



Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias

Fecha de Presentación: Abril – 2012

Estación Experimental: Santa Catalina

Programa / Departamento: Programa Nacional de Raíces y Tubérculos Rubro Papa. (PNRT – papa).

Proyecto: “Ampliando la frontera agrícola de la papa para disminuir los efectos del cambio climático” (CLIPAPA).

Título: Respuesta a bajas temperaturas de treinta genotipos de papa (*Solanum* spp.) bajo condiciones controladas.

Ubicación:

Provincia: Pichincha
Cantón: Mejía
Parroquia: Cutuglahua
Localidad: Estación Experimental Santa Catalina

Autor: Jessica Marlene Amagua Bautista

Coautor (es): Xavier Cuesta
Jorge Rivadeneira

Colaboradores: Centro Internacional de la papa (CIP)
Instituto Vasco de Investigación y Desarrollo Agrario (NEIKER)

Fecha de inicio: Abril 2012

Fecha de terminación: Abril 2013

Fuente(s) de Financiamiento:

PROYECTO	MONTO USD	PORCENTAJE
CLIPAPA	4,605.18	82.79 %
INIAP	357.38	6.42 %
TESISTA	600.00	10.79 %
TOTAL	5,562.56	

Presupuesto:

1 ANTECEDENTES

La papa (*Solanum tuberosum* L.) es uno de los cultivos alimenticios más importantes a nivel mundial, ocupa el cuarto lugar en importancia como alimento, después del maíz, el trigo y el arroz (Devaux *et ál.*, 2010). La producción de papa se localiza principalmente en tres zonas de la Sierra, Norte (Carchi e Imbabura), Centro (Pichincha, Cotopaxi, Tungurahua, Chimborazo y Bolívar) y Sur (Cañar y Azuay) (Andrade *et ál.*, 2002 y Devaux *et ál.*, 2010). Se siembra durante todo el año, dependiendo de las características propias de cada zona y los mayores rendimientos se obtienen entre los 2900 y 3300 msnm, donde la temperatura promedio fluctúa entre los 9 y 11 °C (Devaux, *et ál.*, 2010).

En lo que al clima respecta, se evidencian un conjunto de eventuales impactos que derivan del cambio climático, la falta de agua, cambios en la distribución e intensidad de las precipitaciones, incrementos en la frecuencia de heladas y caída de nieve en zonas de montaña están relacionados a factores extremos del clima (Aliaga y Villegas 2009). El estudio de fuentes resistentes a factores abióticos se ha llevado a cabo por los diferentes problemas que enfrenta el sector agropecuario frente al cambio climático (FONTAGRO, 2010).

La helada es un fenómeno que se presenta cuando la temperatura desciende por debajo de los 0 °C y es uno de los factores meteorológicos, que dependiendo de su intensidad, duración y la fase fenológica en que se encuentra el cultivo puede provocar grandes daños a la agricultura (INAMHI, 2011). Hay dos tipos de heladas: aquellas que van acompañadas de alta humedad, rocío y baja temperatura (conocidas como heladas blancas,) y las que se presentan con un fuerte descenso de temperatura cuando el aire está muy seco (llamadas heladas negras) (Estrada, 2000). En el Ecuador las heladas se presentan todo el año, sin embargo en los meses de julio, agosto, septiembre, noviembre y diciembre el porcentaje de heladas es mayor (11 y 14 %), mientras que en los meses de enero, marzo, julio, agosto y diciembre hay mayor riesgo en zonas de influencia de la cordillera central y occidental con temperaturas mínimas que fluctúan entre -1.0 y - 2.2 °C (INAMHI, 2011).

La sensibilidad a este factor reduce la producción de papa en millones de hectáreas a nivel mundial. La planta comienza a mostrar síntomas de daños por debajo de los 4 °C (Lyons, 1973 citado por Hetherington *et ál.*, 1983). A diferencia de las enfermedades o pestes, las prácticas de cultivo o los tratamientos químicos no son efectivos en combatir heladas. En consecuencia, el mejoramiento genético es necesario (Vega and Bamberg, 1995). Las pérdidas reportadas en los Andes (-3 °C a -4 °C) causan una reducción estimada de la producción anual de 30 % en promedio (Estrada, 2000) y en el Ecuador de hasta el 100 % (Cuesta, 2011)¹.

Varios factores fisiológicos están asociados con la resistencia a las heladas, la presión osmótica, contenido de agua celular, contenido de clorofila, lípidos, proteínas, pigmentos, almidón, azúcares, cambios en los compuestos moleculares, la recuperación posterior a las

¹ Cuesta, X. 2011. Pérdidas por heladas en Ecuador. PNRT-papa del INIAP. Información personal

heladas, la nutrición (dosis altas de potasio protegen a la planta) y sustancias de crecimiento (Acido Abscísico ABA y Cloruro 2-cloroetiltrimetilamonio CCC) (Sundbom *et ál.*, 1982 y Estrada 2000). Varias prácticas agronómicas también pueden reducir estos efectos como: selección del lugar a cultivar, selección de especies, fechas de siembra, movimiento natural del aire frío, manejo de la fertilización, manejo de la humedad del suelo, uso de calefactores, ventiladores y aspersores (Martinez *et ál.*, 2007).

Murillo (1977) menciona que mientras mayor es la cantidad de agua en el protoplasma mayor es la posibilidad de formación de hielo y muerte de las células, esto indica que la susceptibilidad de los cultivares a las bajas temperaturas podría deberse al mayor contenido relativo de agua en las hojas. De igual manera la cantidad de clorofila presente en las hojas de la planta puede servir como un indicador de la condición general de la planta. Las plantas más saludables (menor nivel de daño y mayor porcentaje de recuperación al estrés a bajas temperaturas) contienen más clorofila que las menos saludables (Sundbom *et ál.*, 1982).

Ante este panorama los programas de mejoramiento genético de papa tiene el gran reto de generar variedades con tolerancia a bajas temperaturas que sean capaces de adaptarse a los cambios paulatinos del clima y sean altamente productivas, además de que éstas sean resistentes a factores bióticos emergentes (Gabriel *et ál.*, 2009). Se ha evidenciado también la existencia de valiosas fuentes de tolerancia a heladas en especies cultivadas de *S. andigena*, *S. stenotomum*, *S. ajanhuirii*, *S. curtilobum* y *S. juzepczukii* (Gabriel *et ál.* 1997 y Ochoa, 2001 citado por Choque, 2007). Estrada (2000) menciona que hay al menos unas 15 especies resistentes en los Andes que toleran bajas temperaturas de -5 °C hasta -7 °C por 2 a 3 horas y se pueden cruzar con las especies cultivadas diploides (*S. phureja*).

En base a estos antecedentes el Programa Nacional de Raíces y Tubérculos rubro Papa (PNRT-Papa), pretende estudiar el comportamiento de treinta genotipos de papa (entre variedades nativas, mejoradas y clones promisorios) frente al estrés a bajas temperaturas bajo condiciones controladas, y seleccionar los genotipos que presenten mejor respuesta a bajas temperaturas y su posible uso en el programa de mejoramiento para el desarrollo de variedades con tolerancia a bajas temperaturas.

2 JUSTIFICACIÓN

Las heladas son una limitante muy importante en el sector agrícola ecuatoriano, se presentan en la mayoría de las zonas de influencia de la cordillera central y occidental, con mayor riesgo en los meses de enero, marzo, julio, agosto y diciembre. Existen técnicas agronómicas para reducir los efectos del estrés causado por las bajas temperaturas, estas técnicas no son suficientes para disminuir el riesgo de pérdida en el cultivo, por lo que es necesario desarrollar nuevas variedades adaptadas a condiciones adversas del clima, aprovechando la biodiversidad natural existente en las especies de la colección ecuatoriana, a través del mejoramiento genético.

Reconociendo la importancia de las heladas y de los efectos negativos que producen en el rendimiento en zonas donde se cultiva papa, el PNRT-Papa se ve en la necesidad de realizar esta investigación para seleccionar genotipos que presenten tolerancia a bajas temperaturas.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo general

Estudiar la respuesta a bajas temperaturas de 30 genotipos de papa (nativas, mejoradas y clones promisorios), bajo condiciones controladas.

3.2 Objetivos específicos

- 3.2.1 Determinar el nivel de daño de treinta genotipos de papa a bajas temperaturas en condiciones controladas.
- 3.2.2 Evaluar el contenido hídrico y contenido de clorofila en treinta genotipos de papa expuestos a bajas temperaturas, bajo condiciones controladas.
- 3.2.3 Seleccionar los genotipos que presenten mejor respuesta a bajas temperaturas para su posible uso en mejoramiento y desarrollo de nuevas variedades.

4 HIPÓTESIS

4.1 Hipótesis nula

Los genotipos de papa no presentan cambios en la clorofila, contenido hídrico y respuesta de recuperación al estrés por bajas temperaturas.

5 MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 Ubicación

El ensayo se ubicará, en el INIAP, Estación Experimental Santa Catalina el cual tiene las siguientes condiciones agroclimáticas, Cuadro 1.

Cuadro 1. Ubicación del sitio experimental para evaluar la respuesta a bajas temperaturas. Cutuglahua, Pichincha. 2012.

UBICACIÓN	DESCRIPCIÓN
Provincia	Pichincha
Cantón	Mejía
Parroquia	Cutuglahua
Altitud	3058 msnm
Longitud	78°33' O
Latitud	00°22' S
Temperatura promedio/día	15.8 °C
Temperatura máxima promedio/día	22.6 °C
Temperatura mínima promedio/día	6.8 °C
Humedad relativa promedio/día	76.3 %
Precipitación promedio/anual	1 432 mm/año

Fuente: Estación Meteorológica Izobamba, ubicada en la EESC-INIAP, 2011.

5.1.1 Características de temperatura y humedad del invernadero

El ensayo se ubicará en un invernadero del INIAP, el cual tiene las siguientes condiciones ambientales, Cuadro 2.

Cuadro 2. Características ambientales del invernadero para evaluar la respuesta a bajas temperaturas en 30 genotipos de papa (*Solanum* spp.) bajo condiciones controladas. Cutuglahua, Pichincha. 2012.

CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES	DESCRIPCIÓN
Temperatura máxima promedio	28.0 °C
Temperatura mínima promedio	7.0 °C
Humedad relativa	70-90 %

Fuente: PNRT- papa, 2011.

5.1.2 Características ambientales de la cámara de crecimiento

Cuadro 3. Características ambientales de la cámara de crecimiento para evaluar la respuesta a bajas temperaturas en 30 genotipos de papa (*Solanum* spp.) bajo condiciones controladas. Cutuglahua, Pichincha. 2012.

CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES	DESCRIPCIÓN
Temperatura máxima	80 °C
Temperatura mínima	-10 °C
Humedad relativa	0 - 90 %
Luz blanca	80 lúmenes
Luz alógena	100 lúmenes

Fuente: Datos tomados de la cámara de crecimiento, 2011.

5.2 Materiales y equipos

5.2.1 Material biológico experimental

Genotipos

- Precoces (19)
- Semi tardias (8)
- Tardias (3)

5.2.2 Materiales y equipos experimentales

- Invernadero
- Macetas
- Cámara de cultivo de plantas EIE International (ver Anexo 1)
- Medidor de clorofila SPAD -502 Plus (ver Anexo 2)
- Estufa
- Bomba de mochila
- Fertilizantes
- Fungicidas y pesticidas
- Letreros
- Sustrato
- Cajas petri
- Cámara fotográfica
- Microscopio
- Cinta métrica
- Papel absorbente
- Balanza analítica

5.2.3 Materiales y equipos de oficina

- Calculadora
- Computador
- Libro de campo

5.3 Métodos

5.3.1 Método específico del experimento

Para evaluar la respuesta a bajas temperaturas de diferentes genotipos de papa (Cuadro 4), se sembraran los tubérculos-semilla de los diferentes genotipos en macetas de 1.0 kg de capacidad los mismos que estarán ubicados en el invernadero. Cuando se encuentren en prefloración (dependerá del ciclo de cultivo de cada genotipo) se les ubicará dentro de la cámara de crecimiento (EIE International) con las condiciones de temperatura establecidas en el Cuadro 5, por un periodo de 3 horas (Estrada, 2000) a una humedad relativa del 60 % Monteros (2000).

Luego de 3 horas que las plantas sean sometidas a bajas temperaturas serán llevadas nuevamente al invernadero, posteriormente se realizarán las evaluaciones respectivas del daño causado por el estrés según procedimiento mencionado por Alvarado *et ál.*, (1972), Murillo (1977) y Estrada (1978,1982).

Los genotipos que presenten mejor respuesta a cada una de las variables evaluadas; nivel de daño, contenido de clorofila y contenido relativo de agua serán seleccionados y utilizados para posteriores investigaciones del programa de mejoramiento.

5.3.2 Factores en estudio

- Genotipos de papa (G)

Cuadro 4. Genotipos de papa para evaluar la respuesta a bajas temperaturas, bajo condiciones controladas. Cutuglahua, Pichincha. 2012.

GENOTIPOS	NOMBRE
Precoces	
g1	Norteña negra
g2	Chaucha amarilla alargada
g3	INIAP - Puca shungo
g4	INIAP - Yana shungo
g5	INIAP - Pan
g6	INIAP - Natividad
g7	INIAP - Victoria
g8	98-11-6
g9	05-15-1
g10	97-25-3
g11	98-2-6
g12	99-99-2
g13	00-24-1
g14	00-23-3
g15	05-32-6
g16	05-22-11
g17	399062-115
g18	399075-26
g19	399079-23
Semi tardias	
g20	Carrizo Cotopaxi
g21	Wagra singa
g22	Milagrosa
g23	Violeta
g24	Suscaleña negra
g25	Súper violeta
g26	INIAP - Estela
g27	INIAP - Fripapa
Tardias	
g28	Tushpa
g29	Parda pastusa
g30	Superchola

Fuente: Genotipos del programa de mejoramiento de papa del INIAP, 2011.

- **Temperaturas (T)**

Las temperaturas seleccionadas para esta investigación fueron determinadas en base a datos reportados por el INAMHI (2011) y de trabajos realizados por Hetherington *et ál.*, (1983).

Cuadro 5. Temperaturas para evaluar la respuesta a bajas temperaturas de 30 genotipos de papa (*Solanum* spp.) bajo condiciones controladas. Cutuglahua - Pichincha 2012.

CÓDIGO	SIGNIFICADO
t1	3 °C
t2	0 °C.
t3	-3 °C

5.3.3 Tratamientos

Los tratamientos a evaluar en el presente estudio resultan de las interacciones entre los factores en estudio: genotipos (G), Temperaturas (T) y se presentan en el Cuadro 6.

Cuadro 6. Tratamientos para evaluar la respuesta a bajas temperaturas de 30 genotipos de papa (*Solanum* spp.) bajo condiciones controladas. Cutuglahua - Pichincha 2012.

TRAT	CÓD	INTERPRETACIÓN	TRAT	CÓD	INTERPRETACIÓN
t1	g1t1	Norteña negra x (3 °C)	t46	g16t1	(05-22-11) x (3 °C)
t2	g1t2	Norteña negra x (0 °C)	t47	g16t2	(05-22-11) x (0 °C)
t3	g1t3	Norteña negra x (-3 °C)	t48	g16t3	(05-22-11) x (-3 °C)
t4	g2t1	Chaucha amarilla alargada x (3 °C)	t49	g17t1	(399062-115) x (3 °C)
t5	g2t2	Chaucha amarilla alargada x (0 °C)	t50	g17t2	(399062-115) x (0 °C)
t6	g2t3	Chaucha amarilla alargada x (-3 °C)	t51	g17t3	(399062-115) x (-3 °C)
t7	g3t1	INIAP - Puca shungo x (3 °C)	t52	g18t1	(399075-26) x (3 °C)
t8	g3t2	INIAP - Puca shungo x (0 °C)	t53	g18t2	(399075-26) x (0 °C)
t9	g3t3	INIAP - Puca shungo x (-3 °C)	t54	g18t3	(399075-26) x (-3 °C)
t10	g4t1	INIAP - Yana shungo x (3 °C)	t55	g19t1	(399079-23) x (3 °C)
t11	g4t2	INIAP - Yana shungo x (0 °C)	t56	g19t2	(399079-23) x (0 °C)
t12	g4t3	INIAP - Yana shungo x (-3 °C)	t57	g19t3	(399079-23) x (-3 °C)
t13	g5t1	INIAP - Pan x (3 °C)	t58	g20t1	Carrizo Cotopaxi x (3 °C)
t14	g5t2	INIAP - Pan x (0 °C)	t59	g20t2	Carrizo Cotopaxi x (0 °C)
t15	g5t3	INIAP - Pan x (-3 °C)	t60	g20t3	Carrizo Cotopaxi x (-3 °C)
t16	g6t1	INIAP - Natividad x (3 °C)	t61	g21t1	Wagra singa x (3 °C)
t17	g6t2	INIAP - Natividad x (0 °C)	t62	g21t2	Wagra singa x (0 °C)
t18	g6t3	INIAP - Natividad x (-3 °C)	t63	g21t3	Wagra singa x (-3 °C)
t19	g7t1	INIAP - Victoria x (3 °C)	t64	g22t1	Milagrosa x (3 °C)
t20	g7t2	INIAP - Victoria x (0 °C)	t65	g22t2	Milagrosa x (0 °C)
t21	g7t3	INIAP - Victoria x (-3 °C)	t66	g22t3	Milagrosa x (-3 °C)
t22	g8t1	98-11-6 x (3 °C)	t67	g23t1	Violeta x (3 °C)
t23	g8t2	98-11-6 x (0 °C)	t68	g23t2	Violeta x (0 °C)
t24	g8t3	98-11-6 x (-3 °C)	t69	g23t3	Violeta x (-3 °C)
t25	g9t1	05-15-1 x (3 °C)	t70	g24t1	Suscaleña negra x (43 °C)
t26	g9t2	05-15-1 x (0 °C)	t71	g24t2	Suscaleña negra x (0 °C)
t27	g9t3	05-15-1 x (-3 °C)	t72	g24t3	Suscaleña negra x (-3 °C)
t28	g10t1	(97-25-3) x (3 °C)	t73	g25t1	Súper Violeta x (3 °C)
t29	g10t2	(97-25-3) x (0 °C)	t74	g25t2	Súper Violeta x (0 °C)
t30	g10t3	(97-25-3) x (-3 °C)	t75	g25t3	Súper Violeta x (-3 °C)
t31	g11t1	(98-2-6) x (3 °C)	t76	g26t1	INIAP - Estela x (3 °C)
t32	g11t2	(98-2-6) x (0 °C)	t77	g26t2	INIAP - Estela x (0 °C)
t33	g11t3	(98-2-6) x (-3 °C)	t78	g26t3	INIAP - Estela x (-3 °C)
t34	g12t1	(99-99-2) x (3 °C)	t79	g27t1	INIAP - Fri papa x (3 °C)
t35	g12t2	(99-99-2) x (0 °C)	t80	g27t2	INIAP - Fri papa x (0 °C)
t36	g12t3	(99-99-2) x (-3 °C)	t81	g27t3	INIAP - Fri papa x (-3 °C)
t37	g13t1	(00-24-1) x (3 °C)	t82	g28t1	Tushpa x (3 °C)
t38	g13t2	(00-24-1) x (0 °C)	t83	g28t2	Tushpa x (0 °C)
t39	g13t3	(00-24-1) x (-3 °C)	t84	g28t3	Tushpa x (-3 °C)
t40	g14t1	(00-23-3) x (3 °C)	t85	g29t1	Parda pastusa x (3 °C)
t41	g14t2	(00-23-3) x (0 °C)	t86	g29t2	Parda pastusa x (0 °C)
t42	g14t3	(00-23-3) x (-3 °C)	t87	g29t3	Parda pastusa x (-3 °C)
t43	g15t1	(05-32-6) x (3 °C)	t88	g30t1	Superchola x (3 °C)
t44	g15t2	(05-32-6) x (0 °C)	t89	g30t2	Superchola x (0 °C)
t45	g15t3	(05-32-6) x (-3 °C)	t90	g30t3	Superchola x (-3 °C)

5.3.4 Unidad experimental

La unidad experimental estará representada por una planta de papa en etapa de prefloración, cultivada en una maceta de 1.0 kg de capacidad.

5.3.5 Análisis estadístico

5.3.5.1 Diseño experimental

Se utilizará un Diseño de Bloques Completos al Azar, con un arreglo factorial 30x3x3 cada repetición se evaluarán en períodos diferentes.

5.3.5.2 Esquema del análisis de la varianza

Cuadro 7. Esquema del análisis de la varianza para evaluar genotipos, temperaturas y tratamientos. Cutuglahua, Pichincha. 2012.

Fuentes de variación	GL
TOTAL	269
TRATAMIENTOS	89
GENOTIPOS (G)	29
Tardías	18
Semi tardías	7
Precoces	2
Tardías vs Semi tardías	1
Precoces VS Tardías y Semi tardías	1
TEMPERATURAS (T)	2
t1 vs t2t3	1
t2vs t3	1
GXT	58
REPETICIONES	2
ERROR EXP	89

5.3.5.3 Análisis funcional

Para los factores e interacciones que presenten significación estadística se utilizará la prueba de Tukey al 5 %.

Se realizará la correlación de Pearson al 5% entre las variables para medir su grado de asociación.

5.3.6 Variables y métodos de evaluación

5.3.6.1 Nivel de daño por helada

Para evaluar el nivel de daño en las plantas, se medirá a los 8 días de sometidas a estrés por bajas temperaturas y se calificará según la siguiente escala (Vega and Bamberg 1995).

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

5.3.6.2 Contenido de clorofila

Se tomarán dos lecturas con un medidor de clorofila (SPAD 502 Plus), durante el ciclo de cultivo, la primera 10 días antes de someter las plantas a estrés por baja temperatura y la segunda 10 días después, se tomarán las lecturas en cada planta, en hojas jóvenes completamente expandidas, las lecturas se expresarán en Unidades SPAD (Chlorophyll Content Meter, 2009).

5.3.6.3 Contenido relativo de agua en las hojas (CRA)

Se tomará un foliolo del tercio superior de la planta, se pesará la muestra en fresco, después se hidratará el foliolo en una bandeja con agua destilada durante 12 horas en oscuridad y posteriormente se pesará el peso turgente, luego la muestra se colocará en una estufa por 48 horas a 65 °C hasta que llegue a un peso constante, se pesará y se obtendrá el peso seco (Ekanayake, 1993). Se expresará en porcentaje.

PF = Peso Fresco

PS = Peso Seco

PT = Peso Turgente

$$\text{CRA (\%)} = \left[\frac{\text{PF} - \text{PS}}{\text{PT} - \text{PS}} \right] * 100$$

5.3.7 Selección de genotipos

La selección de genotipos se realizará por medio de la tabulación y análisis de datos tomados en las unidades experimentales, teniendo en consideración la capacidad de recuperación de los genotipos luego de someterlos a estrés por bajas temperaturas, del nivel de clorofila, nivel de daño y contenido relativo de agua en las hojas.

5.3.8 Manejo específico del experimento

5.3.8.1 Selección de genotipos para la evaluación

Para el ensayo se seleccionaron treinta genotipos de papa, de los cuales se tomaron 19 genotipos precoces, 8 semi tardías y 3 tardías (Cuadro 4).

La selección de los materiales se estableció en base a las diferentes características que presenta cada genotipo como son: resistencia y/o tolerancia a enfermedades y sequía, rendimiento, calidad, su uso y su difusión en las diferentes zonas paperas del Ecuador. Cada uno de estos factores ha sido estudiado por el PNRT-papa del INIAP (Cuadro 7).

Cuadro 8. Características de genotipos seleccionados para evaluar la respuesta a bajas temperaturas bajo condiciones controladas. Cutuglahua, Pichincha. 2012.

COD	GENOTIPO	CARACTERÍSTICAS DE SELECCIÓN		
		Rend t/ha	Comportamiento frente tizón tardío *	Usos
Precoces				
g1	Norteña negra	27.3	S	Consumo en fresco
g2	Chaucha amarilla alargada	36.4	Inter.	Consumo en fresco y hojuelas
g3	INIAP - Puca shungo	8.9 a 27.4	MR	Consumo en fresco, hojuelas y bastones
g4	INIAP - Yana shungo	7 a 29.4	MR	Consumo en fresco, hojuelas y bastones
g5	INIAP - Pan	40.0	S	Consumo en fresco y bastones
g6	INIAP - Natividad	45-55	R	Consumo en fresco, hojuelas y bastones
g7	INIAP - Victoria	40.0	MR	Consumo en fresco, hojuelas y bastones
g8	98-11-6	40.0	R	Consumo en fresco
g9	05-15-1	40.0	R	Consumo en fresco
g10	97-25-3	40.0	R	Consumo en fresco
g11	98-2-6	40.0	R	Consumo en fresco
g12	99-99-2	40.0	R	Consumo en fresco
g13	00-24-1	40.0	R	Consumo en fresco
g14	00-23-3	40.0	R	Consumo en fresco
g15	05-32-6	40.0	R	Consumo en fresco
g16	05-22-11	40.0	R	Consumo en fresco
g17	399062-115	42.0	R	Consumo en fresco
g18	399075-26	27.3	R	Consumo en fresco
g19	399079-23	46.7	R	Consumo en fresco
Semi tardías				
g20	Carrizo Cotopaxi	36.4	MR	Consumo en fresco
g21	Wagra singa	24.2	Inter.	Consumo en fresco
g22	Milagrosa	36.4	MR	Consumo en fresco
g23	Violeta	24.2	Inter.	Consumo en fresco
g24	Suscaleña negra	30.0	MR	Consumo en fresco
g25	Súper violeta	30.0	MR	Consumo en fresco
g26	INIAP - Estela	41.0	R	Consumo en fresco
g27	INIAP - Fripapa	30.0	R	Consumo en fresco, hojuelas y bastones
Tardías				
g28	Tushpa	40.0	S	Consumo en fresco y hojuelas
g29	Parda pastusa	40.0	MR	Consumo en fresco
g30	Superchola	30.0	S	Consumo en fresco

Fuente: Programa de mejoramiento de papa del INIAP, CIP. 2011.

*R = Resistente, MR = Moderadamente resistente, Inter = Resistencia intermedia, S = Susceptible

5.3.8.2 Sustrato para las macetas

Para la siembra se utilizará una mezcla esterilizada de 3 partes de suelo negro y 1 parte de pomina, para evitar problemas con patógenos de suelo (hongos, bacteria), insectos y semillas de malezas (Hidalgo *et ál.*, 1997).

5.3.8.3 Siembra

Se sembrará un tubérculo-semilla en cada maceta, debe estar en estado de brotación múltiple, se colocará a una profundidad de (5 a 10 cm) que no esté visible para uniformizar la germinación.

5.3.8.4 Riego

El riego se realizará directamente al suelo en las macetas para evitar problemas fitosanitarios en las hojas, se ejecutará riegos frecuentes manteniendo el sustrato a capacidad de campo mientras se encuentre en el invernadero. Esta labor se suspenderá dos días antes de someter a las plantas al estrés por bajas temperaturas.

5.3.8.5 Fertilización

Para determinar la cantidad y tipo de fertilización a aplicarse en cada maceta se considerarán los resultados del análisis del sustrato.

5.3.8.6 Controles fitosanitarios

El control de plagas y enfermedades se realizará solo si se diagnostica su presencia utilizando productos preventivos o curativos.

7 PRESUPUESTO

Cuadro 9. Presupuesto para evaluar la respuesta a bajas temperaturas en 30 genotipos de papa (*Solanum spp.*) bajo condiciones controladas. Cutuglahua, Pichincha. 2012.

RUBROS	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNIT. (USD)	TOTAL (USD)
INSUMOS				367.60
Semilla	kg	90	2.00	180.00
Fertilizantes				
10-30-10	kg	5	3.00	15.00
Control fitosanitario	control	1	18.00	18.00
Desinfectante de suelo	control	1	7.60	7.60
Sustrato				
Tierra negra	kg	681.75	7.00	105.00
Pomina	kg	272.7	7.00	42.00
MATERIALES DE CAMPO				1,775.38
Macetas	Unidad	300	0.99	297.00
Cámara de crecimiento	Mantenimiento	1	1 000.00	1 000.00
Medidor de clorofila SPAD	Alquiler	1	300	300.00
Cajas Petri	Paquetes	5	3.00	15.00
Bomba de mochila	Unidad	1	40.00	40.00
Regaderas	Unidad	2	10.19	20.38
Letreros	Unidad	100	1.00	100.00
Papel aluminio	Rollos	2	1.50	3.00
MATERIALES DE OFICINA				143.30
Papel bond	Resma	3	4.50	13.50
Libreta de apuntes	Unidad	4	0.60	2.40
Carpetas	Docena	1	2.40	2.40
Impresiones	Hojas	300	0.05	15.00
Anillados	Unidad	5	2.00	10.00
Empastado	Texto	5	20.00	100.00
OTROS				3,011.40
Análisis de sustrato	Análisis	1	11.40	11.40
Aranceles Facultad	Trámite tesis	1	500.00	500.00
Visita de Tesis	Visita	1	100.00	100.00
Remuneración tesista	Mensual	12	200.00	2 400.00
SUBTOTAL				5,297.68
Imprevistos (5 %)				264.88
TOTAL				5,562.56

7.1 Fuentes de financiamiento

En base al costo total por ciclo de cultivo, las fuentes de financiamiento y el aporte correspondiente a cada una de ellas, son las siguientes:

FUENTE	MONTO (USD)	PORCENTAJE (%)
PROYECTO CLIPAPA	4,605.18	82.79
INIAP	357.38	6.42
TESISTA	600.00	10.79
TOTAL	5,562.56	100.00

8 BIBLIOGRAFÍA

1. ALIAGA, J. y VILLEGAS, H. 2009. Cambio Climático, Desarrollo Económico y Energías Renovables: Estudio exploratorio de América Latina. In Proyecto Regional de energía y clima. Universidad Católica Boliviana. 44p.
2. ALVARADO, L.; ESTRADA, N. y RIVEROS, G. 1972. Evaluación de papa resistente a las heladas en estado de plántulas. VII Reunión, Sociedad Latinoamericana de Papa, Bogotá – Colombia. p 123-129.
3. ANDRADE, H; BASTIDAS, O. y SHERWOOD, S, 2002. La papa en Ecuador. In El cultivo de la papa en Ecuador. Edición INIAP-CIP. Quito-Ecuador. p 21-28.
4. CCI (Cámaras Climáticas), 2009. Cámaras de ensayos climáticos y de envejecimiento ambiental acelerado para reproducción y simulación en laboratorio de climas naturales o artificiales. Diseño, investigación y desarrollo desde 1967. Consultado 16-03-2012. Disponible en: <http://cci-calidad.blogspot.com/2009/07/camaras-para-crecimiento-de-plantas.html>
5. CHOQUE, E.; ESPINOZA, R.; ZEBALLOS J. y GABRIEL, J. 2007. Resistencia a helada en germoplasma de papa nativa de Bolivia. In Revista Latinoamericana de la Papa. 14(1): p 24-32
6. CHLOROPHYLL CONTENT METER, 2009. Medidor de clorofila en plantas con medición instantánea. Infoagro - Systems. Consultado 09-11-2011. Disponible en: <http://www.infoagro.com.Minolta Spad 502>.
7. CHLOROPHYLL METER, 2009. Medidor de clorofila SPAD502 Plus. Manual del producto. Item # 2900P, 2900 PDL. 23p.
8. DEVAUX, A.; ORDINOLA, A.; HIBON, A. y FLORES, R. 2010. El sector papa en la región andina: Diagnóstico y elementos para una visión estratégica (Bolivia, Ecuador, Perú). Lima, PE. Centro Internacional de la Papa. 385 p.
9. EKANAYAKE I. 1993. CIP guía investigativa 19. Evaluación de resistencia a la sequía en genotipos de papa y batata (camote). 16 pp.
10. ESTRADA, N. 1978. Breeding frost-resistant potatoes for the tropical highlands. In: Plant Cold Hardiness and Freezing Stress. p 333 – 341, P.H. Li ed. Academic Press.

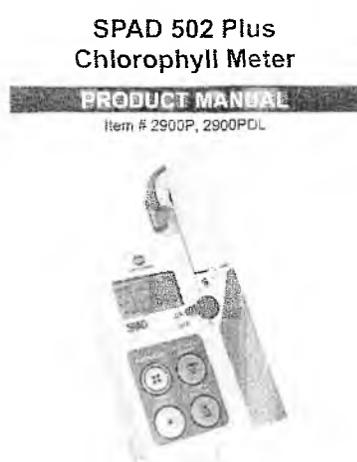
11. _____, 1982. Breeding wild and primitive potato species to obtain frost-resistant cultivated varieties. In: Plant Cold Hardiness and Freezing Stress. Mechanisms and crop implications. p 615 – 633.
12. _____, 2000. La Biodiversidad en el Mejoramiento Genético de la papa. Bill Hardy, Emma Martinez (eds.) La Paz, Bolivia. 372 p.
13. FONTAGRO (Fondo Regional de Tecnología Agropecuaria), 2010 Ampliando la frontera agrícola de la papa para disminuir los efectos del cambio climático.
14. GABRIEL, J; MAGNE, J; GARCÍA, R y COCA J. 2009. Variedades nativas de papa: Tecnología tangible para afrontar el efecto causado por la helada y la sequía. In Revista Latinoamericana de la Papa 15(1): p 75-77.
15. HETHERINGTON, S.; SMILLIE, R.; MALAGAMBA, P., and HUAMÁN, Z. 1983. Heat tolerance and cold tolerance of cultivated potatoes measured by the chlorophyll-fluorescence method. P 119-124.
16. HIDALGO, O.; MARCA, J. y PALOMINO, L. 1997. Producción de Semilla Prebásica y Básica usando Métodos de Multiplicación Acelerada. Producción de Tubérculos-Semillas de Papa. Manual de Capacitación. Fasc. 4.3. 1era edición. CIP. 18p.
17. INAMHI (Instituto Nacional de Meteorología e hidrología), 2011. Estadísticas de las heladas. Porcentaje de heladas en el Ecuador, Región Interandina. Consultado 12-02-2012. Disponible en: http://www.inamhi.gov.ec/meteorologia/bdecadal/agosto/decada3/ago_dec3.pdf.
18. IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) 2007. El calentamiento de la Tierra. Un resumen basado en los resultados publicados en el cuarto informe de IPCC respecto al estado de nuestro sistema climático.
19. MARTÍNEZ, L.; IBACACHE, A.; ROJAS, L. 2007. Efectos de las heladas en la agricultura. Instituto de investigaciones agropecuarias INIA. Boletín informativo N°. 165. 68 p.
20. MONTEROS, C. 2000. Respuesta de la Quinoa (*Chenopodium quinoa* Will), a diferentes temperaturas bajas en tres fases fenológicas. Tesis MSc. Universidad

Nacional del Altiplano. Escuela de Postgrado. Maestría en Agricultura Andina. Puno –Perú. 107 p.

21. MURILLO, V. 1977. Evaluación y utilización de las papas cultivadas por resistencia a heladas. Tesis MSc. Universidad Nacional Agraria la Molina. Programa Académico de graduados. Lima – Perú. 90 p.
22. SUNDBOM, E.; STRAND, M.; and HALLGREN, J. 1982. A screening method for frost tolerance of potato (*solanum* sp). In *Temperature-Induced Fluorescence Changes*. Department of Plant Physiology, University of Umea. 70: p 1299- 1302
23. VEGA, S and BAMBERG J. 1995. Screening the U.S. potato collection for frost hardiness. In *American Potato Journal* 72: p 13-21.

9 ANEXO

Anexo 1. Medidor de clorofila SPAD – 502 Plus



Medidor de Clorofila SPAD-502 Plus es un medidor compacto y ligero que puede ser utilizado para determinar la cantidad de clorofila presente en las hojas de la planta.

La cantidad de clorofila presente en las hojas de la planta puede servir como un indicador de la condición general de la planta. En general, las plantas más saludables contienen más clorofila que las menos saludables.

El valor determinado por el SPAD• 502Plus indica la cantidad relativa de clorofila presente en las hojas de la planta. Este valor SPAD se puede utilizar para determinar cuando la fertilización adicional es necesaria. A través del uso adecuado de los valores medidos por el SPAD, es posible producir plantas más sanas, lo que resulta en un rendimiento mayor de los cultivos y de mejor calidad (Chlorophyll Meter, 2009).

Anexo 2. Cámara de crecimiento de plantas



Para el estudio de cultivos de plantas, su crecimiento y su desarrollo evolutivo, germinación de semillas, etc, bajo diversas condiciones ambientales, se emplean las cámaras de investigación climática.

En este tipo de cámaras, no solo se pueden simular condiciones ambientales variables de temperatura y humedad, sino también de radiaciones solares y atmósferas gaseosas modificadas (ozono, CO₂, etc.) en función de los entornos de investigación que se pretendan estudiar. (CCI, 2009).