



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS

INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y DE
LA AGRICULTURA**

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

**TRABAJO DE TITULACIÓN, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO AGROPECUARIO**

**TEMA: EVALUACIÓN DE POLIAMINAS NATURALES DE
EXTRACTOS DE CHUQUIRAGUA (*Chuquiraga jussieui*) PARA
EL CONTROL DE HELADAS EN EL CULTIVO DE PAPA
(*Solanum tuberosum*)**

AUTOR: PAZMIÑO LÓPEZ ALEJANDRO ANTONIO

DIRECTOR: ING. SORIA NORMAN

SANGOLQUÍ

2017



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y DE LA AGRICULTURA
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, “*EVALUACIÓN DE POLIAMINAS NATURALES DE EXTRACTOS DE CHUQUIRAGUA (Chuquiragua jussieui) PARA EL CONTROL DE HELADAS EN EL CULTIVO DE PAPA (Solanum tuberosum)*.” realizado por el señor **PAZMIÑO LÓPEZ ALEJANDRO ANTONIO**, ha sido revisado en su totalidad y analizado por el software anti-plagio, el mismo cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, por lo tanto me permito acreditarlo y autorizar al señor **PAZMIÑO LÓPEZ ALEJANDRO ANTONIO** para que lo sustenten públicamente.

Sangolquí, 29 de marzo del 2017

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Norman Soria', is written over a horizontal line.

ING. NORMAN SORIA



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y DE LA AGRICULTURA
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Yo, **PAZMIÑO LÓPEZ ALEJANDRO ANTONIO** con cédula de identidad N° 1716688864, declaro que este trabajo de titulación “**EVALUACIÓN DE POLIAMINAS NATURALES DE EXTRACTOS DE CHUQUIRAGUA (*Chuquiragua jussieui*) PARA EL CONTROL DE HELADAS EN EL CULTIVO DE PAPA (*Solanum tuberosum*).**” ha sido desarrollado considerando los métodos de investigación existentes, así como también se ha respetado los derechos intelectuales de terceros considerándose en las citas bibliográficas.

Consecuentemente este trabajo es de mi autoría, en virtud de ello me declaro responsable del contenido, veracidad y alcance de la investigación mencionada.

Sangolquí, 29 de marzo del 2017

A handwritten signature in blue ink, which appears to read 'Alejandro Pazmiño López', is written over a horizontal line. The signature is stylized and cursive.

PAZMIÑO LÓPEZ ALEJANDRO ANTONIO

C.I.: 1716688864

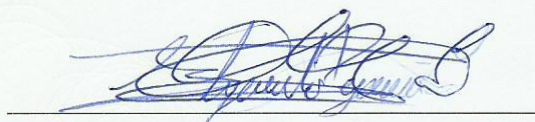


DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y DE LA AGRICULTURA
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

AUTORIZACIÓN

Yo, **PAZMIÑO LÓPEZ ALEJANDRO ANTONIO** autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar en la biblioteca virtual de la institución el presente trabajo de titulación “**EVALUACIÓN DE POLIAMINAS NATURALES DE EXTRACTOS DE CHUQUIRAGUA (*Chuquiragua jussieui*) PARA EL CONTROL DE HELADAS EN EL CULTIVO DE PAPA (*Solanum tuberosum*).**” cuyo contenido, ideas y criterios es de mi autoría y responsabilidad.

Sangolquí, 29 de marzo del 2017



PAZMIÑO LÓPEZ ALEJANDRO ANTONIO

C.I.: 1716688864

DEDICATORIA

Quiero dedicar esta investigación a mis padres quienes me dieron la vida y me brindaron amor y apoyo incondicional. A mis hermanos que siempre estuvieron pendientes de mí. A mis amigos con quienes compartí bellos momentos. A Samira por sus consejos y apoyo durante mi carrera universitaria.

Alejandro Pazmiño

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer inmensamente al Ing. Norman Soria, quien desde el comienzo de esta investigación estuvo interesado en brindarme su apoyo y conocimiento, logrando llevar con éxito la presente investigación.

A la Carrera de Ciencias Agropecuarias IASA I de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, por todos estos años que permanecí en sus instalaciones, a sus profesores quienes supieron formarme y compartir sus conocimientos para seguir adelante. A mis amigos y compañeros por haber compartido esta etapa de mi vida.

A la Dra. Raluca Mihai por brindarme su apoyo y conocimiento para continuar con este proyecto de investigación.

Al Dr. Patricio Pérez por facilitarme el invernadero para ejecutar la parte práctica del proyecto.

Al Dr. Carlos Cárdenas al servirse presto en su laboratorio y brindarme sus conocimientos en el área de bioquímica.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICACIÓN	ii
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD	iii
AUTORIZACIÓN	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
ÍNDICE DE CONTENIDO	vii
ÍNDICE DE TABLAS	xi
ÍNDICE DE FIGURAS	xiii
RESUMEN	xvii
ABSTRACT	xvi
CAPÍTULO I	
INTRODUCCIÓN	1
1.1 Antecedentes	1
1.2 Justificación	2
1.3 Objetivos	3
1.3.1 Objetivo General	3
1.3.2 Objetivos Específicos	3
1.4 Hipótesis	4
CAPÍTULO II	
REVISIÓN DE LITERATURA	5
2.1 Importancia de la papa en Ecuador	5
2.1.1 Producción en Ecuador	5
2.1.2 Valor Nutritivo	6
2.2 Heladas	7
2.2.1 Helada por advección	7

2.2.2	Helada por radiación	7
2.2.3	Helada por evaporación.....	7
2.2.4	Helada negra.....	8
2.2.5	Helada blanca	8
2.2.5.1	Congelamiento extracelular	9
2.2.5.2	Congelamiento intracelular	9
2.3	Control de heladas	10
2.3.1	Pasiva	10
2.3.1.1	Biológica (evitación o resistencia).....	10
2.3.1.2	Ecológica.....	11
2.3.2	Activa	11
2.3.2.1	Coberturas y Radiación	11
2.3.2.2	Agua	11
2.3.2.3	Estufas	11
2.3.2.4	Máquinas de viento	11
2.3.2.5	Combinaciones	11
2.4	Poliaminas	12
2.4.1	Definición.....	12
2.4.2	Clasificación.....	12
2.4.3	Función.....	12
2.5	Chuquiragua	14
2.5.1	Taxonomía.....	14
2.5.2	Descripción botánica.....	15
2.5.3	Distribución geográfica.....	15
2.6	Cultivo de papa	16
2.6.1	Taxonomía.....	16

2.6.2	Descripción Botánica	16
2.6.3	Descripción de la Variedad SuperChola	18
2.6.4	Distribución geográfica.....	19
CAPÍTULO III		
METODOLOGÍA		
3.1	Ubicación del lugar de investigación	20
3.1.1	Descripción del lugar	20
3.1.2	Ubicación Política	20
3.1.3	Ubicación Geográfica.....	21
3.1.4	Ubicación Geológica.....	21
3.2	Material Experimental.....	21
3.2.1	Campo	21
3.2.2	Reactivos	21
3.2.3	Equipos.....	21
3.3	Métodos.....	22
3.3.1	Fase de campo	22
3.3.1.1	Compra, preparación y siembra de semilla de papa.....	22
3.3.1.2	Crecimiento de las plántulas	22
3.3.2	Preparación de los extractos.....	23
3.3.2.1	Recolección de la materia prima	23
3.3.2.2	Tratamiento de la muestra.....	23
3.3.2.3	Molienda y pesaje	23
3.3.2.4	Método de elaboración de los extractos	23
3.3.3	Aplicación de extractos	24
3.3.4	Diseño experimental.....	24
3.3.4.1	Factores a probar	24

3.3.4.2	Tratamientos.....	25
3.3.4.3	Tipo de diseño	26
3.3.4.4	Diseño en el campo	26
3.3.4.5	Características de la unidad experimental.....	26
3.3.5	Análisis estadístico.....	27
3.3.5.1	Esquema del análisis de varianza	27
3.3.5.2	Análisis funcional	27
3.3.6	Variables medidas	27
3.3.6.1	Nivel de daño por helada.....	27
3.3.6.2	Contenido de clorofila.....	28
3.3.6.3	Crecimiento de las plantas	28
CAPÍTULO IV		
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....		29
4.1	Resultados	29
4.1.1	Nivel de daño por helada.....	29
4.1.2	Contenido de Clorofila.....	31
4.1.3	Crecimiento de las plantas	37
4.1.3.1	Área foliar	37
4.1.3.2	Altura del tallo.....	40
4.1.4	Protocolo de extracción.....	43
4.2	Discusión.....	44
CAPÍTULO V		
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		47
5.1	Conclusiones	47
5.2	Recomendaciones.....	47
5.3	Bibliografía.....	48

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Valor nutricional de la papa	6
Tabla 2	Descripción de los tratamientos de la investigación	25
Tabla 3	ANAVA para un DCA con 9 tratamientos + 1 TESTIGO y 3 repeticiones.....	27
Tabla 4	ANAVA para el daño causado por helada en las plantas de <i>Solanum tuberosum</i> sometidas a simulación de heladas.....	29
Tabla 5	Promedio \pm el error estándar del nivel de daño causado por la simulación de helada en las plantas de <i>Solanum tuberosum</i>	30
Tabla 6	ANAVA para el contenido de clorofila en plantas de papa sometidas a simulación de heladas.	31
Tabla 7	ANAVA para la segunda evaluación del contenido de clorofila en las plantas de <i>Solanum tuberosum</i> sometidas a simulación de heladas.....	33
Tabla 8	Promedio + el error estándar de la segunda evaluación del contenido de clorofila en las plantas de <i>Solanum tuberosum</i>	33
Tabla 9	ANAVA para la tercera evaluación del contenido de clorofila en las plantas de <i>Solanum tuberosum</i> sometidas a simulación de heladas.....	35
Tabla 10	Promedio + el error estándar de la tercera evaluación del contenido de clorofila en las plantas de <i>Solanum tuberosum</i>	35
Tabla 11	ANAVA para el área foliar en plantas de papa sometidas a simulación de heladas.	37
Tabla 12	ANAVA para la segunda evaluación del área foliar en las plantas de <i>Solanum tuberosum</i> sometidas a simulación de heladas.....	38
Tabla 13	Promedio \pm error estándar de la segunda evaluación del área foliar de las hojas de <i>Solanum tuberosum</i> sometidas a simulación de heladas.	39
Tabla 14	ANAVA para la altura del tallo en las plantas de <i>Solanum tuberosum</i> sometidas a simulación de heladas.....	40

Tabla 15	ANAVA para la segunda evaluación de la altura del tallo en las plantas de <i>Solanum tuberosum</i> sometidas a simulación de heladas.	41
Tabla 16	Promedio \pm error estándar de la segunda evaluación de la altura de <i>Solanum tuberosum</i> 8 días después de a ser sometidas a simulación de heladas.	42

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Fotografía del lugar de investigación	20
Figura 2	Promedio del nivel de daño causado por la simulación de heladas en plantas de <i>Solanum tuberosum</i>	30
Figura 3	Fotografía de la comparación del nivel de daño causado por heladas en <i>Solanum tuberosum</i>	31
Figura 4	Promedio \pm el error estándar del contenido de clorofila inicial en las plantas de <i>Solanum tuberosum</i>	32
Figura 5	Fotografía de la primera evaluación del contenido de clorofila en <i>Solanum tuberosum</i>	32
Figura 6	Promedio de la segunda evaluación del contenido de clorofila en las plantas de <i>Solanum tuberosum</i>	34
Figura 7	Fotografía de la segunda evaluación de contenido de clorofila en <i>Solanum tuberosum</i>	34
Figura 8	Promedio de la tercera evaluación de contenido de clorofila en las plantas de <i>Solanum tuberosum</i>	36
Figura 9	Fotografía de la tercera evaluación del contenido de clorofila en <i>Solanum tuberosum</i>	36
Figura 10	Promedio del área foliar de las hojas de <i>Solanum tuberosum</i> antes de sometidas a simulación de heladas.	37
Figura 11	Fotografía de la primera evaluación del área foliar en <i>Solanum tuberosum</i>	38
Figura 12	Promedio de la segunda evaluación del área foliar de las hojas de <i>Solanum tuberosum</i> sometidas a simulación de heladas.	39
Figura 13	Promedio de la altura de <i>Solanum tuberosum</i> previas a ser sometidas a simulación de heladas.	40
Figura 14	Fotografía de la primera evaluación de la altura del tallo en <i>Solanum</i>	

<i>tuberosum</i>	41
Figura 15 Promedio de la segunda evaluación de la altura del tallo de <i>Solanum</i> <i>tuberosum</i> 8 días después a ser sometidas a simulación de heladas.	42
Figura 16 Preparación de la muestra	43
Figura 17 Elaboración del extracto	43

RESUMEN

En la Carrera de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias IASA I, se evaluó dos extractos de chuquiragua (*Chuquiraga jussieui*) frente a un testigo para controlar el estrés causado por helada en plantas de papa (*Solanum tuberosum*) en etapa de prefloración las mismas fueron sometidas a una simulación de helada durante 3 horas, aplicando un diseño completamente al azar, se evaluó el daño causado por helada, contenido de clorofila y crecimiento de la planta. Se encontraron diferencias significativas ($p < 0.05$) entre las unidades experimentales evaluadas, donde el tratamiento 1 (Extracto de flor de *Chuquiraga jussieui* a 3°C) y el tratamiento 2 (Extracto de flor de *Chuquiraga jussieui* a 0°C) fueron los que presentaron mejor control frente al estrés por bajas temperaturas, con un nivel de daño causado por helada promedio de 0,33 y 1,67 y cantidad de clorofila 29,63 y 28,9 respectivamente. Se seleccionó estos tratamientos realizando una comparación con el uso de poliaminas comerciales, en los tratamientos antes mencionados no se registra diferencia estadística frente a los tratamientos 7 (3 °C) y 8 (0 °C) donde se usó el producto comercial. A una temperatura de -3 °C no hubo mejora para ninguna aplicación, puesto que todas las plantas murieron. El tratamiento 10 (testigo a 3 °C) no presentó supervivencia al tener un deterioro completo y muerte de las planta a los 8 días luego de la simulación a heladas.

PALABRAS CLAVE:

- ✓ **EXTRACTOS**
- ✓ **CHUQUIRAGUA**
- ✓ **PAPA**
- ✓ **SIMULACIÓN**
- ✓ **HELADAS**

ABSTRACT

Two extracts of Chuquiragua (*Chuquiraga jussieui*) were evaluated at the IASA Faculty of Agricultural Sciences in potato plants (*Solanum tuberosum*) in pre-floration. It was subjected to a simulation of frost for 3 hours, applying a DAC. There were significant differences ($p < 0.05$) between the experimental units evaluated, where treatment 1 (*Chuquiragua jussieui* flower extract at 3 ° C) and treatment 2 (*Chuquiragua jussieui* flower extract at 0 ° C), it show better control against stress due to low temperatures, with an average Frost Damage Level of 0.33 and 1.67 and quantity of chlorophyll 29.63 and 28.9 respectively. These treatments were selected by comparison with the use of commercial polyamines. In the treatments there weren't statistical difference was recorded against treatments 7 (3 ° C) and 8 (0 ° C) where the commercial product was used. At a temperature of -3 ° C there wasn't improvement for any application, all plants died. Treatment 10 (control at 3 ° C) did not present survival after having a complete deterioration and death of the plants at 8 days after the simulation to frost.

KEYWORDS:

- ✓ EXTRACTS
- ✓ CHUQUIRAGUA
- ✓ POTATO
- ✓ SIMULATION
- ✓ FROZEN

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

La papa es un cultivo muy importante que es difundido a nivel mundial. Para producción de proteína por unidad de tiempo y superficie y para la obtención de energía es superior al otros cultivos (Estrada, 2000). La papa es un cultivo principal y tradicional en Ecuador, en la producción se vincula a 88.130 productores, que corresponde al 10.46% de los productores agrícolas del país en un total de 90 cantones (FAO-ESA/CIP, 2011).

Este cultivo abarca con un total del 0.4% del territorio de uso agropecuario, lo que corresponde a 49.719 ha, de donde se producen 439 654 T repartidas en la alimentación familiar. En Ecuador, el consumo per cápita promedio es de 31,8 Kg de papa al año (INIAP, La papa en Ecuador, 2014).

La provincia de Carchi es la que tiene mayor cultivo de papa, con una participación del 31,61% a nivel nacional, en segundo lugar está Cotopaxi con 19,16% y Chimborazo con 14,12% de la producción nacional (INEC, 2014).

Uno de los problemas más importantes en la producción de este tubérculo es el daño causado por heladas en latitudes altas y en áreas de latitudes bajas. Las pérdidas por las heladas en los Andes causan una reducción estimada de la producción anual de 30% en promedio general (PROINPA, 1996).

Según Torrez y Artunduaga, la helada es la ocurrencia de la disminución de temperatura igual o menor a 0 °C a una altura de 1,5 a 2,0 m sobre el nivel del suelo. Desde el punto de vista agro meteorológico la helada puede definirse como la temperatura a la cual los tejidos de la planta comienzan a sufrir daño (Artunduaga & Torrez, 1995).

La helada es un factor que dependiendo de su duración, intensidad y la fase fenológica en que se encuentra el cultivo puede provocar grandes daños en la agricultura. En el Ecuador las heladas pueden presentarse en cualquier época del año. Pero, en los meses de julio, agosto septiembre, noviembre y diciembre son más

frecuentes, sin embargo, en los meses de enero, marzo, julio, agosto y diciembre hay mayor riesgo en zonas de la cordillera central y occidental con temperaturas promedio mínimas que fluctúan entre -1.0 a - 2.2 °C (INAMHI, 2011).

En los últimos años se ha evidenciado que las poliaminas tienen una participación en la estructura, biosíntesis y función de ácidos nucleicos, que pueden influir en el metabolismo macromolecular, estructura de orgánulos y ciertos aspectos de senescencia, crecimiento y desarrollo en algunos sistemas vegetales (Smith, 1991).

Las características policatiónicas de las poliaminas hace posible la unión de macromoléculas polianiónicas como los fosfolípidos (Slocum, 1984) y actuar como estabilizadores de la membrana celular en sistemas sometidos a estrés (Altman, 1987); también previenen la pérdida de las membranas tilacoidales de los cloroplastos (Popovic, 1989). La protección contra el daño provocado por las bajas temperaturas consiste en prevenir el deterioro de las membranas, al evitar o en su defecto disminuir los cambios en el contenido de agua que ocasiona el estrés hídrico y osmótico por acumulación de iones, la pérdida de turgencia, la salida irreversible de electrolitos, factores determinantes en la destrucción celular que causan las heladas o bajas temperaturas (Steponkus, 1984).

Al aplicar poliaminas en plantas produce efectos sobre el crecimiento y desarrollo: como control de niveles de estrés, maduración del fruto, prevención de la senescencia, aumento de longevidad de óvulos y polen, formación de embriones, respuestas de tipo defensivo, etc.

1.2 Justificación

La producción de papa se ha convertido en una vocación más comercial en respuesta a la demanda en las ciudades de Ecuador, que representa más del 60% de la población y se encuentra en crecimiento. Casi todo este tubérculo se produce y consume localmente.

Uno de los principales problemas en el Ecuador para cultivar papa es la sensibilidad a bajas temperaturas o heladas, causando varios estragos y pérdidas

económicas anuales de un 30% de la producción y algunos casos pueden llegar al 100% de pérdida.

Se han evidenciado varias técnicas para controlar el daño causado por heladas en el cultivo de papa, como el riego por aspersión, sin embargo las grandes inversiones de tiempo y capital no presentan resultados favorables. Por esta razón, se ha determinado la posibilidad de tratar este problema desde el punto de vista fisiológico, incorporando mecanismos bioquímicos de fácil aplicación en el cultivo de papa para prevenir el daño causado por heladas.

Esta investigación pretende determinar si la aplicación foliar de poliaminas obtenidas de extractos de chuquiragua previene el daño causado por heladas en el cultivo de papa.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

- ✓ Evaluar el uso de biorreguladores naturales de extractos de chuquiragua (*Chuquiragua jussieui*) para el control de heladas en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*).

1.3.2 Objetivos Específicos

- ✓ Desarrollar un protocolo para obtención de extractos de chuquiragua.
- ✓ Determinar el tratamiento más eficiente a base de extractos de chuquiragua (*Chuquiragua jussieui*) para el control de heladas en la papa (*Solanum tuberosum*).
- ✓ Difundir los resultados de este trabajo de investigación a los pequeños productores de cultivo de papa.

1.4 Hipótesis

H₀: La aplicación de extractos de chuquiragua (*Chuquiragua jussieui*) en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) disminuye o controla el daño ocasionado por la incidencia de heladas.

H₁: La aplicación de extractos de chuquiragua (*Chuquiragua jussieui*) en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) no disminuye ni controla el daño ocasionado por la incidencia de heladas.

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Importancia de la papa en Ecuador

El cultivo de papa es uno de los más importantes a nivel mundial al igual que trigo y el arroz. Por su adaptabilidad a diversos climas, su alto valor nutritivo, es uno de los diez cultivos con mayor producción en los países en desarrollo. El cultivo de este tubérculo en el Ecuador, tiene gran importancia social, cultural y económica. La adaptación de la papa a diferentes condiciones de los pisos ecológicos en la región interandina permite a un grupo heterogéneo de productores desarrollar este cultivo, de la misma manera con diferentes calidad de recursos para producción, condiciones tecnológicas, acceso a servicios de asistencia técnica, crédito y otros (Devaux, 2012).

2.1.1 Producción en Ecuador

Según el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC, 2014), se produce un promedio general de 439 654 T de papa al año, en una área sembrada de 34 826 ha y un rendimiento promedio de 9.8 T/ha. Con un consumo per cápita de 31,8 kilogramos de papa

El cultivo de papa es uno de los rubros más importantes de los sistemas de producción de la sierra ecuatoriana, así también es una fuente importante de alimentación e ingresos para las familias campesinas. La papa se cultiva en alturas comprendidas entre los 2700 a 3400 msnm, a lo largo del callejón interandino, pero los mejores rendimientos se presentan en zonas entre 2900 y 3300 msnm, donde las temperaturas se encuentran entre 9 y 11° C (INEC, 2014).

En la Sierra ecuatoriana se estima que se cultiva en 90 cantones. El promedio de la superficie cosechada en los últimos 10 años es de 49 000 hectáreas, la que da una producción total promedio de 400 000 T/año. Las provincias de Carchi, Tungurahua, Pichincha, Chimborazo y Cotopaxi aportaron el 79.5% de la producción. Las mayores extensiones de cultivo de papa correspondieron en su orden a Chimborazo (20.2%), Carchi (17.0%), Cotopaxi (13.87%), Tungurahua (13.14%) y Pichincha (10.14%) (MAGAP/SINAGRO, 2014).

2.1.2 Valor Nutritivo

La papa es una fuente importante de vitaminas, minerales y nutrientes debido a su alto consumo diario, aporta con cantidades significativas de proteínas con buen balance de aminoácidos, también es rico en carbohidratos, posee vitaminas C, B6, B1, folato. Entre los minerales tiene calcio, potasio, magnesio, hierro y zinc. Además posee un alto contenido de fibra dietética, especialmente cuando es consumido con cáscara, es rico en antioxidantes (polifenoles, vitamina C, carotenoides y tocoferoles). Las papas frescas son virtualmente libres de grasa y colesterol (Villacrés, 1999). (Tabla 1)

Tabla 1
Valor nutricional de la papa

Valor nutricional por cada 100 g	
Energía	80 kcal 320 Kj
Carbohidratos	19 g
Almidón	15 g
Grasas	0,1 g
Proteínas	2 g
Agua	75 g
Tiamina (vit. B1)	0,08 mg (6%)
Riboflavina (vit. B2)	0,03 mg (2%)
Niacina (vit. B3)	1,1 mg (7%)
Vitamina B6	0,25 mg (19%)
Vitamina C	20 mg (33%)
Calcio	12 mg (1%)
Hierro	1,8 mg (14%)
Magnesio	23 mg (6%)
Fósforo	57 mg (8%)
Potasio	421 mg (9%)
Sodio	6 mg (0%)

Fuente: (INIAP, 2000)

2.2 Heladas

A la helada se le considera como la ocurrencia de una temperatura igual o menor a 0 °C a un nivel de 1,5 a 2,0 m sobre el nivel del suelo. También se la puede definir como la temperatura a la cual los tejidos de la planta comienzan a sufrir daños (Artunduaga & Torrez, 1995).

Las heladas pueden ser clasificadas por el tipo de influencia ambiental, entre las cuales se puede nombrar las siguientes:

2.2.1 Helada por advección

Este tipo de heladas se producen cuando el aire caliente es reemplazado por el aire frío que fluye después del cambio meteorológico. Está asociada a condiciones de baja humedad, vientos moderados y fuertes, nubosidad y sin inversión de temperatura (FAO, Protección contra heladas: Fundamentos, práctica y economía, 2010).

La helada por advección puede presentarse a cualquier hora del día, sin importar el estado del cielo. Tiene su origen por la presencia de aire frío, con una temperatura inferior al punto de congelación, el aire frío reseca el follaje causando su muerte. Por lo tanto, los vientos son los causantes de los daños a las plantas. El fenómeno se da en grandes extensiones (Choque, Espinoza, & Zeballos, 2007).

2.2.2 Helada por radiación

Este tipo de heladas ocurre en noches despejadas, de escaso viento y baja humedad del aire. En este caso, el calor del suelo se pierde en forma de radiación. La capa de aire en contacto con el suelo hace que pierda calor rápidamente, más que aquellos ubicados a mayor altura, lo que se conoce como “inversión térmica” (Alvarado, Riveros, & Estrada, 1982).

2.2.3 Helada por evaporación

Las heladas por evaporación se originan cuando el agua que recubre las plantas se evapora con rapidez, lo que provoca que la temperatura descienda notablemente. Estas heladas son frecuentes por la mañanas luego de la salida del sol, cuando éste

empieza a calentarse y se produce la evaporación rápida del rocío acumulado sobre los vegetales (Choque, Espinoza, & Zeballos, 2007).

2.2.4 Helada negra

Esto sucede cuando el aire del ambiente se encuentra excesivamente seco, no existe formación de hielo sobre la superficie, ni condensación. A pesar de ello, los cultivos se dañan y luego de este fenómeno la vegetación presenta una coloración negruzca. Las temperaturas durante el día (diurnas) generalmente son muy elevadas y durante la noche sufren un rápido descenso, por lo que la energía acumulada durante el día se pierde rápidamente originando un descenso de la temperatura. No existe presencia de viento para que provoque mezcla de masas (Artunduaga & Torrez, 1995)

2.2.5 Helada blanca

Este tipo de helada ocurre cuando una masa húmeda invade una región con condiciones de buen tiempo, provocando un descenso de la temperatura del aire y permitiendo la formación de hielo sobre la superficie de las plantas. Esto puede estar acompañado de otros fenómenos meteorológicos como la niebla y rocío. El viento será de intensidad moderada, ocasionando un enfriamiento masivo del aire (INAMHI, 2011).

Las temperaturas bajas no letales provocan clorosis en forma difusa, manchas en las nervaduras y moteado con o sin distorsión en las hojas. Las manchas necróticas tienen apariencia de pecas en las hojas jóvenes. Si las condiciones son favorables la planta podrá continuar con su crecimiento, pero con los síntomas del daño sufrido (Mendoza & Estrada, 1980).

La temperatura letal de frío es la temperatura que provoca el congelamiento del tejido de la planta interrumpiendo los procesos de fotosíntesis y provocando alta mortalidad. El daño producido en estas heladas es el congelamiento celular, existen dos tipos:

2.2.5.1 Congelamiento extracelular

Artunduaga & Torrez (1995), mencionan que en condiciones naturales, donde las plantas son expuestas a una disminución de temperatura, el congelamiento extracelular es el usual. Puede o no causar daño en las plantas expuestas, esto depende de la temperatura de congelamiento. Consiste en la formación de hielo sobre la superficie de la célula o entre el protoplasma y la pared celular (extraplasmática). El agua sale de las células hacia el espacio intercelular debido a un desequilibrio en el potencial hídrico entre las soluciones (deshidratación de la célula).

El daño por helada es producido por la deshidratación de la célula, ya que la presión de vapor del agua de la célula es mayor que del hielo a la misma temperatura, razón por la cual el agua celular se viaja a través de la membrana plasmática hacia el hielo extracelular. A medida que el congelamiento avanza, el hielo provoca contracción celular (debido a esta pérdida de agua).

2.2.5.2 Congelamiento intracelular

Congelamiento interno de la célula, es muy raro que se presente en condiciones naturales, se produce por un congelamiento drástico que casi siempre termina siendo fatal para las plantas. El congelamiento intracelular produce la muerte de la célula, causando la destrucción de biomembranas como resultado de un rápido crecimiento de cristales de hielo (Morlon, 1979).

Para definir a las heladas se debe tomar en cuenta factores que influyen sobre la intensidad de los daños causados en las plantas. Entre los principales tenemos:

✓ Temperatura y tiempo de exposición a la helada

Una planta puede tener más daño con una helada de $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante 10 horas que una de $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ de 1 hora. Los daños por heladas son mayores después de un periodo largo de congelamiento, que si el mismo congelamiento se lo realiza a intervalos cortos.

El daño provocado por el congelamiento intracelular depende de la rapidez e intensidad de enfriamiento antes de congelarse. Levitt (1980) establece que el daño

por congelación parece ser independiente del tiempo para periodos cortos (2–24 horas).

✓ **Velocidad de congelación y descongelación de los tejidos**

El congelamiento y descongelamiento rápido causa mayor daño a los tejidos que un cambio lento de temperatura. Si la velocidad a la cual disminuye la temperatura es lenta, esto permite que el agua se mueva hacia fuera del protoplasma, de esta manera se puede alcanzar temperaturas bastante bajas sin la presencia de congelamiento intracelular, Si la cantidad de agua en el protoplasma es mayor, posibilidad de formación de hielo intracelular será mayor (Gabriel, Magne, & García, 2009).

2.3 Control de heladas

Para el control de heladas se usan métodos indirectos y directos; o métodos pasivos y activos. Los métodos pasivos son más usados como términos de prevención, para periodos largos de tiempo y cuyas acciones son beneficiosas cuando se producen las condiciones de helada. Los métodos activos son temporales y requieren mayor energía y trabajo. En los métodos pasivos se usan técnicas biológicas y ecológicas, incluyendo las prácticas llevadas a cabo antes de las noches de helada para reducir el potencial de daño. Los métodos activos son físicos e intensivos desde el punto de vista energético. Requieren esfuerzo en el día previo o durante la noche de la helada ya que algunos usan maquinarias. A continuación se presenta una clasificación de los métodos (Augsburger, 2000).

2.3.1 Pasiva

2.3.1.1 Biológica (evitación o resistencia)

- ✓ Inducción de resistencia a la congelación sin modificar la genética de las plantas.
- ✓ Tratamiento de las semillas con agroquímicos.
- ✓ Selección de plantas y mejora genética.
- ✓ Selección de especies por el momento de desarrollo fenológico.
- ✓ Selección de fechas de plantación.
- ✓ Reguladores del crecimiento y otras sustancias químicas.

2.3.1.2 Ecológica

- ✓ Selección de emplazamiento para cultivar
- ✓ Modificación del paisaje y microclima
- ✓ Control del estado nutritivo
- ✓ Manejo del suelo
- ✓ Control de la cobertura del cultivo (malas hierbas) y otras coberturas.

2.3.2 Activa

2.3.2.1 Coberturas y Radiación

- ✓ Materiales orgánicos
- ✓ Coberturas con soporte
- ✓ Coberturas sin soporte

2.3.2.2 Agua

- ✓ Aspersores sobre las plantas
- ✓ Aspersores bajo las plantas
- ✓ Micro-aspersores Riego por superficie
- ✓ Niebla artificial

2.3.2.3 Estufas

- ✓ Combustible sólido
- ✓ Combustible líquido
- ✓ Propano

2.3.2.4 Máquinas de viento

- ✓ Horizontal
- ✓ Vertical
- ✓ Helicópteros

2.3.2.5 Combinaciones

- ✓ Ventiladores y estufas
- ✓ Ventiladores y agua

2.4 Poliaminas

2.4.1 Definición

La palabra poliaminas se emplea para designar a una familia de compuestos orgánicos que pueden ser alifáticos, aromáticos o heterocíclicos cuya característica es la de poseer a lo largo de su esqueleto carbonado varios grupos de naturaleza amínica (Smith A. , 1975).

2.4.2 Clasificación

Su clasificación va a depender del número de grupos aminos que contenga la molécula. Por la disposición lineal o ramificación se distinguen varios tipos como: la putrescina y la espermidina que son ubíquas, es decir, se encuentran en todos los organismos eucariotas y procariotas, a diferencia de la espermina que está asociada con las células eucariotas (Romero & Norato, 1996).

2.4.3 Función

Fisiológicamente la función de este compuesto es escasamente conocido, pero sí se conoce su participación en numerosos procesos de crecimiento y desarrollo en las plantas.

✓ Las poliaminas más comunes son la putrescina, espermidina y espermina, se encuentran en todas las células vegetales en niveles que van de 10 mM a 1 mM, junto a las enzimas reguladoras de su metabolismo.

✓ Los niveles endógenos son muy sensibles a la temperatura, la luz y varios agentes promotores de estrés que pueden ser de naturaleza física, química o biológica.

✓ En varios sistemas vegetales se ha apreciado buena correlación entre el nivel de poliaminas y la tasa de crecimiento. Cuando la biosíntesis es interrumpida por inhibidores específicos, se alteran los patrones de crecimiento, muchas de las cuales sólo pueden ser revertidas por la aplicación de poliaminas.

✓ La aplicación de poliaminas exógenas a plantas puede producir efectos visibles sobre el desarrollo y crecimiento, prevención de la senescencia en hojas cortadas, la maduración del fruto, la formación de embriones en ciertos tejidos

vegetativos, respuestas de tipo defensivo, el aumento de longevidad de los óvulos y del polen, iniciación de la floración, etc.

El mecanismo más probable por el cual las poliaminas ejercen su acción antisenescente puede estar relacionado con la unión a la membrana, previniendo los ataques proteolíticos y la peroxidación de los lípidos, inhibiendo la síntesis de etileno, hormona implicada en los procesos de senescencia, a través de la inhibición de la ACC (Popovic, Kyle, & Zalik, 1979)

Las poliaminas están asociadas con la inhibición de los pasos terminales en la biosíntesis de etileno, supresión de la peroxidación de los lípidos, en los cuales estarían involucrados radicales libres intermedios (Norato, Vicente, & Torregroza, Efectos de la spoliaminas putrescina, cadaverina, espermidina y espermina en el crecimiento de maiz contra heladas, 1991).

Las plantas que han sido sometidas a distintos tipos de estrés, se observa una acumulación de poliaminas, principalmente putrescina. Sin embargo, la acumulación es diferente dependiendo del tipo de estrés. En diferentes tipos de estrés ambientales (O₃, bajas temperaturas, etc.) las poliaminas podrían actuar de la misma manera que en los procesos de senescencia, como estabilizadores de las membranas y como captadores de radicales libres celulares (Flores & Galston, 1982)

Las poliaminas podrían participar en algunas actividades morfogénicas, como el enraizamiento, controlando la actividad peroxidasa, esta vía ha sido demostrada en ciertas condiciones de estrés (Shelp y col., 1995).

Las poliaminas (PA) son el grupo de fitohormonas descubierto más recientemente, se las ha relacionado con la respuesta de las plantas a diferentes condiciones ambientales o estrés, como choques osmóticos, deficiencias en potasio, deficiencias nutricionales, bajas temperaturas, salinidad, etc. (Flores & Galston, 1982).

En los cultivos de maíz se ha evidenciado que la tolerancia a heladas está relacionada con la acumulación de poliaminas en los tejidos (Norato et al., 1990, 1990). Se ha comprobado que las aplicaciones exógenas de poliaminas provocan

tolerancia de las plantas a temperaturas bajas (Norato et al., 1990; 1991), también son capaces de revertir el efecto causado por las heladas (Norato, Legaz, & M, Putrescina: Protector del maíz ante las heladas, 1991).

2.5 Chuquiragua

2.5.1 Taxonomía

La *Chuquiraga jussieui* pertenece a la familia Asterácea, denominadas compuestas por su inflorescencia en forma de estrella (Cerón, 2005).

La familia de las Asterácea tiene especies que habitan zonas frías hasta los trópicos, zonas templadas y subtropicales (Cerón, 2005).

El género *Chuquiraga* tiene 21 especies de arbustos de hoja perenne xeromórficas al sur-oeste de América, que van a lo largo de la Cordillera de Los Andes a más de 4000 m.s.n.m. (Ezcurra, 1985) .

La Chuquiragua se encuentra en la siguiente clasificación:

TAXONOMIA	
Reino	Plantae
Filo	Tracheophyta
Clase	Magnoliopsida
Subclase	Asteridae
Orden	Asterales
Familia	Asteraceae
Subfamilia	Barnadesioideae
Tribu	Barnadesieae
Género	<i>Chuquiraga</i>
Especie	<i>Chuquiraga jussieui</i>

Fuente: (Cerón, 2005)

2.5.2 Descripción botánica

La chuquiragua es de tipo arbusto bajo, densamente ramoso, conformado por varias matas hemisféricas de alrededor de 15 a 30 cm de altura. Sus ramas juveniles son hojosas seríceo-pubescentes (Izco, 2004).

Es un ejemplar de los páramos andinos, siendo un arbusto que puede llegar a medir 1,5 m de alto. Sus hojas son duras, punzantes y alternas que pueden medir 1,2 cm de largo. La inflorescencia es muy compacta, tiene cabezuelas vistosas de hasta 5 cm de largo, con brácteas punzantes de color anaranjado. Las flores de 20 mm de largo son delgadas, de color amarillo o anaranjado que pueden ir desde 20 a 25. El fruto contiene una corona blanca (Cerón, 2005).

Chuquiragua presenta gran diversidad en la morfología de las hojas. Los cuatro tipos de hojas primarias del género son los siguientes:

- 1) Plana y hipostomatous.
- 2) Plana y anfiestomática.
- 3) En forma de barco, inversa dorsal-ventral y epistomática.
- 4) Acicular-involuta, subcentrica, con estomas confinados sólo al fondo de una estrecha ranura peluda en el lado adaxial. (Ezcurra, 1985).

Las hojas reducidas les permiten ser más eficientes en condiciones de sequía, temperatura y la irradiación. Se ha evidenciado que las hojas epistomáticas laminadas de baja conductancia estomática son solamente ventajosas en ambientes con estrés hídrico sostenible, para reducir la pérdida de agua al mínimo y evitar el calentamiento excesivo de la hoja (Cerón, 2005).

2.5.3 Distribución geográfica

El género *Chuquiraga* consta de 20 especies distribuidas a lo largo de la Cordillera de Los Andes desde el suroeste de Colombia hasta el centro de Chile y en la Patagonia argentina, donde se encuentra el mayor número de especies. En el Ecuador están representadas 2 especies siempre sobre los 3000 m.s.n.m.: *Chuquiraga*

arcuata y *Chuquiraga jussieui* (Ezcurra, 1985). En Ecuador, en el páramo está bien representada y se la encuentra en la mayoría de montañas.

2.6 Cultivo de papa

2.6.1 Taxonomía

La papa (*Solanum tuberosum*) pertenece a la familia de las *Solanáceas* originaria en el sur de América y cultivada por todo el mundo al ser alimenticia. Fue domesticada en el altiplano andino hace aproximadamente 8000 años, luego fue llevada a Europa como una curiosidad botánica más que por ser planta alimenticia. Con el tiempo el consumo fue creciendo y el cultivo se expandió a todo el mundo hasta convertirse en uno de los principales alimentos para el ser humano (BASF, 2006).

Clasificación taxonómica de la Papa:

TAXONOMIA	
Reino	Plantae
Filo	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Subclase	Asteridae
Orden	Solanales
Familia	Solanaceae
Subfamilia	Solanoideae
Tribu	Solaneae
Género	<i>Solanum</i>
Especie	<i>Solanum tuberosum</i>

Fuente: (FAO, Manual de cultivo de papa , 2008)

2.6.2 Descripción Botánica

Es una planta herbácea y perenne a través de sus tubérculos, caducifolia (ya que pierde sus hojas y tallos aéreos en la estación fría), con tallo erecto o semi-decumbente, que puede llegar a medir hasta 1 m de altura (FAO, Manual de cultivo de papa , 2008).

Sus hojas son compuestas, con 7 a 9 foliolos, de forma lanceolada y se disponen en forma espiralada en los tallos.

Tiene tres tipos de tallos, uno aéreo que es circular sobre el cual se disponen las hojas compuestas y dos subterráneos: los rizomas y tubérculos.

Los tallos aéreos se originan a partir del tubérculo utilizado como semilla, son herbáceos y miden entre 0,6 a 1,0 m de longitud, son de color verde, aunque en algunas variedades puede presentar un color rojo purpúreo. Pueden ser erectos o decumbentes (FAO, Manual de cultivo de papa , 2008).

En la etapa final de desarrollo los tallos aéreos pueden tornarse relativamente leñosos en su parte basal.

Los tallos rizomatosos están formados por brotes laterales que nacen de la base del tallo aéreo. Cada rizoma a través del engrosamiento genera un tubérculo (Lucero & Hernán, 2009).

El tercer tipo de tallo es subterráneo y se halla engrosado como una adaptación para funcionar como órgano de almacenamiento de nutrientes, el tubérculo.

Los tubérculos son de forma alargada, redondeada u oblonga; el color de la cáscara es violeta, café o rojizo y la pulpa puede ser blanca o amarilla (Pumisacho & Sherwood, 2002).

Su sistema radical es adventicio, fibroso y ramificado que puede penetrar hasta 0,8 m de profundidad. Estas raíces están comprendidas entre el tubérculo semilla y la superficie del suelo (FAO, Manual de cultivo de papa , 2008).

La flor tiene de tres a cuatro cm de diámetro, con cinco pétalos unidos que le dan a la corola la forma de una estrella. El número de flores puede llegar hasta 30, siendo lo más usual entre 7 y 15. Cada inflorescencia presenta de cinco a diez flores abiertas durante el pico de la floración (Pumisacho & Sherwood, 2002).

La planta presenta dos lóculos y pueden contener entre 200 y 400 semillas. Las bayas se presentan agrupadas en racimos terminales (INIAP, La papa en Ecuador, 2014).

Las semillas son muy pequeñas, de forma arriñonada y pueden ser blancas, amarillas o castaño dependiendo de la variedad (FAO, Manual de cultivo de papa , 2008).

2.6.3 Descripción de la Variedad SuperChola

Nombre científico: *Solanum tuberosum L.*

Clima: Templado-frío.

Altitud: 2750 a 2950 msnm.

Zonas: Provincias de la región Sierra norte del callejón interandino

Características: Días de floración, días de cosecha (tardía) 180, hábito de crecimiento semierecta, tallo color verde con pigmentación púrpura, hojas de color verde intenso. Floración: moderada, arriba del follaje con un largo pedúnculo. Período de dormancia 80 días.

Resistencia a: Lancha, virus, roya y rizoctonia.

Siembra:

Densidad de siembra: 1000 – 1200 kg/ha de semilla certificada.

Densidad de surcos: 1,10 – 1,20 m.

Distancia de plantas: 0,30 a 0,40 m.

Rendimiento promedio: 30 t/ha de tubérculo fresco.

2.6.4 Distribución geográfica

La papa procede de las culturas PreIncas e Incas. En Perú se encuentra la mayor cantidad de especies de papa, además la papa es el principal cultivo de este país (Villavicencio & Vásquez, 2008).

En el Ecuador, es un cultivo de altura entre los 2.500 y los 3.600 m.s.n.m. Sin embargo, se ha comenzado a cultivar papa en la Península de Santa Elena, con resultados alentadores (INIAP, La papa en Ecuador, 2014).

Este tubérculo cuenta con un total del 0.4% del territorio de uso agropecuario, lo que corresponde a 49.719 ha, de donde se producen aproximadamente 400 mil toneladas. En el país el consumo per cápita es de 31,8 Kg de papa al año (INIAP, Aplicaciones industriañles de raíces y tuberculos andinos, 2000).

Carchi es la provincia de mayor cultivo de papa con el 31,61% a nivel nacional, seguido de Cotopaxi con 19,16% y Chimborazo con 14,12% de la producción nacional. El 75,6% de esta superficie se encuentra en manos de pequeños productores con extensiones de tierra de entre 1 y 5 hectáreas, 11,9% en productores que poseen de 5 a 10 hectáreas, 10,7% en productores que poseen de 10 a 50 hectáreas y tan solo el 1,8% del total de hectáreas de cultivo están en manos de productores grandes con extensiones de más de 50 hectáreas (INEC, 2014).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

El proyecto de investigación se realizó en las instalaciones del IASA I

3.1 Ubicación del lugar de investigación

3.1.1 Descripción del lugar

Esta área se encuentra ubicada en la provincia de Pichincha, Cantón Rumiñahui, Parroquia San Fernando dentro de la Hacienda El Prado.

Figura 1 Fotografía del lugar de investigación



Fuente: (Google, 2013)

3.1.2 Ubicación Política

- ✓ Provincia: Pichincha
- ✓ Cantón: Rumiñahui
- ✓ Parroquia: San Fernando
- ✓ Lugar: IASA I

3.1.3 Ubicación Geográfica

- ✓ Altitud: 2728 m.s.n.m.
- ✓ Coordenadas: UTM WGS84 ZONA 17 SUR son: 17 M 787833,19m E
9957478,26m S.

3.1.4 Ubicación Geológica

La Hda. El Prado se encuentra en el piso altitudinal Montano Bajo, Región latitudinal Templada, zona de vida Bosque Húmedo, Clasificación Bioclimática Húmedo – Temperado.

- ✓ Temperatura: 13.89 °C (promedio anual)
- ✓ Precipitación anual: 1285 mm
- ✓ Humedad: 69.03 % (promedio anual).

3.2 Material Experimental

3.2.1 Campo

- ✓ Tubérculo- semilla
- ✓ Sustrato
- ✓ Macetas
- ✓ Atomizador
- ✓ Letreros
- ✓ Regadera

3.2.2 Reactivos

- ✓ Hielo
- ✓ Ácido perclórico al 5%
- ✓ Agua destilada
- ✓ Flor de chiquiragua
- ✓ Hoja de chuquiragua

3.2.3 Equipos

- ✓ Estufa
- ✓ Molino

- ✓ Agitador orbital
- ✓ Centrífuga
- ✓ Balanza
- ✓ Matraz erlenmeyer 1000ml
- ✓ Bureta 100ml
- ✓ Vaso de precipitación 500ml
- ✓ Tubos de ensayo
- ✓ Gasas
- ✓ Embudo
- ✓ Cuartos fríos
- ✓ Clorómetro CCM-200

3.3 Métodos

3.3.1 Fase de campo

3.3.1.1 Compra, preparación y siembra de semilla de papa

Se adquirió la semilla certificada de papa “SuperChola” en los invernaderos del INIAP ubicados en la hacienda “El Prado”.

Se seleccionó 40 semillas de papa (60-80 g) en estado de brotación múltiple para ser desinfectadas con Vitavax 400 a una dosis de 5 g/L de agua, las semillas fueron sumergidas durante 5 minutos en la solución.

Se sembró colocando los tubérculos a una profundidad de 10 cm en macetas de 1 kg de capacidad, la preparación del suelo fue a razón de 3 partes de tierra negra, 1 parte de pomina y 1 parte de humus.

3.3.1.2 Crecimiento de las plántulas

Se regó periódicamente hasta que el suelo llegue a capacidad de campo.

Para el control de plagas se aplicó extractos naturales de ajo y ají.

El control de malezas se realizó manualmente.

3.3.2 Preparación de los extractos

3.3.2.1 Recolección de la materia prima

Las hojas y flores de chuquiragua se recolectaron en los páramos de los volcanes Chimborazo y Guagua Pichincha ubicados en la provincia de Chimborazo y Pichincha respectivamente, se realizaron podas benéficas para evitar daños con el ecosistema. Se recolectó un total de 3 kg de muestra.

3.3.2.2 Tratamiento de la muestra

Se procedió a separar las hojas y flores de la recolección inicial para ser lavadas con agua destilada y de esta manera eliminar impurezas.

Las hojas y flores de *Chuquiragua jussieui* por separado se las dejó secar al ambiente para luego ser llevadas al proceso de deshidratación, este proceso consistió en introducir las muestras en una estufa a razón de 20 °C durante 6 horas.

3.3.2.3 Molienda y pesaje

Se trituró 100 g de flores y 100g de hojas de *Chuquiragua jussieui*, las muestras se las conservó a una temperatura de 5 °C.

3.3.2.4 Método de elaboración de los extractos

Para realizar los extractos de flores y hojas de *Chuquiragua jussieui* se usó la técnica de Flores y Galston (1982), con ligeras modificaciones para adaptarlo a nuestro material vegetal.

Para ello se tomó las muestras de 100 g de hojas y 100 g de flores y se colocó en vasos de precipitación con ácido perclórico al 5% a razón de 1g/10ml. Las muestras se las homogenizó en el agitador orbital durante 2 min, luego se trasladó las muestras a matraces Erlenmeyer para reposar en hielo durante 1 hora, a continuación se las centrifugó por 20 minutos a 27000 RPM en tubos de ensayo.

Se procedió separar el sobrenadante mediante embudos y con gasas como filtro para separar la parte sólida, lo dio un rendimiento de 660 ml por 100 g de muestra vegetal.

Este proceso se realizó tanto para las hojas como para las flores de *Chuquiragua jussieui*.

Finalmente se realizó una mezcla de 75% de extracto y 25% de agua destilada para neutralizar el ácido perclórico, esta mezcla se la conservó a 5 °C.

3.3.3 Aplicación de extractos

A los 60 días de haber sembrado la semilla de papa (*Solanum tuberosum*) “SuperChola” se procedió a seleccionar 30 plántulas en estado de prefloración para aplicar los tratamientos e ingresar a la simulación de heladas.

Se aplicaron los extractos de flores a los tratamientos 1, 2 y 3; el extracto de hojas a los tratamientos 4, 5 y 6; las poliaminas comerciales se las aplicaron a los tratamientos 7, 8 y 9; de esta manera se dejó al tratamiento 10 como testigo sin ninguna aplicación pero a una temperatura de 3°C.

Se aplicó los extractos 5 horas antes de ingresar a la simulación de heladas en los cuartos fríos.

La aplicación de los extractos se realizó mediante un atomizador, empapando a las plántulas.

3.3.4 Diseño experimental

3.3.4.1 Factores a probar

Los factores a probar fueron los siguientes:

- ✓ Tipo de extracto: flores y hojas (E)

No.	Símbolo	Descripción
1	E1	Extracto a base de flores
2	E2	Extracto a base de hojas

✓ Temperaturas de la simulación de heladas (T)

No.	Símbolo	Descripción
1	T1	3 °C
2	T2	0 °C
3	T3	3 °C

3.3.4.2 Tratamientos.

Tabla 2
Descripción de los tratamientos de la investigación

TRATAMIENTO	DESCRIPCIÓN
T1	E1T1 Extracto de flores y Temperatura de 3°C
T2	E1T2 Extracto de flores y Temperatura de 0°C
T3	E1T3 Extracto de flores y Temperatura de -3°C
T4	E2T1 Extracto de hojas y Temperatura de 3°C
T5	E2T2 Extracto de hojas y Temperatura de 0°C
T6	E2T3 Extracto de hojas y Temperatura de -3°C
T7	P3T1 Poliaminas comerciales y Temperatura de 3°C
T8	P3T2 Poliaminas comerciales y Temperatura de 0°C
T9	P3T3 Poliaminas comerciales y Temperatura de -3°C
T10	TESTIGO (Sin aplicación)

3.3.4.3 Tipo de diseño

El experimento se desarrolló bajo un Diseño Completamente al Azar en arreglo bifactorial (3 x 3) + 1 testigo con 3 repeticiones.

El modelo matemático es:

$$Y_{ijk} = \mu + E_i + T_j + ET_{ij} + e_{ijk}$$

Dónde:

Y_{ijk} = resistencia a heladas

μ = media general.

E_i = efecto del i-ésimo extracto.

T_j = efecto de la j-ésima temperatura.

(AB) ij = efecto de la interacción entre el i-ésimo extracto y la j-ésima temperatura.

E_{ijk} = error experimental

3.3.4.4 Diseño en el campo

El establecimiento del experimento se realizó bajo un diseño completamente al azar (DCA) utilizando dos extractos de *Chuquiraga jussieui* (flor y hojas) y poliaminas comerciales, a una temperatura de 3, 0 y -3 °C; y un testigo, los cuales conformaron 10 tratamientos, con 3 repeticiones dando un total de 30 unidades experimentales.

3.3.4.5 Características de la unidad experimental

El proyecto contó con 30 unidades experimentales, la unidad experimental fue representada por una planta de *Solanum tuberosum* "Súper Chola" en etapa de prefloración, cultivada en una maceta de 1 kg de capacidad.

3.3.5 Análisis estadístico

3.3.5.1 Esquema del análisis de varianza

Se realizó un análisis de varianza (ANAVA) para un DCA con 9 tratamientos + 1 TESTIGO y 3 repeticiones. (Tabla 3)

Tabla 3
ANAVA para un DCA con 9 tratamientos + 1 TESTIGO y 3 repeticiones

Fuentes de variación	Grados de libertad
Tratamientos	(9)
Extracto	2
Temperatura	2
Interacción E x T	4
Testigo vs T1,T2,T3,T4,T5,T6,T7,T8,T9	1
Error experimental	11
Total	29

3.3.5.2 Análisis funcional

El análisis se realizó mediante la comparación de medias usando la prueba Tukey con un nivel de significancia del 5% con el programa estadístico “Infostat”

3.3.6 Variables medidas

3.3.6.1 Nivel de daño por helada

El daño en las plantas sometidas a estrés por bajas temperaturas se calificó según la siguiente escala (Vega & Bamberg, 1995).

Grado	Daño por helada
0	Sin daños visibles
1	Ligero bronceado en el foliolo superior
2	Unos pocos foliolos superiores muertos
3	Muchos foliolos superiores muertos
4	Todas las hojas y peciolo muertos
5	Todas las hojas muertas
6	Todas las hojas y tallos muertos (planta entera)

3.3.6.2 Contenido de clorofila

Se tomó tres lecturas con un medidor de clorofila (CCM-200), la primera se la tomó 24 horas antes de someter a las plantas a estrés por baja temperatura, la segunda al salir de la simulación de heladas y la tercera 8 días después, se tomó las lecturas en cada planta, en hojas jóvenes completamente expandidas, las lecturas se expresaron en unidades Chlorophyll Content Meter.

3.3.6.3 Crecimiento de las plantas

Para definir el crecimiento de las plantas y comparar entre tratamientos se tomó medidas de la altura del tallo y área foliar. Para el cálculo del área foliar se usó el método de malla de puntos con una distancia de 1 cm cada punto, donde se colocó dicha malla sobre las hojas, se realizó el conteo de los puntos que quedaron sobre el perímetro del área y se dividió para 2, se suman los puntos que quedan dentro del área y se multiplicó para el valor de los puntos que fué de 1cm. Se realizaron las medidas iniciales antes de ingresar a la simulación de heladas y 8 días después.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultados

Las variables medidas fueron:

4.1.1 Nivel de daño por helada

A un nivel de significancia del 5% las plantas de papa sometidas a simulación de heladas presentaron diferencia significativa para la variable “Nivel de daño causado por helada” ($F_{9, 20}: 62,35; p\text{-valor} < 0,0001$) (Tabla 4).

Las plantas de papa sometidas al tratamiento número 1 (extracto de flor de chuquiragua a una temperatura de 3 °C) y 7 (poliaminas comerciales a una temperatura de 3 °C) mostraron menor nivel de daño causado por la simulación de heladas (Tabla 5, Figura 2 y Figura 3).

Tabla 4
ANAVA para el daño causado por helada en las plantas de *Solanum tuberosum* sometidas a simulación de heladas.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	149,63	9	16,63	62,35	<0,0001
Tratamiento	149,63	9	16,63	62,35	<0,0001
Error	5,33	20	0,27		
Total	154,97	29			

Tabla 5
Promedio \pm el error estándar del nivel de daño
causado por la simulación de helada en las
plantas de *Solanum tuberosum*.

Tratamiento	Media		
1	0,33	$\pm 0,33$	A
2	1,67	$\pm 0,33$	AB
3	6	± 0	C
4	1,33	$\pm 0,33$	AB
5	2,33	$\pm 0,33$	B
6	6	± 0	C
7	0,33	$\pm 0,33$	A
8	1,33	$\pm 0,33$	AB
9	5,67	$\pm 0,33$	C
10	4,67	$\pm 0,33$	C

- (1) Medias seguidas con la misma letra no son significativamente diferentes ($p > 0,05$), mientras que medidas con diferente letra son significativamente diferente al 5% según Ronald Fisher.

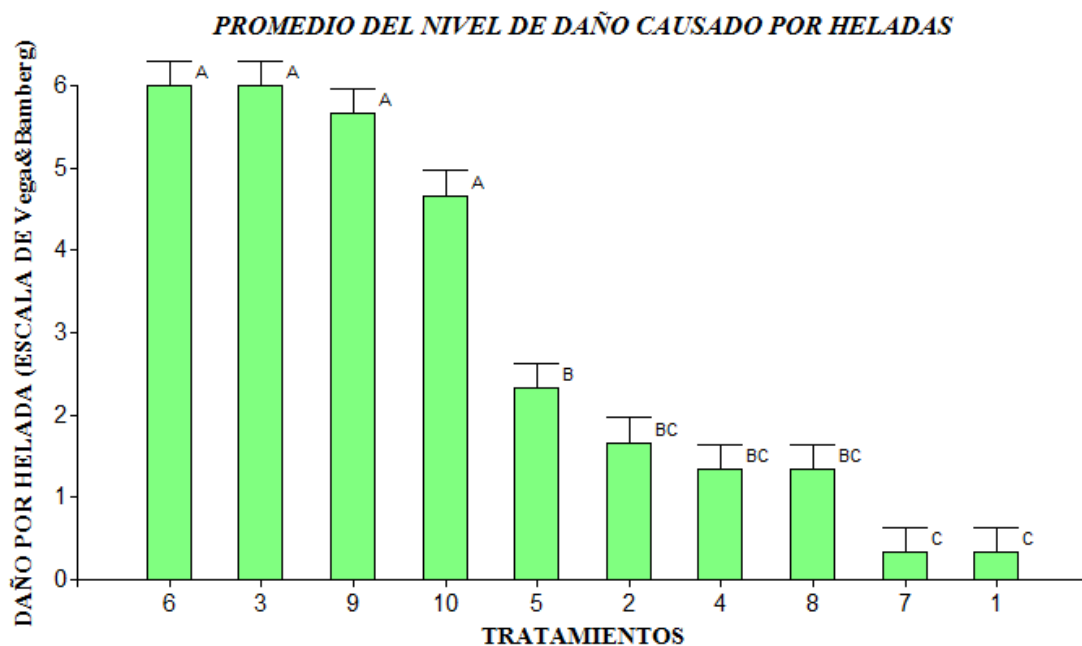


Figura 2 Promedio del nivel de daño causado por la simulación de heladas en
plantas de *Solanum tuberosum*.

- (1) Medias seguidas con la misma letra no son significativamente diferentes ($p > 0,05$), mientras que medidas con diferente letra son significativamente diferente al 5% según Ronald Fisher.

1: Extracto de flor a 3 °C; **2:** Extracto de flor a 0 °C; **3:** Extracto de flor a -3 °C; **4:** Extracto de hojas a 3 °C; **5:** Extracto de hojas a 0 °C; **6:** Extracto de hojas a -3 °C; **7:** Poliaminas a 3 °C; **8:** Poliaminas a 0 °C; **9:** Poliaminas a -3 °C; **10:** Testigo.



Figura 3 Fotografía de la comparación del nivel de daño causado por heladas en *Solanum tuberosum*.

4.1.2 Contenido de Clorofila

Las plantas de papa objeto de este estudio presentaron contenido de clorofila estadísticamente similar, ya que no se encontró diferencia significativa entre plantas al iniciar el experimento y la distribución aleatoria de las unidades experimentales fue correcta ($F_{9, 20}$: 0,41; p-valor: 0,9169) (Tabla 6, Figura 4 y Figura 5).

Tabla 6
ANAVA para el contenido de clorofila en plantas de papa sometidas a simulación de heladas.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	6,77	9	0,75	0,41	0,9169
Tratamiento	6,77	9	0,75	0,41	0,9169
Error	37,03	20	1,85		
Total	43,80	29			

PROMEDIO DE LA PRIMERA EVALUACIÓN DEL CONTENIDO DE CLOROFILA

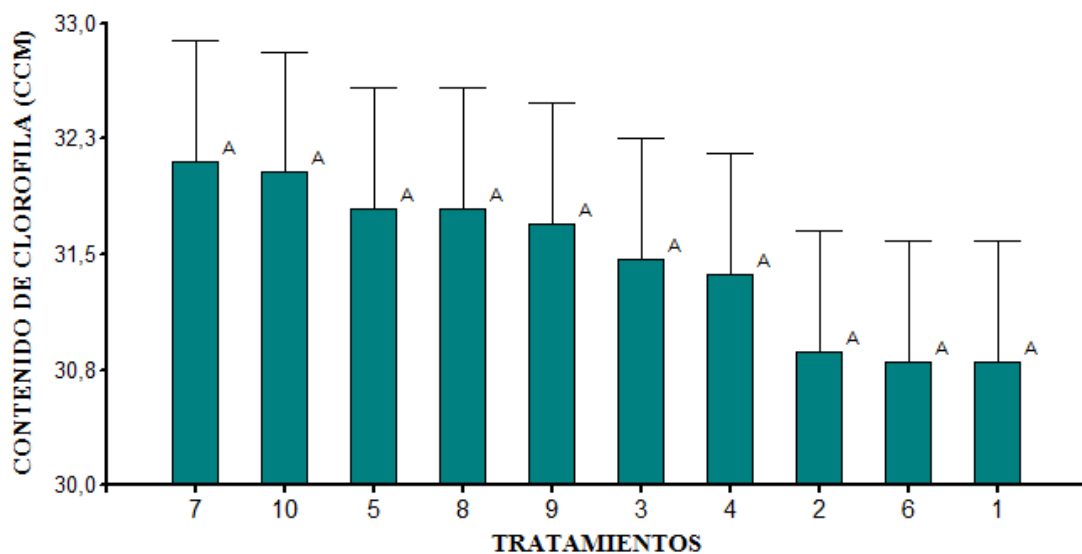


Figura 4 Promedio \pm el error estándar del contenido de clorofila inicial en las plantas de *Solanum tuberosum*.

(2) Medias seguidas con la misma letra no son significativamente diferentes ($p > 0,05$), mientras que medidas con diferente letra son significativamente diferente al 5% según Ronald Fisher.

1: Extracto de flor a 3 °C; **2:** Extracto de flor a 0 °C; **3:** Extracto de flor a -3 °C; **4:** Extracto de hojas a 3 °C; **5:** Extracto de hojas a 0 °C; **6:** Extracto de hojas a -3 °C; **7:** Poliaminas a 3 °C; **8:** Poliaminas a 0 °C; **9:** Poliaminas a -3 °C; **10:** Testigo.



Figura 5 Fotografía de la primera evaluación del contenido de clorofila en *Solanum tuberosum*.

A un nivel de significancia del 5% las plantas de papa sometidas a simulación de heladas presentaron diferencia significativa para la variable “Contenido de clorofila” en la segunda evaluación ($F_{9, 20}$: 34,09; p -valor $<0,0001$) (Tabla 7).

Para la segunda evaluación se encontró que los tratamientos 1 (extracto de flor a 3 °C), 4 (extracto de hojas a 3 °C), 7 (poliaminas a 3 °C) y 8 (poliaminas a 3 °C) presentaron mayor contenido de clorofila luego de ingresar a la simulación de heladas (Tabla 8, Figura 6 y Figura 7).

Tabla 7
ANAVA para la segunda evaluación del contenido de clorofila en las plantas de *Solanum tuberosum* sometidas a simulación de heladas.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	231,86	9	25,76	34,09	<0,0001
Tratamiento	231,86	9	25,76	34,09	<0,0001
Error	15,11	20	0,76		
Total	246,97	29			

Tabla 8
Promedio \pm el error estándar de la segunda evaluación del contenido de clorofila en las plantas de *Solanum tuberosum*.

Tratamiento	Media		
1	23,63	$\pm 0,44$	D
2	22,97	$\pm 0,47$	CD
3	19,87	$\pm 0,73$	AB
4	23,73	$\pm 0,30$	D
5	20,7	$\pm 0,74$	BC
6	18,9	$\pm 0,51$	AB
7	26,77	$\pm 0,52$	E
8	24,83	$\pm 0,20$	DE
9	19,17	$\pm 0,45$	AB
10	17,97	$\pm 0,41$	A

(1) Medias seguidas con la misma letra no son significativamente diferentes ($p>0,05$), mientras que medidas con diferente letra son significativamente diferente al 5% según Ronald Fisher.

PROMEDIO DE LA SEGUNDA EVALUACIÓN DEL CONTENIDO DE CLOROFILA

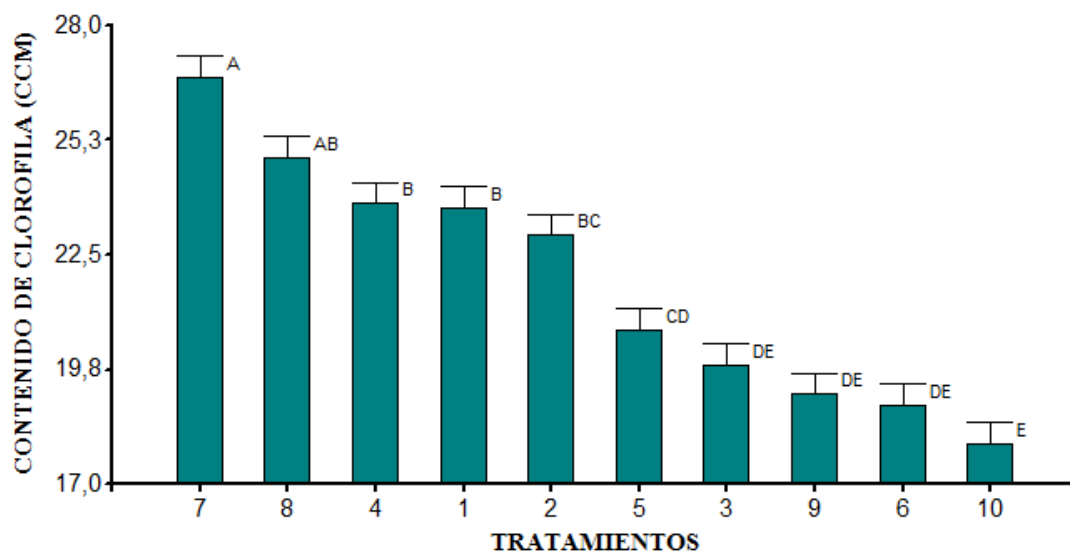


Figura 6 Promedio de la segunda evaluación del contenido de clorofila en las plantas de *Solanum tuberosum*.

(1) Medias seguidas con la misma letra no son significativamente diferentes ($p > 0,05$), mientras que medidas con diferente letra son significativamente diferente al 5% según Ronald Fisher.

1: Extracto de flor a 3 °C; **2:** Extracto de flor a 0 °C; **3:** Extracto de flor a -3 °C; **4:** Extracto de hojas a 3 °C; **5:** Extracto de hojas a 0 °C; **6:** Extracto de hojas a -3 °C; **7:** Poliaminas a 3 °C; **8:** Poliaminas a 0 °C; **9:** Poliaminas a -3 °C; **10:** Testigo.



Figura 7 Fotografía de la segunda evaluación de contenido de clorofila en *Solanum tuberosum*.

A un nivel de significancia del 5% las plantas de papa sometidas a simulación de heladas presentaron diferencia significativa para la variable “Contenido de clorofila” en la tercera evaluación ($F_{9, 20}$: 1012,74; p -valor<0,0001) (Tabla 9).

Para la tercera evaluación se encontró que los tratamientos 1 (extracto de flor de chuquiragua a una temperatura de 3 °C) y 7 (poliaminas comerciales a una temperatura de 3 °C) y 8 (poliaminas comerciales a una temperatura de 0 °C) presentaron mayor contenido de clorofila al transcurrir 8 días de la simulación de heladas (Tabla 10, Figura 8 y Figura 9).

Tabla 9
ANAVA para la tercera evaluación del contenido de clorofila en las plantas de *Solanum tuberosum* sometidas a simulación de heladas.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	6015,67	9	668,41	1012,74	<0,0001
Tratamiento	6015,67	9	668,41	1012,74	<0,0001
Error	13,20	20	0,66		
Total	6028,87	29			

Tabla 10
Promedio \pm el error estándar de la tercera evaluación del contenido de clorofila en las plantas de *Solanum tuberosum*.

Tratamiento	Media		
1	29,63	$\pm 0,35$	C
2	28,9	$\pm 0,23$	C
3	0	± 0	A
4	28,7	$\pm 0,51$	C
5	23	$\pm 0,75$	B
6	0	± 0	A
7	30,77	$\pm 0,92$	C
8	30,63	$\pm 0,58$	C
9	0	± 0	A
10	0	± 0	A

(1) Medias seguidas con la misma letra no son significativamente diferentes ($p>0,05$), mientras que medidas con diferente letra son significativamente diferente al 5% según Ronald Fisher.

PROMEDIO DE LA TERCERA EVALUACIÓN DEL CONTENIDO DE CLOROFILA

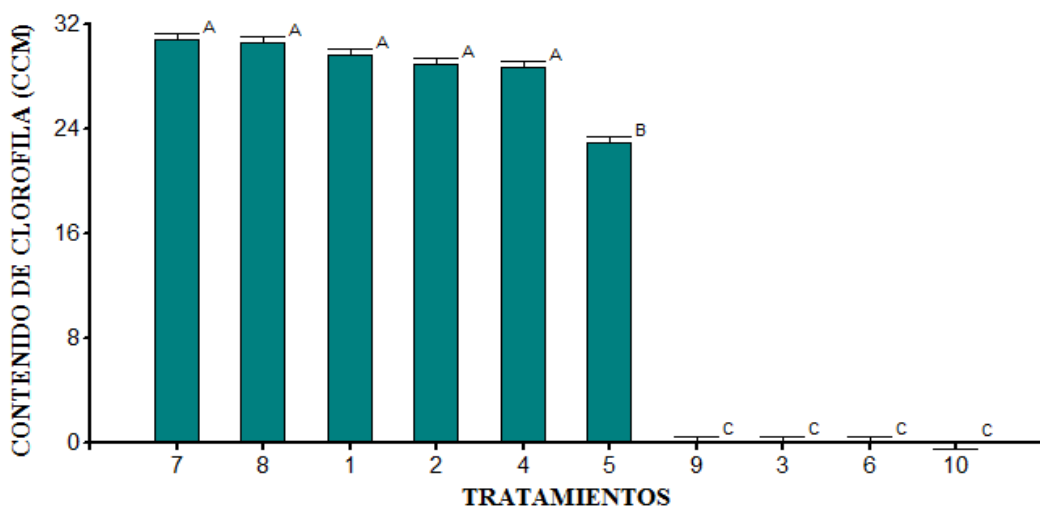


Figura 8 Promedio de la tercera evaluación del contenido de clorofila en las plantas de *Solanum tuberosum*.

(1) Medias seguidas con la misma letra no son significativamente diferentes ($p > 0,05$), mientras que medidas con diferente letra son significativamente diferente al 5% según Ronald Fisher.

1: Extracto de flor a 3 °C; **2:** Extracto de flor a 0 °C; **3:** Extracto de flor a -3 °C; **4:** Extracto de hojas a 3 °C; **5:** Extracto de hojas a 0 °C; **6:** Extracto de hojas a -3 °C; **7:** Poliaminas a 3 °C; **8:** Poliaminas a 0 °C; **9:** Poliaminas a -3 °C; **10:** Testigo.



Figura 9 Fotografía de la tercera evaluación del contenido de clorofila en *Solanum tuberosum*.

4.1.3 Crecimiento de las plantas

4.1.3.1 Área foliar

Las plantas de papa objeto de este estudio presentaron un área foliar estadísticamente similar, ya que no existió diferencia significativa entre plantas al momento de iniciar el experimento y la distribución aleatoria de las unidades experimentales fue correcta ($F_{9, 20}: 0,04$; $p\text{-valor} > 0,9999$) (Tabla 11, Figura 10 y Figura 11).

Tabla 11
ANAVA para el área foliar en plantas de papa sometidas a simulación de heladas.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	8,48	9	0,94	0,04	>0,9999
Tratamiento	8,48	9	0,94	0,04	>0,9999
Error	422,01	20	21,10		
Total	430,49	29			

PROMEDIO DE LA PRIMERA EVALUACIÓN DEL ÁREA FOLIAR

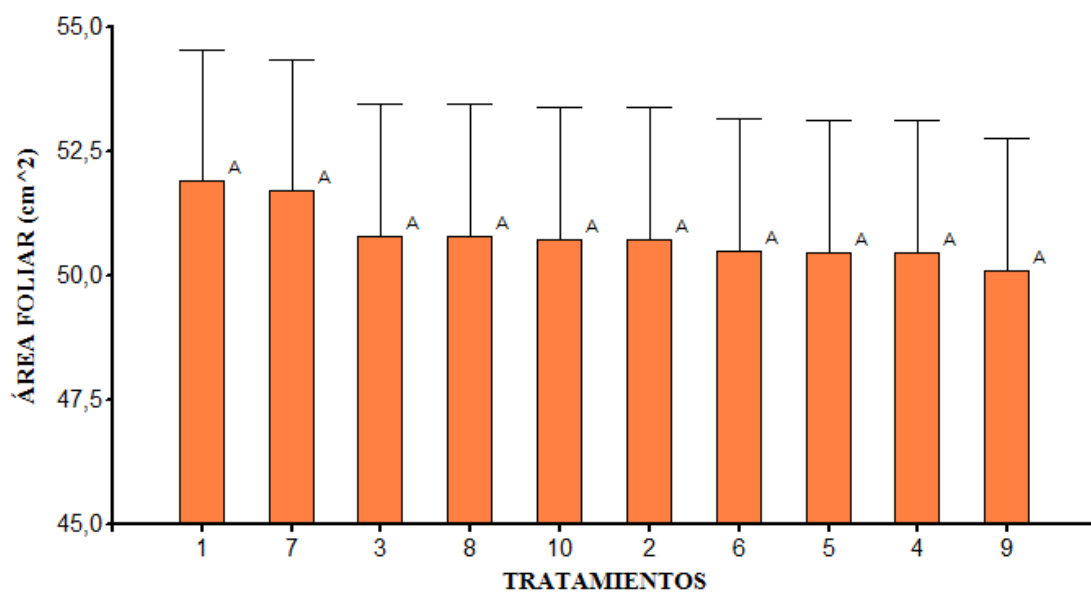


Figura 10 Promedio del área foliar de las hojas de *Solanum tuberosum* antes de sometidas a simulación de heladas.

- (1) Medias seguidas con la misma letra no son significativamente diferentes ($p > 0,05$), mientras que medidas con diferente letra son significativamente diferente al 5% según Ronald Fisher.

1: Extracto de flor a 3 °C; **2:** Extracto de flor a 0 °C; **3:** Extracto de flor a -3 °C; **4:** Extracto de hojas a 3 °C; **5:** Extracto de hojas a 0 °C; **6:** Extracto de hojas a -3 °C; **7:** Poliaminas a 3 °C; **8:** Poliaminas a 0 °C; **9:** Poliaminas a -3 °C; **10:** Testigo.



Figura 11 Fotografía de la primera evaluación del área foliar en *Solanum tuberosum*.

A un nivel de significancia del 5% las plantas de papa sometidas a simulación de heladas presentaron diferencia significativa para la variable “Área foliar” en la segunda evaluación ($F_{9, 20}: 272,17$; $p\text{-valor} < 0,0001$) (Tabla 12).

Para la segunda evaluación se encontró que los tratamientos 1 (extracto de flor de chuquiragua a 3 °C) y 7 (poliaminas comerciales a 3 °C) presentaron desarrollo del área foliar luego de ser sometidos a la simulación de heladas (Tabla 13 y Figura 12).

Tabla 12
ANAVA para la segunda evaluación del área foliar en las plantas de *Solanum tuberosum* sometidas a simulación de heladas.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	19256,40	9	2139,60	272,17	<0,0001
Tratamiento	19256,40	9	2139,60	272,17	<0,0001
Error	157,23	20	7,86		
Total	19413,63	29			

Tabla 13
Promedio \pm error estándar de la segunda evaluación del área foliar de las hojas de *Solanum tuberosum* sometidas a simulación de heladas.

Tratamiento	Media		
1	52,7	$\pm 3,55$	B
2	51,17	$\pm 1,29$	B
3	0	± 0	A
4	50,97	$\pm 0,93$	B
5	50,73	$\pm 0,84$	B
6	0	± 0	A
7	52,73	$\pm 3,21$	B
8	51,9	$\pm 0,32$	B
9	0	± 0	A
10	0	± 0	A

- (1) Medias seguidas con la misma letra no son significativamente diferentes ($p > 0,05$), mientras que medidas con diferente letra son significativamente diferente al 5% según Ronald Fisher.

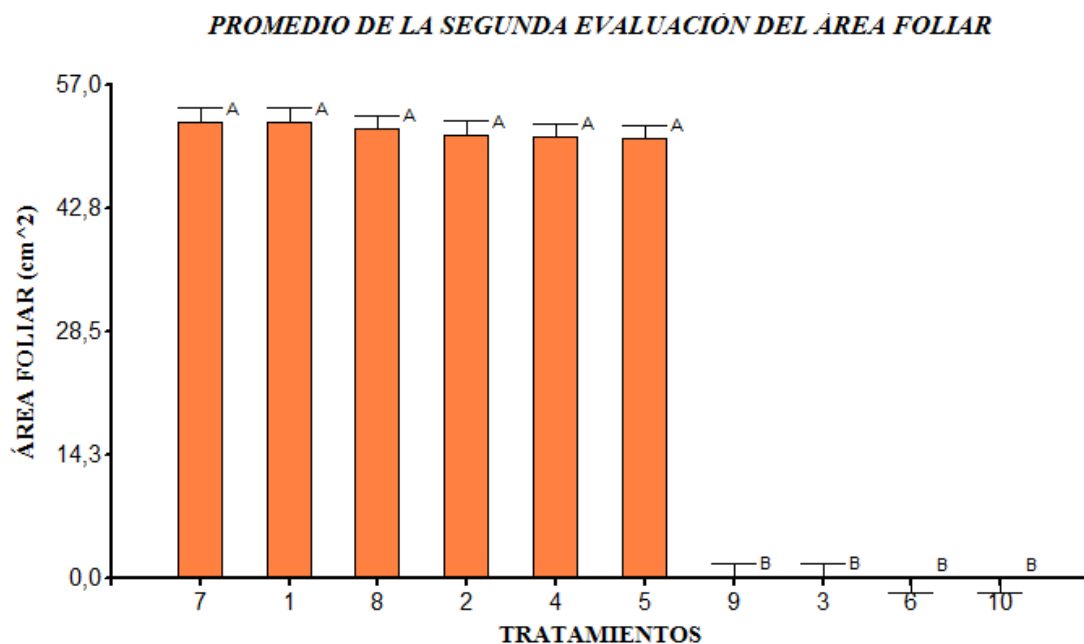


Figura 12 Promedio de la segunda evaluación del área foliar de las hojas de *Solanum tuberosum* sometidas a simulación de heladas.

- (1) Medias seguidas con la misma letra no son significativamente diferentes ($p > 0,05$), mientras que medidas con diferente letra son significativamente diferente al 5% según Ronald Fisher.

1: Extracto de flor a 3 °C; 2: Extracto de flor a 0 °C; 3: Extracto de flor a -3 °C; 4: Extracto de hojas a 3 °C; 5: Extracto de hojas a 0 °C; 6: Extracto de hojas a -3 °C; 7: Poliaminas a 3 °C; 8: Poliaminas a 0 °C; 9: Poliaminas a -3 °C; 10: Testigo.

4.1.3.2 Altura del tallo

Las plantas de papa de esta investigación presentaron una altura estadísticamente igual, ya que no existió diferencia significativa entre plantas al momento de iniciar el experimento y la distribución aleatoria de las unidades experimentales fue correcta ($F_{9, 20}$: 0,08; p-valor: 0,9997) (Tabla 14, Figura 13 y Figura 14).

Tabla 14
ANAVA para la altura del tallo en las plantas de *Solanum tuberosum* sometidas a simulación de heladas.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	2,76	9	0,31	0,08	0,9997
Tratamiento	2,76	9	0,31	0,08	0,9997
Error	75,11	20	3,76		
Total	77,87	29			

PROMEDIO DE LA PRIMERA EVALUACIÓN DE LA ALTURA DEL TALLO

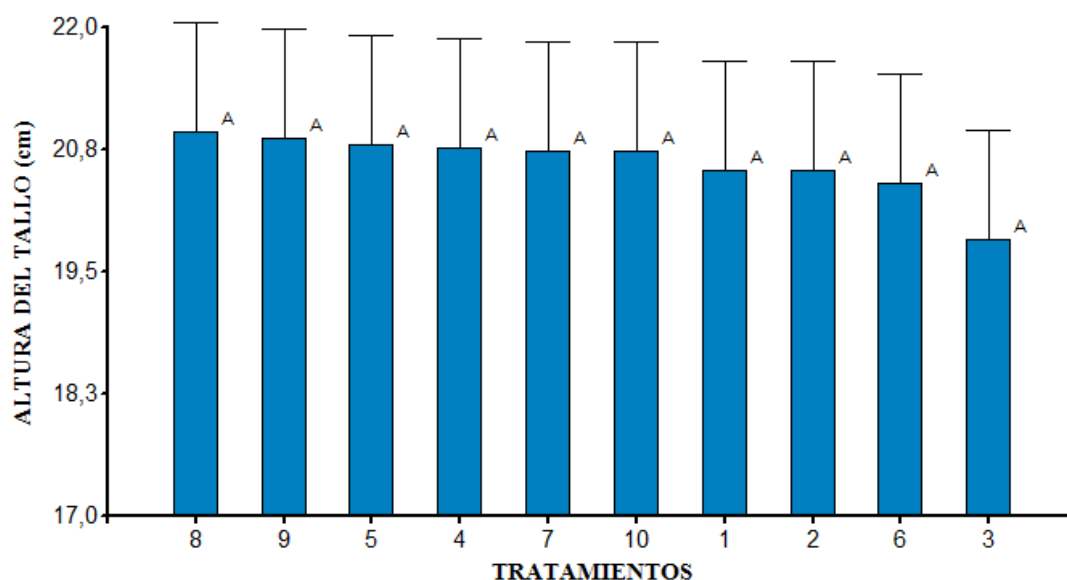


Figura 13 Promedio de la altura de *Solanum tuberosum* previas a ser sometidas a simulación de heladas.

- (1) Medias seguidas con la misma letra no son significativamente diferentes ($p > 0,05$), mientras que medidas con diferente letra son significativamente diferente al 5% según Ronald Fisher.

1: Extracto de flor a 3 °C; **2:** Extracto de flor a 0 °C; **3:** Extracto de flor a -3 °C; **4:** Extracto de hojas a 3 °C; **5:** Extracto de hojas a 0 °C; **6:** Extracto de hojas a -3 °C; **7:** Poliaminas a 3 °C; **8:** Poliaminas a 0 °C; **9:** Poliaminas a -3 °C; **10:** Testigo.



Figura 14 Fotografía de la primera evaluación de la altura del tallo en *Solanum tuberosum*.

A un nivel de significancia del 5% las plantas de papa sometidas a simulación de heladas presentaron diferencia significativa para la variable “Altura del tallo” en la segunda evaluación ($F_{9, 20}$: 139,27; p -valor $<0,0001$) (Tabla 15).

En la segunda evaluación se encontró que los tratamientos 1 (extracto de flor de chuquiragua a 3 °C) y 7 (poliaminas comerciales a 3 °C) presentaron mejor crecimiento del tallo luego de ser sometidos a la simulación de heladas (Tabla 16 y Figura 15).

Tabla 15
ANAVA para la segunda evaluación de la altura del tallo en las plantas de *Solanum tuberosum* sometidas a simulación de heladas.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	3552,12	9	394,68	139,27	<0,0001
Tratamiento	3552,12	9	394,68	139,27	<0,0001
Error	56,68	20	2,83		
Total	3608,80	29			

Tabla 16
Promedio \pm error estándar de la segunda evaluación de la altura de *Solanum tuberosum* 8 días después de a ser sometidas a simulación de heladas.

Tratamiento	Media		
1	23,2	$\pm 0,32$	B
2	21,87	$\pm 1,13$	B
3	0	± 0	A
4	21,53	$\pm 1,19$	B
5	21,4	$\pm 1,92$	B
6	0	± 0	A
7	23,3	$\pm 0,91$	B
8	21,77	$\pm 1,47$	B
9	0	± 0	A
10	0	± 0	A

- (1) Medias seguidas con la misma letra no son significativamente diferentes ($p > 0,05$), mientras que medidas con diferente letra son significativamente diferente al 5% según Ronald Fisher.

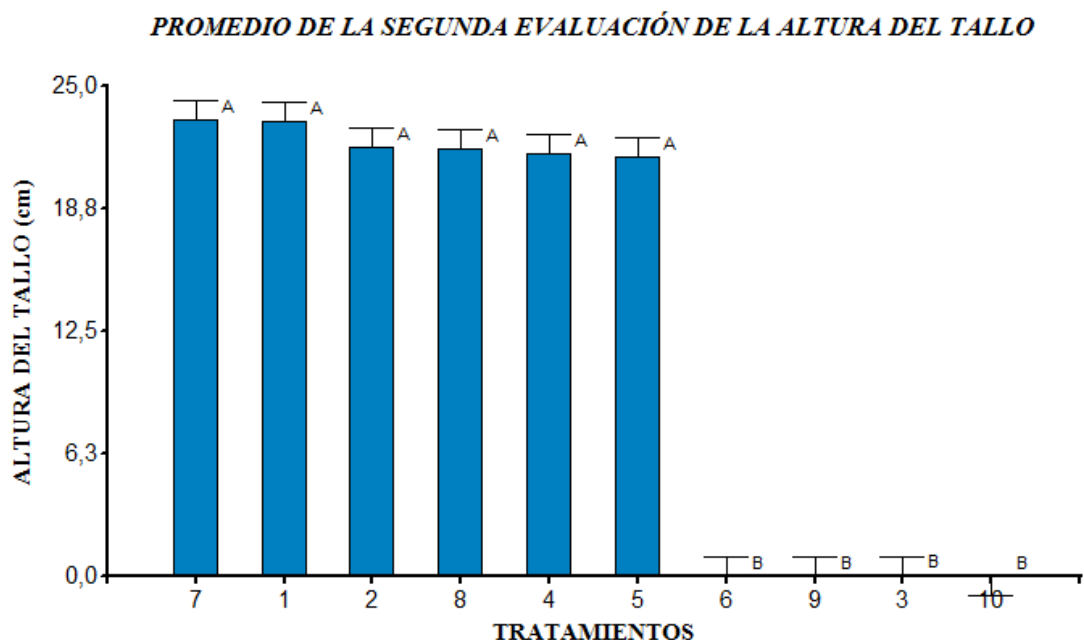


Figura 15 Promedio de la segunda evaluación de la altura del tallo de *Solanum tuberosum* 8 días después a ser sometidas a simulación de heladas.

- (1) Medias seguidas con la misma letra no son significativamente diferentes ($p > 0,05$), mientras que medidas con diferente letra son significativamente diferente al 5% según Ronald Fisher.

1: Extracto de flor a 3 °C; 2: Extracto de flor a 0 °C; 3: Extracto de flor a -3 °C; 4: Extracto de hojas a 3 °C; 5: Extracto de hojas a 0 °C; 6: Extracto de hojas a -3 °C; 7: Poliaminas a 3 °C; 8: Poliaminas a 0 °C; 9: Poliaminas a -3 °C; 10: Testigo.

4.1.4 Protocolo de extracción

Figura 16 Preparación de la muestra

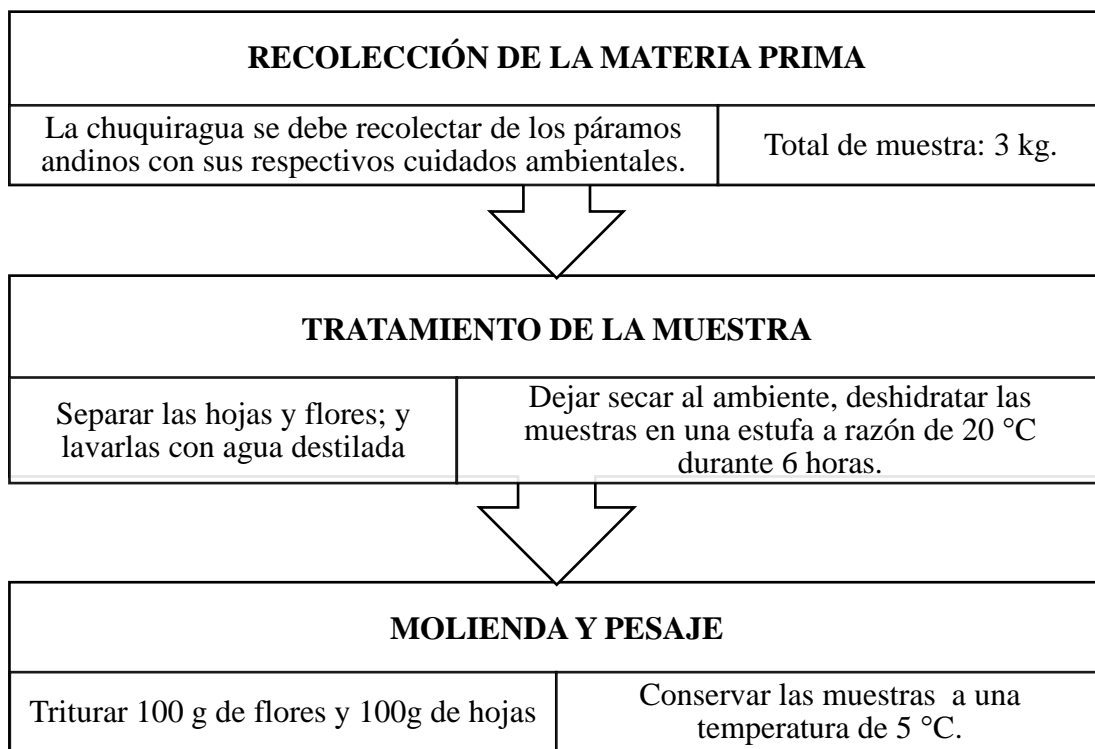
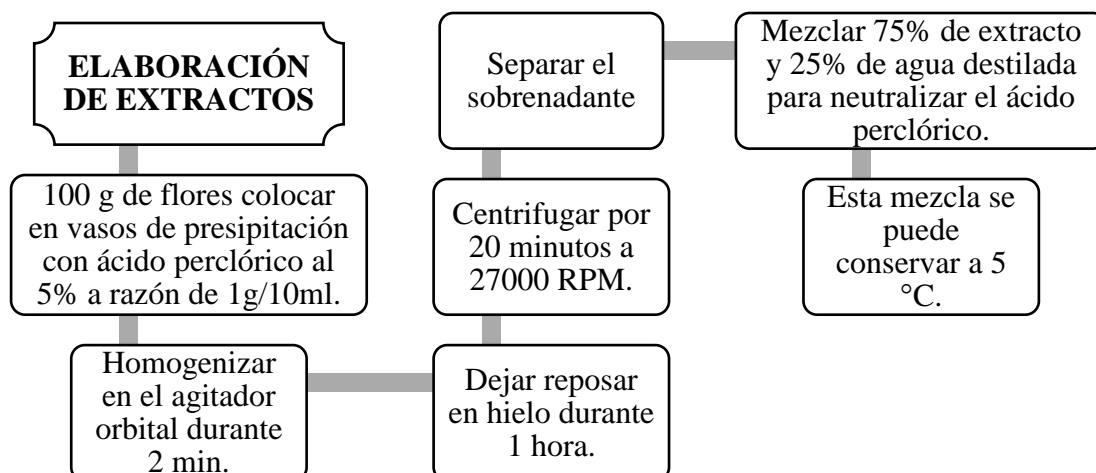


Figura 17 Elaboración del extracto



4.2 Discusión

En el presente estudio, al emplearse extracto de flor de chuquiragua y en comparación con el tratamiento en que se usó poliaminas, se asemejan mucho en los resultados de nivel de daño por helada y contenido de clorofila. Las respuestas a las temperaturas de 3 y 0 °C son muy similares tanto en las variables cuantitativas como en la variable visual de (Vega & Bamberg, 1995) con una media de 0,33 dio como resultado que no hay presencia de daños visibles hasta un ligero bronceado en el foliolo superior. Las temperaturas próximas a 0 °C no siempre causan la muerte de las hojas pero provocan daños en las hojas más jóvenes y en la zona apical del tallo (Maroto, 1992).

Según los estudios realizados por (Nishida y Murata, 2005) demostraron la destrucción de las plantas de *Solanum tuberosum* frente a temperaturas menores a 3 °C durante el crecimiento vegetativo y después de la floración a 2 °C, lo que dio la pauta para el presente estudio, en el que se demostró con el testigo (sin aplicación a temperatura de 3 °C) al no resistir a la simulación de heladas en la etapa de prefloración, con un resultado de muerte completa de la planta. Lo que realmente daña a las plantas es la formación de hielo, provocando la salida de agua y dañando las células por deshidratación (FAO, 2010), por lo que se considera que las membranas celulares son generalmente el sitio primario de daño por frío.

La variable de cantidad de clorofila contenida en las hojas fue eficaz como indicador de estrés para la simulación de heladas. Presentando resultados positivos para el tratamiento 1 (extracto de flores a 3 °C), tratamiento 7 (poliaminas a 3° C) y tratamiento 8 (poliaminas a 0 °C) con valores de 29,63; 30,77; 30,63 respectivamente. Lo que lleva a la similitud de la bibliografía e investigación de (Sundbom & Strand, 1982), la clorofila presente en las hojas sirve como indicador de la condición general de la planta, las plantas con menor daño y mayor porcentaje de recuperación al estrés a bajas temperaturas contienen mayor cantidad de clorofila que las plantas menos saludables.

En cuanto a la variable de crecimiento cabe recalcar que no se pudo diferenciar exactamente el tratamiento más eficiente, puesto que en las plantas que no funcionó la aplicación murieron y el resto de tratamientos a los 8 días presentó similares

estándares de crecimiento tanto en altura de la planta como en el área de las hojas, de la misma manera se evidenció en los resultados obtenidos por Carrillo (2004) en la eficiencia, rendimiento y daño en el cultivo de papa luego de un ataque de helada.

Los tratamientos en que se usó poliaminas comerciales presentaron gran efecto para el control del estrés causado por bajas temperaturas de igual manera están involucrados los extractos de flores lo que lleva a estar de acuerdo con la bibliografía (Bais & Ravishankar 2002) en la que menciona que las poliaminas están involucradas en una amplia gama de procesos fisiológicos que van desde el crecimiento y desarrollo vegetal hasta la protección contra el estrés biótico y abiótico.

Los resultados obtenidos en esta investigación son similares a los reportados en el proyecto "Polyamine activity in proteeting 'ereole' potato (So/anum phureja ev. "Yema de Huevo") against frost damage" (Romero & Norato 1996), en los cuales se pudo comprobar la acción de las PA, en la reversión del daño causado por las bajas temperaturas.

La caracterización morfológica en campo y la escala del daño causado por heladas mostró que existen diferencias en el grado de pigmentación del tallo el cual parece ser un mecanismo de protección contra el frío, esto también lo demuestran (Estrada 2000; Gabriel et al., 2001) donde mostraron los tallos de pigmentación morada y resultaron ser las más resistentes a las heladas. Al igual Chen et al., (1997), señalan que las líneas de papa más adaptadas al frío generalmente muestran más pigmentos en los tallos. Realizaron una prueba a -4 °C de temperatura donde encontraron en progenies de una misma familia que las líneas con pigmento eran más resistentes que sus hermanas de muy escaso pigmento en el tallo.

Los daños ocasionados en las plantas por las bajas temperaturas están estrechamente relacionados con la pérdida de las características semipermeables de la membrana celular, la cual ocasiona flacidez, decoloración y el marchitamiento de las hojas (Steponkus, 2004). Estos daños se evidenciaron en esta investigación al dar como resultado la muerte de gran número de plantas, excepto en los tratamientos que se usó poliaminas puesto que son reguladoras de la permeabilidad de la membrana celular.

En la Tabla 5 se observa que en las plantas testigo, las cuales no tuvieron ninguna aplicación, fueron afectadas por la helada, donde el daño llegó a una media de 5,47 a diferencia de las plantas donde se aplicó extracto de flor y las poliaminas comerciales con una media de 0,33; iguales condiciones representa (Ñustes, 1999) en su investigación de aplicación de poliaminas en el cultivo de para para revertir los efectos de bajas temperaturas.

En esta investigación, las PA no solo protegieron las células y disminuyeron el daño al follaje, sino que también revirtieron el efecto destructivo de la helada sobre las hojas, lo cual hubiera conducido a la pérdida de la capacidad fotosintética de las plantas, este tipo de control también fue observado en *Helianthus tuberosum L.* en los estudios realizados por (Bagni *et al.*, 1990).

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

Los resultados que presentó la variable Nivel de Daño fueron los más adecuados para establecer los tratamientos que presentaron mejor control a estrés causado por bajas temperaturas.

Al evidenciar como el mejor tratamiento el extracto de flor de chuquiragua se realizó el protocolo de extracción siguiendo las pautas de (Flores & Galston, 1982) con modificaciones para el material vegetal, lo que dio resultados favorables para la aplicación en campo.

Para seleccionar el mejor tratamiento se realizó la comparación con poliaminas comerciales y se estableció que el de extracto de flor de chuquiragua a una temperatura de 3 °C seguido del mismo extracto pero a una temperatura de 0 °C fueron los tratamientos más eficientes en esta investigación, ya que presentaron mejor control al estrés causado por bajas temperaturas en *Solanum tuberosum*.

Se difundió los resultados de este proyecto de investigación a pequeños productores del cultivo de papa en la provincia Bolívar cantón Chillanes mediante charlas y conferencias.

5.2 Recomendaciones

Para definir volatilidad, tiempos de aplicación, cantidad, dosis y frecuencia de aplicación, realizar una investigación con mayor número de unidades experimentales frente a heladas en campo abierto.

Probar el extracto en diferentes estados fenológicos de la planta para conocer diferencias de crecimiento y control de estrés.

Realizar una cromatografía líquida con derivados dansilados para separar y cuantificar la cantidad de poliaminas obtenidas en el tratamiento más eficaz que fue el extracto de flor de chuquiragua.

5.3 Bibliografía

- Altman. (1987). Role of the Plasma Membrane. *Plant Physiol*, 35-46. Retrieved Septiembre 17, 2016, from www.inamhi.gov.ec/meteorologia/bdecadal/agosto/decada3/ago_dec3.pdf
- Alvarado, L., Riveros, G., & Estrada, N. (1982). Evaluación de papa resistente a heladas en estado de plantula. *VII Reunión Latinoamecana de la papa* (pp. 124-130). Bogota, Colombia: Sociedad Latinoamecana de la papa. Retrieved September 17, 2015
- Artunduaga, & Torrez. (1995). Principios básicos de la ocurrencia de las heladas y su control. In Artunduaga. Costa Rica: Instituto de Cooperación para la Agricultura (IICA). Retrieved Septiembre 17, 2015
- Augsburger, H. (2000). Frost control in temperate climates through dissipation of cold air. *The XI International Conference of Field Experiments*. 28. UK: In Aspects of Applied Biology. Retrieved Septiembre 17, 2015
- BASF, T. C. (2006). *Vademécum Agrícola* (Vol. 28). Ecuador: Edifarman. Retrieved Septiembre 17, 2015
- Cerón, C. (2005). *Manual de Botánica: Sistémica, etnobotánica y métodos de estudio en el Ecuador*. Quito, Ecuador, Nicaragua: Editorial Universitaria. Retrieved Septiembre 18, 2015
- Choque, Espinoza, & Zeballos. (2007). Resistencia a heladas en germoplasma de papa nativa. 24-32. Retrieved Septiembre 20, 2015, from www.agrovetmarket.com.pe

- Devaux. (2012). *Datos del Centro Internacional de la Papa (CIP)*. Retrieved Septiembre 18, 2016, from <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4815867.pdf>
- Estrada, R. (2000). *La biodiversidad en el mejoramiento genético de la papa*. La Paz, Bolivia. Retrieved Septiembre 16, 2015
- Ezcurra, C. (1985). Revisión del genero Chuquiraga. *Compositae-Mutisieae Darwiniana*, 219-284. Retrieved Septiembre 20, 2015
- FAO. (2008). Manual de cultivo de papa . *Agronomía de Cultivos Andinos*. Retrieved Septiembre 17, 2015
- FAO. (2010). *Protección contra heladas: Fundamentos, práctica y economía*. Retrieved Octubre 02, 2016, from <http://www.fao.org/3/a-y7223s.pdf>
- FAO-ESA/CIP. (2011). *Estudio de la Cadena de la Papa en Ecuador*. Retrieved Septiembre 15, 2016, from http://www.fao.org/fileadmin/templates/esa/LISFAME/Documents/Ecuador/cadena_papa.pdf
- Flores, & Galston. (1982). *Analysis of Polyamines in Higher Plants by High Performance Liquid Chromatography* (Vol. III). USA, Italia: Plant Physiol. Retrieved Junio 20, 2016
- Gabriel, J., Magne, J., & García. (2009). Tecnología tangible para afrontar el efecto causado por heladas. *In Revista Latinoamericana*, 75-77. Retrieved Septiembre 17, 2015

- Google, e. (2013). *Mapa de la Hacienda el Prado "IASA I"*. Retrieved Septiembre 5, 2016, from <https://www.google.com.ec/maps>
- INAMHI. (2011). *Estadísticas de las heladas en Ecuador*. Retrieved Septiembre 16, 2016, from <http://www.inamhi.gov.ec/meteorologia/bdecadal/agosto/decada3/agodec3.pdf>.
- INEC. (2014). *Datos Estadísticos Agropecuarios*. Retrieved Septiembre 15, 2016, from <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/censo-nacional-agropecuario/>
- INIAP. (2000). *Aplicaciones industriañles de raices y tuberculos andinos*. Lima, Perú: Departamento de Nutrición y Calidad. Retrieved septiembre 18, 2015
- INIAP. (2014). *La papa en Ecuador*. Retrieved Septiembre 16, 2016, from www.jdsproducciondepapas.blogspot.com/2009/09/la-papa-en-ecuador.html
- Izco, J. (2004). *Botánica*. Madrid: McGraw hill Interamericana.
- Li, P., & Palta, J. (1978). Frost hartening and freezing stress in tuber-bearing *Solanum* especies. New York: Li y Sakai.
- Li, P., & Palta, J. (1988). Frost hartening and freezing stress in tuber-bearing *Solanum* especies. New York: Li y Sakai.
- Lucero, P., & Hernán. (2009). *Informe anual del Programa de Papa de la estación experimental Chuquipata*. Cuenca: EC INIAP. Retrieved Octubre 17, 2015
- MAGAP/SINAGRO. (2014). *Archivos de Informacion Geográfica*. Retrieved Septiembre 18, 2016, from sni.gob.ec/coberturas

- Mendoza, H., & Estrada, R. (1980). Breeding potato for tolerance to stress and frost. España: International Potato Centre Stress Physiology. Retrieved Junio 27, 2016
- Morlon, P. (1979). Apuntes sobre el problema agronómico de las heladas. *Proyecto Colza Y cereales*. Cañada, Perú. Retrieved Junio 29, 2016, from <http://www.produccion-animal.com.ar/>
- Norato, J., Legaz, E., & M, T. (1991). Putrescina: Protector del maíz ante las heladas. *COMALFI*, 7-11. Retrieved septiembre 17, 2015
- Norato, J., Vicente, C., & Torregroza, M. (1991). Efectos de la spoliaminas putrescina, cadaverina, espermidina y espermina en el crecimiento de maiz contra heladas. *COMALFI*(47), 1-6. Retrieved Septiembre 18, 2015
- Popovic. (1989). Plasmatic Membrane in Plants and Its efectts. *Plant Physiol*. Retrieved Septiembre 17, 2016, from [www.inamhi.gov.ec/meteorologia/bdecadal/agosto/decada3/ago dec3.pdf](http://www.inamhi.gov.ec/meteorologia/bdecadal/agosto/decada3/ago%20dec3.pdf)
- Popovic, R., Kyle, D., & Zalik, S. (1979). Stabilization of thylakoid membranes by spermine during stress-induced senescence of barley leaf discs. *Plant Physiol*. Retrieved Septiembre 17, 2015
- PROINPA. (1996). *Selección y difusión de cultivares con tolerancia a factores abióticos*. Cochabamba, Bolivia. Retrieved Septiembre 10, 2015
- Pumisacho, M., & Sherwood, S. (2002). *El cultivo de papa en Ecuador*. Quito, Estados Unidos de Mexico: INIAP. Retrieved Septiembre 17, 2015

- Romero, H., & Norato, J. (1996). Acción de las poliaminas en la protección de la papa criolla (*Solanum phureja* CV “yema de huevo”) contra las heladas. *Agronomía Colombiana*, 50-55. Retrieved Septiembre 10, 2015, from <http://www.captura.uchile.cl/bitstream/handle/2250/5484/schmidth04.pdf>
- Slocum. (1984). The plasma membrane in freezing injury and cold acclimation annu. *Plant Physiol.* Retrieved Septiembre 18, 2016
- Smith. (1991). REcent Advances in the Biochemistry of Plants Amines, Phytochemistry. Ecuador. Retrieved Septiembre 17, 2016, from [www.inamhi.gov.ec/meteorologia/bdecadal/agosto/decada3/ago dec3.pdf](http://www.inamhi.gov.ec/meteorologia/bdecadal/agosto/decada3/ago%20dec3.pdf)
- Smith, A. (1975). Recent Advances in the Blochemistry of Plant amines, Phytochemistry. Phytochemistry. Retrieved Julio 18, 2015
- Steponkus. (1984). Role of the plasma membrane in freezing injury and cold acclimation Annu. *Plant Physiol*, 543-584. Retrieved Septiembre 17, 2016, from [www.inamhi.gov.ec/meteorologia/bdecadal/agosto/decada3/ago dec3.pdf](http://www.inamhi.gov.ec/meteorologia/bdecadal/agosto/decada3/ago%20dec3.pdf)
- Sundbom, E., & Strand, M. (1982). A screening method for frost tolerance of potato in temperature induced florescence. Umea: Plant Physiology.
- Vega, & Bamberg. (1995). Screening the U.S. potato colection for frost hardness. U.S.A.: Am. Potato J. Retrieved Junio 18, 2016
- Villacrés, E. (1999). Evaluación, rendimiento nutricional detubérculos andinos. Lima, Peú: Internacional Advances. Retrieved Septiembre 18, 2015

Villavicencio, V., & Vásquez, C. (2008). *Guía técnica de cultivos*. Quito, Ecuador:

INIAP. Retrieved Octubre 1, 2016