



Fecha de Presentación:	Julio – 2013
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:	Evaluación agronómica de seis genotipos de papa (<i>Solanum spp.</i>) sometidos al déficit hídrico en la etapa fenológica de floración.
Ubicación:	Provincia: Chimborazo Cantón: Riobamba Parroquia: Macají Localidad: ESPOCH
Autor:	Robinson Fabricio Peña Murillo
Coautor (es):	Ing. Agr. Jorge Rivadeneira Ing. Agr. Xavier Cuesta Ing. Agr. Juan León
Colaborador:	Centro Experimental del Riego de la ESPOCH
Fecha de inicio:	Junio 2013
Fecha de terminación:	Junio 2014
Presupuesto:	\$ 8017
Fuente(s) de Financiamiento:	INIAP \$ 2603 32,50 % ESPOCH \$ 614 7,70 % TESISTA \$ 4800 59,90 %

1. ANTECEDENTES

Según la FAO, (2008) la producción de alimentos de los países en desarrollo se lleva a cabo en un 60 % en tierras que dependen de lluvia, teniendo solo un 40 % restante de regadío, constituyendo el agua en requisito indispensable para alcanzar y preservar el desarrollo sostenible.

Se prevé que estos países aumentarán sus tierras de regadío pasando de los 248 millones de hectáreas actuales a 311 millones para el 2030, acentuando que el riego aumenta la producción entre un 100 y el 400 % (FAO, 2008).

Hoy en día, en el Ecuador, los productores de papa (*Solanum spp.*) siembran anualmente cerca de 49.000 ha., pero las condiciones de producción han contribuido a que el cultivo enfrente muchos problemas que ponen en peligro el bienestar económico de los productores y la seguridad alimentaria del país, siendo no solo las dificultades usuales como plagas y enfermedades, si no cada vez más relacionadas con problemas abióticos (InfoResources, 2008).

Stott *et al*, (2004) menciona que tanto los productores como los investigadores dan cuenta de un aumento del estrés hídrico, de cambios en la distribución e intensidad de las lluvias, de granizadas, de heladas, fenómenos extremos producto del cambio climático (InfoResources, 2008).

Según El Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, 2007), menciona que el cambio climático es un cambio en el estado promedio del clima, a lo largo del tiempo, generalmente cifrado en decenios o en períodos más largos debido a la variabilidad natural o consecuencia de la actividad humana.

Estudios realizados por Watson *et al*, (1997) señalan que los principales efectos directos del cambio climático sobre los cultivos, serían principalmente la duración de los ciclos, alteraciones fisiológicas por exposición a temperaturas fuera del umbral permitido, deficiencias hídricas y respuestas a nuevas concentraciones de CO₂ atmosférico.

El vegetal al estar sometido a un desequilibrio hídrico, lo contrarresta con el cierre de los estomas, evitando así la pérdida de agua desde el interior de la célula del mesófilo y con ello la disminución del transporte y translocación de nutrientes, dando como resultado reducir la fotosíntesis y el crecimiento; pero si el factor estresante continua por un largo tiempo, llegará a un estado de agotamiento con la muerte del vegetal (Hanson y Hitze, 1982, Kramer, 1983).

El Ministerio de Agricultura, Ganadería Acuicultura y Pesca, (2006) reporta que los efectos del cambio climático ya se evidencia en el país, es el caso de la Provincia de Chimborazo donde las épocas definidas de lluvia han desaparecido, siendo la disponibilidad de agua menor, destacar que la escasa precipitación entre los años 2002 y 2003 afectó el cultivo, provocando pérdidas en el rendimiento entre el 20 y 30%.

Seleccionar por rendimiento bajo o en condiciones de sequía es fácil de hacer, sin embargo mucho de los cultivares que poseen una mínima pérdida de producción no son atractivos comercialmente, porque poseen un bajo rendimiento potencial o baja calidad del tubérculo en condiciones de riego o de sequía; por otro lado, estos materiales podrían tener un comportamiento interesante al usarse en programas de mejoramiento con variedades con alto rendimiento comercial (Schafleitner *et al*, 2007).

Por lo mencionado, en el país el Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias INIAP mediante el Programa Nacional de Raíces y Tubérculos Rubro Papa (PNRT-Papa) ha iniciado actividades en campo para la selección de genotipos con tolerancia a la sequía en la sierra central ecuatoriana, estudios realizados por Bonilla en el 2009, en tres localidades (Tiazo Bajo, Pusniag y Santa Lucía) de la provincia de Chimborazo dando como resultado los siguientes genotipos como tolerantes: I-PAN, Brenda (CIP), R2 (CIP), 97-1-10, 99-38-5, 99-78-5, 04-12-1, , 99-66-4, 99-99-2, 04-24 -1, 97-1-8, 99-32-1 (Bonilla, 2009).

Además por Jaramillo en el año 2012, en dos localidades (Tunshi Alto y Macají ESPOCH) de la provincia de Chimborazo los siguientes genotipos como tolerantes: I-Estela y clones 10-10-97, 07-29-11 (Jaramillo, 2012).

2. JUSTIFICACIÓN

La necesidad de desarrollar tecnologías que se adapten a los efectos adversos del cambio climático sobre la producción de este tubérculo; se plantea en la presente investigación, identificar genotipos de papa (*Solanum spp.*) con tolerancia al déficit hídrico para que los agricultores de zonas con reducida precipitación, puedan disponer de alimento, diversifiquen la producción y además obtengan ingresos por la venta del tubérculo, siendo el caso de las Zonas de la Provincia de Chimborazo donde las épocas definidas de lluvias ya no existen, sino que además sitios considerados como productores de papa ya no obtienen la rentabilidad deseada, dando lugar a que la calidad de vida de los agricultores disminuya, ocasionando un abandono de las tierras.

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo general

Evaluar agrónomicamente seis genotipos de papa (*Solanum spp.*) sometidos al déficit hídrico en la etapa fenológica de floración en la provincia de Chimborazo.

3.2 Objetivos específicos

- 3.2.1** Evaluar el comportamiento agronómico de seis genotipos de papa (*Solanum spp.*) en condiciones de déficit hídrico en la etapa fenológica de floración.
- 3.2.2** Cuantificar los requerimientos hídricos por estado fenológico (Kc).
- 3.2.3** Seleccionar genotipos de papa (*Solanum spp.*) con tolerancia al déficit hídrico en la etapa fenológica de floración.

4. HIPÓTESIS

4.1 Hipótesis nula

Ho₁: No existe variación en la respuesta al déficit hídrico en floración de los genotipos de papa evaluados.

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 Materiales

5.1.1 Características del sitio experimental

5.1.1.1 Ubicación

La presente investigación se realizará en el Campus Macají, de la localidad Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), Provincia de Chimborazo, sus características se presentan en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Ubicación del sitio experimental para la evaluación agronómica de seis genotipos de papa (*Solanum spp.*), sometidos al déficit hídrico en la etapa fenológica de floración. Campus Macají, Provincia Chimborazo, 2013.

CARACTERÍSTICAS	LOCALIDAD
<u>Localización:</u>	
Lugar:	ESPOCH
Parroquia:	MACAJI
Cantón:	RIOBAMBA
<u>Ubicación geográfica:</u>	
Altitud:	2.821 m.s.n.m.
Latitud:	1°39'18,82" S
Longitud:	78°40'39.99" O
<u>Condiciones climáticas:</u>	
Temperatura:	13,5 °C
Precipitación:	350 mm/año
Humedad relativa:	59,6 %

Fuente: Estación Meteorológica ESPOCH, (2013).

5.1.2 Equipos y materiales

5.1.2.1 Material biológico

Semilla: Variedades mejoradas (3), clones promisorios (3).

5.1.2.2 Materiales y equipos de campo

Fertilizantes, fungicidas, insecticidas, herramientas de labranza, bomba de mochila, balanza, flexómetro, cámara fotográfica, gps, estacas, piola, letreros, estructura metálica, plástico, etiquetas, mallas, fundas, medidor de clorofila, tensiómetros, bloques de yeso, estación meteorológica.

5.1.2.3 Materiales y equipos de oficina

Libro de campo, computador, marcadores, calculadora

5.2 Método

Para evaluar genotipos de papa (*Solanum spp.*) con características de tolerancia al déficit hídrico, se realizarán dos métodos: el uno en condiciones favorables para el desarrollo de cultivo “Sin Estrés” y el segundo con un aporte hídrico reducido en el estado de floración “Con Estrés”, siendo necesario en este estado la instalación de una estructura metálica cubierta con plástico, con el fin de impedir que las precipitaciones (en caso de haberlas) tomen contacto con los genotipos.

Los dos métodos dispondrán de riego por goteo para evaluar la capacidad de recuperación de las plantas después del déficit hídrico. La aportación de agua será mínima permitiendo a los genotipos de papa cumplir su ciclo fenológico, para ello se realizará un calendario de riego, con los siguientes parámetros de evaluación:

5.2.1 Medición de agua en el suelo

5.2.1.1 Contenido gravimétrico de agua en el suelo “Porcentaje de humedad”.

Se determinará tomando una muestra representativa de cada método (del Con Riego y Sin Riego) a una profundidad de 15, 30 y 45 cm en forma diaria y aplicando la fórmula (Ekanayake, 1994 y Enciso, 2005)

$$\text{Humedad del Suelo}(\%) = \frac{\text{Peso suelo húmedo} - \text{Peso Suelo Seco}}{\text{Peso Suelo Seco}} * 100$$

5.2.1.2 Potencial mátrico del suelo

5.2.1.2.1 Tensiómetros

Los tensiómetros se colocarán en el centro de los dos ensayos (con riego y sin riego), en el lomo del surco, a una profundidad de 15, 30, 45 cm, la lectura se la realizará en la mañana ya que el

movimiento de agua en el suelo y hacia la planta es insignificante existiendo un estado de equilibrio, y la interpretación de las lecturas de acuerdo al Cuadro 2 (Ekanayake, 1994 y Fuente, 2006).

Cuadro 2. Interpretación de lecturas de los tensiómetros

LECTURA (centibares)	INTERPRETACIÓN
2 - 10	Cerca de Saturado
11 - 20	Capacidad de campo
30 - 60	Intervalo de riego: Intervalo usual para comenzar a regar.
60 - 70	Seco: Este es el intervalo de estrés.
80	Tensión rompe: Este es el límite de precisión del tensiómetro.

Fuente: Fuente (2006).

5.2.1.2.2 Bloques de yeso

Los bloques de yeso (sensores) se colocarán una profundidad de 15, 30 y 45 cm. y las lecturas se harán con el instrumento de medición, modelo KS-D1 medidor de humedad, la interpretación de las lecturas de acuerdo a la Cuadro 3 (DELMHORST, 1999).

Cuadro 3. Interpretación de lecturas de los bloques de yeso

Tipo de suelo	No riego necesario	Riego para ser aplicado	Zona de peligro, insuficiente humedad del suelo
Fino	80 - 100	60 - 80	Bajo 60
Medio	88 - 100	70 - 88	Bajo 70
Grueso	90 - 100	80 - 90	Bajo 80

Fuente: DELMHORST, (1999).

5.2.2 Evapotranspiración del cultivo de referencia (Eto)

La Eto es una cantidad que depende exclusivamente de las condiciones del medio ambiente se la determinará con la siguiente fórmula:

$$Eto = Ev * Kp$$

Dónde:

Eto = Evapotranspiración del cultivo de referencia (mm/día)

Ev = Evaporación (mm)

K_p

= Datos climáticos: humedad relativa (HR %), velocidad del viento (m/s), barlovento.

Se tomará datos diarios de evaporación misma que se la determinará con el tanque de evaporación clase A.

En el Caso de K_p los datos climáticos como la Humedad relativa (HR) lo determinamos con la estación meteorológica portátil, la velocidad del viento con el anemómetro, con estos valores lo interpolamos (Cuadro 4) y sacamos el valor de K_p (León y Trezza, 1998).

Cuadro 4. Coeficientes del tanque evaporímetro (K_p) para el tanque Clase A para diversas localidades y ambientes de los tanques y varios valores de velocidad media de viento y de humedad relativa.

Tanque Clase A	Caso A: Tanque situado en una superficie cultivada			Caso B: Tanque situado en suelo desnudo				
		Baja < 40	Media 40 - 70	Alta > 70		Baja < 40	Media 40 - 70	Alta > 70
HR media								
Velocidad viento (m/s)	Distancia del cultivo a barlovento (m)				Distancia del cultivo a barlovento (m)			
Baja <2	1	,55	,65	,75	1	,7	,8	,85
	10	,65	,75	,85	10	,6	,7	,8
	100	,7	,8	,85	100	,55	,65	,75
	1000	,75	,85	,85	1000	,5	,6	,7
Moderada 2 - 5	1	,5	,6	,65	1	,65	,75	,8
	10	,6	,7	,75	10	,55	,65	,7
	100	,65	,75	,8	100	,5	,6	,65
	1000	,7	,8	,8	1000	,45	,55	,6
Alta 5 - 8	1	,45	,5	,6	1	,6	,65	,7
	10	,55	,6	,65	10	,5	,55	,65
	100	,6	,65	,7	100	,45	,5	,6
	1000	,65	,7	,75	1000	,4	,45	,55
Muy alta >8	1	,4	,45	,5	1	,5	,6	,65
	10	,45	,55	,6	10	,45	,5	,55
	100	,5	,6	,65	100	,4	,45	,5
	1000	,55	,6	,65	1000	,35	,4	,45

Fuente: FAO, (2006).

5.2.3 Evapotranspiración del cultivo (Etc)

Para el cálculo de la Etc se basa en la siguiente ecuación:

$$Etc = Kc * Eto$$

Dónde:

Etc = Evapotranspiración del cultivo (mm/día)

Eto = Evapotranspiración del cultivo de referencia (mm/día)

Kc = Coeficiente del cultivo (adimensional)

El *Kc* lo determinaremos mediante la fórmula de Hargraves que es: $0,01335 + 0,04099 x (\text{Etapa del cultivo}) - 0,0004 x (\text{Etapa del cultivo})^2$ para lo cual debemos conocer la duración del ciclo de cultivo de papa de cada desde la siembra a cosecha.

Para la determinación de la precipitación se utilizara el pluviómetro (León y Trezza, 1998).

5.2.2 Factores en estudio

5.2.2.2 Factor A (Riego “Estrés”)

CR: Sin Estrés

SR: Con Estrés

5.2.2.3 Facto B (Variedades y clones promisorios de papa (*Solanum spp.*))

Seis genotipos (clones y variedades) de papa (*Solanum spp.*) del PNRT – INIAP, se pueden identificar en el Cuadro 5.

Cuadro 5. Genotipos de papa (*Solanum spp.*) para su evaluación agronómica sometidos al déficit hídrico en la etapa fenológica de floración. Campus Macají, Provincia Chimborazo, 2013.

GENOTIPO	NOMBRE
G1	INIAP – Estela (Testigo tolerante)
G2	INIAP – Natividad (Testigo)
G3	Superchola (Testigo Susceptible)
G4	10 – 10 – 97 *
G5	07 – 29 – 11 *
G6	98 – 02 – 06 *

* Codificación del PNRT – papa.

5.2.2.4 Tratamientos

Los tratamientos resultarán de la combinación de los factores en estudio (Cuadro 6).

Cuadro 6. Tratamientos en estudio

TRATAMIENTOS	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN
T1	CRG1	Sin Estrés + INIAP Estela
T2	CRG2	Sin Estrés + INIAP Natividad
T3	CRG3	Sin Estrés + Superchola
T4	CRG4	Sin Estrés + 10 – 10 – 97
T5	CRG5	Sin Estrés + 07 – 29 – 11
T6	CRG6	Sin Estrés + 98 – 02 – 06
T7	SRG1	Con Estrés + INIAP Estela
T8	SRG2	Con Estrés + INIAP Natividad
T9	SRG3	Con Estrés + Superchola
T10	SRG4	Con Estrés + 10 – 10 – 97
T11	SRG5	Con Estrés + 07 – 29 – 11
T12	SRG6	Con Estrés + 98 – 02 – 06

5.2.1.3.1 Unidad experimental

La unidad experimental será de 12.00 m², mientras que la parcela neta de evaluación será de 4.8 m², eliminando las plantas de los dos surcos laterales y dos plantas de los extremos de cada surco como borde experimental.

5.2.3 Análisis estadístico

5.2.3.1 Diseño experimental

Se utilizará el diseño de parcela dividida en donde la parcela grande estará el factor riego (sin estrés y con estrés) y las parcelas pequeñas serán los genotipos, el ensayo tendrá tres repeticiones.

5.2.3.2 Especificación de la parcela experimental.

Las características de las parcelas experimentales se detallan en el Cuadro 7, las mismas que se distribuirán al azar en cada repetición y su disposición en el campo se presentan en el Anexo 1.

Cuadro 7. Característica del ensayo para la evaluación agronómica de seis genotipos de papa (*Solanum* spp.) sometidos al déficit hídrico en la etapa fenológica de floración. Campus Macají, Provincia Chimborazo, 2013.

CARACTERISTICAS	UNIDAD	CANTIDAD
Número de unidades experimentales	Parcela	36
Numero de tratamientos	Unidad	12
Numero de repeticiones	Unidad	3
Área total de experimento	m ²	492
Largo del ensayo	m	24
Ancho del ensayo	m	18
Distancia entre repeticiones	m	0,5
Número de caminos	Unidad	2
Características de la parcela experimental.		
Número de tubérculos / parcela	Tubérculos	40
Número de surcos.	Surcos	4
Ancho de la parcela	m	3
Largo de la parcela	m	4
Distancia entre surcos.	m	1
Distancia entre plantas.	m	0,3
Número de plantas evaluadas.	Planta	16
Área neta de parcela.	m ²	4,8
Área total de la parcela	m ²	12
Forma de parcela		Rectangular

5.2.4 Esquema del análisis estadístico.

Cuadro 8. Análisis de varianza del ensayo para la evaluación agronómica de seis genotipos de papa (*Solanum* spp.) sometidos al déficit hídrico en la etapa fenológica de floración. Campus Macají, Provincia Chimborazo, 2013.

FUENTES DE VARIACIÓN	FÓRMULA	GRADOS DE LIBERTAD
Repeticiones	$a - 1$	2
R(Riego)	$r - 1$	1
Error R	$(r - 1) * (a - 1)$	2
G (Genotipos)	$g - 1$	5
Interacción R x G	$(r - 1) * (g - 1)$	5
Error G	$r (g - 1) * (a - 1)$	20
TOTAL	$(r * g * a) - 1$	35

5.2.5 Análisis funcional.

Para los factores e interacción que presenten significancia estadística se utilizará la prueba de tukey al 5%

5.2.6 Variables y métodos de evaluación.

5.2.6.1 Porcentaje de emergencia.

Se determinará el número de plantas emergidas de los tratamientos a evaluarse, se relacionará con el número de tubérculos sembrados en la parcela y se expresará en porcentaje.

5.2.6.2 Altura de la planta.

Para la altura de la planta se elegirá 6 plantas al azar de la parcela neta y se medirá a partir del cuello del tallo hasta el ápice de la planta en los estados fenológicos de prefloración, floración y madurez.

5.2.6.3 Cobertura de la planta.

Se realizará la estimación visual de las plantas de la parcela neta de cada uno de los tratamientos en floración, para lo cual se utilizará la escala 1 a 3 que señala el INIAP – PNRT - papa (2008), citado en el Cuadro 9 (INIAP – PNRT – papa 2008).

Cuadro 9. Escala para determinar la cobertura de suelo de los genotipos de papa (*Solanum* spp.) sometidos al déficit hídrico en la etapa fenológica de floración. Campus Macají, Provincia Chimborazo, 2013.

VALOR	CALIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN
1	Regular	El follaje no cubre entre plantas ni entre surcos.
2	Bueno	El follaje cubre entre plantas.
3	Muy Bueno	El follaje cubre plantas y surcos.

Fuente: CUESTA, (2008).

5.2.6.4 Vigor de la planta.

El vigor se evaluará en floración, considerando aspectos generales de las plantas como: sanidad, cobertura de suelo, altura de planta. Para calificar esta variable se utilizará la escala de 1 a 3 (Cuadro 10) (INIAP – PNRT – papa 2008).

Cuadro 10. Escala para determinar el vigor de los genotipos de papa (*Solanum spp.*) sometidos al déficit hídrico en la etapa fenológica de floración. Campus Macají, Provincia Chimborazo, 2013.

VALOR	CALIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN
1	Poco vigor	La planta presenta poca frondosidad y no cubre el surco.
2	Medio	La planta presenta media frondosidad y cubre la mitad del surco.
3	Vigorosa	La planta presenta frondosidad y cubre el surco.

Fuente: CUESTA, (2008).

5.2.6.5 Floración

Se contabilizarán los días transcurridos desde la siembra hasta que el 50% de las plantas de la parcela neta presenten flores abiertas. Los valores se expresarán en días después de la siembra (dds).

5.2.6.6 Senescencia.

Se contará el número de días transcurridos desde la siembra hasta que el 50% de las plantas de la parcela neta presente el 50% de follaje café, para medición de esta variable se utilizará la escala del Cuadro 11, los valores se expresarán en días después de la siembra (INIAP – PNRT – papa 2008)..

Cuadro 11. Escala para determinar los días a la senescencia de genotipos de papa (*Solanum spp.*) sometidos al déficit hídrico en la etapa fenológica de floración. Campus Macají, Provincia Chimborazo, 2013.

VALOR	DESCRIPCIÓN.
1	Plantas verdes.
2	Hojas superiores con los primeros signos de amarillamiento.
3	Hojas amarillentas.
4	25% de tejido foliar café.
5	50% de tejido foliar café.
6	Más del 75% del tejido foliar café.
7	Plantas muertas.

Fuente: CUESTA (2008).

5.2.6.7 Potencial de recuperación.

Cuando los genotipos empiecen el período de floración, se cortará el suministro de agua y se evaluará la marchitez de la planta a partir del día 20 de déficit hídrico, utilizando la escala de marchitez y potencial de recuperación (Cuadro 12), mediciones que se llevaron a cabo cada tres días por tres ocasiones luego existirá la restitución de agua en los genotipos y se evaluará su recuperación 24 horas después del riego.

Cuadro 12. Escala usada para registrar plantas con síntomas de marchitez y el potencial de recuperación después de un severo estrés hídrico.

Registro de marchitamiento y recuperación	Porcentaje estimado de área foliar turgente	Descripción de los síntomas
9	> 95	Todas las hojas turgentes.
8	80	Hojas inferiores marchitas
7	70	
6	60	
5	50	
4	40	Medio inferior de la planta marchita.
3	30	Hojas altas todavía turgentes
2	20	Planta completamente marchita
1	5	
0	0	Hojas señalan necrosis

Fuente: Beekma y Bouma (1986).

5.2.6.8 Contenido de clorofila

Se medirá el contenido de clorofila de las hojas con la ayuda de un medidor MINOLTA SPAD-502, cuando empiece la floración en condiciones de déficit hídrico y posterior al riego para determinar la recuperación de los genotipos y la cantidad de clorofila de cada tratamiento.

5.2.6.9 Contenido relativo de agua (WRC).

La respuesta de las plantas al estrés por agua puede cuantificarse midiendo el contenido relativo de agua de una muestra de plantas, el WRC foliar mide el contenido relativo de agua respecto al de turgencia total.

$$WRC(\%) = \frac{Pf - Ps}{PT - Ps}$$

Donde:

Pf = Peso fresco de la muestra de hojas.

PT = peso turgente de la muestra de la hoja.

PS = Peso seco de la muestra de hojas.

Se tomará una muestra al azar de tres hojas de cada planta y se determina el peso fresco. Se someten a una inmersión prolongada (aproximadamente de 12 horas) en agua destilada, y se obtiene el peso turgente. Se coloca la muestra al horno por 48 horas a 65°C hasta alcanzar un peso constante y se determina el peso seco, y se aplica la fórmula señalada anteriormente (Smart, 1974).

5.2.6.10 Rendimientos y sus componentes.

5.2.6.10.1 Plantas cosechadas.

Se contabilizará el número de plantas de la parcela neta que se cosechen.

5.2.6.10.2 Número de tubérculos por planta.

Se localizarán 5 plantas de la parcela neta al azar, de las cuales se contabilizarán el número de tubérculos por planta y se reportará el promedio.

5.2.6.10.3 Rendimiento por planta.

El rendimiento se calculará en base al peso total de los tubérculos a la cosecha de la parcela neta, dividida para el número de plantas que se cosecharán, el promedio se expresará en kg/planta.

5.2.7.16.4. Rendimiento por tamaño del tubérculo.

Para la determinación se clasificarán los tubérculos cosechados de la parcela total en tres categorías: tubérculos con peso mayor a 60 g, tubérculos con peso entre 30 a 60 g. y tubérculos con peso menor a 30 g. Los resultados se expresarán en kg.

5.2.7.16.5 Rendimiento total.

Se determinará cosechando la parcela neta de las tres repeticiones, la misma que se sumará y se sacará un promedio, el resultado se expresará en kg/parcela.

5.2.7.16.6 Materia seca del tubérculo.

Para la determinación de la materia seca se realizará con la metodología propuesta por Bonierbale *et al*, (2007) en el laboratorio, la misma que señala picar 5 tubérculos (un total de 500 g aproximadamente) en cubos pequeños de 1 o 2 cm, mezclar bien y tomar sub muestras de 200 g cada una que correspondan a todas la partes de los tubérculos, y registrar los datos como peso fresco de la muestra; colocamos la muestra en una bolsa de papel o un recipiente abierto y ponemos en una estufa a 80°C por 72 horas controlando el peso de las muestras a intervalos regulares hasta que tengan peso constante y se registra. Se aplicará la fórmula para conocer el porcentaje de materia seca:

$$\%Materia\ Seca = \frac{Peso\ materia\ seca}{Peso\ materia\ húmeda} \times 100$$

Esto se realizará para cada uno de los genotipos en estudio.

5.2.7. 17 Selección de los genotipos.

La selección de genotipos se la realizará basados en la capacidad de recuperación de los genotipos luego de someterlos a estrés hídrico, el contenido de clorofila y el rendimiento. Comparando los genotipos del ensayo con déficit hídrico, con el ensayo que presenta condiciones favorables de humedad.

5.2.8 Manejo agronómico del ensayo.

Las labores el ensayo se realizarán de acuerdo a las sugerencias del Programa Nacional de Raíces y Tubérculos rubro papa del INIAP.

5.2.8.1 Labores pre – culturales

5.2.8.1.1 Análisis de suelo.

Las muestras de suelo serán tomadas en forma de zig-zag y a una profundidad de 0-20cm en cada lote del ensayo las mismas que se remitirán al laboratorio de Suelos y Aguas de la Estación Experimental Santa Catalina del INIAP para su análisis físico - químico.

5.2.8.1.2 Preparación del suelo.

La preparación del suelo se lo llevará a cabo con la ayuda de un tractor realizando un pase de arado y dos de rastra a una profundidad de 0,4 m, y el surcado se lo realizará a una distancia aproximada de 1,10 metros.

5.2.8.1.3 Siembra.

La siembra se realizará utilizando semilla del programa de mejoramiento de papa del INIAP colocando un tubérculo a una distancia de 0,3 m y una profundidad de 0,1 – 0,12 m.

5.2.8.1.4 Trampeo.

Se colocarán trampas después de la siembra para disminuir la población de insectos adultos, de gusano blanco de la papa (*Premnotrypes vorax*), las mismas que serán realizadas con follaje fresco de papa, al que será aplicado un insecticida y cubierto con un cartón (Gallegos *et al*, 1997).

5.2.8.1.5 Fertilización.

Se realizará en base del análisis de suelo, la cantidad de fertilizante se dividirá en dos partes, la primera se colocará a la siembra y al fondo de surco y la segunda se incorporará al medio aporque, además se realizarán aplicaciones foliares con micronutrientes durante el ciclo del cultivo.

5.2.8.2 Labores culturales

5.2.8.2.1 Rascadillo.

El rascadillo se realizará a los 30 días después de haber implementado el ensayo aproximadamente, el mismo que se lo realizará de forma manual cuando las plantas emerjan, y se complementará la fertilización nitrogenada.

5.2.8.2.2 Medio aporque.

Se realizará una vez, con la ayuda de azadones cuando sea oportuno dependiendo de la etapa fenológica y de crecimiento del cultivo.

5.2.8.2.3 Aporque.

Con la finalidad de eliminar malezas, aflojar el suelo y estimular la tuberización de los genotipos se realizará esta labor.

5.2.8.2.4 Control de plagas y enfermedades.

Se realizarán aplicaciones de pesticidas preventivos y curativos de acuerdo a la infestación e incidencia de las plagas y enfermedades en el cultivo, según las recomendaciones de manejo integrado del INIAP.

5.2.8.2.5 Cosecha.

Se la realizará en forma manual cuando el cultivo haya alcanzado la madurez fisiológica.

6 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Tiempo / Actividad	Mes 1				Mes 2				Mes 3				Mes 4				Mes 5				Mes 6				Mes 7				Mes 8				Mes 9				Mes 10				Mes 11				Mes 12			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Elaboración anteproyecto	■	■	■	■	■																																											
Revisión del anteproyecto							■	■																																								
Aprobación del anteproyecto											■	■																																				
Selección de lote, georeferenciación y medición											■	■																																				
Muestreo de suelo											■	■																																				
Análisis de suelo											■	■																																				
Preparación del terreno											■	■																																				
Colocación de trampas											■	■																																				
Surcada											■	■																																				
Fertilización											■	■																																				
Siembra											■	■																																				
Evaluaciones y toma de registros.																																																
Rascadillo																																																
Labores Fitosanitaria*																																																
Semiaporque																																																
Segundo Aporque																																																
Cosecha																																																
Riego																																																
Escritura documento																																																
Presentación																																																

* Cuando se requiera

7 PRESUPUESTO

Tabla 1 Presupuesto para la evaluación y selección de seis genotipos de papa (*Solanum* spp.), con tolerancia al déficit hídrico.

RUBROS	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNIT. (USD)	TOTAL (USD)	INIAP	ESPOCH
PREPARACIÓN DEL SUELO				66,0	66,0	
Arada	Hora	1	15	15,0	15,0	
Rastrada	Hora	1	15	15,0	15,0	
Surcada/Mano de Obra	Jornal	3	12	36,0	36,0	
FERTILIZACIÓN				137,3	137,3	
Fertipapa siembra	kg	30	0,95	28,5	28,5	
18 - 46 - 00	kg	25	0,95	23,8	23,8	
Urea	kg	20	0,7	14,0	14,0	
Fertipapa Aporque	kg	50	0,7	35,0	35,0	
Mano de Obra	Jornal	3	12	36,0	36,0	
SIEMBRA				76,0	76,0	
Semilla	qq	2	20	40,0	40,0	
Mano de Obra	Jornal	3	12	36,0	36,0	
CONTROLES FITOSANITARIOS				222,3	222,3	
Mancoceb.	kg.	1	8,5	8,5	8,5	
Metalaxil + Mancoceb	kg.	1	18,5	18,5	18,5	
Fosetil Al.	l	1	16	16,0	16,0	
Dimetomorf.	l	1,5	14,5	21,8	21,8	
Thiametoxam + Lambdacihalotrina	l	0,5	100	50,0	50,0	
Alfa Cipermetrina.	kg.	1	11,5	11,5	11,5	
Mano de obra.	Jornal	8	12	96,0	96,0	
LABORES CULTURALES				108,0	108,0	
Rascadillo	Jornal	3	12	36,0	36,0	
Madio Aporque	Jornal	3	12	36,0	36,0	
Aporque	Jornal	3	12	36,0	36,0	
COSECHA				51,0	51,0	
Envases	Sacos	50	0,3	15,0	15,0	
Mano de Obra	Jornal	3	12	36,0	36,0	
MATERIALES DE CAMPO				700,0	700,0	
Sistema de Riego (Goteo)	Unidad	1		300,0	300,0	
Letreros	Paquete	36	1,5	54,0	54,0	
Plastico	Rollo	2,5	134	335,0	335,0	
Cajas Petri	Paquete	2	5,5	11,0	11,0	

MATERIALES DE OFICINA				148,3	148,3
Papel bond	Resma	3	4,5	13,5	13,5
Libreta de apuntes	Unidad	4	0,6	2,4	2,4
Marcadores	Unidad	6	0,5	3,0	3,0
Carpetas	Docena	1	2,4	2,4	2,4
CD	Unidad	8	0,25	2,0	2,0
Impresiones	Hojas	300	0,05	15,0	15,0
Anillados	Unidad	5	2	10,0	10,0
Empastado	Texto	5	20	100,0	100,0
OTROS				5346,0	5346,0
Análisis de suelo	Análisis	2	23	46,0	46,0
Visita de Tesis	Visita	2	100	200,0	200,0
Viáticos y Movilización	Movilización	10	30	300,0	300,0
Remuneración tesista	Unidad	400	12	4800,0	4800,0
EQUIPOS DE CAMPO				780,4	
Tensiómetros:					
De 15 cm (\$116)	Unidad	6	11,44	68,7	68,7
De 30 cm (\$120)	Unidad	6	11,84	71,0	71,0
De 45 cm (\$125)	Unidad	6	12,33	74,0	74,0
Bloques de Yeso (\$300)	Unidad	1	29,59	29,6	29,6
Barreno (\$350)	Unidad	1	34,52	34,5	34,5
Capsulas Metálicas (\$20)	Unidad	27	3,29	88,8	88,8
Estufa (\$6115)	Unidad	1	201,04	201,0	201,0
Estación meteorológica (\$500)	Unidad	1	24,66	24,7	24,7
Balanza Digital (\$176)	Unidad	1	21,7	21,7	21,7
Medidor de Clorofila (\$5063)	Unidad	1	166,46	166,5	166,5
SUBTOTAL				7635,2	
Imprevistos (5 %)				381,8	381,8
TOTAL				8016,9	7403 614
Porcentaje					92,3 7,7

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 (%)
INIAP	2603	92,30
ESPOCH	614	7,70
TESISTA	4800	32,50
TOTAL	8016,9	100,00

8 BIBLIOGRAFÍA

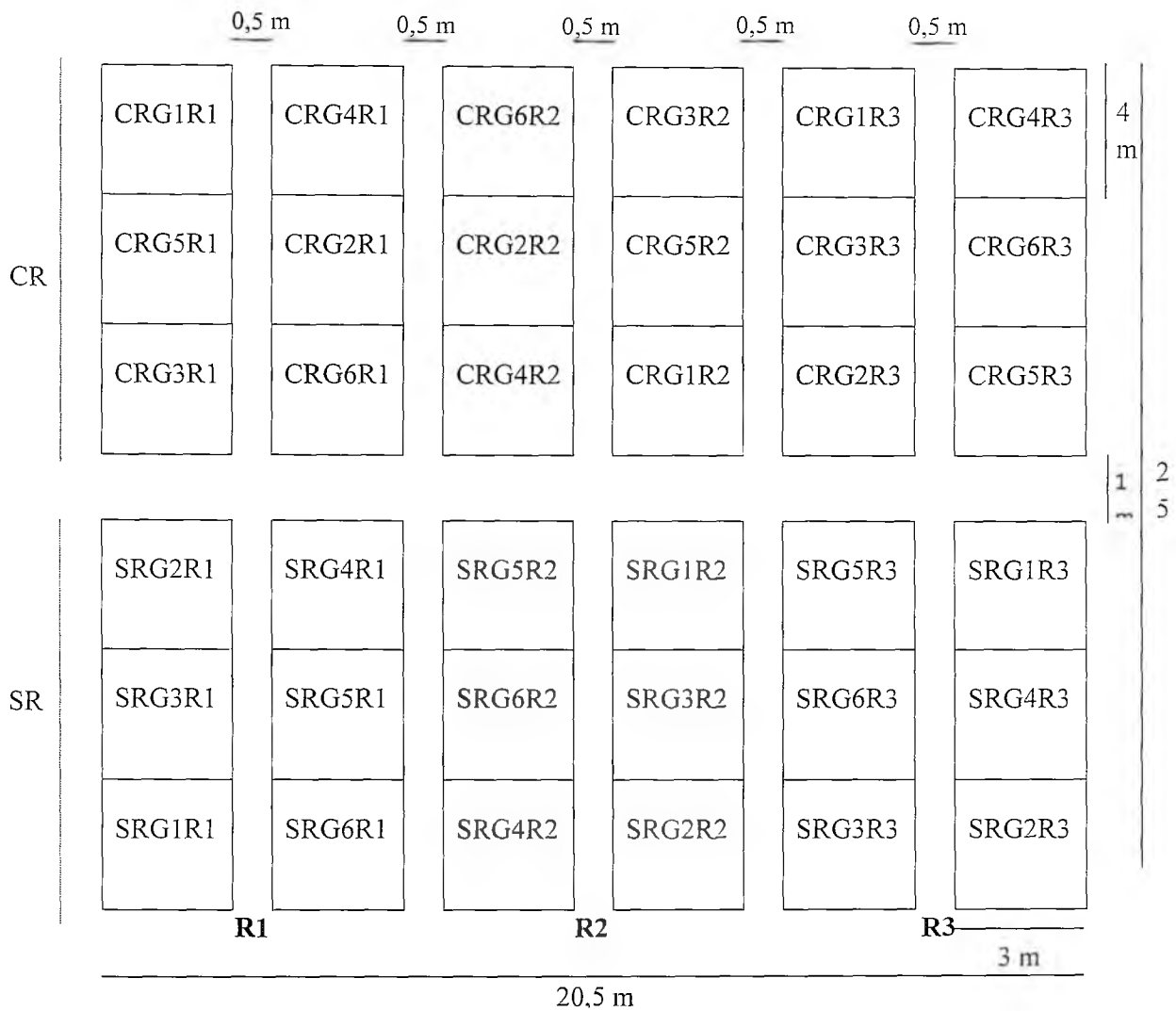
1. BEEKMA A. y BOUMA W. 1986. A possible screening technique for drought tolerance in potato. Foundation for agricultural plant Breeding, Wageningen the Netherlands, pp 67 -71.
2. CUESTA X. 2008. Guía para el manejo y toma de datos de ensayos de mejoramiento de papa. INIAP – PNRT – papa. Quito - Ecuador.
3. BONIERBALE M., DE HAAN S., FORBES A. (2007) Procedures for standard evaluation trials of advanced potato clones. An International Cooperators' Guide. International Potato Center (CIP), Lima - Perú.
4. BONILLA, N. 2009. Evaluación y selección agronómica de cuarenta genotipos de papa (*Solanum tuberosum L*) para tolerancia a estrés hídrico en tres localidades de la provincia de Chimborazo. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Tesis para otorgar el grado de Ingeniería. Ecuador.
5. DELMHORST, 1999. Manual de funcionamiento de los bloques de modelo KS–D1. Consultado el 6 de junio del 2013. Disponible en: www.delmhorst.com
6. EKANAYAKE, I. 1994. CIP Research 30, studying drought stress and irrigation requirements of potatoes. Lima - Perú.
7. ENCISO, 2005. Sensores de Humedad del Riego para eficientizar el riego. Cooperativa de Texas. pp 2 – 6.
8. FAO. 2006. La papa y los recursos hídricos. Consultado 25 de noviembre del 2012. Disponible en: <http://www.potato2008.org/es/lapapa/agua.html>
9. FAO, 2008. El cambio climático y la producción de alimentos. Consultado 25 de noviembre del 2012. Disponible en <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/i0112s/i0112S03.pdf>
10. FAO. 2008. Año Internacional de la Papa. El calentamiento global -pérdidas y ganancias. Consultado 25 de enero del 2012. Disponible en www.potato2008.org/es/perspectivas/bindi.html.
11. FAO. 2008. El mundo de la papa. Consultado 25 de enero del 2012. Disponible en: <http://www.potato2008.org/es/mundo/>
12. FUENTE, A. 2006. Programación de riego con tensiómetros. Consultado 14 de junio del 2013. Disponible en: <http://www.tensiometrosuelo/agua.html>. Culiacan México 22 – 28 pp.

13. GALLEGOS P., AVALOS G. y CASTILLO C. 1997. El Gusano Blanco (*Premnotrypes vorax*) en el Ecuador: Comportamiento y Control. INIAP. Quito. Ecuador. 35 p.
14. HANSON, A. y HITZE, W. 1982. Metabolic responses of mesophytes to plant water deficits. *Annual Review of Plant Physiology* 10 – 22 pp.
15. INFORESOURCES. 2008. Potatoes and Climate Change. FOCUS No 1/08; 16 pp Consultado 29 de noviembre del 2012. Disponible en http://www.inforesources.ch/pdf/focus08_1_e.pdf
16. JACOBSEN, S Y MUJICA A. 1997. Mecanismo de resistencia a la sequía de la quinua. Libro de resumen del congreso internacional de agricultura para zonas áridas. Arica – Chile, pp 68.
17. JARAMILLO, D. 2012. Evaluación y selección de dieciséis genotipos de papa (*solanum spp.*) con tolerancia al déficit hídrico en dos localidades de la provincia de Chimborazo. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Tesis para otorgar el grado de Ingeniería. Ecuador.
18. KRAMER P. 1983. Water stress and plant growth. New York 55p.
19. LEÓN, J. y TREZZA R. 1998. Determinación de evapotranspiración del cultivo y Kc. Centro Internacional de Riegos. Utah. pp 3 – 18.
20. MAGAP. 2006. Boletines agros climáticos mensuales: 2001-2006. Ministerio de Agricultura y Ganadería del Ecuador. Quito. Consultado 29 de noviembre del 2012. Disponible en <http://www.sica.gov.ec/agro/agroclima/bol-mens.htm>
21. MAGAP. 2012. Sistema de información Nacional de agricultura, ganadería, acuicultura y pesca. Consulta de precios. Consultado 29 de noviembre del 2012. Disponible en: http://201.219.3.97/sinagap/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=443
22. Panel Intergubernamental sobre el cambio climático (PICC). 2007. Cambio Climático golpea fuerte a América Latina y el Caribe. Disponible en http://www.unep.org/pdf/ipcc/IPCC_spanish.pdf
23. SCHAFLEITNER R., CHRISTELLE M., CÉDRIC G., ALVARADO A. y LUCIEN H. 2007. Field Screening for Variation of Drought Tolerance in

- Solanum tuberosum L. y Agronomical. Physiological and Genetic Analysis. Potato Research 50: pp 71 – 85
24. SMART R. Y BINGHAM G. 1974. Rapid Estimates of Relative Water Content. Plant Physiol. 53: 258-260
 25. STOTT, P., STONE, D., ALLEN, M. 2004. Human contribution to the European heatwave of 2003, Nature 432, 610-614.
 26. VAN LOON, D. 1981. Drought a major contain in potato production and possibilities for screening for drought resistance; Research station for arable forming and field production of vegetables Ielystad, the Netherlands, pp 7 – 15
 27. WATSON, R., ZINYOWERA, M. y MOSS, R. 1997. The regional impacts of climate change: an assessment of vulnerability. Summary for policymakers. Report of IPCC Working group II. Cambridge 16pp.

9 ANEXOS

Anexo 1. Esquema de la distribución de los tratamientos en estudio ESPOCH - CAMPUS MACAJÍ.



CR: Con Riego
 SR: Sin Riego
 G: Genotipo
 R: Repetición