con puntos negros |
| Forma del tubérculo | Elíptica |
| Piel del tubérculo | Amarillo rojizo |
| Pulpa del tubérculo | Blanco con hileras rojas |
| Brote | Morado |

En la tabla 5 se presenta las características morfológicas de la accesión Tacana roja estudio realizado por López *et al.*, (2011, p.23).



Ilustración 9. Flor y tubérculo de la papa nativa accesión Tacana roja.

2.9.5. Súper chola

En la Tabla 6 se presenta las características morfológicas de la variedad Súper chola.

Tabla 6.

Caracterización morfológica de la variedad mejorada Súper chola.

| CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA | |
|------------------------------------|--|
| Habito de crecimiento | Erecto. |
| Tallo | Verde, con pigmentación púrpura. |
| Hoja | 3 pares de folios primarios, 3 pares de folios secundarios y 5 pares de folios terciarios. |
| Flor | Morada |
| Grado de floración | Moderada. |
| Baya | Verde con pocas manchas. |
| Forma del tubérculo | Oblongo aplanado. |
| Piel del tubérculo | Rojo. |
| Pulpa del tubérculo | Amarillo intenso. |
| Brote | Rojo crema. |

En la tabla 6 se presenta las características morfológicas de la variedad testigo Súper chola de un estudio realizado por Tinjacá y Rodríguez (2015, p.106).



Ilustración 10. Flor y tubérculo de la variedad Súper chola.

2.10. Marco legal

2.10.1. Constitución de la República del Ecuador

El presente estudio tuvo como fundamento legal, la Constitución de la República del Ecuador vigente desde el año 2008. El Título II menciona los derechos: Capítulo segundo; Derechos del buen vivir Sección primera Agua y alimentación, artículo 14: “Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, Sumak kawsay”.

Se menciona en el artículo 83 “Son deberes y responsabilidades de las y los ecuatorianos, sin perjuicio de otros previstos en la Constitución y la ley: (3) Defender la integridad territorial del Ecuador y sus recursos naturales. (6) Respetar los derechos de la naturaleza, preservar un ambiente sano y utilizar los recursos naturales de modo racional, sustentable y sostenible”.

De acuerdo con el Título VI, artículo 276, se establece como objetivo 4 del régimen de desarrollo: “Recuperar y conservar la naturaleza y mantener un ambiente sano y sustentable que garantice a las personas y colectividades el acceso equitativo, permanente y de calidad al agua, aire y suelo, y a los beneficios de los recursos del subsuelo y del patrimonio natural”. En el artículo 281 se establece que “La soberanía alimentaria constituye un objetivo estratégico y una obligación del Estado para garantizar que las personas, comunidades, pueblos y nacionalidades alcancen la autosuficiencia de alimentos sanos y culturalmente apropiado de forma permanente”. De la misma manera en el artículo 282 se establece que “El Estado normará el uso y acceso a la tierra que deberá cumplir la función social y ambiental. Un fondo nacional de tierras, establecido por ley, regulará el acceso equitativo de campesinos y campesinas a la tierra”.

También se establece la normativa para la biodiversidad y recursos naturales en el capítulo segundo del Título VII Régimen del Buen Vivir, en artículo 395 se tipifica lo

siguiente: “El Estado garantizará un modelo sustentable de desarrollo, ambientalmente equilibrado y respetuoso de la diversidad cultural, que conserve la biodiversidad y la capacidad de regeneración natural de los ecosistemas, y asegure la satisfacción de las necesidades de las generaciones presentes y futuras”, en donde se asume importante la creación de escenarios futuros de cambios de acuerdo al uso actual de recursos naturales, siendo el principal dentro de la investigación el suelo.

Siendo un recurso de vital importancia, en el artículo 409 se señala que: “Es de interés público y prioridad nacional la conservación del suelo, en especial su capa fértil. Se establecerá un marco normativo para su protección y uso sustentable que prevenga su degradación, en particular la provocada por la contaminación, la desertificación y la erosión. En áreas afectadas por procesos de degradación y desertificación, el Estado desarrollará y estimulará proyectos de forestación, reforestación y revegetación que eviten el monocultivo y utilicen, de manera preferente, especies nativas y adaptadas a la zona” y en el artículo 410 se enuncia “El Estado brindará a los agricultores y a las comunidades rurales apoyo para la conservación y restauración de los suelos, así como para el desarrollo de prácticas agrícolas que los protejan y promuevan la soberanía alimentaria”.

El cambio climático es una problemática mundial, en el artículo 414 de la Constitución se establece que “El Estado adoptará medidas adecuadas y transversales para la mitigación del cambio climático, mediante la limitación de las emisiones de gases de efecto invernadero, de la deforestación y de la contaminación atmosférica; tomará medidas para la conservación de los bosques y la vegetación, y protegerá a la población en riesgo”. La presente investigación servirá como base para la adopción de medidas a nivel local.

2.10.2. Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021

Se consideró el Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021 (SENPLADES, 2017) cuyo sexto objetivo establece políticas que impulsan la respuesta frente al cambio climático y la producción agroecológica: la política 3.4 determina “Promover buenas prácticas



que aporten a la reducción de la contaminación, la conservación, la mitigación y la adaptación a los efectos del cambio climático, e impulsar las mismas en el ámbito global”.

De acuerdo a la Ley para la Conservación y Uso Sustentable de La Biodiversidad en el artículo 11 menciona que; El Ministerio de Agricultura y Ganadería será el ente encargado del efectivo manejo y control de la biodiversidad agrícola y pecuaria, en especial la conservación *in situ* y *ex situ* de las especies y variedades cultivadas y promoverá programas orientados a incentivar la agricultura sustentable y a mejorar los métodos de producción y conservación de estas especies y variedades.

CAPÍTULO III MARCO METODOLÓGICO

3.1. Descripción del área de estudio

El área de estudio está ubicada en la provincia del Carchi, en la ciudad de El Ángel, cantón Espejo, entre las coordenadas geográficas de latitud $0^{\circ} 37' 35''$ Norte, longitud $77^{\circ} 56' 38''$ Oeste y una altitud de 3000 msnm. La ciudad de El Ángel al norte forma parte del cantón Espejo, al sur limita con el cantón Bolívar, al este con el cantón Montúfar y al oeste con el cantón Mira (Fig.1).

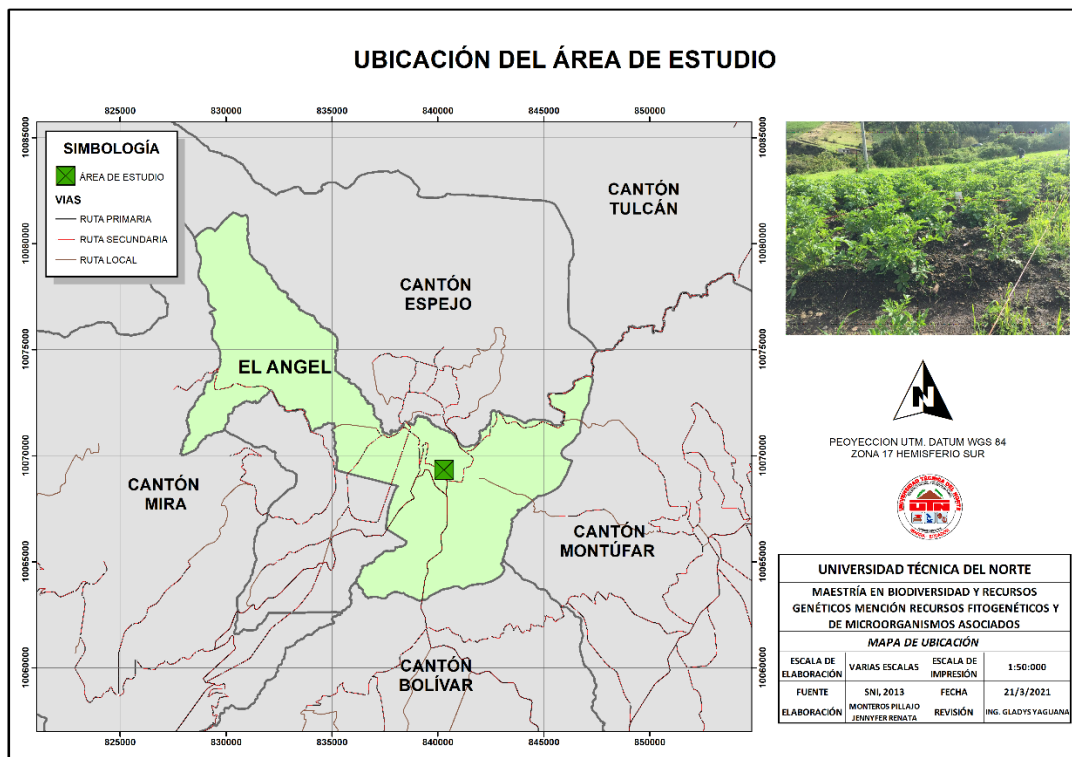


Figura 1. Ubicación del área de estudio.

Según la clasificación climática de Pierre Pourrut (1995), el cantón Espejo presenta las categorías correspondientes al clima ecuatorial mesotérmico semi húmedo y al clima ecuatorial de alta montaña, se encuentra ubicado en un rango altitudinal que oscila entre 1850 msnm hasta 4000 msnm, con presencia de temporadas lluviosas y secas

distribuidas en todo el año. Los meses de marzo y noviembre corresponden a la época máximo-lluviosa. En la ciudad El Ángel la precipitación media anual varía entre 500 - 800mm. En relación a la temperatura presenta una temperatura media anual que oscila entre los 10 y 12 °C (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal Espejo, 2011).

3.2. Enfoque y tipo de investigación

El estudio tuvo un enfoque cuantitativo con importancia descriptiva de campo y evaluativa, que permitió obtener información específica sobre el problema de investigación y describir las variables de manera precisa en relación con el cambio climático.

Para la determinación de las variables e indicadores se utilizó la investigación documental y su descripción.

3.3. Etapas de la investigación

La recolección de la semilla de papa nativa *Solanum tuberosum* sp., se realizó en base a los lugares descritos en el estudio, los “Cultivares de papas nativas”, identificados por el INIAP como: Violeta, Tacana roja, Ratona negra, Rosada (Monteros *et al.*, 2010).

Para evaluar el impacto potencial del cambio climático sobre cuatro accesiones de papa nativa *Solanum tuberosum* en la provincia de Carchi como recurso alimentario, se desarrollaron las siguientes fases.

3.3.1. Fase I

Se caracterizó las etapas fenológicas de las cuatro accesiones de papas nativas bajo las condiciones climáticas actuales en la provincia de Carchi, cantón Espejo, ciudad El Ángel.

Para determinar las características fenológicas, se estableció un área de ensayo de 300 m², divididas en parcelas de 20 m² para cada unidad experimental, con separación entre parcelas y repeticiones de 0.50 m. Las papas nativas para el estudio fueron:

Violeta (T1), Tacana roja (T2), Ratona negra (T3), Rosada (T4) y como testigo se utilizó la variedad mejorada Súper chola (T5).

3.3.1.1. Diseño experimental

Se utilizó un Diseño Completamente Aleatorio (DCA), con cinco tratamientos y tres repeticiones. En la Figura 2 se identifica la distribución experimental en campo.

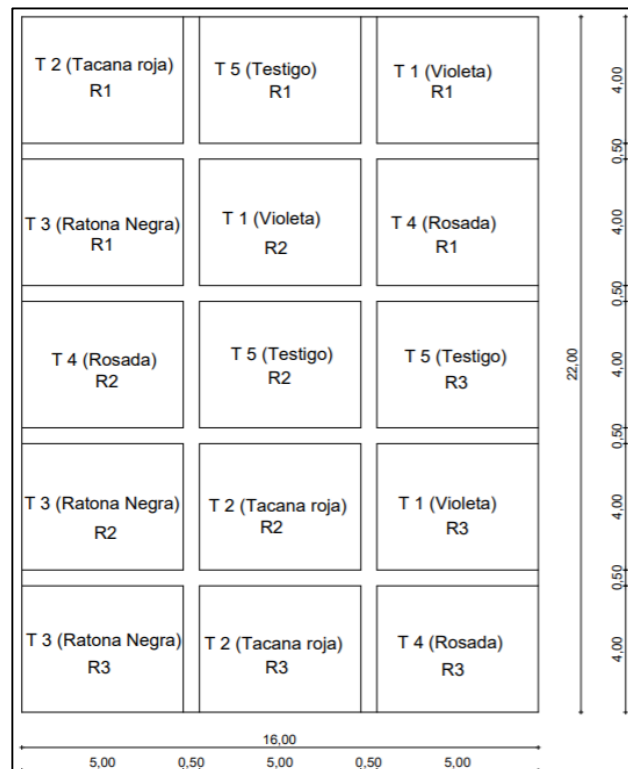


Figura 2. Esquema de distribución experimental del ensayo

Se evaluaron los resultados obtenidos mediante un análisis de varianza (ANAVA), y se realizó pruebas de comparación de medias mediante Tukey al 5%, para determinar diferencias entre tratamientos. Los datos obtenidos se procesaron en el software estadístico InfoStat versión 2020.

3.3.1.2. Características del experimento

En Tabla 7 se representan las características del ensayo del cultivo de las papas nativas y el testigo.

Tabla 7.

Características del experimento.

| Características | |
|--|--------------------|
| Repeticiones | 3 |
| Tratamientos | 5 |
| Total, de unidades experimentales | 15 |
| Característica de la unidad experimental | Parcela |
| Área de cada unidad experimental | 20 m ² |
| Área neta del experimento | 300 m ² |
| Área total del experimento | 396 m ² |

3.3.1.3. Variables evaluadas

- **Días a la emergencia**

Se determinó los días hasta que el tubérculo brotó.

- **Días a la floración y tuberización**

Se contabilizó desde el momento en que la planta de *Solanum tuberosum* presentó la floración y de acuerdo con Román (2002), la floración es señal de que la papa comienza a emitir estolones o que inicia la tuberización.

- **Días a la cosecha**

Se contabilizó el tiempo acumulado desde la siembra hasta la cosecha, de cada una de las cuatro accesiones de papa nativa y la variedad mejorada testigo.

- **Rendimiento (t/ha)**

Con una balanza de precisión de 0,1 g se determinó el rendimiento de cada parcela neta y luego transformada a rendimiento de toneladas por hectárea (t/ha).

3.3.1.4. Manejo específico del cultivo

- **Preparación del suelo**

Treinta días antes de la siembra, se pasó una arada. Y dos días antes de la siembra, se preparó el suelo con dos pases de rastra, posterior se trazó los surcos correspondientes para la siembra.

- **Surcado**

Se realizó un día antes de la siembra. La distancia entre surco fue de 0.90 m.

- **Desinfección de la semilla**

Para la desinfección de la semilla se utilizó un insecticida a base de Thiodicarb a dosis de 300 cc por 500 ml de agua, tres días antes de la siembra, sumergiendo la semilla en la solución, con el fin de controlar problemas de barrenador a la siembra.

- **Siembra y tape**

Se depositó las semillas una por golpe a una distancia de 40 cm quedando a una profundidad de 0.10 cm bajo tierra. Al momento de la siembra se procedió a la desinfección de la semilla en el surco con la finalidad de controlar las plagas que se encuentren en el suelo en estado larval o de dormancia. Se utilizó el insecticida a base de Thiodicarb a dosis de 1.5 cc por litro de agua para el control de barrenador; como fungicida se utilizó Thiophanato metil a dosis de 5 g/l de agua para el control de pudriciones radiculares. Además, se utilizó extracto de algas marinas como biostimulante para la germinación de la semilla.

- **Fertilización**

La fertilización se realizó 25 días después de la siembra (retape) y la segunda después de la deshierba a los 60 días después de la siembra. Se incorporó 20 kg de fertilizante que contiene 15% de nitrógeno, 30 % de fósforo y 15% de potasio y al aporque 20 kg de fertilizante 13-4-28 en 300 m².

- **Riego**

El riego se realizó de acuerdo a las necesidades hídricas del cultivo. Los siguientes riegos se ejecutaron en las etapas: inicios de floración, floración completa, formación de tubérculos, madurez fisiológica.

- **Medio aporque**

Se realizó a los 50 días donde se acumuló la tierra hasta la base de la planta, además de eliminar malezas.

- **Aporque**

Se realizó a los 60 días el alza de la tierra cubriendo en forma definitiva a los estolones y se eliminó malezas.

- **Control de plagas y enfermedades**

El cultivo presentó incidencia de *phytophthora infestans*, *rhizoctonia solani*, *alternaria solani*, gusano blanco, pulgilla. Para los respectivos controles se utilizó: *phytophthora infestans*, mancozeb mas metalaxyl, como fungicida sistémico curativo y proteger los brotes. Se realizó la rotación de productos con Dimetomorf más clorotalonil, como preventivo y curativo. Rhizoctonia: Thiofanato metil y Carbendazim como fungicidas curativos a dosis de 5 g/l y 2 cc por litro respectivamente. Alternaria: Tebuconazole a dosis de 1 cc por litro de agua como fungicida curativo. Gusano blanco y pulgilla:

Carbosulfan a dosis de 2 cc por litro de agua para el control de gusano blanco, y Acephato a dosis de 5 g/l de agua para el control de pulgilla.

- **Fertilización foliar**

Se aplicó un enraizador a base de fósforo y zinc para el desarrollo y crecimiento radicular. Para la floración se aplicó un nutriente 25-16-12 a una dosis de 600 g 300 m² del cultivo.

- **Fertilización para engrose**

Se aplicó un engrosador a base de potasio, calcio y boro, para mejorar el rendimiento del cultivo.

3.3.2. Fase II

Se analizó escenario del impacto potencial del cambio climático sobre las cuatro accesiones de papa nativa y el testigo en relación con las etapas fenológicas.

Para analizar el cambio climático se trabajó con los requerimientos térmicos por cada etapa fenológica.

Los datos de temperatura se obtuvieron de las publicaciones del INAMHI y del software CLIMWAT creado por la FAO. Para determinar las temperaturas del año en estudio (2070) se obtuvo de WorldClim datos disponibles en el siguiente link <https://www.worldclim.org/data/bioclim.html>.

Y, para obtener el requerimiento térmico acumulado por fase fenológica para *Solanum tuberosum*, se aplicó la siguiente ecuación utilizada por Flores *et al.*, (2014, p.150).

$$^{\circ}D = \frac{T_{min} + T_{max}}{2} - T_b$$

Ilustración 11. Método de la temperatura media. Ecuación obtenida del estudio del estudio de “Predicción fenológica del cultivo de papa mediante tiempo térmico” de Flores et al., (2014, p.150).

Dónde:

$^{\circ}D$ = grados días

$T^{\circ}Min$ = temperatura mínima

$T^{\circ}Max$ = temperatura máxima

T_b = temperatura base o umbral inferior para el inicio del desarrollo del cultivo

3.3.3. Fase III

Se diseñó el escenario de cambio climático considerando los requerimientos térmicos obtenidos por etapa fenológica de cada accesión de papa nativa y el testigo y se representó a través de las figuras descritas en los resultados.

3.4. Consideraciones bioéticas

La presente investigación se desarrolló considerando principios bioéticos de beneficencia, además con principios de justicia, responsabilidad y autonomía, generando datos confiables que identifiquen el cambio. El trabajo se llevó en la provincia de Carchi e inició con la identificación de condiciones actuales del clima y posteriormente los cambios correspondientes para llegar a los resultados e informar acerca de lo que va a suceder en un futuro.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIONES

Los resultados se presentan en concordancia con los objetivos específicos de la investigación. Comprende la caracterización de las etapas fenológicas de las accesiones de papa en estudio en comparación con el testigo de variedad mejorada, el análisis del impacto del cambio climático sobre las etapas fenológicas de las accesiones de papa mediante el análisis del clima en los periodos 2019-2020 y la proyección para el año 2070-2071. Y en relación con los requerimientos térmicos se interpretó a través de figuras de escenario de cambio climático.

4.1. Variables fenológicas

Previo a la comprobación estadística de varianzas se evaluaron los resultados y se realizó pruebas de comparación de medias mediante Tukey alfa = 0.05 para determinar diferencias entre tratamientos, donde se obtuvo los siguientes resultados de las etapas fenológicas en estudio.

4.1.1. Días a la emergencia de los brotes

El p-valor = 0.0001 en el Análisis de Varianza (ANAVA) indicó diferencias estadísticas significativas entre tratamientos. En la Tabla 8 se muestra los días a la emergencia de cuatro accesiones de papa nativa y un testigo, siendo estos valores comparables al estudio realizado por Tibán (2012) donde registra datos similares en esta etapa fenológica de cultivares de papa nativa a una altitud de 2521 msnm.

Tabla 8.

Prueba de Tukey para los días a la emergencia de las accesiones de papas nativas y el testigo.

| Tratamientos | Media | E.E | Rango |
|------------------|-------|------|-------|
| T5 (Testigo) | 27 | 0 | A |
| T2 (Tacana roja) | 27 | 0 | A |
| T1 (Violeta) | 30.67 | 0.67 | B |
| T4 (Rosada) | 33.33 | 0.33 | C |

| Tratamientos | Media | E.E | Rango |
|-------------------|-------|------|-------|
| T3 (Ratona negra) | 35.67 | 0.67 | D |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

*Error estándar

El coeficiente de variación es de 2.52 % se considera un valor aceptable para condiciones de manejo en campo.

Los datos registrados transcurridos desde la siembra hasta el brote de las plántulas (Fig. 3) son los siguientes: para el testigo (T5) fueron 27 días; para la accesión Rosada (T4) 33 días, para la accesión Ratona negra (T3) 36 días, para la accesión Tacana roja (T2) 27 días y para la accesión Violeta (T1) 31 días a la emergencia. Los resultados obtenidos en cuanto a días a la emergencia muestran similitud con otras investigaciones, tal es el caso de Pantoja (2013), en su estudio la accesión Ratona negra sembrada a una altitud de 2941 msnm, emerge al mismo tiempo que la accesión Ratona negra sembrada para la presente investigación a una altitud de 3000 msnm.

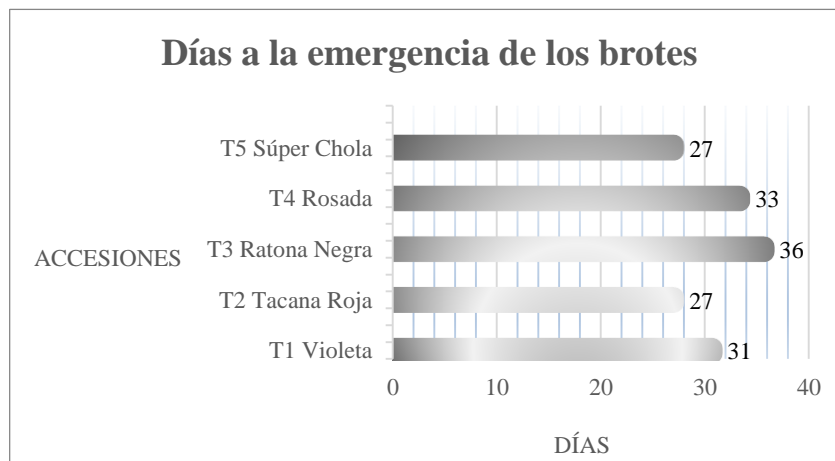


Figura 3. Días a la emergencia de los brotes para las accesiones de papas nativas y testigo.

Por otra parte, en cuanto al testigo, en el estudio propuesto por Taramuel (2017), se identifica 27 días para la emergencia de la variedad súper chola a una altitud de 2253 msnm, similar a los días de la emergencia del testigo del presente estudio

sembrada a una altitud de 3000 msnm. Si bien tanto para la accesión Ratona negra y Súper chola se obtiene resultados similares con otras investigaciones cabe destacar la diferencia de altitudes.

En términos generales se pueden realizar distintas comparaciones para entender estos sucesos, por ejemplo, analizar otros parámetros como es el caso de la temperatura. En la variedad Súper chola sembrada a 2253 msnm se presenta una temperatura de 17.5°C, en cambio para la variedad Súper chola sembrada a 3000 msnm la temperatura oscila entre 10 y 12 °C. Zuñiga, Morales y Estrada (2017), mencionan que la temperatura óptima para la emergencia de tubérculos se encuentra entre 13 y 18°C y que el cultivo de papa puede desarrollarse desde los 460 hasta los 3000 msnm, siendo las alturas óptimas para obtener una mejor emergencia entre los 2500 y 3000 msnm. Martín y Jerez (2017), agregan que los suelos fríos dan mejor iniciación a los tubérculos y en mayor cantidad. Además, añaden que las plantas adaptan su crecimiento y desarrollo de acuerdo al entorno. Bajo este contexto las dos áreas de estudio se encuentran dentro de los requerimientos edafoclimáticos óptimos para el desarrollo de cultivo de papa, es por ello que se obtienen resultados similares en cuanto a la emergencia.

Los datos registrados de días a la emergencia en este estudio también se relacionan a los de Tibán (2012), más por ser cultivadas a esa altitud que deben ser condiciones climáticas diferentes, el autor identificó las características fenológicas de las papas nativas en el sur del Ecuador a una altitud de 2521 msnm, donde obtuvo para los cultivares Leona roja, Curipamba, Chaucha amarilla, Cornos y Pan de azúcar, 24.40 días a la emergencia. Los cultivares Papa yutu, Coneja blanca y Milagrosa 30.67 días a la emergencia, Bolona 14 días a la emergencia y Moroposa 32 días a la emergencia.

Sin embargo, Torres *et al.*, (2011), sostiene que el tiempo de emergencia podría variar debido a que el tubérculo (semilla) internamente afronta desórdenes fisiológicos cuando se enfrenta a las diferentes condiciones de temperatura o presión atmosférica que se dan con la variación de la altitud.

4.1.2. Días a la floración y tuberización

El p-valor = 0.0588 en el Análisis de Varianza (ANAVA) indicó que no existe diferencias estadísticas significativas entre tratamientos. En la Tabla 9 se muestra los días al inicio de la floración y tuberización de cuatro accesiones de papa nativa y un testigo, donde, se puede evidenciar que en estas fases fenológicas no existe variación en días en que la planta empieza el proceso de floración y por ende la tuberización.

Tabla 9.

Prueba de Tukey para los días a la floración y tuberización de las accesiones de papas nativas y el testigo.

| Tratamientos | Media | E.E | Rango |
|-------------------|-------|------|-------|
| T4 (Rosada) | 63.33 | 2.67 | A |
| T1 (Violeta) | 67.67 | 2.67 | A |
| T5 (Testigo) | 70 | 1 | A |
| T3 (Ratona negra) | 71.67 | 1.33 | A |
| T2 (Tacana roja) | 71.67 | 1.33 | A |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

*Error estándar

El coeficiente de variación es de 4.87 % se considera un valor aceptable para condiciones de manejo en campo.

Menciona Kramm *et al.*, (2017), que la nutrición equilibrada es importante hasta la época de floración para desarrollar una gran superficie foliar. La acumulación de materia seca, su distribución, reparto en el follaje y los tubérculos ocurre en un período corto de tiempo; primero con un abundante crecimiento de follaje que después de los 70 a 80 días se estabiliza y continúa con la remoción de materia seca hacia los tubérculos, además de necesitar una rápida absorción de nutrientes para completar el ciclo del follaje (p.32).

Para la fase fenológica de floración y tuberización (Fig. 4) se registró los siguientes datos: para el testigo (T5) la floración se presentó a los 70 días, para la accesión

Rosada (T4) 63 días, para la accesión Ratona negra (T3) y Tacana roja (T2) 72 días y finalmente para la accesión Violeta (T1) 68 días.

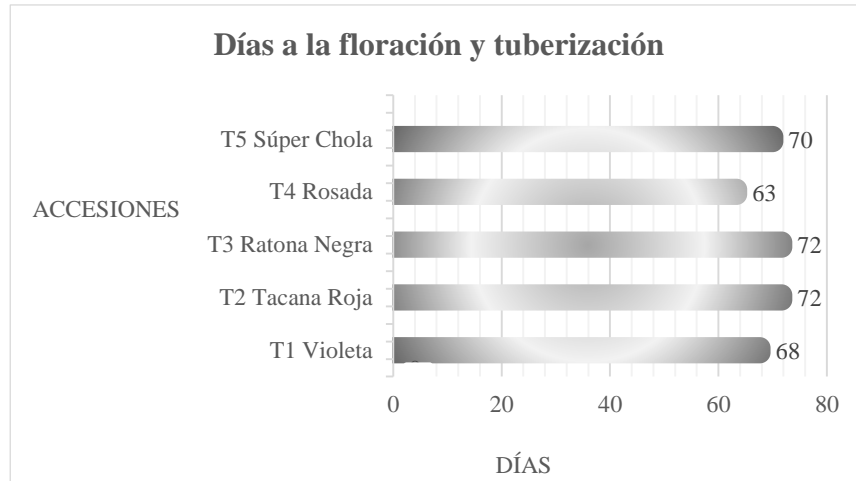


Figura 4. Días a la floración tuberización y para las accesiones de papa nativas y testigo.

De acuerdo con el estudio realizado por Pantoja (2013), en la parroquia La Mariscal, provincia del Carchi a una altitud de 2941 msnm y a una temperatura de 12°C para la accesión Ratona negra presenta su floración a los 60 días, este dato se asemeja a los días obtenidos para la accesión Ratona negra de la presente investigación realizada en la ciudad El Ángel, provincia del Carchi a una altitud de 3000 msnm y a una temperatura que oscila entre los 10 y 12°C.

Así también Taramuel (2017), en su investigación realizada en granja experimental Yuyucocha - Ibarra a una altitud de 2243 msnm y en donde la temperatura oscila entre los 15 y 20°C para el testigo obtiene 73 días a la floración. Se entiende esta similaridad dado a que los cultivos se encuentran dentro de las condiciones edafoclimáticas óptimas que necesita el cultivo de papa para su desarrollo.

Zuñiga, Morales y Estrada (2017), mencionan que la temperatura óptima para la floración y tuberización se encuentra entre 12 y 18 °C. Otro punto a considerar es la diferencia de altitudes en los tres cultivos Zuñiga, Morales y Estrada (2017), explican que en los cultivos de papa en donde las altitudes fluctúan entre los 2500 y 3000

msnm no existe diferencias notorias en cuanto a cada etapa fenológica. Sin embargo, recalcan que a partir de los 3000 msnm cada etapa fenológica del cultivo de papa es más lenta, tal es el caso del estudio propuesto por López *et al.*, (2011), en su investigación realizada a una altitud de siembra de 3195 msnm obtiene 120 días a la floración de accesión Tacana roja.

Tibán (2012), manifiesta que las papas nativas presentan una media de floración de entre 63 a 71 días. Asimismo, en su investigación realizada en Tungurahua en donde la temperatura oscila 13.8°C a 17°C, para la fase de floración de los cultivares de papas nativas del sur del Ecuador registró los siguientes datos; para la Leona roja, Curipamba, Chaucha amarilla, Cornos y Pan de azúcar 74 días a la floración. Los cultivares Papa yutu, Coneja blanca y Milagrosa 74 días a la floración, Bolona a los 42 días y Moroposa a los 79 días a la floración.

Considerando el enunciado de Román y Hurtado (2002), la temperatura influye en la brotación de los tubérculos en la utilización de nutrimentos, pérdida de agua y en las etapas fenológicas del cultivo (T° sube o baja 0,5 °C por cada 100 msnm de diferencia) (p.12). Los resultados obtenidos en cada fase fenológica se deben a factores del ambiente tales como: temperatura del ambiente, humedad relativa, intensidad de luz, duración de la luz, suelo y variedad (Egusquiza, 2000, p.34).

4.1.3. Días la cosecha

El p-valor = 0.0001 en el Análisis de Varianza (ANAVA) indicó que existe diferencias estadísticas significativas entre tratamientos. En la Tabla 10 se muestra los días a la cosecha de cuatro accesiones de papa nativa y un testigo. Para identificar los días a la cosecha, las plantas presentaron características fisiológicas como el amarillamiento del follaje, sequedad de la planta y resistencia al despliegue de la piel de los tubérculos.

Tabla 10.

Prueba de Tukey para los días a la cosecha de las accesiones de papas nativas y el testigo.

| Tratamientos | Media | E.E | Rango |
|-------------------|-------|------|-------|
| T3 (Ratona negra) | 126 | 0 | A |
| T2 (Tacana roja) | 140 | 0.33 | B |
| T1 (Violeta) | 155 | 0 | C |
| T4 (Rosada) | 175 | 0 | D |
| T5 (Testigo) | 181 | 0.33 | E |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

*Error estándar

El coeficiente de variación es de 0.23 % se considera un valor aceptable para condiciones de manejo en campo.

Para los días a la cosecha se identificó los siguientes datos (Fig. 5): para el testigo (T5) 181 días, para la accesión Rosada (T4) 175 días, para la accesión Violeta (T1) a los 155 días, para la accesión Tacana roja (T2) 140 días y para la accesión Ratona negra (T3) 126 días.

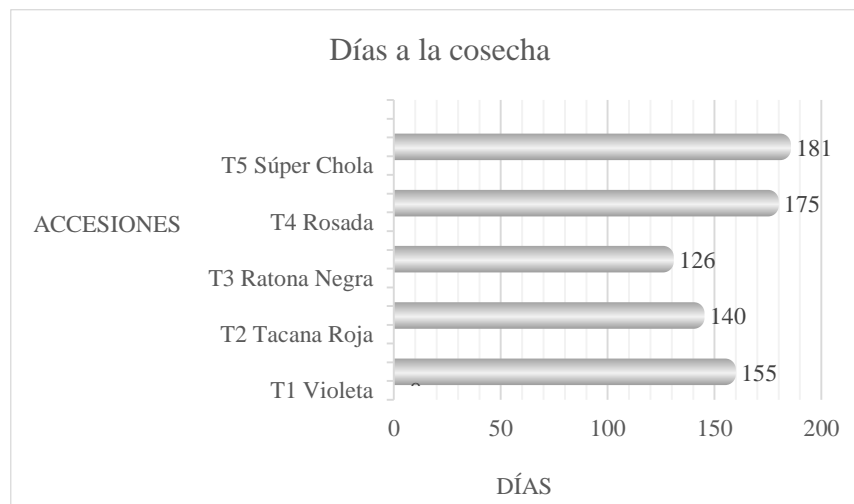


Figura 5. Días a la cosecha para las accesiones de papas nativas y testigo.

Los resultados obtenidos muestran similitud con estudios realizados en otras partes de la provincia, tal es el caso del estudio realizado por Pantoja (2013), sobre reinserción de papas nativas en la provincia de Carchi, en donde obtuvo que los días

a la cosecha de la accesión Ratona negra y otras accesiones nativas es de 119 días, cabe recalcar que las condiciones climáticas en las dos áreas de estudio son similares Pantoja (2013), trabajó a una altitud de 2941 msnm y a una temperatura de 12°C mientras que en el presente estudio se trabajó a 3000 msnm y a una temperatura que oscila entre los 10 y 12°C.

Asimismo, Tibán (2012), comprueba dicha similaridad en su investigación realizada en Tungurahua con una temperatura que oscila entre los 13.8°C a 17°C en donde se registró los siguientes datos; las variedades Leona roja, Curipamba, Chaucha amarilla, Cornos y Pan de azúcar, presentaron 157.60 días a la cosecha. Los cultivares Papa yutu, Coneja blanca y Milagrosa, registraron 150.33 días, Bolona y Moroposa 146 días a la cosecha. Finalmente, Canqui y Morales (2009), añaden que la madurez fisiológica de estos cultivares se observa a los 140 a 145 días después de la siembra.

4.1.4. Rendimiento por hectárea (t/ha)

El p-valor = 0.0001 en el Análisis de Varianza (ANAVA) indicó que existe diferencias estadísticas significativas entre tratamientos. En la Tabla 11 se muestra el rendimiento de cuatro accesiones de papas nativas y un testigo, donde se registra los siguientes datos; los valores más altos en rendimiento son las del testigo (T5) con 17.67 t/ha, seguida de la accesión Rosada (T4) con 15.67 t/ha y la accesión Violeta (T4) con 13 t/ha, y las accesiones de bajo rendimiento fueron Tacana roja (T2) con 8.67 t/ha y Ratona negra con 7.5 t/ha.

Tabla 11.

Prueba de Tukey para el rendimiento de las accesiones de papas nativas y el testigo.

| Tratamientos | Media | E.E | Rango |
|-------------------|-------|------|-------|
| T3 (Ratona negra) | 7.5 | 0 | A |
| T2 (Tacana roja) | 8.67 | 0.17 | A |
| T1 (Violeta) | 13 | 0.50 | B |
| T4 (Rosada) | 15.67 | 0.33 | C |
| T5 (Testigo) | 17.67 | 0.17 | D |

Medias con letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

*Error estándar

El coeficiente de variación es de 4.00 %, por lo cual se considera un valor aceptable para condiciones de manejo en campo.

Manrique (2009), explica que el rendimiento del cultivo de papa depende en gran magnitud de la variedad y de factores de manejo controlados por el hombre como: calidad de la semilla, distancia de siembra de la semilla, fertilización, controles fitosanitarios, riego y momento de cosecha. Además, agrega que el rendimiento puede verse afectado por factores climáticos como: heladas, lluvias excesivas, calor, etc.

En la presente investigación se obtuvo diferencias estadísticas significativas entre tratamientos en cuanto al rendimiento de las accesiones de papa Ratona negra, Tacana roja, Violeta, Rosada y el Testigo Súper chola. Taramuel (2017), de igual forma obtuvo estas diferencias en su investigación en el rendimiento de sus parcelas de la variedad Súper chola, explica que el rendimiento en producción de semilla de calidad para esta variedad va desde 15 a 18 t/ha en condiciones normales de cultivo, y además agrega que se debe considerar las condiciones recomendadas en las fichas técnicas de cada variedad para lograr un mejor rendimiento.

Por otra parte, Pantoja (2013), en su investigación obtuvo para las variedades de papa Botella, Gualcalá, Primavera, Papa oca, Borrega, Cuya, Mambra; mayor rendimiento en kg/planta y en las variedades Ratona negra y Ratona blanca presentaron un menor rendimiento.

Pantoja (2013) en su investigación menciona a Sánchez (2003) quien explica que hay algunos factores que pueden ayudar a mejorar el rendimiento del cultivo como es el caso de la fertilización y el uso de diferentes compuestos como el Nitrógeno que favorece al desarrollo de la parte aérea, la formación y el engrosamiento de los tubérculos, el Fósforo actúa a favor del desarrollo de las raíces mejorando la calidad del tubérculo y reduciendo su sensibilidad a daños, y el Potasio asegura un mayor porcentaje de tubérculos grandes.

En cambio, Santiago (2008), afirma que se ha encontrado que la nutrición del cultivo de papa deberá estar relacionada con las condiciones del medio ambiente y el

promedio de rendimientos que se obtienen en la región. Algunos especialistas, elaboran sus recomendaciones sobre la base de las extracciones de nutrientes que realiza el cultivo.

Un aumento en la temperatura da lugar a una mayor transpiración vegetal, lo cual incrementa la demanda de agua de las plantas. Esto ocasionará estrés hídrico en muchas de las zonas productoras más secas, causando una disminución de los rendimientos (Pliska *et al.*, 2008, p.5).

4.2. Análisis del cambio climático en relación a las etapas fenológicas.

Una vez realizado el monitoreo en campo de las etapas fenológicas de las cuatro accesiones de papa nativa y el testigo, se procedió a realizar el análisis para determinar el impacto potencial y el escenario del cambio climático para el año 2070.

4.2.1. Método de obtención de la temperatura (2019 - 2020, 2070-2071).

En la tabla 12 se presenta las temperaturas mínimas y máximas para determinar los requerimientos térmicos de cada etapa fenológica.

Tabla 12.

Temperatura de los años 2019 - 2020 y 2070 - 2071.

| MESES | 2019 - 2020 | | 2070 - 2071 | |
|-------------------|-------------|-------|-------------|-------|
| | T°Min | T°Max | T°Min | T°Max |
| Septiembre | 5,6 | 22,7 | 4,0 | 8,7 |
| Octubre | 5,1 | 21 | 3,0 | 20,0 |
| Noviembre | 7 | 20,5 | 6,0 | 11,0 |
| Diciembre | 7,2 | 20,9 | 5,0 | 20,0 |
| Enero | 7,1 | 21 | 3,0 | 9,7 |
| Febrero | 7,1 | 20 | 4,2 | 10,8 |
| Marzo | 7,5 | 20,5 | 4,4 | 9,5 |

Las temperaturas máximas y mínimas se obtuvieron del INAMHI y del aplicativo CLIMWAT FOR CROPWAT de la FAO para el año 2019 - 2020 y para el año 2070 de WorldClim.

Aplicando el método de estudio realizado por Flores *et al.*, (2014), se identificó el requerimiento térmico del cultivo en relación al desarrollo fenológico aplicando la siguiente ecuación (Método de la temperatura media °D “Grados días”):

$$^{\circ}D = \frac{T_{min} + T_{max}}{2} - T_b$$

Donde T_{min} y T_{max} son las temperaturas mínima y máxima diarias del aire, respectivamente, y T_b es la temperatura base o umbral inferior para el inicio del desarrollo del cultivo.

En la figura 6 se observa el escenario de los grados acumulados de temperatura para el año 2019 - 2020 y 2070 - 2071. Los meses representados son el tiempo de experimentación del estudio; siendo su inicio con la siembra en el mes de septiembre del 2019 y culminando con la cosecha del cultivo en el mes de marzo del 2020.

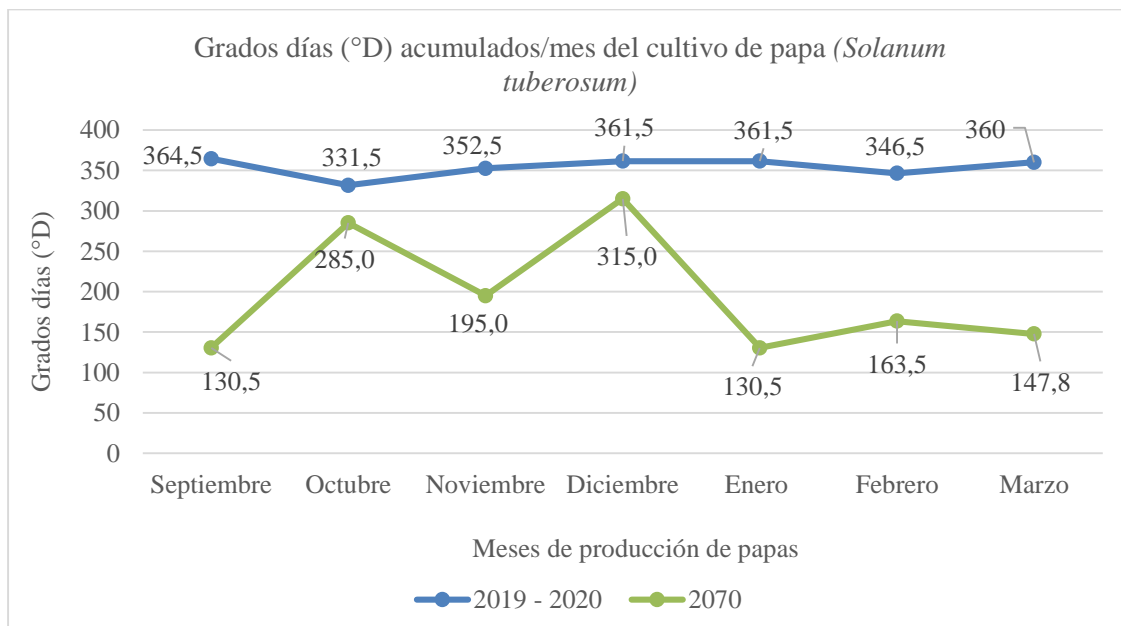


Figura 6. °D acumulados de la producción de papas (*Solanum tuberosum*).

Para los escenarios de los meses septiembre, enero y marzo se registran los cambios más severos. En el primer escenario para el mes de septiembre año 2019 se registra una temperatura acumulada de 364.5 °D y 130.5 °D para el año 2070.

Para el mes de enero año 2020 se registra una temperatura acumulada de 361.5 °D y se prevé 130.5 °D y para el año 2070. Finalmente, para el mes de marzo año 2020 se registra 360 °D y para el año 2070 se prevé registrar una temperatura acumulada de 147.8 °D. Los tres escenarios denotan una significativa disminución de temperatura, lo que incidiría que todos los procesos fisiológicos de las plantas se retrasen.

En la Tabla 13 se representa el total de los grados días acumulados desde el mes de septiembre 2019 hasta el mes de marzo del 2020 y el posible escenario de grados días para el periodo en el año 2070 en el cultivo de papas (*Solanum tuberosum*);

Tabla 13.

Grados días (°D) acumulados/mes de la producción del cultivo de papas (Solanum tuberosum) para el año 2019 - 2020 y para el año 2070 - 2071.

| Meses de producción de papas | Grados días (°D) acumulados/mes (<i>Solanum tuberosum</i>) | |
|------------------------------|---|---------------|
| | 2019 - 2020 | 2070 |
| Septiembre | 364.5 | 130.5 |
| Octubre | 331.5 | 285.0 |
| Noviembre | 352.5 | 195.0 |
| Diciembre | 361.5 | 315.0 |
| Enero | 361.5 | 130.5 |
| Febrero | 346.5 | 163.5 |
| Marzo | 360 | 147.8 |
| TOTAL | 2478 | 1367.3 |

El cultivo de papa acumuló 2478 °D entre los años 2019 y 2020 y, posiblemente durante el mismo periodo desde el mes de septiembre año 2070 al mes de marzo año 2071 apenas se podrá acumular 1367.3 °D, encontrándose que habrá una disminución de temperatura acumulada. Martín y Jerez (2017), estiman que las temperaturas altas

y bajas influyen en la pérdida respiratoria y en el desarrollo del follaje inicial, por lo tanto, la predicción fenológica con base al tiempo térmico es una alternativa para predecir las diferentes etapas fenológicas del cultivo de papa con respecto a las condiciones ambientales de la zona de estudio.

Apodaca *et al.*, (2006) explica que, “La madurez comercial de las variedades de papa es el indicador del desvare y varía en valores acumulados de 1642 a 1800 °D, de acuerdo a la variedad, manejo y precio del mercado” (p.16). Por otra parte, López y Hernández (2016), agrega que dada la concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera, resulta inevitable que se presenten cambios en el clima a cuál la agricultura deberá adaptarse.

4.2.2. Etapas fenológicas Vs grados días (°D) de las accesiones papa nativa y el testigo en periodo 2019 - 2020 y 2070 - 2071.

4.2.2.1. Accesoión Violeta

En la Tabla 14 se presenta el requerimiento térmico para la accesoión Violeta en donde acumuló en 155 días 1826.6 °D y para el año 2070 acumularía 1086.6 °D, por lo cual no suplirá el requerimiento que se necesita para completar su ciclo vegetativo.

Para el año 2070 bajo las mismas condiciones edafoclimáticas necesitaría de 237 días para acumular 1824.8 °D, en donde necesitaría de 82 días más, para su ciclo completar el ciclo vegetativo.

Tabla 14.
Estimación de °D acumulados año 2019 - 2020 y 2070 - 2071 accesión Violeta.

| Accesión Violeta | | | Días acumulados | AÑO | | °D que acumularía en el año 2070 - 2071 | Estimación de los días necesarios para el ciclo vegetativo en el año 2070 - 2071 |
|-------------------------------|------------|-------------------------------------|---|---------------|---------------|---|--|
| Fecha | Días | Etapa | | 2019 - 2020 | 2070 - 2071 | | |
| | | | Grados día (°D) acumulados por etapa fenológica | | | | |
| 04-09-2019 al 30-09-2019 | 26 | Emergencia | 31 | 315.9 | 113.1 | 95.7 | 22 |
| 01-10-2019 al 05-10-2019 | 5 | | | 55.2 | 47.5 | 275.5 | 29 |
| Total | 31 | | | 371.1 | 160.6 | 371.2 | 51 |
| 06-10-2019 al 31-10-2019 | 25 | Floración y tuberización | 68 | 276.2 | 237.5 | 294.5 | 31 |
| 01-11-2019 al 12-11-2019 | 12 | | | 141 | 78 | 123.5 | 19 |
| Total | 37 | | | 417.2 | 315.5 | 418 | 50 |
| 13-11-2019 al 30-11-2019 | 17 | Desarrollo de los tubérculos | 108 | 199.7 | 110.5 | 201.5 | 31 |
| 01-12-2019 al 23-12-2019 | 23 | | | 277.1 | 241.5 | 273 | 26 |
| Total | 40 | | | 476.9 | 352 | 474.5 | 57 |
| 24-12-2019 al 31-12-2019 | 7 | Cosecha | 155 | 84.3 | 73.5 | 315 | 30 |
| 01-01-2020 al 31-01-2020 | 30 | | | 361.5 | 130.5 | 82.6 | 19 |
| 01-02-2020 al 11-02-2020 | 10 | | | 115.5 | 54.5 | 163.5 | 30 |
| Total | 47 | | | 561.3 | 258.5 | 561.1 | 79 |
| Total ciclo vegetativo | 155 | | | 1826.6 | 1086.6 | 1824.8 | 237 |

En la figura 7 se presenta el escenario del cambio climático para la accesión Violeta, en donde se identifica que para el año 2070 - 2071 existe un incremento de días acumulados para llegar alcanzar el requerimiento térmico correspondiente y completar el ciclo vegetativo.

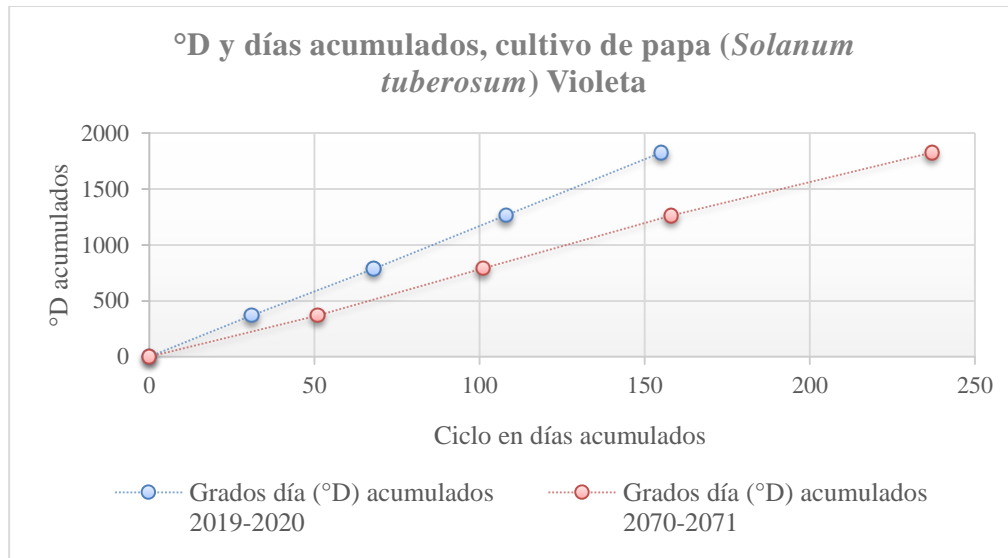


Figura 7. Escenario del cambio climático en relación a los °D y días acumulados del ciclo vegetativo del cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) accesión Violeta.

En el año 2019 la accesión Violeta emergió a los 31 días con un requerimiento térmico acumulado de 371.1 °D, por el contrario, para el año 2070 se estima que si emerge a los 31 días tan solo acumularía 160.6 °D lo cual no supliría el requerimiento térmico para que pueda crecer y desarrollarse. Para alcanzar el requerimiento térmico y completar la fase de emergencia en el año 2070 necesitaría 51 días para emerger y acumular 371.2 °D. Martín y Jerez (2017, p. 78), sostienen que, cada fase de desarrollo de un cultivo requiere un mínimo de acumulación de temperatura para llegar a su término y que la planta pueda pasar a la siguiente fase.

Para la fase de floración y tuberización, se registró 68 días después de la fase de emergencia y un requerimiento térmico acumulado de 788.4 °D en cambio para el año 2070 en el mismo tiempo tan solo acumularía 476.1 °D, lo cual no tendría el requerimiento necesario para seguir el desarrollo. Para completar la fase de floración y tuberización, en el año 2070 debería acumular 101 días para llegar a completar 789.2 °D y continuar con su ciclo.

El desarrollo de los tubérculos registró a los 108 días después de la fase de floración y tuberización y acumuló 1265.3 °D y para el año 2070 se registraría 828.1

$^{\circ}\text{D}$, en el cual no podría cumplir con el requerimiento térmico necesario para esta fase fenológica. Para el año 2070 se requerirá de 158 días para acumular 1263.7 $^{\circ}\text{D}$ y seguir su desarrollo.

Méndez (2015), afirma que, el tiempo fisiológico se basa en la premisa de que un organismo necesita una cantidad dada de energía para alcanzar una determinada fase fenológica o incluso el ciclo complejo, ya que hay una relación lineal entre la temperatura y el crecimiento del organismo (p.2). Aunque la acumulación GDD según Phadnawis y Saini (1992), para las diferentes etapas de desarrollo es relativamente constante e independiente de la fecha de siembra, cada híbrido, variedad o cultivar de la especie, puede tener valores específicos para estos parámetros (p.52). Esperanza (2013), añade que cambios significativos en la temperatura produciría estrés térmico e hídrico en las plantas, incidiendo en la producción y rendimiento de los cultivos.

4.2.2.2. Accesoión Tacana roja

En la Tabla 15 se presenta los resultados del requerimiento térmico de la accesoión Tacana roja, en donde en 140 días acumuló 1651.9 $^{\circ}\text{D}$ en el año 2019 - 2020 y para el año 2070 - 2071 en 140 días acumularía tan solo 1011.3 $^{\circ}\text{D}$ lo cual no supliría el requerimiento que se necesita para completar su ciclo vegetativo. En el año 2070 2071 necesitaría 225 días para acumular 1651.7 $^{\circ}\text{D}$ para completar su ciclo vegetativo.

El conocimiento de la duración exacta de las fases de desarrollo y su interacción con los factores ambientales es esencial para alcanzar los máximos rendimientos en las plantas cultivadas, ya que determinan factores como la absorción de nutrientes y el llenado de frutos que inciden directamente sobre la productividad del cultivo (Prabhakar et al., 2007).

Tabla 15.
Estimación de °D acumulados año 2019 - 2020 y 2070 - 2071 accesión Tacana roja.

| Accesión Tacana roja | | | Días acumulados | AÑO | | °D que acumularía en el año 2070 - 2071 | Estimación de los días necesarios para el ciclo vegetativo en el año 2070 - 2071 |
|-------------------------------|------------|-------------------------------------|-----------------|---|---------------|---|--|
| | | | | 2019 - 2020 | 2070 - 2071 | | |
| Fecha | Días | Etapas | | Grados día (°D) acumulados por etapa fenológica | | | |
| 04-09-2019 al 30-09-2019 | 26 | Emergencia | 27 | 315.9 | 113.1 | 117.4 | 27 |
| 01-10-2019 al 02-10-2019 | 1 | | | 11.05 | 9.5 | 209 | 22 |
| Total | 27 | | | 326.9 | 122.6 | 326.4 | 49 |
| 03-10-2019 al 31-10-2019 | 28 | Floración y tuberización | 72 | 309.4 | 266 | 275.5 | 29 |
| 01-11-2019 al 18-11-2019 | 17 | | | 199.7 | 110.5 | 234 | 36 |
| Total | 45 | | | 509.1 | 376.5 | 509.5 | 65 |
| 18-11-2019 al 30-11-2019 | 12 | Desarrollo de los tubérculos | 101 | 141 | 78 | 188.5 | 29 |
| 01-12-2019 al 18-12-2019 | 17 | | | 204.8 | 178.5 | 157.5 | 15 |
| Total | 29 | | | 345.8 | 256.5 | 346 | 44 |
| 17-12-2019 al 31-12-2019 | 14 | Cosecha | 140 | 168.7 | 147 | 304.5 | 29 |
| 01-01-2020 al 26-01-2020 | 25 | | | 301.2 | 108.7 | 165.3 | 38 |
| Total | 39 | | | 469.9 | 255.7 | 469.8 | 67 |
| Total ciclo vegetativo | 140 | | | 1651.9 | 1011.3 | 1651.7 | 225 |

En la figura 8 se presenta el escenario del cambio climático para la accesión Tacana roja, en donde se identifica que para el año 2070 - 2071 existe un incremento de días acumulados para llegar alcanzar el requerimiento térmico correspondiente y completar el ciclo vegetativo.

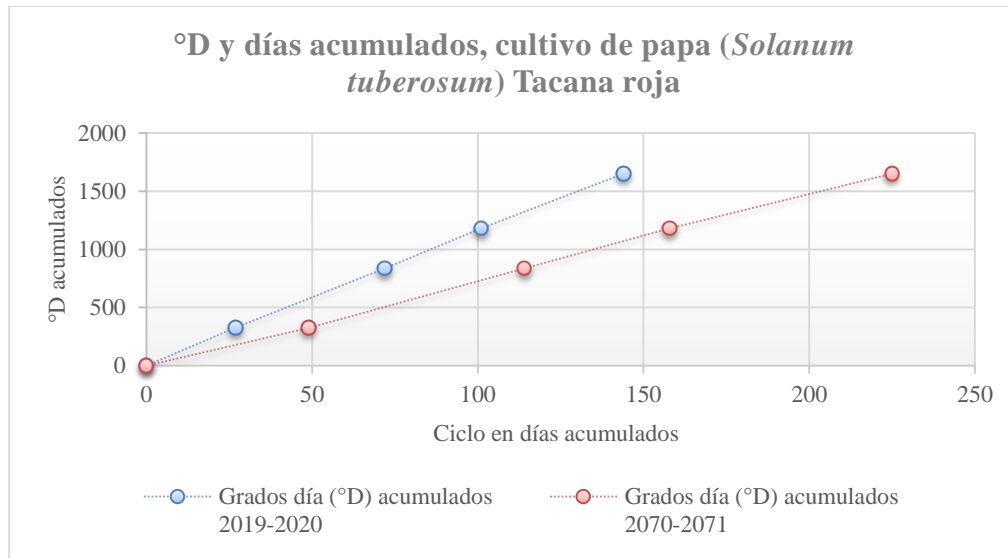


Figura 8. Escenario del cambio climático en relación a los °D y días acumulados del ciclo vegetativo del cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) accesión Tacana roja.

La fase fenológica de emergencia para la accesión Tacana roja fue de 27 días con un requerimiento térmico de 326.9 °D y para el año 2070 se pronostica 122.6 °D, el cual no supe los requerimientos térmicos necesarios para alcanzar esta fase fenológica. Para el año 2070 requerirá de 49 días para acumular 326.4 °D y cumplir con esta fase fenológica. De acuerdo con Kantolic *et al.*, (2004), citado por Vidal manifiesta que la temperatura regula el desarrollo a lo largo de todo el ciclo del cultivo, pero los requerimientos térmicos y las temperaturas cardinales que regulan la tasa de desarrollo difieren a lo largo de las distintas fases fenológicas.

Para la fase de floración y tuberización se registró 72 días después de la emergencia y se acumuló 836.1 °D, y el pronóstico para el año 2070 muestra una acumulación de 499.1 °D el cual no supliría el requerimiento necesario para que la planta siga su desarrollo. Para alcanzar esta etapa fenológica en el 2070 necesitaría de 114 días para acumular 835.9 °D y completar la fase.

Para el desarrollo de los tubérculos se registró 101 días y un tiempo térmico acumulado de 1181.9 °D para seguir el desarrollo. Y para el año 2070 acumularía tan

solo 755.6 °D. Para alcanzar el requerimiento térmico, el cultivo necesitaría de 158 días para alcanzar 1181.9 °D y completar esta fase.

De acuerdo con Martín y Jerez (2017), el cultivo de la papa se muestra extremadamente sensible a los cambios ambientales (con mayor efecto la temperatura). Por lo que en presencia de temperaturas por encima de las óptimas se modifican los patrones de crecimiento en cuanto a la duración de las diferentes fases fenológicas.

Gutiérrez (2008), explica algunas estimaciones sobre el cambio climático a nivel mundial; en los próximos 50 años se proyecta la reducción del rendimiento del cultivo de papa entre el 18% y 32% si la papa no tiene una adaptación adecuada. En cambio, si las diferentes variedades existentes a nivel mundial logran adaptarse, se estima una reducción de rendimiento del 8%, recalca que la causa principal de esta disminución se atribuye hasta el momento, únicamente al cambio de temperatura. Además, menciona que el conocimiento de posibles escenarios sobre los efectos de cambio climático permite establecer medidas de mitigación para contrarrestar los efectos del cambio climático y así lograr una mejor adaptabilidad de estos cultivos.

4.2.2.3. Accesoión Ratona negra

Los datos registrados en la Tabla 16 representan el ciclo vegetativo del cultivo de papa accesoión Ratona negra en donde registra 126 días. Con las condiciones edafoclimáticas actuales y los datos obtenidos del registro de las etapas fenológicas, en los años 2019 - 2020 el requerimiento térmico de la accesoión Ratona negra fue de 1483.3 °D y de acuerdo con los resultados obtenidos de WorldClim para el año 2070 bajo el mismo tiempo de 126 días acumularía 938.1 °D, lo cual no suplirá el requerimiento que se necesita para completar su ciclo vegetativo. Para el año 2070 el ciclo vegetativo de la papa (*Solanum tuberosum*) accesoión Ratona negra requerirá de 195 días y cumplir con el requerimiento térmico.

Tabla 16.
Estimación de °D acumulados del año 2019 - 2020 y 2070 - 2071 accesión Ratona negra.

| Accesión Ratona negra | | | | AÑO | | °D que acumularía en el año 2070 - 2071 | Estimación de los días necesarios para el ciclo vegetativo en el año 2070 - 2071 |
|-----------------------------------|------------|---|--------------------|---|--------------|--|---|
| | | | | 2019 - 2020 | 2070 - 2071 | | |
| Fecha | Días | Etapa | Días acumulados | Grados día (°D) acumulados por etapa fenológica | | | |
| 04-09-2019 al 30-09-2019 | 27 | Emergencia | 36 | 328.0 | 117.4 | 130.5 | 30 |
| 01-10-2019 al 10-10-2019 | 9 | | | 99.4 | 85.5 | 294.5 | 31 |
| Total | 36 | | | 427.5 | 202.9 | 425 | 61 |
| 11-10-2019 al 31-10-2019 | 20 | Floración y tuberización | 72 | 221 | 190 | 247 | 26 |
| 01-11-2019 al 17-11-2019 | 16 | | | 188 | 104 | 162.5 | 25 |
| Total | 36 | | | 409 | 294 | 409.5 | 51 |
| 17-11-2019 al 30-11-2019 | 13 | Desarrollo de los tubérculos | 108 | 152.7 | 84.5 | 208 | 32 |
| 01-12-2019 al 24-12-2019 | 23 | | | 277.1 | 241.5 | 220.5 | 21 |
| Total | 36 | | | 429.9 | 326 | 428.5 | 53 |
| 25-12-2019 al 31-12-2019 | 6 | Cosecha | 126 | 72.3 | 63 | 147 | 14 |
| 01-01-2020 al 13-01-2020 | 12 | | | 144.6 | 52.2 | 69.6 | 16 |
| Total | 18 | | | 216.9 | 115.2 | 216.6 | 30 |
| Total ciclo vegetativo | 126 | | | 1483.3 | 938.1 | 1479.6 | 195 |

En la figura 9 se presenta el escenario del cambio climático para la accesión Ratona negra, en donde se identifica que para el año 2070 - 2071 existe un incremento de días acumulados para llegar alcanzar el requerimiento térmico correspondiente y completar el ciclo vegetativo.

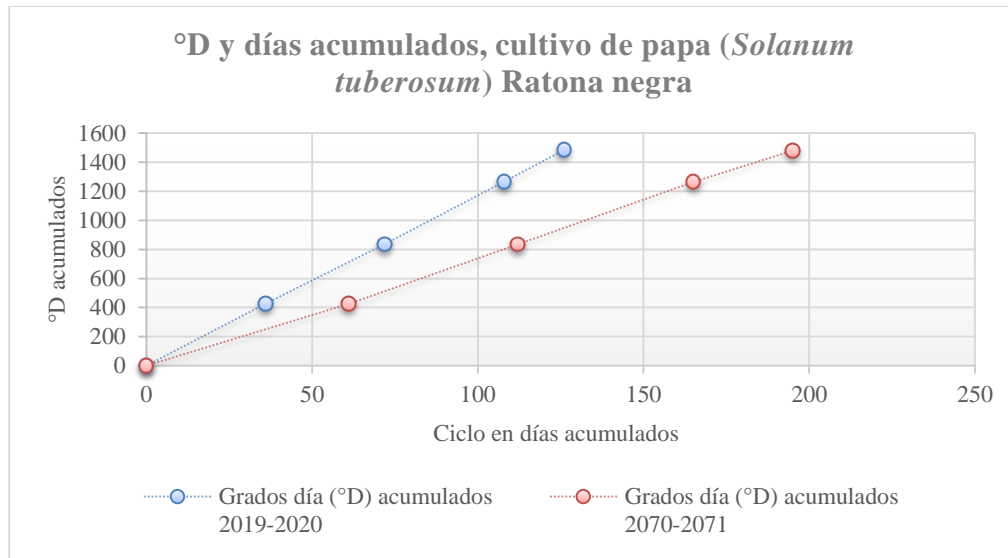


Figura 9. Escenario del cambio climático en relación a los °D y días acumulados del ciclo vegetativo del cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) accesión Ratona negra.

Para que la planta complete la fase fenológica de emergencia se necesitó un requerimiento térmico de 427.5 °D y 36 días y para el año 2070 de acuerdo con los datos obtenidos de WorldClim se pronostica 202.9 °D. Para que se cumpla el desarrollo de la fase de emergencia en el año 2070 la accesión Ratona negra requerirá de 61 días para alcanzar un tiempo térmico de 425 °D y cumplir con el ciclo vegetativo. Bautista, León y Rojas (2010), mencionan que factores como la alta humedad del suelo y bajas temperaturas retrasa la emergencia de la planta y además favorece el desarrollo de problemas fitosanitarios, principalmente Rhizoctonia.

Durante la fase de floración y tuberización la accesión Ratona negra acumuló 836.5 °D en 72 días a partir de la emergencia y para el 2070 acumularía 497 °D, para que pueda desarrollar la fase de floración y tuberización esta accesión en el año 2070 necesitaría de 112 días para alcanzar el tiempo térmico de 834.5 °D y completar esta fase fenológica.

Para el desarrollo de los tubérculos la planta acumuló 1266.4 °D en 108 días y, para el año 2070 acumularía 823 °D el cual no supliría los requerimientos suficientes

para completar el desarrollo. En el año 2070 necesitaría de 165 días para alcanzar 1263 °D y completar su desarrollo.

El conocimiento de los requerimientos térmicos del cultivo de papa en cada etapa fenológica representa ventajas prácticas y agronómicas, que permiten optimizar la utilización de insumos y planificar el cultivo bajo condiciones climáticas variables (Flores, Flores y Ojeda, 2014).

4.2.2.4. Accesoión Rosada

En la Tabla 17 se presenta los datos de requerimientos térmicos para la producción de la accesoión Rosada, en donde se obtuvo 2059.2 °D en 175 días y, para el año 2070 - 2071, se pronostica una acumulación térmica de 1192.1 °D valores que no suplirían las necesidades del cultivo. De acuerdo con las investigaciones realizadas por Asseng *et al.*, (2011), citado por Parra *et al.*, (2014), la temperatura acumulada es ahora reconocida como el principal factor que influye en la variación de la fenología; el aumento de las temperaturas en general acelera el desarrollo fenológico lo que resulta en un período de crecimiento más corto.

Tabla 17.

Estimación de °D acumulados año 2019 - 2020 y 2070 - 2071 accesoión Rosada.

| Accesión Rosada | | | AÑO | | °D que acumular ía en el año 2070 - 2071 | Estimación de los días necesarios para el ciclo vegetativo en el año 2070 - 2071 |
|-----------------------------|-----------|-------------------------------------|-------------|---|--|--|
| Fecha | Días | Etapa | 2019 - 2020 | 2070 - 2071 | | |
| 04-09-2019 al 30-09-2019 | 26 | Emergencia | 33 | Grados día (°D) acumulados por etapa fenológica | | 29 |
| 01-10-2019 al 08-10-2019 | 7 | | | 315.9 | 113.1 | 126.15 |
| Total | 33 | | | 393.2 | 179.6 | 392.2 |
| 09-10-2019 al 31-10-2019 | 22 | Floración y tuberización | 63 | Grados día (°D) acumulados por etapa fenológica | | 19 |
| 01-11-2019 al 09-11-2019 | 8 | | | 243.1 | 209 | 180.5 |
| Total | 30 | | | 337.1 | 261 | 336.5 |

| Accesión Rosada | | | Días acumulados | AÑO | | °D que acumularía en el año 2070 - 2071 | Estimación de los días necesarios para el ciclo vegetativo en el año 2070 - 2071 |
|-------------------------------|------------|------------------------------|-----------------|---|---------------|---|--|
| | | | | 2019 - 2020 | 2070 - 2071 | | |
| Fecha | Días | Etapas | | Grados día (°D) acumulados por etapa fenológica | | | |
| 08-11-2019 al 30-11-2019 | 22 | Desarrollo de los tubérculos | 117 | 258.5 | 143 | 195 | 30 |
| 01-12-2019 al 31-12-2019 | 30 | | | 361.5 | 315 | 315 | 30 |
| 01-01-2020 al 03-01-2020 | 2 | | | 24.1 | 8,7 | 134.85 | 31 |
| Total | 54 | | | 644.1 | 466.7 | 644.9 | 91 |
| 04-01-2020 al 19-01-2020 | 27 | Cosecha | 175 | 325.35 | 117.45 | 191.4 | 44 |
| 01-02-2020 al 29-02-2020 | 28 | | | 323.4 | 152.6 | 250.7 | 46 |
| 01-03-2020 al 03-03-2020 | 3 | | | 36 | 14.7 | 241.3 | 49 |
| Total | 58 | | | 684.75 | 284.8 | 683.4 | 139 |
| Total ciclo vegetativo | 175 | | | 2059.2 | 1192.1 | 2056.9 | 330 |

En la figura 10 se presenta el escenario del cambio climático para la accesión Rosada, en donde se identifica que para el año 2070 - 2071 existe un incremento de días acumulados para llegar alcanzar el requerimiento térmico correspondiente y completar el ciclo vegetativo.

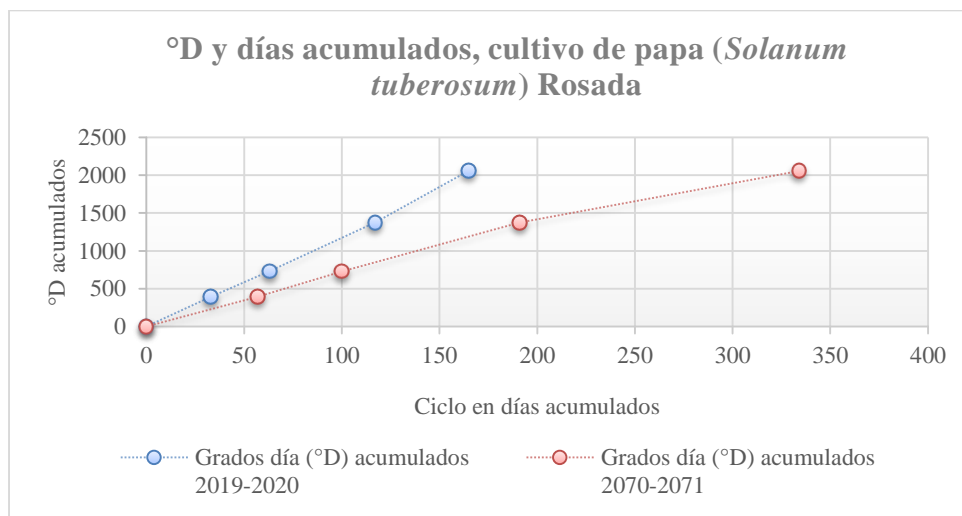


Figura 10. Escenario del cambio climático en relación a los °D y días acumulados del ciclo vegetativo del cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) accesión Rosada.

Para emerger el cultivo de papa de la accesión Rosada necesitó acumular 393.2 °D en 33 días, en el pronóstico de tiempo térmico para el año 2070 tan solo acumularía 179.6 °D, para alcanzar el requerimiento térmico y cumplir con la fase de emergencia en el año 2070 necesitaría 57 días para acumular 392.2 °D para seguir su desarrollo.

Para la fase de floración y tuberización esta accesión acumuló 730.3 °D en 63 días después de la emergencia y, para el año 2070 acumularía 440.6 °D requerimiento térmico que no sería suficiente para llegar a culminar esta fase fenológica. En el año 2070 se necesitaría de 100 días para completar el tiempo térmico y alcanzar 728.7 °D.

Para el desarrollo de los tubérculos la accesión Rosada acumuló 1374.4 °D en 117 días y para el año 2070 - 2071 en el mismo lapso de tiempo tan solo acumularía 907.3 °D, de igual forma no se cumpliría con el requerimiento térmico para completar esta fase. Para alcanzar el tiempo térmico necesitaría de 191 días para acumular 1373.4 °D.

Flores, Flores y Ojeda (2014), explican que las altas y bajas temperaturas influyen en gran medida en el desarrollo del follaje inicial del cultivo. Además, indica que predicciones fenológicas en base al tiempo térmico, es una alternativa para predecir la duración de cada etapa fenológica del cultivo de papa con relación a las condiciones climáticas, lo que permite una actuación temprana en labores agrícolas y aplicación de insumos para que el cultivo pueda desarrollarse satisfactoriamente.

4.2.2.5. Testigo

En la Tabla 18 se presenta los °D acumulados para el testigo donde se registra 181 días del ciclo vegetativo del cultivo y con un requerimiento térmico de 2131.5 °D y para el año 2070 en 181 días el requerimiento térmico será de 1213.4 °D, valores que no suplirían el requerimiento que necesita el cultivo para desarrollarse. En el año 2070 el testigo necesitaría de 334 días para alcanzar un requerimiento térmico de 2132.8 °D y completar con su ciclo vegetativo.

Hurtado (2002), menciona que la papa es considerada una planta termo periódica, es decir, necesita una variación de las temperaturas entre el día y la noche, por tal razón si no se cumpliera el tiempo térmico requerido no llegaría a desarrollarse provocando un retraso en la producción.

Tabla 18.

Estimación de °D acumulados año 2019-2020 y 2070 - 2071 para el testigo Súper chola.

| Testigo | | Días acumulados | AÑO | | °D que acumularía en el año 2070 - 2071 | Estimación de los días necesarios para el ciclo vegetativo en el año 2070 - 2071 | |
|-------------------------------|------------|------------------------------|-------------|---------------|---|--|------------|
| Fecha | Días | | 2019 - 2020 | 2070 - 2071 | | | |
| 04-09-2019 al 30-09-2019 | 26 | Emergencia | 27 | 315.9 | 113.1 | 117.5 | 27 |
| 01-10-2019 al 02-10-2019 | 1 | | | 11.1 | 9.5 | 209.0 | 22 |
| Total | 27 | | | 327.0 | 122.6 | 326.5 | 49 |
| 03-10-2019 al 31-10-2019 | 28 | Floración y tuberización | 70 | 309.4 | 266.0 | 275.5 | 29 |
| 01-11-2019 al 16-11-2019 | 15 | | | 176.3 | 97.5 | 208.0 | 32 |
| Total | 43 | | | 485.7 | 363.5 | 483.5 | 61 |
| 16-11-2019 al 30-11-2019 | 14 | Desarrollo de los tubérculos | 113 | 164.5 | 91.0 | 201.5 | 31 |
| 01-12-2019 al 30-12-2019 | 29 | | | 349.5 | 304.5 | 315.0 | 30 |
| Total | 43 | | | 514.0 | 395.5 | 516.5 | 61 |
| 31-12-2019 al 31-01-2020 | 31 | Cosecha | 181 | 373.6 | 134.9 | 195.8 | 45 |
| 01-02-2020 al 29-02-2020 | 28 | | | 323.4 | 152.6 | 305.2 | 56 |
| 01-03-2020 al 10-03-2020 | 9 | | | 108.0 | 44.3 | 305.4 | 62 |
| Total | 68 | | | 805.0 | 331.8 | 806.3 | 163 |
| Total ciclo vegetativo | 181 | | | 2131.5 | 1213.4 | 2132.8 | 334 |

En la figura 11 se presenta el escenario del cambio climático para la accesión Ratona negra, en donde se identifica que para el año 2070 - 2071 existe un incremento de días acumulados para llegar alcanzar el requerimiento térmico correspondiente y completar el ciclo vegetativo.

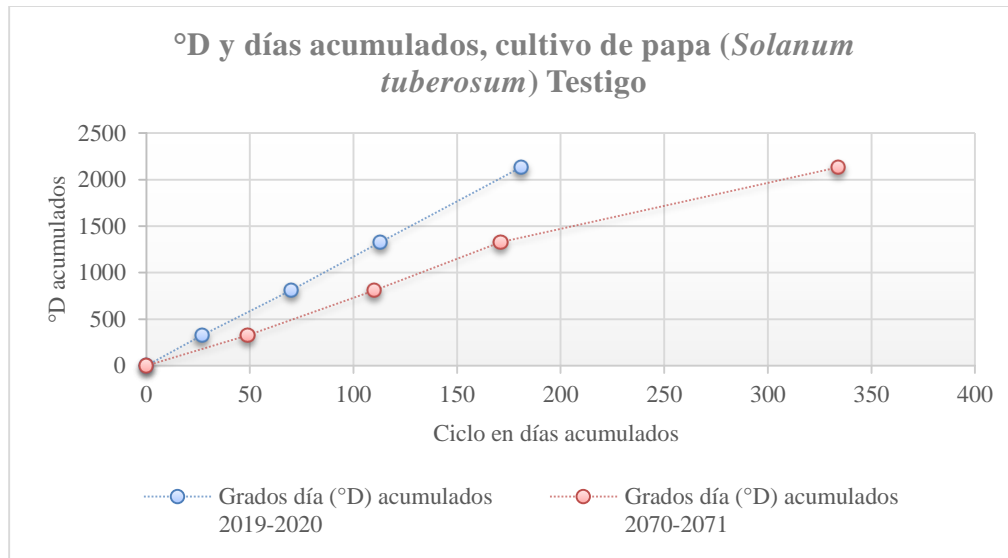


Figura 11. Escenario del cambio climático en relación a los °D y días acumulados del ciclo vegetativo del cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) Testigo.

Para el testigo, el cultivo necesitó acumular 327 °D en 27 días para emerger, y para el año 2070 se registra que en 27 días tan solo acumularía 122.6 °D. Para completar esta fase fenológica en el año 2070 se necesitaría de 49 días para acumular 326.5 °D y culminar la fase de emergencia.

Durante la fase de floración y tuberización la planta acumuló 812.7 °D en 70 días después de la emergencia, y para el año 2070 se registra una acumulación de 486.1 °D en 70 días. Para que la planta complete esta fase fenológica se necesitaría de 110 días para alcanzar un requerimiento térmico de 810 °D y continuar con el desarrollo.

Para el desarrollo de los tubérculos la planta acumuló 1326.7 °D en 113 días y para el año 2070 - 2071 acumularía 881.6 °D en el mismo tiempo, lo cual no supliría el requerimiento térmico apropiado para su desarrollo. Para el año 2070 - 2071 se necesitaría de 171 días para alcanzar un requerimiento térmico de 1326.5 °D y completar con el desarrollo.

Adicionalmente Flores, Flores y Ojeda (2014), mencionan que los cultivos se comportan diferente si las condiciones ambientales se presentan distintas, es decir el



rendimiento de los cultivos dependerá de la capacidad de las plantas para aprovechar las condiciones del medio y adaptarse.

En términos generales, la temperatura determina la distribución geográfica de las especies, el desarrollo de los cultivos y el rendimiento. En este contexto, los cambios en la temperatura inciden sobre la velocidad con que ocurren los eventos fenológicos. Así en un mismo cultivo en diferentes localidades y altitudes sobre el nivel del mar, tiene un crecimiento diferente, lo cual a la vez influye en las prácticas agrícolas (Méndez, 2015, p.1).

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Las accesiones Tacana roja (T2) y Violeta (T1) obtuvieron una emergencia más precoz, con 27 y 31 días respectivamente, en cambio las accesiones Ratona negra (T3) y Rosada (T4) presentaron una emergencia más tardía con 36 y 33 días respectivamente. En cuanto a la fase fenológica de floración y tuberización en las accesiones Rosada y Violeta fue más rápida con 63 y 68 días respectivamente y para las accesiones Tacana Roja y Ratona negra esta etapa fenológica sucedió al mismo tiempo a los 72 días. En cuanto a días de la cosecha, las accesiones Violeta, Tacana roja y Ratona negra presentaron menor tiempo en su desarrollo con 155, 140 y 126 días respectivamente, en cambio la accesión Rosada y el testigo fueron las que presentaron mayor tiempo de desarrollo para esta fase fenológica. Finalmente, en relación con el rendimiento calculado en toneladas por hectárea las accesiones Rosada y el testigo presentaron el mejor rendimiento.

De acuerdo a los resultados obtenidos se demuestra que las cuatro accesiones de papa nativa Tacana roja, Violeta, Rosada y Ratona negra son sensibles a las variaciones eventuales de temperatura producto del cambio climático, lo que implica una variación del tiempo térmico requerido para cada etapa fenológica que perjudicaría a la producción y se alargarían el ciclo vegetativo de los cultivos.

Se diseñaron cinco escenarios de cambio climático para el 2070-2071 en relación con el tiempo necesario para completar cada fase fenológica de las cuatro accesiones de papa nativa y el testigo. En el primer escenario la accesión Violeta para el año 2070 requerirá de 82 días más, en el segundo escenario la accesión Tacana roja requerirá de 85 días más, en el tercer escenario la accesión Ratona negra requerirá de 69 días más, en el cuarto escenario la accesión Rosada requerirá de 155 días más y para el quinto escenario el testigo requerirá de 153 días más; para que cada accesión y el testigo pueda completar con su ciclo productivo. De acuerdo con la presente investigación para el año 2070-2071

se prevé bajas temperaturas que modificarán la duración de las diferentes etapas fenológicas, ya que el tiempo para la acumulación de grados días ($^{\circ}\text{D}$) sería inferior al requerido en el periodo 2019-2020, alargando el ciclo de la producción de los cultivos.

El tiempo térmico que acumula la planta por cada etapa fenológica es de vital importancia para que la planta pueda crecer y desarrollarse y el tiempo en que culmine su crecimiento. Con el presente estudio se demuestra que el cambio climático incidirá en la producción de papas nativas y variedad mejorada (*Solanum tuberosum*), aspecto que debe considerarse para la implementación de cultivos de papa con fines alimentarios.

5.2. Recomendaciones

Continuar con la realización de estudios de otras accesiones de papa nativa (*Solanum tuberosum*) precoces para identificar las variedades que eventualmente puedan adaptarse al cambio climático y mantener el tiempo de su ciclo vegetativo.

Realizar trabajos de mejoramiento genético con las accesiones que presentaron un mejor rendimiento en el propósito de fortalecer el cultivo de papa con fines alimentarios.

Evaluar el cultivo de papas nativas con la incidencia de la fertilización orgánica e identificar su comportamiento para nuevos escenarios de cambio climático.

Exhortar a los agricultores para que cultiven variedades de papas nativas con el fin de evitar erosión genética y la pérdida de la agrobiodiversidad.

REFERENCIAS

- Altieri, M., & Nicholls, C. (2013). Agroecología y resiliencia al cambio climático: principios y consideraciones metodológicas. *Agroecología*, 8(1), 7-20.
- Alvarado, M., Foroughbakhch, R., Jurado, E., & Rocha, A. (2002). El cambio climático y la fenología de las plantas. *Ciencia UANL*, V(4), 493-500.
- Andrade, N., & Contreras, A. C. (2008). *Evaluación comparativa del efecto en el rendimiento y sanidad en el cultivo de papa al utilizar semilla certificada y sin certificar*. Chile.
- Apodaca, M., Cervantes, J., Sifuentes, E., & Cortez, E. (2006). *Predicción de la fenología de la papa*. México.
- Bautista, G., León, W. y Rojas, A. (2010). *Evaluación del rendimiento del cultivo de papa (Solanum tuberosum) variedad chaucha con el manejo fisionutricional (MFN) frente al manejo tradicional en la hacienda "San Patricio" ubicada en la parroquia Tomebamba del cantón Paute, provincia del Azuay* (Tesis de pregrado). Universidad Politécnica Salesiana sede matriz Cuenca, Cuenca.
- Brown, L. (2006). *Rescuing a Planet Under Stress and a Civilization in Trouble*. New Jersey: Earht Pilicy institute.
- Canqui, F., & Morales, E. (2009). *Conocimiento local en el Cultivo de la Papa*. Cochabamba, Bolivia: Fundación PROINPA.
- Carranza, D., Monteros, A., Tapia, C., & Tacán, M. (2015). *Caracterización morfoagronómica de 200 accesiones de papa nativa (Solanum Tuberosum L.) Conservada en el Banco Nacional de Germoplasma INAP-Ecuador*. En P. Kroman, X. Cuesta, M. Romero, B. Montero, & P. Cuasapaz, *Memorias del IV Congreso Ecuatoriano de la papa* (pág. 221). Ibarra: Universidad Técnica del Norte.
- Castillo, E., & Castellvi, S. (2001). *Agrometreología*. Madrid, España: Mundiprensa.
- De Santiago, J. (2008). *Fertilización adecuada para el rendimiento de la papa*.

- Egusquiza, B. (2000). *La papa: producción, transformación y comercialización*. Lima - Perú.
- Esperanza, M. (2013). *Efectos del cambio climático en la producción y rendimiento de cultivos por sectores*. Informe técnico.
- FAO, O. d. (1997). *Zonificación Agroecológica*. Roma: FAO.
- Fernández, M. (2013). *Efectos del cambio climático en la producción y rendimiento de cultivos por sectores: evaluación del riesgo agroclimático por sectores*. Bogotá: Instituto De Hidrologia, Meteorologia Y Estudios Ambientales.
- Flores, G., Flores, H., & Ojeda, W. (2014). *Predicción fenológica del cultivo de papa mediante tiempo térmico phenological*. *Rev. Fitotec Mex*, 9.
- Flores, H., Ojeda, H., Flores, M., Mejía, E., & Sifuentes, E. (2012). *Grados día y la propagación integral del riego en el cultivo de papa*. Ibarra: Terra Latinoamericana 30:59-67.
- Guerrero, G. (2015). La biodiversidad de los alimentos ecuatorianos: fuente de salud y riqueza potencial. *Ecuador es calidad*, 12-14.
- Gutiérrez, R. (2008). *Papas nativas desafiando el cambio climático* (1 ed.). Lima: Soluciones Prácticas - CEPAL.
- Hurtado, G. (2002). *Cultivo de la papa Guía Técnica - Intagri*.
- IPCC. (2014). *IPCC, 2014: Cambio climático 2014: Informe de síntesis*. (Vol. 1). (I. y. Contribución de los Grupos de trabajo I, Ed.) Ginebra, Suiza: IPCC.
- Jiménez, S., Castro, L., Yépez, J., & Wittmer, C. (2012). *Impacto del cambio climático en la agricultura de subsistencia en el Ecuador*. Quito: Fundación Carolina - Universidad San Francisco de Quito.
- Kramm, M., Inostroza, F., Méndez, P., Espinoza, N., Acuña, I., Navarro, P., . . . P, L. (2017). *Manual de cultivo de la papa en Chile*. Santiago de Chile: INIA.

- López, A., & Hernández, D. (2016). *Cambio climático y agricultura: una revisión de la literatura con énfasis en América Latina*. El trimestre económico.
- López, C., Tobar, W., & Sicá, A. (2011). *Caracterización morfológica de 36 cultivares de papa (Solanum tuberosum) en la sierra de los Cuchumatanes, del departamento Huehuetenango*. Huehuetenango.
- MAGAP. (2017). *Informe de rendimiento de papa en el Ecuador 2017*. Quito: MAGAP.
- Magrin, G. (2015). *Adaptación al cambio climático en latinoamérica y el caribe*. Santiago de Chile: CEPAL - UNIÓN EUROPEA.
- Manrique, K. (2019). *Las deficiencias en postcosecha en la cadena productor-consumidor de la papa en el Perú*. Obtenido de Proyecto de papa Andina- CIP: <https://es.scribd.com/doc/23531756/Las-deficiencias-en-postcosecha-en-la-cadenaproduccion-consumidor-de-la-papa-en-el-Peru>
- Martín, R., & Jerez, E. (2017). *Efecto de las temperaturas en el rendimiento de la papa (Solanum tuberosum L.) Variedad Romano*. INCA, 80.
- Méndez, C. (2015). *Edad fisiológica de los cultivos. El uso de grados días*. Costa Rica: SUNI.
- Monteros, A. (2016). *Rendimientos de papa en el Ecuador segundo ciclo 2015*. Ministerio de Agricultura, ganadería, acuicultura y pesca, 1-9.
- Monteros, C., & Reinoso, I. (2010). *Biodiversidad y oportunidades de mercado para las papas nativas ecuatorianas*. Memorias del congreso internacional de investigación y desarrollo de papas nativas, 15-16.
- Monteros, C., Yumisaca, F., Andrade - Piedra, J., & Reinoso, I. (2010). *Cultivares de papas nativas de la sierra centro y norte del Ecuador; catálogo etnobotánico, morfológico, agronómico y calidad*. Quito, Ecuador: INIAP - CIP.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, F. (18 de Enero de 2019). Obtenido de FAOSTAT: <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC>

- Ortiz, R. (2012). *El cambio climático y la producción agrícola*. New York: Banco Interamericano de Desarrollo.
- Pantoja, M. (2013). “*Caracterización y reinserción de diez accesiones de papa nativa (solanum tuberosum) colectadas en Tulcan, Montufar y Huaca de la Provincia de Carchi*”. Ibarra.
- Parra, A., Fischer, G., & Chavez, B. (2014). *Tiempo térmico para estados fenológicos reproductivos de la feijoa (Acca sellowiana (O. Berg) Burret)*. Universidad Nacional de Colombia - Acta Biológica Colombiana, 12.
- Pumisacho, M., & Sherwood, S. (2002). *El cultivo de papa en el Ecuador*. CIP - INIAP.
- Phadnawis, & Saini. (1992). *Yiel models in wheat bases on sowing time and phenological devolopment. Annals of Plant Physiology*.
- Pliska, T., B, S., Wenger, R., & Wymann, S. (2008). *La papa y el cambio climático*. Focus, 16.
- Román, M., & Hurtado, G. (2002). *Guía técnica de cultivo de papa*. El Salvador - Arce.
- Sánchez, C. (2003). *Cultivo y Comercialización de la Papa*. Lima, Perú.
- SENPLADES. (2017). *Plan nacional de Desarrollo 2017 - 2021*. Quito: SENPLADES.
- Solorzano, E. (2007). *Guías fenológicas para cultivos básicos*. Bogotá: Trillas.
- Taramuel, X. (2017). “*Evaluación del peso del tubérculo y densidad de siembra en la producción de semilla registrada de papa (Solanum tuberosum l.) variedad “superchola” en la granja Yuyucocha, Ibarra*”. Ibarra.
- Tibán, L. (2012). “*Caracterización morfológica de diez entradas de papas nativas (Solanum sp) del iniap en el banco de germoplasma del Jardín Botánico Atocha-La Liria*. Ambato.
- Tinjacá, S., & Rodríguez, L. (2015). *Catálogo de papas nativas de Nariño, Colombia*. Bogotá.

- Tonconi, J. (2015). *Producción agrícola alimentaria y cambio climático: un análisis económico en el departamento de Puno, Perú*. IDESIA, 119 -136.
- Torres, L., Montesdeoca, F., & Andrade - Piedra, J. (2011). *Manejo del tubérculo - semilla*.
- Unda, J., Jimenez, J., Andrade, L., & Monteros, C. (2005). *Las papas nativas en el Ecuador. Estudios, cualitativos sobre oferta y demanda: Sondeo de la oferta de papas nativas en Ecuador*. Quito: Agencia Suiza para el de Desarrollo y Cooperación.
- Vale, M., & Pires, A. (2018). Climate Change in South América. (D. A. DellaSala, & M. I. Goldstein, Edits.) *The Encyclopedia of the Anthropocene*, 205-208.
- Vidal, J. (s.f.). *Efectos del factor térmico en el desarrollo y crecimiento inicial de pimiento (capsicum annuum L.) cultivado en campo*. Tucuman.
- Vignola, R., Watler, W., Vargas, A., & Morales, M. (2017). *Prácticas efectivas para la reducción de impactos por eventos climáticos en el cultivo de papa en Costa Rica*. Costa Rica.
- Zuñiga, S., Morales, C. y Estrada, M. (2017). *Cultivo de la papa y sus condiciones climáticas. Gestión Ingenio y Sociedad*.

ANEXOS

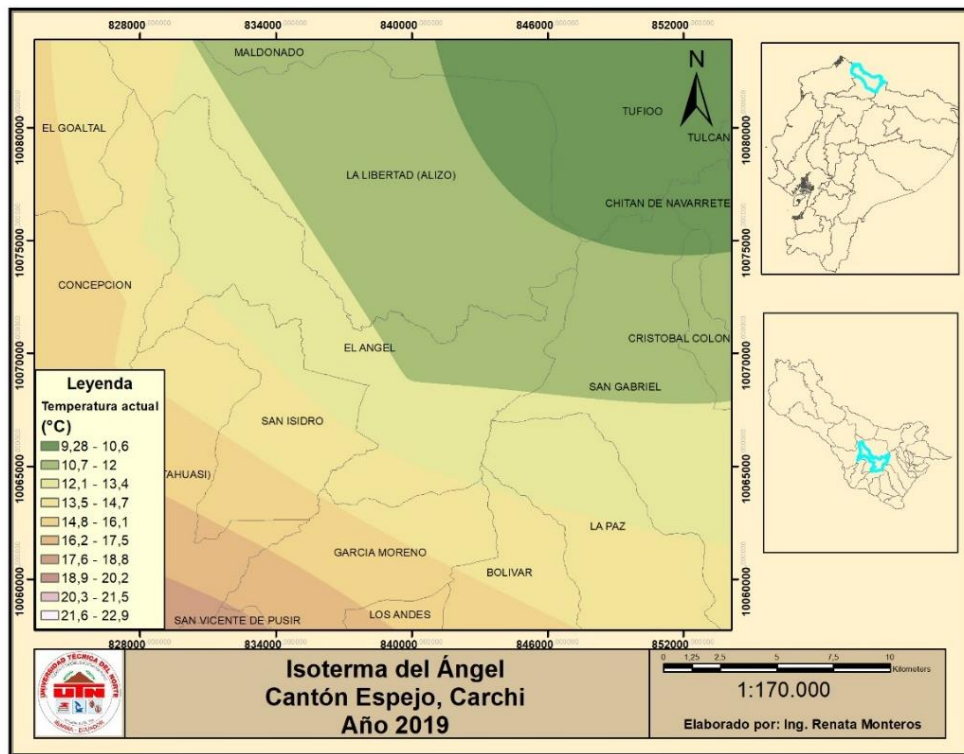
Anexo 1. Tratamientos y repeticiones de las accesiones de papas nativas y el testigo.

Tabla 19.

Datos de las variables evaluadas por tratamiento y repetición de las accesiones de papas nativas y el testigo.

| Tratamientos | Repeticiones | Variables evaluadas | | | |
|-------------------|--------------|----------------------|------------------------------------|-------------------|------------------|
| | | Días a la emergencia | Días a la floración y tuberización | Días a la cosecha | Rendimiento t/ha |
| T1 (Violeta) | R1 | 32 | 73 | 155 | 12.5 |
| T1 (Violeta) | R2 | 30 | 65 | 155 | 14 |
| T1 (Violeta) | R3 | 30 | 65 | 155 | 12.5 |
| T2 (Tacana roja) | R1 | 27 | 69 | 140 | 9 |
| T2 (Tacana roja) | R2 | 27 | 73 | 140 | 8.5 |
| T2 (Tacana roja) | R3 | 27 | 73 | 141 | 8.5 |
| T3 (Ratona negra) | R1 | 35 | 69 | 126 | 7.5 |
| T3 (Ratona negra) | R2 | 35 | 73 | 126 | 7.5 |
| T3 (Ratona negra) | R3 | 37 | 73 | 126 | 7.5 |
| T4 (Rosada) | R1 | 34 | 58 | 175 | 16 |
| T4 (Rosada) | R2 | 33 | 66 | 175 | 16 |
| T4 (Rosada) | R3 | 33 | 66 | 175 | 15 |
| T5 (Testigo) | R1 | 27 | 69 | 181 | 18 |
| T5 (Testigo) | R2 | 27 | 69 | 181 | 17.5 |
| T5 (Testigo) | R3 | 27 | 72 | 180 | 17.5 |

Anexo 2. Mapa isotérmico de la ciudad de El Ángel - Carchi.



Anexo 3. Temperaturas del INAMHI de la ciudad del Ángel 2019.

Tabla 20.

Resumen de temperatura del INAMHI de la ciudad de El Ángel año 2019.

| RESUMEN ANUAL | | | |
|----------------------|------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| Etiquetas de fila | Suma de PRECIPITACION mm SUM | Máx. de TEMPERATURA AIRE °C MAX | Mín. de TEMPERATURA AIRE °C MIN |
| 2019 | | | |
| ene | 62.5 | 21.5 | 6.8 |
| feb | 57.2 | 20.6 | 6.6 |
| mar | 39.5 | 21.1 | 7.4 |
| abr | 82.4 | 21.1 | 7.6 |
| may | 71.6 | 20.8 | 6.8 |
| jun | 34.2 | 19.8 | 6.8 |
| jul | 14.3 | 20.4 | 5.4 |
| ago | 16.1 | 18.6 | 5.9 |
| sep | 20 | 22.7 | 5.6 |
| oct | 79.6 | 21 | 5.1 |
| nov | 134.2 | 20.5 | 7 |
| dic | 71.2 | 20.9 | 7.2 |
| Total general | 682.8 | 22.7 | 5.1 |

Anexo 4. Producción del cultivo de papas nativa y testigo (*Solanum tuberosum*) e identificación de las etapas fenológicas.



Fotografía 1. Siembra y riego del cultivo de papas (*Solanum tuberosum*) nativas y testigo.



Fotografía 2. Riego del cultivo de papas (*Solanum tuberosum*) en etapa de emergencia.



Fotografía 3. Etapa de emergencia del cultivo de papas (*Solanum tuberosum*).



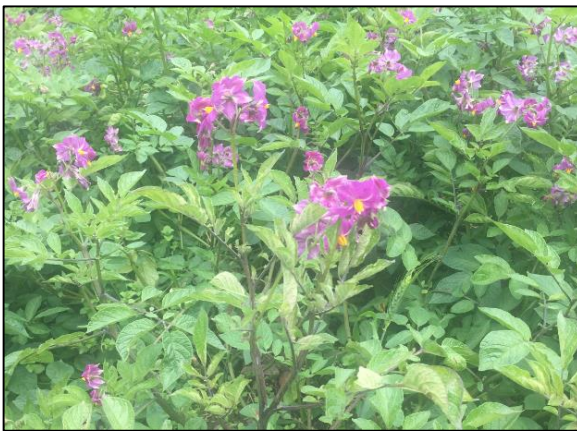
Fotografía 4. Registro de etapa de emergencia.



Fotografía 5. Desarrollo del follaje de la planta de papa (*Solanum tuberosum*).



Fotografía 6. Follaje de las plantas de papas (*Solanum tuberosum*).



Fotografía 7. Registro de floración del cultivo de papas (*Solanum tuberosum*).



Fotografía 8. Registro de floración del cultivo de papas (*Solanum tuberosum*).



Fotografía 9. Identificación de la formación de tubérculos.



Fotografía 10. Desarrollo de tubérculos.



Fotografía 11. Control de plagas y enfermedades del cultivo de papas.



Fotografía 12. Cosecha del cultivo de papas.