



**UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**

Evaluación del efecto del poliacrilato de potasio sobre la productividad del cultivo de papa chaucha, en suelos del CADER.

Trabajo de titulación previo a la obtención del Título de Ingeniero Agrónomo

Autor: Toctaguano Chuñir Victor Alfonso

Tutor: Ing. Agr. Juan Edison Pazmiño González, M. Sc.

Quito, marzo 2019

DERECHOS DE AUTOR

Yo, Victor Alfonso Toctaguano Chuñir en calidad de autor y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación: **EVALUACION DEL EFECTO DEL POLIACRILATO DE POTASIO SOBRE LA PRODUCTIVIDAD DEL CULTIVO DE PAPA CHAUCHA, EN SUELOS DEL CADER**, modalidad presencial; Proyecto de Investigación, de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN, concedo a favor de la Universidad Central del Ecuador una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos. Conservo a mi favor todos los derechos de autor sobre la obra, establecidos en la normativa citada.

Así mismo, autorizo a la Universidad Central del Ecuador para que realice la digitalización y publicación de este trabajo de titulación en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

El autor declara que la obra objeto de la presente autorización es original en su forma de expresión y no infringe el derecho de autor de terceros, asumiendo la responsabilidad por cualquier reclamación que pudiera presentarse por esta causa y liberando a la Universidad de toda responsabilidad.

Victor Alfonso Toctaguano Chuñir

CC.: 1720976776

Dirección electrónica: victortoctaguano22@gmail.com

APROBACIÓN DEL TUTOR/A

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Titulación, presentado por **VICTOR ALFONSO TOCTAGUANO CHUÑIR**, para optar por el Grado de Ingeniero Agrónomo; cuyo título es: **EVALUACION DEL EFECTO DEL POLIACRILATO DE POTASIO SOBRE LA PRODUCTIVIDAD DEL CULTIVO DE PAPA CHAUCHA, EN SUELOS DEL CADER**, considero que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del tribunal examinador que se designe.

En la ciudad de Quito, a los 6 días del mes de marzo de 2019.

M.Sc. Juan Pazmiño
DOCENTE-TUTOR
C.C.: 1713230835

**“EVALUACION DEL EFECTO DEL POLIACRILATO DE POTASIO SOBRE LA
PRODUCTIVIDAD DEL CULTIVO DE PAPA CHAUCHA, EN SUELOS DEL
CADER”**

APROBADO POR:

Ing. Agr. Juan Pazmiño, M.Sc.

TUTOR

Dra. Soraya Alvarado, M.Sc.

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ing. Agr. Randon Ortiz, M.Sc.

PRIMER VOCAL DEL TRIBUNAL

Ing Agr. Manuel Pumisacho, M.Sc.

SEGUNDO VOCAL DEL TRIBUNAL

2019

DEDICATORIA

*Esta investigación dedico con inmenso amor a mis sobrinas
y sobrinos, quienes han llegado a mi vida para llenarla de
alegría, luz y esperanza.*

Victor Alfonso Toctaguano Chuñir.

AGRADECIMIENTOS

A mí querida madre, amiga y fuente de inspiración, quien me ha enseñado a luchar y ha cuidado de mí brindándome su apoyo incondicional.

A mis hermanos que han sido ejemplo de dedicación y trabajo.

A mi padre, por haberme ayudado y apoyado durante todo este tiempo.

A las personas que están y ya no están en mi vida y que compartieron momentos junto a mí durante toda esta etapa importante en mi vida.

Gracias totales.

Victor Alfonso Toctaguano Chuñir.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CAPÍTULO	PÁGINAS
1. INTRODUCCIÓN	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA	2
2.1. El cultivo de papa	2
2.1.1. Importancia.....	2
2.1.2. Origen.....	3
2.1.3. Clasificación Botánica de la variedad chaucha “yema de huevo”	3
2.1.4. Características:.....	4
2.1.5. Generalidades	4
2.2. Eco-fisiología del cultivo de papa	4
2.3. Requerimientos hídricos.....	6
2.4. Suelo	6
2.4.1. Fertilidad	7
2.5. Plagas y enfermedades.	8
2.6. Poliacrilato de potasio.....	9
2.6.1. Estructura y funcionamiento del poliacrilato de potasio	9
2.6.2. Características generales del poliacrilato de potasio	11
2.6.3. Beneficios del poliacrilato de potasio	12
2.6.4. Influencia de sales.....	12
2.6.5. Dosificación en cultivos extensivos.....	13
2.7. Riego por surco.....	13
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	16
3.1. Ubicación del estudio.....	16
3.2. Materiales	16
3.3. Metodología.....	17
3.3.1. Muestreo del suelo	17
3.3.2. Preparación del terreno	17
3.3.4. Fertilización y labores culturales	18
3.3.6. Preparación de Poliacrilato de potasio	19
3.3.7. Siembra y adición de poliacrilato de potasio.....	19
3.4. Factores en estudio.....	19
3.4.1. Riego	19
3.4.2. Dosis de poliacrilato de potasio.....	19

3.4.3.	Tratamientos	20
3.5.	Variables	20
3.5.1.	Variables agronómicas	20
3.5.2.	Variables del suelo	21
3.6.	Unidad experimental.....	22
3.7.	Análisis estadístico	22
3.8.	Análisis económico del ensayo	23
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	24
5.	CONCLUSIONES	46
6.	RECOMENDACIONES	47
7.	RESUMEN	48
	SUMMARY.....	49
8.	REFERENCIAS	50
9.	ANEXOS.....	55

LISTA DE TABLAS

TABLAS	PÁG.
1. Caracterización de la producción de papa para el año 2016 en Ecuador.	2
2. Caracterización de la producción de papa 2017	3
3. Fertilización nacional para el año 2016.....	7
4. Extracción total de nutrientes generalizada del cultivo de papa de variedades precoces para diferentes niveles de producción.	8
5. Dosificaciones del poliacrilato de potasio por hectárea por cultivo.	13
6. Tasas promedio de absorción de agua para diferentes tipos de suelo.	15
7. Plan de fertilización y manejo del cultivo de papa.	18
8. Tratamientos utilizados en el presente estudio.	20
9. Descripción de las categorías de papa usadas en el ensayo para las variables de peso, y número de tubérculos por planta.	21
10. ADEVA de la investigación.	22
11. Análisis de la varianza para las ocho variables agronómicas del estudio: Evaluación del efecto del poliacrilato de potasio sobre la productividad del cultivo de papa chaucha (<i>Solanum phureja</i>) en suelos del CADER.	28
12. Prueba de Tukey al 5 % y promedios realizado al factor riego, dosis y su interacción de las variables agronómicas del estudio: Evaluación del efecto del poliacrilato de potasio sobre la productividad del cultivo de papa chaucha (<i>Solanum phureja</i>) en suelos del CADER.....	29
13. Análisis de la varianza de las variables de suelo del estudio: Evaluación del efecto del poliacrilato de potasio sobre la productividad del cultivo de papa chaucha (<i>Solanum phureja</i>) en suelos del CADER.	38
14. Prueba de Tukey al 5 % realizado a la interacción de los factores riego y dosis de las variables de suelo del estudio: Evaluación del efecto del poliacrilato de potasio sobre la productividad del cultivo de papa chaucha (<i>Solanum phureja</i>) en suelos del CADER.....	38
15. Análisis de varianza realizado a la variable humedad semanal del estudio: Evaluación del efecto del poliacrilato de potasio sobre la productividad del cultivo de papa chaucha (<i>Solanum phureja</i>) en suelos del CADER	41
16. Calculo de los costos de mano de obra y dosis de poliacrilato de potasio por hectárea en el experimento.	43
17. Análisis de los costos e ingresos en USD por hectárea en el experimento.	44
18. Análisis de dominancia de los beneficios netos marginales en USD por hectárea en el experimento.	44
19. Análisis de la tasa marginal de retorno TAMAR en USD del experimento.	45

LISTA DE FIGURAS

FIGURAS	PÁG.
1. Fases fenológicas del cultivo de papa para variedades precoces.....	5
2. Representación esquemática de los componentes fundamentales de un polímero súper absorbente y su estructura tridimensional (gel). Fuente: (Liu & Guo, 2001).	10
3. Imágenes de microscopio electrónico de barrido ambiental (ESEM) de un polímero súper absorbente, en seco (imagen izquierda) y estado hinchado (imagen derecha) Fuente: (Sanz, 2015).	10
4. Molécula de poliacrilato de potasio. Fuente: (Alarcón, 2013).	11
5. Tipos de surcos. A) Lineales; B) Contorno Fuente: (INIA, 2017).	14
6. Disposición del experimento en campo.	22
7. Rendimientos promedios totales por parcela neta experimental respecto a las dosis de poliacrilato de potasio y número de riegos.....	31
8. Peso total de los tubérculos por planta por dosis de poliacrilato de potasio y número de riegos.	33
9. Promedio del número de tubérculos por planta por dosis de poliacrilato de potasio y número de riegos.	34
10. Valores promedios de humedad volumétrica en el suelo tomado entre 10 y 15 cm de profundidad.....	36
11. Valores promedios de humedad volumétrica en el suelo tomado entre 25 y 30 cm de profundidad.....	37
12. Valores promedios de humedad semanal en el suelo tomado a los 15 cm de profundidad.	42

LISTA DE ANEXOS

ANEXOS	PÁG.
1. Análisis de sólidos disueltos en el agua de la solución	55
2. Metodología para el cálculo de dosis de poliacrilato de potasio.	55
3. Tamaño de la parcela (unidad experimental)	56
4. Pruebas de normalidad Shapiro Wilks para las variables evaluadas en el estudio.	57
5. Pruebas de correlación para las variables días a la floración, tuberización y humedad gravimétrica de 25 a 30 cm respecto a los rendimientos obtenidos en el estudio.	58
6. Determinación de la textura de suelo.	58
7. Determinación de la humedad gravimétrica y humedad volumétrica inicial	58
8. Determinación de la humedad gravimétrica y humedad volumétrica final.....	58
9. Prueba de Tukey al 5 % realizado al factor dosis de las variables del suelo del estudio: Evaluación del efecto del poliacrilato de potasio sobre la productividad del cultivo de papa chaucha (<i>Solanum phureja</i>) en suelos del CADER.	60
10. Prueba de Tukey al 5 % realizado al factor riego de las variables del suelo del estudio: Evaluación del efecto del poliacrilato de potasio sobre la productividad del cultivo de papa chaucha (<i>Solanum phureja</i>) en suelos del CADER.	60
11. Datos meteorológicos de Rumipamba-Salcedo, ubicado en la provincia de Cotopaxi.....	61

TITULO: Evaluación del efecto del poliacrilato de potasio sobre la productividad del cultivo de papa chaucha, en suelos del CADER.

Autor: Victor Alfonso Toctaguano Chuñir

Tutor: Juan Pazmiño

RESUMEN

La sequía es el principal factor ambiental limitante de la producción de los cultivos, en Ecuador afecta principalmente al cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.); en busca de mitigar sus efectos surge el uso del poliacrilato de potasio. Este trabajo determinó el efecto de este producto en el cultivo de papa chaucha en el CADER. Se evaluó tres riegos y tres dosis de poliacrilato más un testigo; además, se tomó muestras de suelo en dos profundidades al inicio y final del cultivo para conocer el contenido de humedad volumétrica y gravimétrica, finalmente se realizó un análisis económico. Los resultados obtenidos indicaron un mayor contenido de humedad usando este producto, se mejoró la emergencia, altura de planta, número de tallos y tubérculos, días a la floración y tuberización; el mejor rendimiento (13.63 t*ha^{-1}) se dio con la dosis alta y tres riegos, mismo que obtuvo 182.40 USD por cada 100 USD invertidos mientras que el testigo únicamente 122.35 USD.

PALABRAS CLAVE: HUMEDAD / HIDROGELES / SEQUIA / RIEGO

TITLE: EVALUATION OF THE EFFECTS OF POTASSIUM POLYACRYLATE ON THE PRODUCTIVITY OF CHAUCHA POTATO CROPS IN THE CADER.

Author: Victor Alfonso Toctaguano Chuñir

Mentor: Juan Edison Pazmiño González

ABSTRACT

Drought is the primary environmental factor that restricts crop production. In Ecuador, this mainly affects potato (*Solanum tuberosum* L.) crops. In an attempt to mitigate such effects, potassium polyacrylate is used, for which the effect of this product on chaucha potato crops is determined in the CADER. Three irrigation techniques and three doses of polyacrylate were evaluated, in addition to a control sample. Additionally, samples were taken at two different depths, at the beginning and the end of the crop cycle, to analyze the volumetric and gravimetric water content; in addition to an economic analysis. The results obtained indicate a greater amount of water content when using this product, for which the emergence, height, number of stems and tubers, days of flowering, and tuber yield all improved. The best yield ($13.63 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$) corresponds to the highest dose and three waterings, which resulted in USD 182.40 for every USD 100 invested, while the control sample resulted in USD 122.35.

KEYWORDS: HUMIDITY / HYDROGELS / DROUGHT / IRRIGATION

1. INTRODUCCIÓN

La sequía es considerada el principal factor ambiental que limita el crecimiento y la productividad de los cultivos en todo el mundo, especialmente en las zonas semiáridas como el Mediterráneo (Rojas y Ledent, 2014). En el Ecuador se presentan sequías que afectan directamente a la producción agrícola. Como una forma de mitigar la sequía los hidrogeles como el poliacrilato de potasio sirve como material polimérico súper absorbente, son sólidos granulares caracterizados por tener estructura tridimensional entrecruzada de cadenas flexibles, en contacto con agua, esta se desplaza hacia el interior de la partícula de hidrogel, dada la menor actividad de agua que allí se presenta. A medida que el agua se difunde, la partícula incrementa su tamaño y las cadenas poliméricas se mueven para acomodar las moléculas de agua, simultáneamente, la presencia de puntos de entrecruzamiento evita que las cadenas en movimiento se separen y por tanto se disuelvan en el agua (Cortés *et al.*, 2007).

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, 2010). En Ecuador la papa se cultiva en la región interandina desde los 2000 hasta los 3600 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.), y se encuentra un alto número de variedades nativas y mejoradas, algunas de las cuales ofrecen mejores rendimientos con una menor inversión, lo que hace que sean cultivos más rentables (Montesdeoca, 2017).

La papa chaucha (*Solanum phureja J.*) pertenece a la familia Solanaceae, serie tuberosa. Es una planta conformada por varios tallos herbáceos con muchas ramificaciones de donde brotan flores blancas o rojas que se conservan hasta el final del ciclo y hojas compuestas de color amarillo verdoso. El sistema radical está conformado por raíces con ramificaciones laterales y estolones a partir de los cuales se forman los tubérculos, que son órganos de reserva de la planta (Luján, 1996). El cultivo de papa es conocido por su susceptibilidad a la escasez de agua y se han observado diferencias genotípicas en su tolerancia a la sequía. El rendimiento de este cultivo depende de la duración y de la intensidad del estrés hídrico, del clima y de las condiciones del suelo (Rojas & Ledent, 2014). El efecto del estrés hídrico sobre el rendimiento de papa depende de la respuesta global de procesos morfo-fisiológicos, tales como la fotosíntesis, la expansión de la superficie de la hoja, la senescencia foliar, la partición de asimilados, el inicio de la tuberización, entre otros (Galmés *et al.*, 2001).

La provincia de Cotopaxi en el año 2016 presentó una prolongada sequía con una variación del -13% en la variación semestral de la estadística climatológica de precipitación, y un record de precipitación mínima mensual de 7,8 mm, datos registrados por la estación meteorológica ubicada en Rumipamba (INAMHI, 2016), frente a esta situación este ensayo fue ubicado en el Centro Académico Docente Experimental Rumipamba (CADER) en Cotopaxi, con el objetivo de evaluar la capacidad de retención hídrica que tiene el producto poliacrilato de potasio en dichos suelos.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. El cultivo de papa

2.1.1. Importancia

La papa es parte de la dieta de millones de personas a nivel mundial y uno de los rubros importantes de los sistemas de producción de la sierra ecuatoriana, constituye una fuente importante de alimentación e ingresos para la familia campesina. El cultivo de papa se realiza en alturas comprendidas entre los 2 700 a 3 400 m.s.n.m. a lo largo del callejón interandino, sin embargo, los mejores rendimientos se presentan en zonas ubicadas entre los 2 900 y los 3 300 m.s.n.m., donde las temperaturas fluctúan entre 9 y 11 °C (Pumisacho *et al.*, 2002).

La papa contiene en promedio 80% de agua y la materia seca constituida por carbohidratos, proteínas, celulosa, minerales, vitaminas A, C y complejo B, proporcionan una dieta balanceada, además, la papa es utilizada en la industria para la producción de almidón, comida rápida (papas a la francesa), chips (hojuelas) y puré (Bolaños, 2015).

El rendimiento del tubérculo de papa depende de la variedad y de factores relacionados al manejo agronómico controlados por el hombre (calidad de la semilla, fertilización, fitosanidad, riego y momento de cosecha) y factores climáticos (heladas, sequías, lluvias excesivas, calor, etc.) (Bolaños, 2015). El rendimiento promedio del cultivo a nivel nacional para el año 2016, fue de 16.5 t*ha⁻¹ (Tabla 1), que presenta una gran variabilidad entre provincias, Sucumbíos con 30.4 t*ha⁻¹ para las variedades de papa Superchola y Única, seguidamente Carchi con 24.9 t*ha⁻¹ para la variedad de papa Superchola, estas se ubican como las zonas productoras con mayor rendimiento, mientras que, las provincias de Azuay y Cotopaxi presentan rendimientos inferiores al promedio nacional, con 10.8 y 10.4 t*ha⁻¹; respectivamente, ambas con la variedad Superchola (MAGAP, 2018).

Tabla 1. Caracterización de la producción de papa para el año 2016 en Ecuador.

Caracterización de la producción de papa 2016		
Provincia	Rendimiento	Variedad
Sucumbíos	30.4	Superchola-Única
Carchi	24.9	Superchola
Pichincha	21.2	Superchola
Tungurahua	20.6	Superchola
Bolívar	20.1	Superchola
Cañar	19.3	Superchola
Imbabura	18.8	Única
Chimborazo	17.3	Superchola
Azuay	10.8	Superchola
Cotopaxi	10.4	Superchola
Nacional	16.5	Superchola

Fuente: (MAGAP, 2018)

La producción de papa del Ecuador en el año 2017 (Tabla 2), registró un promedio nacional de 18.9 t*ha⁻¹. El rendimiento de papa chaucha alcanza los 17.6 t*ha⁻¹ en la provincia del Azuay para el año 2017, con un nivel de fertilización de 2.5 (N), 5.0 (P), y 0.9 (K) qq*ha⁻¹ (MAGAP, 2018). Sin embargo un estudio rebela que la papa chaucha puede producir hasta 29.39 toneladas por hectárea con un manejo fisionutricional en la misma provincia, en el cual se utilizó protohormonas naturales como citoquininas,

giberelinas y auxinas, en combinación con carbohidratos tales como ácido algínico, manitol, y laminarla, descritos en el catálogo del manejo fisionutricional QUIFATEX S.A. (Bautista *et al.*, 2010).

Tabla 2. Caracterización de la producción de papa 2017

Provincia	Rendimiento	Superficie sembrada (ha)		Mes de siembra	Densidad	Peso de tubérculos por planta (g)	Cantidad material de siembra (qq)			Variedad	Mecanización (preparación del suelo)	Riego (%)	Volumen de fertilizante (qq/ha)		
		Menor o igual a 1 ha	Mayor a 1 ha				10 a 25	26 a 35	Más de 35				N	P	K
Sucumbios	30.0	40%	60%	Marzo	20,851	1,429		100%		Única	40%	0%	3.0	8.2	4.4
Tungurahua	25.7	89%	11%	Noviembre	25,789	1,013	18%	58%	24%	Superchola	95%	18%	5.1	5.9	5.3
Carchi	21.9	35%	65%	Febrero	17,667	1,240	7%	71%	22%	Superchola	94%	34%	3.9	8.1	5.0
Chimborazo	19.2	98%	2%	Octubre-Noviembre	20,762	919	39%	48%	13%	Superchola	94%	15%	1.5	2.6	1.0
Bolívar	18.7	93%	7%	Noviembre	19,102	981	4%	89%	7%	Superchola	56%	70%	3.6	2.6	1.4
Azuay	17.6	86%	14%	Diciembre	18,730	977	64%	36%		Chaucha	21%	7%	2.5	5.0	0.9
Imbabura	17.4	70%	30%	Noviembre	19,903	879	17%	65%	17%	Única	96%	0%	2.6	7.1	3.4
Pichincha	15.8	53%	47%	Febrero	15,716	991	23%	77%		Superchola	100%	17%	2.9	4.6	3.6
Cotopaxi	12.3	80%	20%	Febrero	22,490	581	90%	10%		Superchola	100%	28%	1.6	3.9	1.7
Nacional*	18.9	72%	28%	Febrero -noviembre	20,062	989	30%	57%	13%	Superchola	89%	24%	2.9	5.1	3.0

Fuente: (MAGAP, 2018).

2.1.2. Origen

El lugar de origen de la papa es la cordillera de los Andes en América del Sur. Sin embargo, se considera más preciso poder individualizar dos centros de origen: uno situado en el Perú Central - Ecuador y otro en el sur de Chile. Ésta planta es originaria de los Andes de Sudamérica, su domesticación y cultivo se inició hace miles de años en la cuenca del lago Titicaca, área comprendida entre Perú y Bolivia, sobre 3 800 m.s.n.m. donde se desarrollaron varias culturas andinas, de las cuáles la Aymara y Quechua son las últimas representantes (Rivadeneira, 2013). Desde ese centro de origen, el cultivo de la papa se extendió hacia el norte y sur de la cordillera debido a la interconexión de los pueblos andinos y por consiguiente antes del descubrimiento de América (1492), la papa era cultivada desde Colombia (Chibchas), hasta Chile (Araucanos), con todas las variaciones impuestas por las condiciones ecológicas regionales (IICA, 2014). Éste cultivo es uno de los alimentos más importantes tanto en Europa como en América, se lo ha cultivado extensivamente en los últimos cien años, fueron los españoles quienes la introdujeron en Europa en el siglo XVI, durante la época de las conquistas americanas (Bouzo, 2009).

2.1.3. Clasificación Botánica de la variedad chaucha “yema de huevo”

La descripción de la variedad de papa chaucha conocida como “Yema de huevo” es la siguiente (Rivadeneira, 2013):

Nombre científico: *Solanum phureja*.

Nombre común: Papa

Sistemática:

Reino: Vegetal
 Clase: Angiosperma
 Subclase: Dicotiledónea
 Orden: Tubiflorae
 Familia: Solanácea
 Género: Solanum
 Especie: *Solanum tuberosum*
 Subespecie: *Solanum phureja* (Yema de huevo).

2.1.4. Características:

Según Rivadeneira (2013), las características son las siguientes:

Flores Color:	Lila
Tubérculo Forma:	Redonda
Color Piel:	Amarillo
Pulpa Color:	Amarillo
Reposo:	No tiene
Calidad Cocina:	Excelente
Calidad Industria:	No apta
Ciclo Vegetativo:	cuatro meses
Rendimiento:	17 t*ha ⁻¹

2.1.5. Generalidades

El tubérculo es de tamaño pequeño de forma redonda a ovoide, presenta yemas de profundidad media distribuidos por toda la superficie, la corteza tiene matices amarillos y en algunos casos presenta tintes rojos, la planta puede producir hasta 40 tubérculos esparcidos en contorno. La planta tiene aproximadamente 60 cm de alto, conformada por varios tallos delgados de color verde claro, ramificada en la parte baja de donde brotan flores color lila, blanca o roja. En general la diversidad morfológica del follaje y de los órganos de reproducción de la papa es inmensa en cuanto a forma, tamaño, color, crecimiento y pubescencia, así como las diferencias en sabor de los tubérculos (Ramírez *et al.*, 2011).

La papa chaucha con nombre científico *Solanum phureja* deriva del Aymara y alude a su precocidad (phureja = temprana o precoz), en el norte peruano. El término chaucha también significa temprano o precoz, en Ecuador y Colombia, aunque el nombre más frecuente en este último país es papa criolla (Mercado & Cunya, 2014). Por lo general, presentan tubérculos brotados al momento de la cosecha, son precoces (3 a 4 meses), se cultivan entre los 2 000 a 3 400 m.s.n.m., se adaptan a días cortos, son altamente heterogéneos en la forma y tamaño de los tubérculos, de buena calidad culinaria, buena aceptación en el mercado para varios de sus cultivares. Dentro del grupo existe material valioso para requerimientos específicos del mejoramiento y ha sido motivo de estudios en varios aspectos, resistencia a enfermedades como la lancha, marchitez bacteriana, rizoctoniasis, también contiene material resistente a virus como potato virus X (PVX), virus S de la papa (PSV), virus M de la papa (PMV) y tolerante a bajas temperaturas y calor. Éstos cultivares son apreciadas por el agricultor y por el consumidor de la ciudad su uso es especialmente en sopas y puré, considerándose una de sus limitantes su baja productividad, en relación con las variedades mejoradas. Asimismo, es altamente perecible y pierde rápidamente su aptitud para el consumo, debido que los tubérculos brotan en pocos días y no se pueden almacenar como las otras papas (Mercado & Cunya, 2014).

2.2. Eco-fisiología del cultivo de papa

Para analizar la eco-fisiología del cultivo es conveniente dividir el crecimiento y desarrollo de la planta de papa en cinco estados diferentes, como se describe a continuación, en la Figura 1 (Bouzo, 2009).

- a) Estado de crecimiento I (brotación): se inicia con el desarrollo de los brotes desde los ojos del tubérculo “semilla”, su crecimiento inicial aéreo y la emisión de las primeras raíces en la base de los brotes. Durante esta etapa el crecimiento se sostiene solo con las reservas contenidas en el tubérculo de plantación.

- b) Estado de crecimiento II (Crecimiento vegetativo): comienza un activo crecimiento aéreo con la emisión y expansión foliar desde los brotes emergidos, crecimiento de raíces y rizomas. Parte de este crecimiento todavía se debe a reservas del tubérculo “semilla” aunque pronto agotados la fase de mayor tasa de crecimiento se debe a la actividad fotosintética de las hojas. Los estados de crecimiento I y II pueden llevar de 30 a 70 días, dependiendo de la fecha de plantación, temperatura del suelo, edad fisiológica del tubérculo “semilla” y el genotipo utilizado; comienza la fotosíntesis, desarrollo de tallos, ramas y hojas en la parte aérea y desarrollo de raíces y estolones en la parte subterránea.
- c) Estado de crecimiento III (iniciación de los tubérculos): Comienza con el inicio del engrosamiento de las puntas de los rizomas. La tuberización es controlada por hormonas producidas en la planta. Este estado es un período relativamente corto, entre 10 y 14 días y en muchos cultivares el final del período coincide con el inicio de la floración, momento en que unas pocas flores comienzan a ser visibles. Los cultivares de maduración temprana usualmente comienzan la tuberización antes que los de maduración tardía. Los tipos de maduración tardía pueden incluso continuar esta etapa durante el estado de crecimiento IV, aunque muchos de los tubérculos formados no suelen alcanzar el tamaño comercial los tubérculos se forman en la punta de los estolones en la parte subterránea, en la mayoría de los cultivares el fin de esta etapa coincide con el inicio de la floración.
- d) Estado de crecimiento IV (crecimiento de los tubérculos): las células de los tubérculos se expanden con la acumulación de agua, nutrientes y carbohidratos, los tubérculos se convierten en la parte dominante de la acumulación de carbohidratos y nutrientes inorgánicos.
- e) Estado de crecimiento V (madurez): La parte aérea de la planta comienza a amarillear y a perder hojas, la fotosíntesis gradualmente disminuye, la tasa de crecimiento de los tubérculos se retarda y finalmente el dosel de la planta muere. El contenido de materia seca de los tubérculos alcanza en esta etapa su máximo, dando inicio al engrosamiento de la epidermis de los mismos (formación de peridermis).

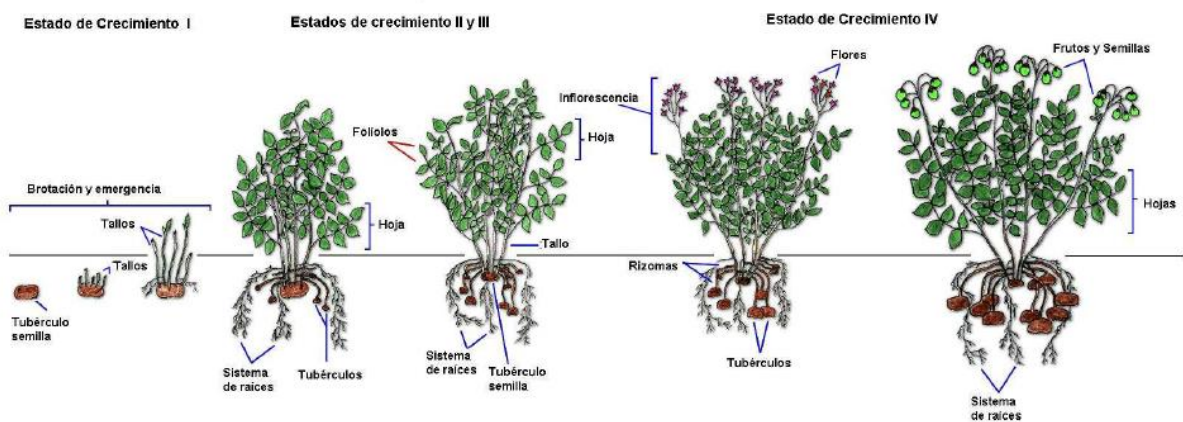


Figura 1. Fases fenológicas del cultivo de papa para variedades precoces.

Fuente: (Bouzo, 2009)

2.3. Requerimientos hídricos

Uno de los primeros efectos de la sequía en la papa es la reducción de su tasa de fotosíntesis debido al aumento de la resistencia estomática (Moorby *et al.*, 1975), la papa es una especie de cultivo que requiere agua en todas las épocas de su desarrollo, sobre todo en la fase de formación de los tubérculos y por tanto necesita lluvias regulares, bien repartidas y sin periodos de sequía, la media óptima de agua es aproximadamente de unos 500 a 600 mm. Además, si se da un exceso de agua al término de la fase de aumento del tamaño de los tubérculos hace que se pudran con facilidad, mientras que su carencia los hace madurar prematuramente. El cultivo de papa se desarrolla desde los 2 400 hasta 3 800 m.s.n.m. en los pisos interandinos y sub-andinos, sin importar la topografía del terreno con inclinaciones hasta del 45% (Rivadeneira, 2013).

Humedad

La humedad relativa moderada (60 - 70 %) es un factor muy importante para el éxito del cultivo de papa. La humedad excesiva (> 70 %) en el momento de la germinación del tubérculo y en el periodo desde la aparición de las flores hasta la maduración del tubérculo resulta nociva (Ramírez, 2010). Una humedad ambiental (> 80 %) excesivamente alta favorece el ataque de enfermedades, por tanto esta circunstancia habrá que tenerla en cuenta para evitar que la planta enferme (Amagua, 2013).

2.4. Suelo

La papa puede crecer en la mayoría de los suelos, aunque son recomendables suelos con poca resistencia al crecimiento de los tubérculos como los suelos del tipo franco arenosos. Los mejores suelos son los francos, franco-arenosos, franco-limosos y franco-arcillosos, con buen drenaje y ventilación, que además facilitan la cosecha. Sin embargo, se pueden alcanzar altas producciones en suelos con textura arcillosa al aplicar materia orgánica y regulando las frecuencias de riego. Los suelos con una profundidad efectiva mayor 50 cm, son necesarios para permitir el libre crecimiento de estolones y tubérculos de la planta. El cultivo tiene un adecuado desarrollo en un rango de pH de 5.0 a 7.0. Los suelos salinos, alcalinos o compactados provocan trastornos en el desarrollo y producción de la papa. Es recomendable tener suelos con una densidad aparente de 1.20 g cm^{-3} , contenido de materia orgánica mayor a 3.5 % y una conductividad eléctrica menor a 4 dS m^{-1} (Intagri, 2017).

La textura del suelo a más de su naturaleza química y física determina la forma y la apariencia de los tubérculos de la papa, estos suelos deben estar bien drenados, de textura arenosa con un buen contenido de materia orgánica y elementos nutritivos suficientes, un ejemplo de estos son los suelos orgánicos o de turba con un buen drenaje (Paca, 2009). El cultivo de papa se ve afectado cuando los terrenos son compactados y pedregosos, ya que los órganos subterráneos no pueden desarrollarse libremente al encontrar un obstáculo mecánico en el suelo (Rivadeneira, 2013).

En Ecuador, alrededor del 80 % de los suelos cultivados con papa son de origen volcánico (Andisoles). Mismos que son suelos negros con materiales amorfos, tienen alta capacidad de fijación de fósforo (P) y altos contenidos de materia orgánica (8 a 16 % por volumen). Son suelos localizados en zonas frías, lo que debido a una baja actividad microbiana retarda la descomposición de la materia orgánica y promueve su acumulación a través de los años, generalmente son suelos francos, franco arenoso, franco arcilloso y franco limoso. Por su textura y topografía poseen buen drenaje natural. Generalmente, la porosidad, permeabilidad y capacidad de retención de la humedad son altas (Pumisacho *et al.*, 2002).

Con respecto a las características químicas, aproximadamente el 50 % de los suelos tiene contenidos bajos de nitrógeno (N), a pesar de los altos contenidos de materia orgánica. El 80 % tiene contenidos bajos de P y el 70 % niveles altos de potasio (K), calcio (Ca) y magnesio (Mg). El azufre (S) es considerado como un elemento generalmente limitante en la producción de papa, debido a su pérdida por lixiviación y extracción por los cultivos. En el caso de micronutrientes, existen deficiencias comunes para zinc (Zn), manganeso (Mn) y boro (B) (Pumisacho *et al.*, 2002).

La mayoría de los suelos de las zonas paperas tienen valores de pH entre ácidos y ligeramente ácidos (<6.4). La papa cultivada en un suelo ácido tiene dificultad en absorber la mayoría de nutrientes que demanda la papa (Pumisacho *et al.*, 2002).

2.4.1. Fertilidad

El grado de fertilidad de un suelo se mide normalmente en función de la disponibilidad de nutrientes para las plantas. Sin embargo, un suelo con alta cantidad de nutrientes no es necesariamente fértil, ya que diversos factores, como la compactación, mal drenaje, sequía, enfermedades o insectos pueden limitar la disponibilidad de nutrientes. Por ello, el concepto de fertilidad debería incluir criterios químicos, físicos y biológicos. El cultivo intensivo, erosión continua y pobre manejo agronómico, entre otras prácticas pueden contribuir a la pérdida de fertilidad de un suelo (Pumisacho *et al.*, 2002).

En general los cultivos extraen grandes cantidades de N, P, S, K y algunos micronutrientes como Zn, Mn y B. La fertilización de la papa es una práctica generalizada en el país y muy variada en cuanto a dosis, fuentes y épocas de aplicación. En algunas zonas, en particular en Carchi, se usan cantidades altas de fertilizantes químicos, provocando desbalances iónicos que afectan la absorción de otros nutrientes (Pumisacho *et al.*, 2002). Los productores de papa del país utilizan un promedio de 30 000 toneladas de fertilizantes cada año (Pumisacho *et al.*, 2002).

Como se puede apreciar en la Tabla 3, el volumen de fertilizante ocupado en la provincia de Sucumbíos donde también fue mayor su producción es superior al de la provincia de Azuay donde la producción fue menor así mismo su fertilización para el año 2016 (MAGAP, 2018).

Tabla 3. Fertilización nacional para el año 2016.

Provincia	Volumen de fertilizante (qq*ha ⁻¹)		
	N	P	K
Sucumbíos	3,2	6,5	5,7
Carchi	3,4	7,8	3,9
Pichincha	3,1	6,9	2,2
Tungurahua	2,8	4,2	3,1
Bolívar	2,1	5,5	1,3
Cañar	0,8	1,5	1,9
Imbabura	1,8	4,9	2,5
Chimborazo	1,6	3,9	1,4
Azuay	1,5	2,5	2,6
Cotopaxi	1,6	3,8	1,7
Nacional	2,2	4,7	2,5

Fuente: (MAGAP, 2018).

La extracción de nutrimentos del suelo por el cultivo de papa depende de la variedad, fertilidad del suelo, condiciones climáticas, rendimiento y manejo del cultivo. La extracción total de P es inferior a la de N y K (Tabla 4). Sin embargo, debido al alto grado de fijación del P en los suelos del país (Andisoles), las cantidades de fertilizantes fosfatados aplicados al suelo en Ecuador son mayores a las de N y K. La mayor demanda nutricional del cultivo de papa se presenta a partir de los 50 días, cuando inician la tuberización y crecimiento del follaje (Pumisacho *et al.*, 2002).

Tabla 4. Extracción total de nutrientes generalizada del cultivo de papa de variedades precoces como son Chaucha, INIAP- Victoria, para diferentes niveles de producción.

Ecuador										
Rendimiento t/ha	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	Mg	S	Zn	Cu	Fe	Mn
	kg/ha						g/ha			
17	70	15	140	25	10		400	35	1 050	200
50	220	50	350	95	35		900	60	4 600	550
Colombia										
20	120	40	250		20	10				
40	210	70	430		40	20				
50	300	100	600		60	25				

Fuente: (Pumisacho *et al.*, 2002).

Para definir el requerimiento de fertilización de un cultivo, se necesita conocer la diferencia entre la demanda nutricional del cultivo y la disponibilidad de nutrientes del suelo. Para el análisis químico se utiliza una muestra de suelo, tomada en forma representativa del campo. En este sentido, el muestreo es tan importante como el propio análisis (Pumisacho *et al.*, 2002).

2.5. Plagas y enfermedades.

Según FAO (2008), dentro de las enfermedades del cultivo de papa podemos encontrar las ocho principales que se detallan a continuación:

Tizón tardío: la enfermedad más grave de la papa en todo el mundo, es producida por un moho del agua llamado *Phytophthora infestans*, que destruye las hojas, los tallos y los tubérculos, las épocas lluviosas favorecen la propagación de la enfermedad, temperaturas entre 15 a 21 °C, puede aparecer en todo el ciclo de vida del cultivo de papa, las variedades de papa más susceptibles son INIAP-Gabriela, Uvilla (Montesdeoca *et al.*, 2013).

Pudrición seca: el agente causal se llama *Fusarium spp.*, la sintomatología se presentan en los tubérculos almacenados aparecen pudriciones negras y secas en forma de anillos concéntricos que luego se endurecen, sobre las pudriciones puede aparecer una pelusilla blanca que luego cambia a rosada (micelio del hongo), usualmente aparece cuando existe heridas en los tubérculos almacenados o a su vez tienen escasa ventilación y alta humedad (Montesdeoca *et al.*, 2013).

Carbunco de la papa: infección bacteriana que hace podrir los tubérculos en la tierra o en almacenamiento (FAO, 2008).

Virus: difusos en los tubérculos, pueden reducir la cosecha un 50% (FAO, 2008), entre los de mayor afección en la zona andina podemos encontrar Virus latente de la papa andina (APLV), Moteado de la

papa andina (APMV), Virus Y de la papa (PVY), Virus X de la papa (PVX), Enrollamiento de la papa (PLRV), Amarillamiento de venas de la papa (PYVV) (Pérez & Forbes, 2011).

Escarabajo del Colorado de la papa (*Leptinotarsa decemlineata*): una peligrosa plaga con gran resistencia a los plaguicidas (FAO, 2008).

Polilla de la papa (*Phthorimaea operculella*): es la plaga más nociva de las papas sembradas y almacenadas en los climas cálidos y secos (FAO, 2008), los daños que se presentan son en hojas, tallos y tubérculos, afectando de esta manera a todo el ciclo del cultivo (Pérez & Forbes, 2011).

Mosca minadora de las hojas (*Liriomyza huidobrensis*): insecto sudamericano que abunda en las zonas donde se aplican intensivamente insecticidas (FAO, 2008).

Nemátodos (*Globodera pallida* y *Globodera rostochiensis*): plagas nocivas del suelo de las regiones templadas, los Andes y otras zonas montañosas (FAO, 2008).

2.6. Poliacrilato de potasio

El poliacrilato de potasio conocido como retenedor de agua, se ofrece en el mercado bajo distintos nombres y calidades, entre los que podemos citar: silos de agua, Hidrokeeper, hidrogel, agua sólida, polímeros, acuagel, entre otros. Estos productos tienen la capacidad de absorber el agua convirtiéndose en formas de geles separados que absorben y entregan la reserva cuantas veces sea necesario por un periodo de cinco años; es un sólido de aspecto cristalino, que al mojarse puede absorber muchas veces su peso en agua (dependiendo del contenido en sales de él) y por tanto multiplica su volumen original (Erazo, 2011). Éste producto es un material polimérico entrecruzado en forma de red tridimensional de origen natural o sintético, se expande en contacto con el agua formando materiales blandos y elásticos, y que retienen una fracción significativa de la misma en su estructura sin disolverse (Gascue *et al.*, 2006).

El poliacrilato de potasio es un polímero fabricado con acrilatos absorbentes de agua, tiene la capacidad de absorber hasta 500 veces su peso en agua y mantener la humedad y los nutrientes hasta por espacio de nueve meses en función de la calidad del agua (dureza) y del suelo (baja presencia de sales). Después de ese tiempo los acrilatos vuelven a su estado original y son capaces de absorber nuevas aguas de riego o de lluvia, sin modificar la estructura química de la misma, teniendo como resultado el poliacrilato de potasio en pequeños pedazos, este polímero permanece en el suelo durante siete años, tiempo necesario para su degradación en el suelo (Recinos, 2013).

2.6.1. Estructura y funcionamiento del poliacrilato de potasio

Las estructuras de los hidrogeles se basa en las cadenas poliméricas largas que son reticuladas por otras moléculas pequeñas o incluso átomos individuales que forman una red tridimensional (Liu & Guo, 2001). Los componentes básicos de una red de hidrogeles se muestran esquemáticamente en la Figura 2.

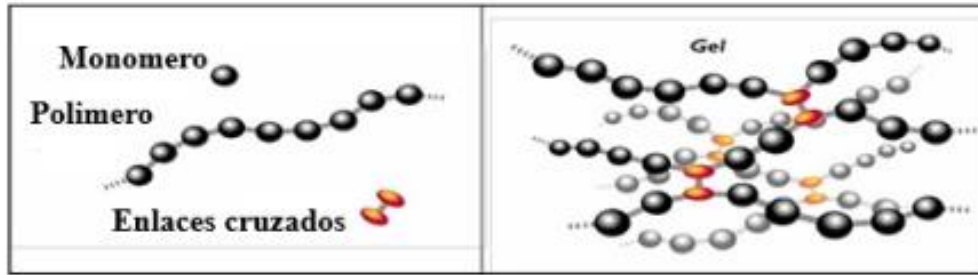


Figura 2. Representación esquemática de los componentes fundamentales de un polímero súper absorbente y su estructura tridimensional (gel). Fuente: (Liu & Guo, 2001).

El polímero se compone de un conjunto de cadenas de polímeros que son paralelos entre sí y vinculadas entre sí por entrecruzamiento regulares, formando así una red, esta se puede apreciar en la Figura 3. Cuando el agua entra en contacto con una de estas cadenas, ingresa a la molécula por ósmosis. El agua se desplaza rápidamente hacia el interior de la red del polímero en el que se almacena. Cuando el suelo se seca, el polímero libera hasta el 95% del agua absorbida en el suelo (Recinos, 2013).

Otros autores como Buchholz & Graham (1997), describen la función de absorción mediante un mecanismo de difusión, que es un fenómeno físico molecular de transporte, donde las partículas se mueven de una manera aleatoria y no organizada en un medio de aumento de la entropía del sistema hasta alcanzar el equilibrio. El proceso de difusión se explica por la Ley de Fick en donde el flujo de difusión es proporcional al gradiente de menos de la concentración, que va desde regiones de concentraciones más altas a las regiones de las concentraciones más bajas.

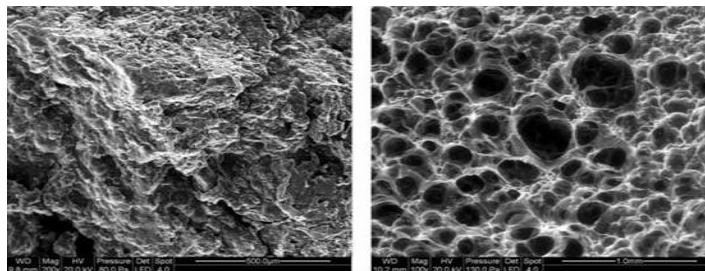


Figura 3. Imágenes de microscopio electrónico de barrido ambiental (ESEM) de un polímero súper absorbente, en seco (imagen izquierda) y estado hinchado (imagen derecha) Fuente: (Sanz, 2015).

En la Ley de Fick, según Liu & Guo (2001), la difusión de las cadenas del polímero es más lenta no sólo porque son moléculas más grandes que el agua sino también porque el hinchamiento del polímero está limitado por los enlazadores cruzados, es decir se mueve el agua con el propósito de equilibrar la concentración de moléculas entre el interior y el exterior del polímero, por esta razón el mecanismo de absorción de los hidrogeles es una combinación de fenómenos físicos, además de la pendiente de la actividad química dentro y fuera del polímero.

El poliacrilato de potasio se puede aplicar de dos maneras de forma hidratada y sin hidratar (Alarcón, 2013). En vez de disolverse, se forma un gel y como resultado se tiene la llamada “Cosecha de Lluvia”, siendo una tecnología futurista para sistemas de riego. Conforme el terreno va perdiendo su capacidad

de campo, los micro reservorios pueden liberar hasta un 95% del agua absorbida al suelo (“Cosecha de lluvia,” 2017).

Al entrar en contacto con el agua o medio acuoso los grupos carboxílicos de su estructura reticular se disocian exponiendo cargas iguales negativas lo que permite una repulsión de las cadenas poliméricas ampliando las cavidades de la red, esto permite el paso de las moléculas de agua al interior del polímero. Las fuerzas intermoleculares de cohesión impiden la desintegración del compuesto. El agua es atrapada entonces en el interior del polímero y solo es entregada a las raíces de la planta a través de un proceso físico de presión osmótica (Profador, 2007).

Según Trujillo (2007), los retenedores de agua fueron creados hace 10 años y son originarios de Alemania, Francia y Estados Unidos, en donde se desarrolló dicha tecnología. De hecho han sido objeto de múltiples investigaciones demostrando su eficiencia al conservar vivas las plantas cuando carecen de agua ya que adsorben y retienen grandes cantidades de líquido y nutrientes cuando se aplican al suelo o en cualquier otro medio de crecimiento.

2.6.2. Características generales del poliacrilato de potasio

Los hidrogeles son cadenas poliméricas hidrófilas reticuladas macromoleculares con la capacidad de absorber agua o fluidos acuosos. Los miembros más exitosos comercialmente de la familia del hidrogel son los polímeros súper absorbentes, también conocidos como SAPs o hidrogeles súper absorbentes (Sanz, 2015).

Según Recinos (2013), es un polímero muy sensible a la acción de los rayos ultravioleta que transforman los polímeros en oligómeros (moléculas de menor tamaño). Por lo tanto, es muy sensible a los procesos aeróbicos y anaeróbicos de la degradación microbológica, y se degrada naturalmente en el suelo (hasta un 10% - 15% por año) en dióxido de carbono (CO₂), agua (H₂O) y compuestos de N. De este modo es un polímero muy voluminoso para ser absorbido por los tejidos y las células de las plantas. Su capacidad de bioacumulación, por tanto, es nula, y la degradación que se genera de 15% por año intuye que el último año de vida útil del poliacrilato de potasio será el séptimo año de producción, luego según las especificaciones del fabricante el poliacrilato será completamente degradado del suelo, dependiendo del tamaño de las partículas y las condiciones agroclimáticas.

Composición química

La composición química (Figura 4), es la siguiente:

- 90% Poliacrilaminas
- 10% Aditivos (acrilatos de potasio y silicatos de aluminio)
- Su fórmula química es: (C₃H₆O)_n.(C₃H₅KO₂)_m (IRO, 2011).

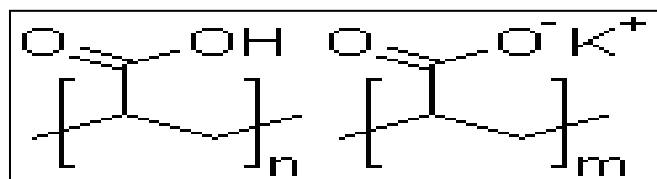


Figura 4. Molécula de poliacrilato de potasio. Fuente: (Alarcón, 2013).

2.6.3. Beneficios del poliacrilato de potasio

Según Recinos (2013), éste producto permite aumentar la reserva útil del agua en los suelos y retarda el punto de marchitamiento. Además es eficaz en la plantación de árboles, arbustos y plantas jóvenes. Permite la reducción de la tasa de mortalidad debida al trasplante e incrementa el desarrollo de las raíces, lo cual genera un crecimiento y establecimiento mayor (Recinos, 2013).

Entre muchos otros beneficios, además de encapsular este vital líquido, el empleo del Poliacrilato de potasio evita la erosión del suelo; estudios realizados por Oregon State University Malheur Experiment Station demostraron que las PAAm o poliacrilamidas reducen significativamente la erosión ya que en surcos sin PAAm se perdieron 322 libras de suelo por acre durante un solo riego mientras que los surcos tratados con 1 libra de PAAm perdieron 7 libras de suelo por acre, con esto se puede afirmar que retiene la humedad de lluvia o cualquier tipo de riego evitando la pérdida de suelo por escorrentía otorgándole al suelo mayor consistencia, esto reduce el impacto ambiental cuando se hacen sistemas agrícolas de producción (Shock & Iida, 2009).

Las pruebas de campo en el estado de Jalisco han demostrado que al utilizar el poliacrilato de potasio las cosechas en sembradíos de maíz aumentan hasta en un 30% en relación con el método tradicional, y con mayor calidad. Otro ejemplo tangible de la efectividad del hidrogel se da en la reforestación, en la que normalmente el 80% de los árboles que son plantados se secan, pero al utilizar el hidrogel, los porcentajes se invierten y sólo se dan pérdidas en un 20%; es por ello que el hidrogel permite reducir la frecuencia de riego, así como absorber soluciones de fertilizantes y retener y otros agroquímicos solubles en agua, reduciendo el lixiviado y escurrimiento de los mismos. Mejora la eficiencia del uso de los fertilizantes, de los fungicidas, bactericidas, nematocidas y del riego (Recinos, 2013).

2.6.4. Influencia de sales

La presencia de electrolitos en un medio acuoso disminuye significativamente la capacidad de absorción del hidrotendedor, esto explica que la capacidad de retención de agua en el suelo sea menor (Zuchem, 2017).

Estudios recientes han demostrado que la hidratación de los polímeros hidrófilos se ve afectada por la presencia de cationes divalentes y/o monovalentes, siendo más apreciables los efectos de los primeros, donde la absorción es más lenta. La hidratación de los geles en presencia de cationes divalentes (Ca^{2+} y Mg^{2+}) se reduce un 90%, y en cationes monovalentes (K^+ y NH_4^+) la absorción se reduce hasta un 80% en relación con la máxima hidratación obtenida en agua desionizada, mientras que los aniones tienen poco efecto en la absorción. Estos efectos vienen inducidos, especialmente en los cationes divalentes, por la destrucción del polímero enrejado que provoca una disminución en la retención de agua del hidrogel. Este efecto en la hidratación del polímero supone un problema, ya que sales utilizadas comúnmente en programas de fertilización provocan estos efectos de inhibición en la hidratación del polímero y con la consecuente limitación de sus beneficios (Valencia, 2014).

La dureza del agua se debe principalmente a su contenido de Ca y Mg disueltos, pero muchos otros materiales son absorbidos cuando el agua penetra por el estrato subterráneo. El agua es normalmente dura donde el estrato subterráneo consta de formaciones de arcilla, roca o caliza. Normalmente son solamente los niveles "muy dura" y "extremadamente dura" los que causan problemas directos (Rojas, 2015). El poliacrilato de potasio tardará más en disolverse en un agua dura con contenidos superiores a los 100 ppm (Cosecha de lluvia, 2017).

2.6.5. Dosificación en cultivos extensivos

Las plantas se riegan a través de un esquema que se rige por la capacidad del suelo y la necesidad de evitar el marchitamiento. Entre cada riego el crecimiento de la planta aumenta, cuando los parámetros de la humedad, aireación, temperatura, etc., son escasos, son menos favorables las condiciones para el crecimiento óptimo de la planta. Con el uso del poliacrilato de potasio en la zona radical esta fluctuación es más lenta, en consecuencia, el crecimiento de la planta no se retrasa tanto como al aplicar los ciclos de irrigación o en caso de lluvias temporales. Con el poliacrilato de potasio se pueden lograr tasas de crecimiento mayores a cualquier combinación de humedad, aireación, temperatura, obtenida sin la aplicación del producto (Acua-Gel, 2014).

Las dosis de aplicación han sido determinadas por la empresa Cosecha de Lluvia para algunos cultivos de acuerdo con la Tabla 5:

Tabla 5. Dosificaciones del poliacrilato de potasio por hectárea por cultivo.

Cultivo	Dosis de Aplicación Kg/ha
FREJOL	22,5 - 60
MAIZ	22,5 - 36
ALGODÓN	30 - 60
CUCURBITACESAS	30 - 75
MANÍ	22,5 - 36
PAPAS	22,5 - 60
SEMILLAS PEQUEÑAS	22,5 - 36
HORTALIZAS	22,5 - 90
CAÑA DE AZUCAR	45 - 90
UVAS	30 - 45

Fuente: (Cosecha de Lluvia, 2017).

2.7. Riego por surco

Este sistema de riego se adapta a cultivos sembrados en hileras como hortalizas, maíz y frutales en general. El agua fluye por el potrero desde los sectores más altos a los más bajos, por pequeños canales o surcos que se trazan entre las hileras de siembra o plantación; las plantas generalmente ocupan los lomos del mismo (INIA, 2017).

Se debe considerar lo siguiente (INIA, 2017):

- En los suelos arcillosos los surcos pueden ser más largos que en los suelos arenosos.
- En los potreros más parejos los surcos pueden ser más largos que en los potreros con más desnivel.
- Si la cantidad de agua a aplicar es alta los surcos pueden ser más largos.

Los surcos lineales (a) son los más frecuentes, pero cuando hay pendientes mayores de 3%, es recomendable trazar los surcos en contorno (b) como se muestra en la Figura 5.



Figura 5. Tipos de surcos. A) Lineales; B) Contorno Fuente: (INIA, 2017).

En los suelos arenosos el agua se infiltra rápidamente en el perfil, mientras en los arcillosos una misma cantidad de agua demora más en infiltrar. Atendiendo a esta característica, en los suelos arcillosos, se suele aplicar el riego por aspersión el cual debe efectuarse con aspersores de baja precipitación, requiriendo largos tiempos de riego, que en ocasiones resultan económicamente no recomendables. Por otra parte, en un suelo muy arenoso el método de riego por surcos presenta limitaciones, pues los surcos deberán ser muy cortos para un adecuado manejo, con lo cual se perderá mucho terreno en el trazado de canales, aumentando los requerimientos de mano de obra (Méndez & Inostrosa, 1994).

El riego a gravedad por surcos consiste en un juego de canales diseñados con el fin de que se distribuyan por el cultivo, de tal manera que lleven el agua desde la fuente hacia todo el terreno de sembrío. Este sistema de canales se compone de una red principal, una secundaria y un desfogue. Se llama sistema de riego por gravedad por surcos porque precisamente los canales de transporte de agua son surcos. Entendiéndose por surcos a hendiduras hechas a lo largo del terreno que permitan transportar el agua de riego. Estos canales o surcos deben tener una pendiente ya que la gravedad es la encargada de mover en un sentido la trayectoria del agua (Álvarez, 2013).

La distancia entre surcos de riego para papa puede ser desde 0.7, 0.9 y 1.0 m. La distancia depende de las condiciones locales como la pluviosidad y se busca suministrar agua al borde y en la zona de raíz del cultivo. La distribución de agua en los surcos se optimiza con pendientes de aproximadamente 0.5 %. Para evitar la erosión no se debe emplear este tipo de riego si las pendientes son superiores al 2 % en suelos arenosos o mayores de 3 % en suelos arcillosos. En los surcos, se aplica el riego hasta que el agua llegue al extremo de los mismos y luego se disminuye la tasa de flujo. La reducción de la tasa de flujo depende de la textura del suelo y de la tasa de absorción (Tabla 6). Esta tasa de riego con tiempo restringido es igual a la razón entre la cantidad de agua aplicada y la longitud del surco (Ekanayake, 1994).

A continuación, se presenta una guía general de la tasa de absorción de agua que presentan diferentes texturas de suelo.

Tabla 6. Tasas promedio de absorción de agua para diferentes tipos de suelo.

Tasa de absorción (mm/hora)		
Textura	Rango	Promedio
Arcilla fina-densa	1 – 15	5.0
arcilla limosa – arcilla	0.03 – 5	2.5
marga arcillosa - arcilla limosa	2.5-15	8.0
Textura media - marga limosa	8 – 20	12.5
Textura medianamente gruesa		
marga arenosa fina marga arenosa	15 – 75	25.0
Textura gruesa		
Arena margosa fina		
Arena margosa	25 - 250	50.0

Fuente: (Ekanayake, 1994).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación del estudio

El presente estudio se realizó durante los meses de agosto a diciembre del 2017, en el Centro Académico Docente Experimental Rumipamba (CADER) ubicado en la provincia de Cotopaxi, cantón Salcedo, parroquia San Miguel, sector Rumipamba, a 2 685 m.s.n.m.

3.1.1. Características agroclimáticas

El clima de San Miguel de Salcedo se clasifica como cálido y templado. La temperatura máxima en el mes de agosto fue de 19.6 °C, y una mínima de 7 °C, con una precipitación de 32.7 mm (INAMHI, 2017), mes en el que se inició la investigación.

3.2. Materiales

Material biológico experimental

- Tubérculos de papa chaucha: provenientes del sector de Saquisilí, centro de acopio de las principales comunidades.

Materiales de campo

- Pala de desfonde
- Balde
- Cinta métrica
- Anillo de acero
- Martillo de madera
- Cajas metálicas vacías
- Azadón
- Cuchillo, navaja o espátula
- Herbicida (Glifosato)
- Urea
- Bomba de mochila
- Agua de riego
- Poliacrilato de potasio
- Flexómetro
- Estacas
- Piola
- Etiquetas
- Libreta de campo

Materiales de laboratorio

- Balanza digital (sensibilidad de 1 g o de 0.001 g)
- Estufa

Material para obtención y procesamiento de datos

- Software estadístico Infostat
- Higrómetro modelo HR001 marca MOONCITY
- Medidor TDS modelo a470 marca Water Quality
- Cámara fotográfica
- Laptop

3.3. Metodología

3.3.1. Muestreo del suelo

Se seleccionó un terreno con fácil accesibilidad de riego con un área de 1 000 m². Recorriendo el terreno en forma de zig - zag, y cada 15 pasos se tomó una submuestra, limpiando inicialmente la superficie del terreno y depositándola en un balde, a una profundidad de entre 20 y 30 cm, luego de tener 10 submuestras estas se mezclaron homogéneamente y se tomó 1 kg aproximadamente. El muestreo se realizó con el fin de obtener la caracterización inicial del suelo, con determinación de humedad gravimétrica y humedad volumétrica del suelo en el Laboratorio de Química Agrícola y Suelos de la Universidad Central del Ecuador.

3.3.2. Preparación del terreno

Una vez delimitada el área del experimento se procedió a roturar el suelo con un arado de disco. Con este trabajo se incorporaron las malezas y se dio aireación al suelo, se adicionó urea (un kilo) y glifosato (20 litros) para desmalezar el terreno, luego se pasó la rastra de disco. Este trabajo se realizó 15 días antes del establecimiento del ensayo, se realizó el surcado del terreno de acuerdo con las necesidades del ensayo, que en este caso fue 40 cm entre planta y 80 cm entre hilera de plantas. Finalmente, con la ayuda de estacas y piola se delimitaron cada una de las parcelas experimentales.

3.3.3. Densidad de siembra

Se utilizó una distancia de siembra de 0.50 m entre plantas y 0.80 m entre surcos, se colocó un tubérculo por golpe (sitio) con semilla mediana (más de 60 g) y dos tubérculos con semilla pequeña (30 a 40 g) (Monteros *et al.*, 2010).

3.3.4. Fertilización y labores culturales

La fertilización de arranque, el manejo fitosanitario y el plan de fertilización del ciclo del cultivo se efectuó de acuerdo con las recomendaciones del programa de alto rendimiento (P.A.R) de la empresa ECUAQUIMICA (Tabla 7).

Tabla 7. Plan de fertilización y manejo del cultivo de papa.

Época de aplicación	Producto	Composición química	Dosis de aplicación por hectárea
Germinación	Solugro	Nitrógeno (N)	30 kg
		Fósforo asimilable (P ₂ O ₅)	60 kg
		Potasio soluble (k ₂ O)	20 Kg
	Cytokin	Kinetin	0.5 L
Aporque	Solugro	Nitrógeno (N)	30 Kg
		Fósforo asimilable (P ₂ O ₅)	60 Kg
		Potasio soluble (k ₂ O)	20 Kg
	Curacron	Profenofos	0.80 L
	Sulfation	Malathion	450 gr
	Cytokin	Kinetin	0.5 L
Inicio de la floración	Phos pro	Ácido fosfórico disponible	90 Kg
	Cytokin	Kinetin	0.5 L
	Sulfation	Malathion	450 gr
Formación del tubérculo	Newfol calcio	Nitrógeno orgánico (N)	10 Kg
		Calcio (Ca)	10 Kg
		Aminoácidos	0.94 L
		Ácido fólico	0.03 L
	Newfol boro	Nitrógeno orgánico (N)	5 Kg
		Boro (B)	7 Kg
Carbono orgánico		7 Kg	
	Aminoácidos	0.09 L	
Engrose del tubérculo	Phos pro	Ácido fosfórico disponible	90 Kg
		Nitrógeno (N)	30 kg
	Vitafol 10-20-30	Fósforo asimilable (P ₂ O ₅)	40 kg
		Potasio soluble (k ₂ O)	60 Kg

Fuente: (Ecuaquimica, 2015).

3.3.5. Muestreo de agua de riego

Se recolectó en un frasco libre de impurezas y contaminantes cerca de 250 ml del agua de riego que se utiliza para el riego de la hacienda de la Facultad de Ciencias Agrícolas sede en Rumipamba para su posterior análisis de dureza del agua (Murrell *et al.*, 2002), con el medidor de solidos totales disueltos

(TDS) se obtuvo 548 partes por millón (ppm) (Anexo 1), este valor corresponde a un agua “dura” pues tiene una elevada concentración de sales (FACSA, 2016). El agua de riego es proveniente de vertientes del río Cutuchi, según SENAGUA (2002), misma que presenta un alto contenido de sales.

3.3.6. Preparación de Poliacrilato de potasio

Se procedió a preparar en un balde de plástico la solución con el poliacrilato de potasio según lo planificado para cada una de las dosis de cada tratamiento esparciendo el producto a fin de evitar grumos, agitando para solubilizar el poliacrilato de potasio. Se dejó en reposo para que el producto pueda retener el agua evitando los rayos solares para no provocar efectos de cristalización de la solución (Cosecha de Lluvia, 2017).

3.3.7. Siembra y adición de poliacrilato de potasio

Una vez que los surcos fueron establecidos se incorporó el poliacrilato de potasio a 25-30 cm bajo el suelo con sus respectivas dosificaciones. Posteriormente, se cubrió con una capa de suelo de 20 cm, y se sembró en esta capa los tubérculos de papa chaucha (yema de huevo) con brotes, cabe mencionar que en las papas denominadas “chauchas” (*Solanum phureja*), el periodo de dormancia es cero, cuando se cosechan los tubérculos, estos ya se encuentran con brotes bastante crecidos, o en algunos casos las yemas están activas y brotan rápidamente (Gómez & Cevallos, 2000).

3.4. Factores en estudio

Riego (tres épocas) y dosis de poliacrilato de potasio (tres niveles) detallados a continuación.

3.4.1. Riego

T₁, T₂, T₃, T₄: Un riego por surcos al inicio de la siembra.

T₅, T₆, T₇, T₈: Un riego por surcos al inicio de la siembra y antes de la floración.

T₉, T₁₀, T₁₁, T₁₂: Un riego por surcos al inicio de la siembra, antes y después de la floración.

El riego total para el cultivo de papa desde la siembra a la cosecha fue de 20 a 60 mm., cada riego se aplicó 20 litros por planta, regando cada surco 4 minutos con un caudal de 3m³h⁻¹.

3.4.2. Dosis de poliacrilato de potasio

Testigo (0.0 g)

Dosis baja (0.8 g/planta)

Dosis media (1.4 g/planta)

Dosis alta (1.9 g/planta)

Estas dosis fueron establecidas de acuerdo con los cálculos obtenidos de densidad de siembra de papa y dosificaciones de poliacrilato de potasio por hectárea de papa facilitados por la empresa “Cosecha de Lluvia” (Anexo 2).

3.4.3. Tratamientos

De la combinación de los factores en estudio, surgen 12 tratamientos (T), mismos que se describen en la Tabla 8.

Tabla 8. Tratamientos utilizados en el presente estudio.

Tratamiento	Factor A Riego descripción	Factor B Dosis descripción
T ₁	Riego al inicio de la siembra	Dosis cero
T ₂	Riego al inicio de la siembra	Dosis baja
T ₃	Riego al inicio de la siembra	Dosis media
T ₄	Riego al inicio de la siembra	Dosis alta
T ₅	Riego al inicio de la siembra, y antes de la floración	Dosis cero
T ₆	Riego al inicio de la siembra, y antes de la floración	Dosis baja
T ₇	Riego al inicio de la siembra, y antes de la floración	Dosis media
T ₈	Riego al inicio de la siembra, y antes de la floración	Dosis alta
T ₉	Riego al inicio de la siembra, antes de la floración y después de la floración	Dosis cero
T ₁₀	Riego al inicio de la siembra, antes de la floración y después de la floración	Dosis baja
T ₁₁	Riego al inicio de la siembra, antes de la floración y después de la floración	Dosis media
T ₁₂	Riego al inicio de la siembra, antes de la floración y después de la floración	Dosis alta

3.5. Variables

3.5.1. Variables agronómicas

- Porcentaje de germinación: el porcentaje de emergencia se determinó a los 10 días a partir de la siembra, se contabilizó el número de plantas emergidas en relación con el número de plantas sembradas, actividad que se realizó en la parcela neta utilizando la siguiente fórmula.

$$\text{porcentaje de germinación} = \frac{\text{Número de plantas emergidas}}{\text{Número de plantas sembradas}} \times 100$$

- Número de tallos principales por planta: esta actividad se realizó a los 80 días después de la siembra, tomando el dato de las plantas dentro de la parcela neta de cada uno de los 12 tratamientos.
- Altura de las plantas: la altura de la planta se midió desde la parte basal hasta el ápice de la planta. Su evaluación se realizó desde la germinación hasta 40 días después de la siembra debido a que inicia su aporque; actividad que se realizó en las plantas dentro de la parcela neta.

- Días a la floración: para la evaluación de los días a la floración se realizó en las plantas de la parcela neta a los 67-75 días de la siembra.
- Días al inicio de la tuberización: la evaluación de esta variable se realizó a los 75 días de la siembra, en plantas de la parcela neta, una vez concluido los días a la floración.
- Rendimiento: al momento de la cosecha se pesó la totalidad de los tubérculos de la parcela neta y su peso se registró en kg.
- Número de tubérculos por planta: se contabilizó de 3 plantas tomadas al azar de la parcela neta y se clasificó en tres categorías desde los 133 a 156 días de la siembra (Tabla 9)
- Peso de los tubérculos a la cosecha por planta: se determinó el peso mediante 3 plantas tomadas al azar de la parcela neta, se clasificó en categorías y se expresó en gramos (Tabla 9)

Tabla 9. Descripción de las categorías de papa usadas en el ensayo para las variables de peso, y número de tubérculos por planta.

Descripción	Tamaño	Peso (gramos)
Categoría 1	Grande (1)	> 60 g
Categoría 2	Mediana (2)	30 g – 60 g
Categoría 3	Pequeño (3)	< 30 g

Fuente: (ONS, 2017)

3.5.2. Variables del suelo

Humedad del suelo

La humedad es un fenómeno natural, que se presenta a nivel molecular y se encuentra básicamente relacionada con la cantidad de moléculas de agua presentes en una determinada sustancia, existen distintos tipos de sensores de humedad, el higrómetro fue el utilizado en este ensayo es un dispositivo capaz de medir la humedad (Kouro, 2001), en rango de 0 a 100 %, de la cantidad de agua presente en el suelo (Wexler, 1964). Se tomó los datos semanalmente a partir de la siembra hasta la cosecha a una profundidad de 15 cm.

Humedad volumétrica

Es la relación entre el volumen de agua y el volumen total o aparente del suelo una vez seco, para la evaluación de esta variable se dio una lámina de agua de riego de 20 litros por planta según corresponda al factor riego (Flores & Alcalá, 2010). Se tomó una muestra de suelo con el método de la calicata, a dos profundidades (10-15 cm y de 25-30 cm), que es donde se colocó y distribuyó el producto, al inicio y al final del experimento.

Humedad gravimétrica

Es la relación entre la masa de agua y la masa de suelo una vez seco, para la evaluación de esta variable se tomó una muestra de suelo con el método de la calicata, a dos profundidades (10-15 cm y de 25-30 cm) al inicio y al final del experimento.

El método gravimétrico es el único método directo de medición de la humedad del suelo. Dicho método consiste en tomar una muestra de suelo, pesarla antes y después de su desecado y calcular su contenido de humedad. La muestra de suelo se considera seca cuando su peso permanece constante a una temperatura de 105 °C (Flores & Alcalá, 2010).

3.6. Unidad experimental

Para esta investigación de 12 tratamientos y tres repeticiones se utilizó un total de 36 unidades experimentales, las cuales se encontraron dispuestas de forma aleatoria y manteniendo el principio de independencia que se muestra en la Figura 6.

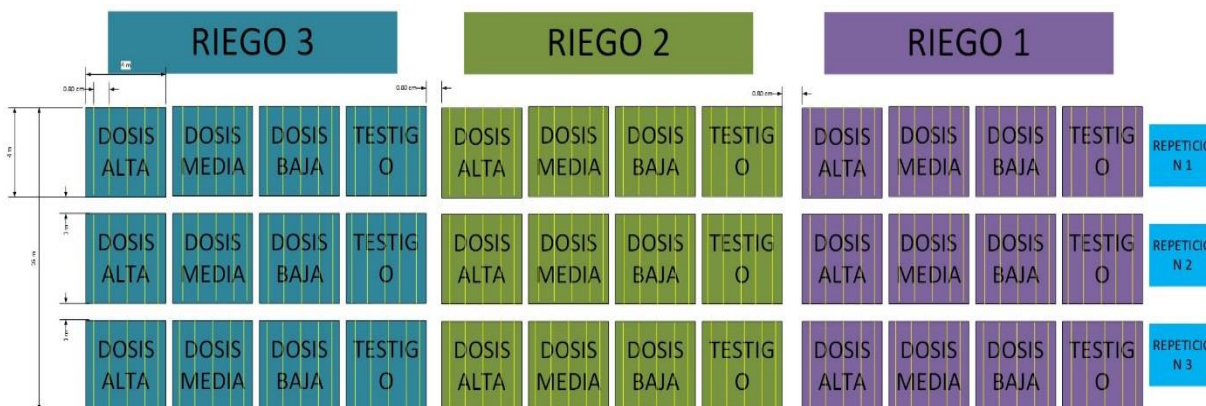


Figura 6. Disposición del experimento en campo.

La superficie total de cada parcela fue de 20.25 m², la parcela neta fue de 16 m², dentro de cada una de estas se realizaron cinco surcos con una separación de 0,8 m entre cada uno (Anexo 3).

3.7. Análisis estadístico

Se utilizó un diseño de parcela dividida, en el cual la parcela grande está representada por el factor riego y la parcela pequeña por las dosificaciones de poliacrilato de potasio. El esquema del análisis de varianza (ADEVA) se muestra en la Tabla 10. Además, se realizaron dentro del análisis funcional pruebas de significación estadística Tukey al 5 % para los factores que fueron significativos y cuadro de promedios para los no significativos con el programa InfoStat.

Tabla 10. ADEVA de la investigación.

F de V	Grados de libertad
TOTAL	34
REPETICIONES	2
RIEGO	2
ERROR A	4
DOSIS	3
RIEGO X DOSIS	6
ERROR B	21

3.8. Análisis económico del ensayo

Para este ensayo se realizó el análisis de costos de producción mediante el análisis de presupuesto parcial, basado en la publicación del CIMMYT del año 1982 (Harrington, 1982). Se extrapola la producción total de las parcelas de cada tratamiento a hectáreas, cada parcela neta fue de 16 m² con tres repeticiones.

Los costos totales son resultado de la suma de la mano de obra en riego y el costo del poliacrilato utilizado en cada tratamiento, los beneficios brutos son resultado de multiplicar el precio por kilo de papa por los rendimientos. Se estimó el precio de venta de la papa en 0,48 dólares el kilogramo, este dato se lo obtuvo de una estimación de precios de venta en mercados de Quito y Salcedo. El cálculo del beneficio neto es resultado de restar de los beneficios brutos los costos totales. En este análisis se ordenó los tratamientos desde el menor costo que varía hasta el de mayor valor, una vez ordenados se procedió a calcular el costo que varía marginal, mismo que es el resultado de restar el costo que varía menor de un tratamiento con el de mayor costo, de la misma manera se procede con los beneficios y el criterio de eliminación fue cuando el beneficio marginal neto fuere negativo.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Variables agronómicas

Para las ocho variables agronómicas (porcentaje de germinación, número de tallos por planta, altura de las plantas (cinco evaluaciones), días a la floración, días a la tuberización, pesos de tubérculos categorizado por primera, segunda y rechazo, número de tubérculos categorizados por primera, segunda y rechazo) se realizaron pruebas de normalidad según Shapiro Wilks, donde se observó que todas las variables presentan normalidad ya que superan el valor de la probabilidad de $p > 0.05$ tal como se observan en el Anexo 4.

Porcentaje de germinación

En el análisis de varianza (Tabla 11), se observó significación estadística únicamente para el factor dosis el promedio general fue del 97.86 % de germinación, con un coeficiente de variación del 1.89 %, el análisis del factor riego no se incluye debido a que en esta etapa del cultivo todos los tratamientos recibieron el mismo riego inicial, tampoco se incluye los resultados de la interacción de los factores debido a que solo existe un riego. En el análisis funcional se midió el efecto de las dosis respecto a la germinación (Tabla 12), se obtuvieron dos rangos de significación siendo el mejor rango “a” para las dosis alta y media con promedios de 99.54 y 98.84%; respectivamente. El segundo rango “b” correspondió a las dosis baja y cero (testigo) presentando, un promedio de 97.22 y 95.8 %; respectivamente, este comportamiento se justifica con lo expuesto por Román y Hurtado, (2002), en el cual indican que la planta de papa es sensible a la falta de humedad en el suelo y mencionan que no debe agotarse más de un 30-35 % del total disponible, especialmente durante la germinación, floración, formación y crecimiento de los tubérculos. Bustamante *et al.* (2013), mencionó que el poliacrilato de potasio al retener el agua y hacerla disponible por más tiempo favorece la emergencia de tubérculos de papa logrando porcentajes mayores a los testigos, esto sugiere un efecto positivo del uso de poliacrilato de potasio en la germinación de tubérculos de papa. Un estudio similar realizado por (Vélez, 2016) también mostró resultados positivos en germinación, producción y supervivencia de repollos y maíz usando poliacrilato de potasio a una dosis de 2 g por planta.

Número de tallos principales por planta

En el análisis de varianza (Tabla 11), no se observó significación estadística para los factores en estudio ni para la interacción, se registró el promedio de 5.38 tallos por planta y el coeficiente de variación fue del 12 %. Con los resultados obtenidos en el estudio se observa que no existe influencia de las dosis o el número de riegos sobre el número de tallos principales de las plantas de papa, esta variable es importante dado que permite estimar la producción (Peña, 2013), para el caso de los resultados de rendimiento obtenidos en el estudio, se puede ver que a pesar de tener el mismo número de tallos principales, los mejores rendimientos se obtuvieron con el tratamiento de tres riegos con una dosis alta de poliacrilato de potasio, contrariamente a los tratamientos testigos, esto se da tomando en cuenta que el estrés hídrico en la papa limita la expansión foliar, conllevando al incremento de la tasa de senescencia de las hojas y limitando la formación de nuevas hojas (Lascano, 2016). Se evidenció que los tratamientos testigos tuvieron una menor altura y área foliar respecto a los tratamientos que usaron poliacrilato de potasio y más aún cuando se dieron tres riegos, esto incidió en los rendimientos.

Altura de las plantas

En el análisis de la varianza para la altura de la planta, el factor riego se observó significación estadística para las fechas dos y tres, para el factor dosis y la interacción riego por dosis se observó significación estadística para las cinco fechas (Tabla 11), la altura promedio empezó en 5.8 cm llegando hasta 36.46 cm, los coeficientes de variación fueron de 5 a 8 %. Acorde a los resultados mostrados en la Tabla 12, en el análisis funcional para la primera fecha de evaluación, se observaron dos rangos de significación para el factor dosis de poliacrilato de potasio siendo el primer rango la dosis baja con 6.11 cm y en el rango “b” el testigo con un promedio de 5.19 cm. Para la interacción se observaron tres rangos de significación siendo el primer rango para el tratamiento de tres riegos con una dosis alta con 6.70 cm, las plantas de menor altura registrada (4.70 cm) se dieron en el tratamiento testigo de un riego. Para la segunda fecha de evaluación, se observaron dos rangos de significación para el factor número de riegos siendo el mejor promedio para el riego uno con 13.33 cm, para el factor dosis de poliacrilato de potasio se obtuvieron dos rangos de significación siendo el primer rango la dosis alta con 13.53 cm y en el rango “b” el testigo con un promedio de 10.47 cm, para la interacción riego por dosis se observaron cinco rangos de significación siendo el primer rango para el tratamiento de un riego con una dosis alta con un promedio de 15.41 cm, se observó que los tratamientos de uno y tres riegos en las dosis alta, media y baja son las plantas de mayor altura, contrariamente a esto, las plantas de los tratamientos de dos riegos y los testigos registraron una menor altura. Para la tercera fecha de evaluación se observaron dos rangos de significación para el factor dosis de poliacrilato de potasio siendo el primer rango la dosis baja con 23.06 cm y en el rango “b” el testigo con un promedio de 16.80 cm, para la interacción riego por dosis se observaron tres rangos de significación siendo el primer rango para el tratamiento de un riego y una dosis alta con 29.17 cm de altura de planta en promedio, se observó que los tratamientos de uno y tres riegos con una dosis alta, media y baja registraron una mayor altura respecto a los tratamientos testigos y los tratamientos de dos riegos, estos tratamientos no favorecen el crecimiento de las plantas, pues como se pudo observar estas siguen siendo pequeñas, al igual que la segunda semana de evaluación. Para la cuarta fecha de evaluación se observaron dos rangos de significación para el factor dosis de poliacrilato de potasio siendo el primer rango la dosis alta con 34.70 cm y en el rango “b” el testigo con un promedio de 25.84 cm, para la interacción riego por dosis se observaron tres rangos de significación siendo el primer rango para el tratamiento de tres riegos con una dosis alta con un promedio de 35.83 cm, se observó que los tratamientos de dos riegos con una dosis baja, media y alta mejoraron su tamaño y lograron valores similares a los tratamientos de uno y tres riegos de dosis medias y altas, los tratamientos de una dosis baja de uno y tres riegos no mostraron el mismo crecimiento que en las anteriores semanas de evaluación donde se registraron mejores alturas respecto a los demás tratamientos, los tratamientos testigos siguieron siendo los de menor tamaño. Para la quinta fecha de evaluación se observaron dos rangos de significación para el factor dosis de poliacrilato de potasio siendo el primer rango la dosis alta con 39.70 cm y en el rango “b” el testigo con un promedio de 30.84 cm, para la interacción riego por dosis se observaron tres rangos de significación siendo el primer rango para el tratamiento de tres riegos y una dosis alta con 40.03 cm en promedio, los tratamientos de uno, dos y tres riegos con dosis medias y altas mostraron los mejores valores de altura, no así cuando se dio uno, dos y tres riegos y utilizó una dosis baja, los tratamientos testigos siguieron siendo los de menor tamaño durante las cinco semanas de evaluación. La dosis influyó en las alturas de las plantas pues los tratamientos son similares cuando se dan uno, dos y tres riegos, un comportamiento que no se da cuando los tratamientos no utilizaron poliacrilato de potasio, esto se pudo observar en las plantas de los tratamientos de dos riegos testigos de uno, dos y tres riegos, cómo se mencionó el poliacrilato de potasio brinda una fuente disponible de agua para las plantas evitando que estas sufran estrés hídrico según (Tourneux *et al.*, 2003) en su estudio en seis genotipos de papa mencionaron que el cultivo de papa es conocido por su susceptibilidad a la sequía.

Días a la floración

Los resultados del análisis de varianza realizado (Tabla 11), evidenciaron significancia estadística para los factores riego y dosis del producto, mientras que para la interacción de esos factores no hubo significación estadística. Las plantas del experimento tardaron en promedio 69 días desde la siembra del tubérculo a la floración, este dato coincide con lo descrito por (Ramírez, 2010) que indica que el promedio para esta variedad nativa es de 65 a 75 días luego de la siembra, de la misma manera Tibán (2012), en su caracterización realizada a variedades nativas del Ecuador, indica que el cultivar chaucha amarilla tiene en promedio 75 días desde su siembra hasta la floración; el coeficiente de variación para esta variable fue 0.96 %.

Como se mencionó anteriormente debido a que no existió significancia estadística en la interacción, se muestra el análisis de los resultados del factor dosis y riego; el análisis funcional para el factor riego en esta variable (Tabla 12), demuestran que los tratamientos que recibieron únicamente el riego al inicio de la siembra tuvieron el menor número de días a la floración, este comportamiento se esperaba dada la naturaleza de las plantas pues al haber menos cantidad de agua disponible la planta tiende a florecer en menor tiempo (Ramírez, 2010) pues el objetivo de una planta y los seres vivos es la sobrevivencia de la especie y las plantas lo hacen de esta manera (Ekanayake, 1994). Cuando se dio el riego al inicio de la siembra, antes y después de la floración, el número de días a la floración aumentaron entre uno y dos días, Darwish *et al*, (2006) mencionó que las plantas de papa al tener más agua disponible no sienten la presión de florecer prematuramente y al no tener esta presión la planta se desarrollará correctamente haciendo que sus rendimientos sean mejores, Peña, (2013) en su estudio de seis variedades de papa, al medir también esta variable evidencio que cuando la planta tiene agua suficiente disponible, el número de días a la floración aumenta.

Cuando se analizó el factor dosis para esta variable (Tabla 12), se denota un efecto positivo de la aplicación del poliacrilato de potasio, los datos demostraron que al usar una mayor dosis de poliacrilato en los tratamientos, los días a la floración van en aumento, llegando en promedio máximo a los 70 días, esto es concordante con los datos obtenidos por Peña (2013), en donde indica que si el agua está disponible para las plantas durante el ciclo del cultivo, la floración dura más que una planta sometida a estrés hídrico. Sin embargo, en este análisis se omiten factores como temperatura, horas luz, entre otros, que inciden en esta variable, pues se asume que todos los tratamientos tuvieron la misma afectación de estos otros factores.

Adicionalmente, se realizó un análisis de correlación (Anexo 5), entre los datos del número de días a la floración y los rendimientos, en el cual se encontró que existe un 81 % de correlación positiva, es decir cuando aumentan los días a la floración los rendimientos también van en aumento.

Días al inicio de la tuberización

El análisis de la varianza de los datos obtenidos, demostró que existió significación estadística para los factores riego y dosis de poliacrilato de potasio, mientras que para la interacción de estos dos factores no hubo significancia (Tabla 11). Además, se registra que en promedio las plantas tardaron 76.81 días hasta el inicio de la tuberización, el coeficiente de variación de esta variable en el experimento fue del 0.77 %.

La prueba de comparación estadística de Tukey respecto al factor riego (Tabla 12), en la variable número de días a la tuberización, evidenció tres rangos de significación: el primer rango corresponde a los tratamientos donde se dio el riego únicamente al inicio de la siembra, mismos que presentaron en promedio 75 días desde la siembra al inicio de la tuberización. Los tratamientos donde se dio el riego

al inicio de la siembra y antes de la floración, presentaron en promedio 76 días desde el inicio de la siembra a la tuberización. Los tratamientos donde se dieron tres riegos al cultivo, tuvieron en promedio un periodo de 77 días desde el inicio de la siembra al inicio de la tuberización. Tourneux *et al.* (2003), indica que mientras la disponibilidad de agua sea la adecuada para que las plantas lleven a cabo sus procesos fisiológicos normalmente, estos periodos no se verán afectados, entre ellos la tuberización pues las plantas pasaran por un periodo de estrés hídrico las mismas reducen su crecimiento y su ciclo de vida, por ende existe también la reducción en la calidad en los tubérculos y en los rendimientos, esto dentro del estudio se pudo evidenciar en los tratamientos testigos, pues los mismos tuvieron los rendimientos más bajos en los tubérculos de primera categoría y en el rendimiento total.

En promedio los tratamientos de un solo riego iniciaron su tuberización dos días antes que los tratamientos de tres riegos, este comportamiento coincide con lo publicado por Peña (2013) quien, en su estudio de evaluación de seis genotipos de papa resistentes a la sequía, encontró que los días desde la siembra al inicio de la tuberización disminuyeron cuando las plantas de los tratamientos pasaron por estrés hídrico, esta diferencia fue de un día, este comportamiento se justifica debido al que en el periodo de expansión del follaje de las plantas de papa, es decir antes de la floración y tuberización, la falta de agua disminuye la eficiencia fotosintética y así mismo el desarrollo completo del follaje; haciendo que los asimilados que se encuentran en las hojas partan hacia los estolones que originaran los tubérculos, recortando el periodo de días desde la siembra a la tuberización (Darwish et al, 2006).

La dosis de poliacrilato de potasio juega un papel importante cuando se habla de esta variable, la diferencia en el número de días entre tratamientos fue de tres días como se puede observar en la Tabla 12, las dosis del poliacrilato de potasio en este estudio se relacionan de manera directa con el número de días al inicio de la tuberización, mientras mayor es la dosis, mayor es el periodo hasta la tuberización. Analizando los tratamientos testigos estos tienen un periodo más corto de un promedio de 75 días, mientras que cuando la dosis de poliacrilato es alta estos días aumentan hasta 78 días, este es un efecto positivo del producto pues como Callaghan *et al.*, (1989) indican que cuando existe un déficit hídrico las plantas acortan su crecimiento y ciclo vegetativo respecto a plantas que no pasaron por dicho problema, este producto hace que el agua esté disponible para las plantas y lleven a cabo su ciclo vegetativo con normalidad reflejándose este beneficio en una mejor producción del cultivo, esto también se evidenció en este estudio donde los tratamientos con una dosis alta de poliacrilato de potasio tuvieron mejores rendimientos respecto a los testigos, para corroborar esto, se realizó un análisis de correlación (Anexo 5) entre la variable número de días a la tuberización y los rendimientos, se evidenció que existe un 80 % de correlación positiva, es decir que cuando el número de días desde la siembra hasta la tuberización aumentan, los rendimientos serán mejores, esto es corroborado por Darwish et al (2006) sobre el traslado de nutrientes hacia los estolones.

Tabla 11. Análisis de la varianza para las ocho variables agronómicas del estudio: Evaluación del efecto del poliacrilato de potasio sobre la productividad del cultivo de papa chaucha (*Solanum phureja*) en suelos del CADER.

F.V.	Porcentaje de germinación	Número de tallos por planta	Altura de las plantas					Días a la floración	Días a la tuberización	Peso de los tubérculos				
			1	2	3	4	5			Primera	Segunda	Rechazo	Total	
			GL							CM				
Total	35	0.45	0.44	0.49	3.96	16.89	17.7	17.7	0.45	0.45	4486.14	37560.21	646.79	60454.25
Riego	2	76.76 ^{ns}	0.09 ^{ns}	0.14 ^{ns}	8.15*	76.61*	4.32 ^{ns}	4.32 ^{ns}	12.8*	2.86*	40758.96*	343687.60*	3057.84*	632570.89*
Dosis	3	24.87*	1.03 ^{ns}	1.59*	17.15*	58.34*	135.13*	135.13*	24.96*	14.92*	19574.20*	37299.82*	421.05*	67122.78*
Riego*Dosis	6	26.32 ^{ns}	0.52 ^{ns}	1.18*	9.28*	38.09*	16.79*	16.79*	0.71 ^{ns}	0.53 ^{ns}	2512.28*	82686.60*	2423.98*	105034.02*
Repetición	2	1.57 ^{ns}	0.24 ^{ns}	0.39 ^{ns}	1.05 ^{ns}	1.86 ^{ns}	11.06	11.06 ^{ns}	0.19 ^{ns}	0.19 ^{ns}	33.22 ^{ns}	77.42 ^{ns}	73.32 ^{ns}	269.34 ^{ns}
Error	22	3.41	0.37	0.19	0.59	1.4	3.76	3.76	0.44	0.35	74.01	866.40	26.00	847.78
Promedio		97.86	5.38	5.8	12.48	20.14	31.46	36.46	68.56	76.81	134.11	460.05	59.04	653.20
C.V. %		1.89	12	8	6	6	6.16	5	0.96	0.77	6.42	6.40	8.64	4.46

Continuación de la tabla 11.

F.V.	Número de tubérculos				Rendimientos	
	Primera	Segunda	Rechazo	Total		
	GL					CM
Total	35	3.57	170.51	46.60	295.23	7.79
Riego	2	14.87*	1289.80*	87.45 ^{ns}	1677.11*	25.55*
Dosis	3	14.60*	189.63*	75.91 ^{ns}	630.34*	56.29*
Riego*Dosis	6	2.07*	396.01*	87.01 ^{ns}	730.79*	5.77*
Repetición	2	4.71 ^{ns}	30.45 ^{ns}	48.20 ^{ns}	78.58 ^{ns}	0.42 ^{ns}
Error	22	1.34	17.38	27.71	24.81	0.81
Promedio		2.64	34.21	18.35	55.52	15.39
C.V. %		43.91	12.23	28.76	8.97	5.86

* Valores significativos a un intervalo de 0,05; ns: valores no significativos; CM: cuadrados medios; C.V.: coeficiente de variación.

Tabla 12. Prueba de Tukey al 5 % y promedios realizado al factor riego, dosis y su interacción de las variables agronómicas del estudio: Evaluación del efecto del poliacrilato de potasio sobre la productividad del cultivo de papa chaucha (*Solanum phureja*) en suelos del CADER.

Descripción	PdG	NTP	Altura de las plantas					DaF	DaT	Peso de los tubérculos				Número de tubérculos			Rend
			1	2	3	4	5			Prim	Seg	Rech	Total	Prim	Seg	Total	
Número de riegos																	
1	95.83	5.47	5.80	13.33 a	23.06 a	30.77	35.77	66.56 a	75.44 a	184.80 a	646.8 a	57.92 b	889.6 a	3.52 a	46.04 a	68.43 a	12.3 d
2	97.22	5.30	5.69	11.69 b	18.61 b	31.78	36.78	68 b	76.22 b	70.43 c	316.9 c	43.67 c	431.0 c	1.39 b	26.73 b	48.63 b	14.84 c
3	98.84	5.34	5.91	12.42 b	18.76 b	31.83	36.83	69.22 c	77.11 c	147.09 b	416.3 b	75.54 a	639.0 b	3.03 a	29.86 b	48.15 b	16.15 b
Dosis de poliacrilato de potasio																	
Cero	95.83 b	5.12	5.19 b	10.47 b	16.80 c	25.84 b	30.84 b	66.56 a	75.44 a	82.45 d	433.6 c	49.72 c	565.7 c	1.36 b	30.51 b	48.34 b	12.3 d
Baja	97.22 b	5.08	6.11 a	13.20 a	20.34 b	32.45 a	37.45 a	68 b	76.22 b	114.1 c	532.4 a	58.93 b	705.4 b	2.34 b	39.38 a	61.91 a	14.84 c
Media	98.84 a	5.48	5.88 a	12.71 a	20.43 b	32.86 a	37.86 a	69.22 c	77.11 c	148.8 b	384.9 d	61.67 ab	595.4 c	2.47 b	30.17 b	47.73 b	16.15 b
Alta	99.54 a	5.80	6.02 a	13.53 a	23 a	34.70 a	39.70 a	70.44 d	78.44 d	191.0 a	489.3 b	65.86 a	746.9 a	4.41 a	36.78 a	62.30 a	18.28 a
Interacción (Riego x Dosis)																	
R1-Dcero	88.9	5.1	5.24 bc	10.19 de	17.45 de	23.84 c	24.84 c	65.33	75.33	107.33 d	438.33 cd	35.33 fg	581.0 efg	1.55 bc	28.11 d	44.90 ef	11.67 g
R1-Dbaja	93.07	5.4	6.34 ab	14.67 ab	22.70 bc	31.03 ab	36.03 ab	67.33	75.67	210.22 b	453.44 cd	58.45 cd	722.11 c	4.44 ab	33.00 cd	56.00 cde	12.97 defg
R1-Dmedia	97.9	5.6	5.47 abc	13.06 bc	22.91 bc	33.38 a	38.38 a	68.67	76.33	84.80 d	348.89 e	61.48 cd	495.17 g	3.50 abc	50.50 ab	68.33 bc	14.55 def
R1-Dalta	100	5.8	6.13 ab	15.41 a	29.17 a	34.83 a	39.83 a	70.33	77.67	90.89 d	404.22 de	53.69 de	548.8 fg	2.89 abc	28.78 d	51.57 def	17.23 bc
R2-Dcero	100	5.7	5.75 abc	12 cd	19.82 cde	27.39 bc	32.39 bc	66.67	75.67	41.51 e	231.78 f	47.78 def	321.07 h	1.33 b c	37.78 cd	62.67 bcd	12.3 fg
R2-Dbaja	98.6	4.8	6.10 ab	12.76 bc	20.17 bcd	35.84 a	40.84 a	67.33	76.67	143.44 c	494.67 c	60.00 cd	698.11 cd	0.33 c	25.56 d	49.97 def	15.17 cde
R2-Dmedia	98.6	5.2	5.67 abc	11.54 cd	18.04 de	30.46 ab	35.46 ab	68.33	77.33	202.44 b	668.02 b	41.89 ef	912.33 b	1.0 c	11.22 e	24.13 g	15.63 bcd
R2-Dalta	98.6	5.6	5.24 bc	10.45 de	16.39 ef	33.45 a	38.45 a	69.67	78.33	94.11 d	118.22 g	20.89 g	233.22 i	2.90 abc	32.33 d	59.00 cde	15.8 bcd
R3-Dcero	98.6	4.6	4.57 c	9.22 e	13.13 f	26.29 bc	31.29 bc	67.67	75.33	149.89 c	368.55 de	122.22 a	640.67 cde	1.20 bc	25.67 d	38.10 fg	12.93 efg
R3-Dbaja	100	5.0	5.89 ab	12.18 cd	18.15 de	30.47 ab	35.47 ab	69.33	76.33	272.44 a	610.33 b	85.44 b	967.68 b	3.57 abc	32.00 d	48.10 def	15.27 cde
R3-Dmedia	100	5.7	6.49 ab	13.53 abc	20.33 bcd	34.74 a	39.74 a	70.67	77.67	55.22 e	513.45 c	52.33 de	621.00 def	5.89 a	45.00 bc	74.43 ab	18.27 b
R3-Dalta	100	6.1	6.70 a	14.72 ab	23.43 b	35.83 a	40.03 a	71.33	79.33	157.44 c	870.67 a	69.00 c	1097.1 a	3.11 ab	60.56 a	88.97 a	21.8 a

Medias con una letra común no son significativamente diferentes; **PdG**: Porcentaje de germinación; **NTP**: Numero de tallos principales por planta; **DaF**: Días a la floración; **DaT**: Días a la tuberización; **Prim**: Primera categoría; **Seg**: Segunda categoría; **Rech**: Rechazos; **Rend**: Rendimientos; **R1**: Riego 1; **R2**: Riego 2; **R3**: Riego 3; **Dcero**: Dosis cero; **Dbaja**: Dosis baja; **Dmedia**: Dosis media; **Dalta**: Dosis alta.

Rendimientos

En el análisis de la varianza realizado a la variable rendimientos (Tabla 11), se observó que no existió significación estadística para las repeticiones y la hay en los factores riego, dosis del producto y para la interacción de los factores. Se registraron rendimientos promedios de 15.39 kilos en las parcelas experimentales y un coeficiente de variación de 5.86 %. En la Figura 7 se muestran gráficamente los resultados de la interacción de los factores riego y dosis, la prueba de significación estadística de Tukey en esta variable se muestra en la Tabla 12.

La interacción de los factores riego y dosis en la variable rendimiento, mostró que el tratamiento de una dosis alta de poliacrilato de potasio y tres riegos obtuvo el mejor rendimiento dentro de este estudio, con un promedio de 21.8 kilogramos por parcela neta, mismos que proyectados a una hectárea dieron como resultado 13.63 t*ha^{-1} ; El segundo mejor rango en los rendimientos se obtuvo con los tratamientos de: tres riegos y una dosis media de poliacrilato de potasio, un riego y una dosis alta de poliacrilato de potasio, dos riegos y una dosis media de poliacrilato y dos riegos con una dosis alta de poliacrilato. Los rendimientos más bajos se dieron en los tratamientos de: un solo riego con una dosis baja de poliacrilato, tres riegos sin poliacrilato, dos riegos sin dosis de poliacrilato y el tratamiento de un solo riego sin poliacrilato, que obtuvo únicamente 11.67 kg por parcela neta, mismos que proyectados a una hectárea dieron como resultado 7.29 t*ha^{-1} . Estos resultados muestran que los rendimientos son mejores cuando se aumenta el número de riegos y la dosis del poliacrilato de potasio, pues los 21.8 kilogramos de la dosis alta con tres riegos versus los 11.97 kilogramos obtenidos con un solo riego sin poliacrilato representan una diferencia considerable de 9.83 kilogramos por parcela que proyectados a hectáreas representan 6.64 toneladas de diferencia. Se debe señalar que en experimentos en el cultivo de fréjol donde se usó el poliacrilato de potasio se reportaron incrementos similares (Alarcón, 2013). También se debe destacar que el tratamiento de tres riegos con una dosis alta de poliacrilato de potasio que obtuvo el mejor rendimiento total proyectado a hectáreas, supero por tres toneladas por hectárea los rendimientos promedios nacionales reportados por Monteros, (2016) que para el ciclo diciembre – junio del año 2016 con 10 t*ha^{-1} para la variedad nativa chaucha.

Esto demuestra que el producto retiene y distribuye de mejor manera el agua utilizada para regar el cultivo evitando que la misma se lixivie o se evapore y que la misma sea aprovechada por las plantas (Callaghan *et al.*, 1989). Dentro del estudio se evidenció que la humedad final en el suelo a una profundidad entre 25 y 30 cm no disminuyó considerablemente de la humedad inicial y tuvo mejores rendimientos respecto a los tratamientos testigos cuyos valores de humedad disminuyeron en mayor cantidad y tuvieron rendimientos bajos, es decir las plantas de los tratamientos testigos no aprovecharon el agua en el suelo y la misma se perdió, contrariamente a los tratamientos que usaron el poliacrilato donde los rendimientos fueron mejores por la mayor disponibilidad y aprovechamiento del agua por parte de las plantas, especialmente al inicio de la siembra, antes de la floración y luego de la misma, siendo estas las etapas críticas en las que el agua disponible para la planta no deben faltar para obtener buenos rendimientos. Se conoce que la demanda de agua por el cultivo de la papa va de 600 a 700 mm por ciclo de cultivo (Pumisacho *et al.*, 2002), cabe destacar que en el experimento se dio únicamente de 240 a 720 mm de agua aproximadamente, reduciendo de manera considerable el consumo de agua.

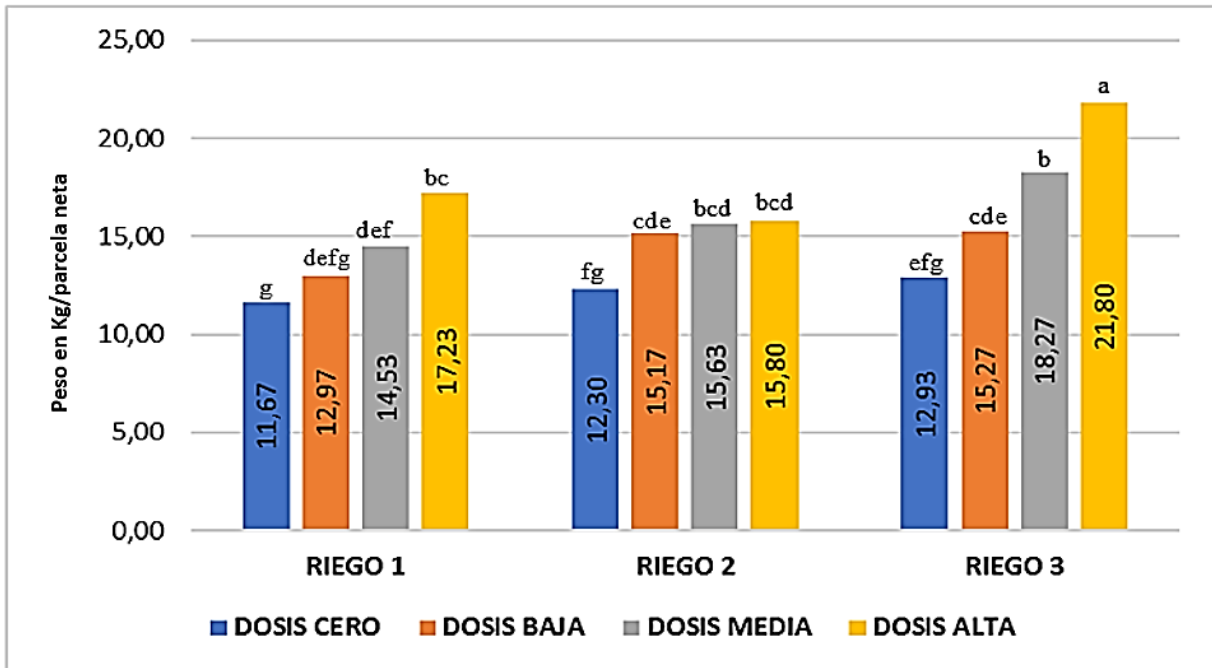


Figura 7. Rendimientos promedios totales por parcela neta experimental respecto a las dosis de poliacrilato de potasio y número de riegos.

Peso de los tubérculos por planta

Los datos del peso de los tubérculos mostraron normalidad en las tres categorías, en el análisis de varianza (Tabla 11), se observó significación estadística para los factores: riego, dosis del producto, en los tres calibres de peso con promedios de la categoría primera de 134.11 g, 460.05 g en la categoría segunda y 59.04 g en la categoría rechazo. El promedio total del peso de los tubérculos por planta fue de 653.20 g; para la interacción de las variables riego y dosis se observa significancia estadística en las tres categorías. Los coeficientes de variación fueron 6.42 %, 6.40 %, 8.64 % y 4.46 %; respectivamente.

La interacción de los factores riego y dosis en esta variable se muestra en la Figura 8 con el peso total de los tubérculos por planta sin tomar en cuenta su categoría; en dicha tabla se puede observar que se logra un mayor peso en los tubérculos de primera categoría por planta cuándo se usa una dosis baja de poliacrilato y se dan tres riegos logrando 272.44 g, es decir el producto en una dosis baja fue más eficiente cuando se dieron tres riegos, se observa también que se logra obtener pesos superiores a los 200 g en tubérculos de primera categoría cuando se usa una dosis baja y un riego o usando una dosis media y dos riegos, los tubérculos de esta categoría se caracterizan por tener pesos superiores a 60 g, pues según la ONS, (2017), este rango es el óptimo para su comercialización. Se observó también que con una dosis alta y tres riegos los pesos en esta categoría se ven afectados, esto como resultado de un exceso de humedad, pues según Pumisacho *et al.* (2002) la papa es sensible al exceso de humedad en el suelo, este comportamiento se repitió en las dosis altas tanto cuando se dio uno y dos riegos, es decir hubo un efecto negativo del poliacrilato de potasio restando calidad en la producción, esto al referirnos al peso de los tubérculos de primera categoría; el tratamiento testigo de dos riegos fue el de menor peso en esta categoría.

Respecto a la interacción de los factores riego y dosis sobre el peso de los tubérculos de segunda categoría por planta, se observó que los mayores pesos se consiguen al aplicar una dosis alta de poliacrilato de potasio juntamente con tres riegos, este tratamiento logró 870.67 g, este tratamiento no fue el de mejor peso en la primera categoría; al hablar del tratamiento que logró el mejor peso de primera categoría, se logró 610.33 g en tubérculos de segunda categoría y es el segundo grupo con mejor peso en esta categoría juntamente con el tratamiento con una dosis media y dos riegos, se observó un comportamiento similar al de la primera categoría en este último tratamiento; así mismo, se pudo apreciar que cuando la dosis del producto es baja, con uno o dos riegos, el peso por planta en esta categoría se ve mermado tal como sucedió en el peso por planta de la primera categoría. La dosis media con un solo riego no fue efectiva y juntamente con la dosis alta y dos riegos obtuvieron los pesos más bajos en esta categoría. El peso de segunda categoría que lograron los tratamientos testigos, son más bajos especialmente cuando se da dos riegos, tal como sucedió en el peso de los tubérculos de primera categoría.

En la interacción de los factores riego y dosis sobre el peso de los tubérculos de rechazo por planta, se tiene que la dosis alta con dos riegos obtiene el menor peso, pero esto no significa que sea uno de los mejores tratamientos, esto se da por ser el que menor peso total de los tubérculos obtuvo por planta; el tratamiento que más peso de tubérculos de rechazo generó, fue cuando se dio tres riegos sin utilizar poliacrilato de potasio, sin embargo este tratamiento estuvo tercero dentro de los rangos estadísticos tanto para la totalidad del peso de los tubérculos por planta incluyendo las categorías analizadas.

En la Figura 8 se puede observar que el tratamiento con mejor peso total de tubérculos por planta fue el de los tres riegos con una dosis alta de poliacrilato de potasio, a pesar de esto este tratamiento destacó en los pesos de segunda categoría, algo no muy conveniente para el productor, debido a que el objetivo de una buena producción es conseguir tubérculos de primera categoría en la mayor cantidad posible del total del rendimiento conseguido; así mismo, este tratamiento fue el mejor respecto a los rendimientos totales; el tratamiento que logró los mejores pesos de primera categoría, logró también el segundo mejor peso total de tubérculos por planta; así como, en los rendimientos totales. Por tanto, es más conveniente dar tres riegos y usar una dosis baja que una dosis alta, este resultado permitirá a futuro considerar más estudios en el cultivo de papa con este tratamiento con el objetivo de mejorar los rendimientos o a su vez mejorar la producción de tubérculos de primera categoría usando una dosis alta y tres riegos, pues se conoce que el poliacrilato de potasio mejora el tamaño de los tubérculos y disminuye en porcentaje los tubérculos pequeños (Callaghan *et al.*, 1989); todos los tratamientos que recibieron dos riegos exceptuando el que uso una dosis media de poliacrilato de potasio tuvieron los pesos más bajos.

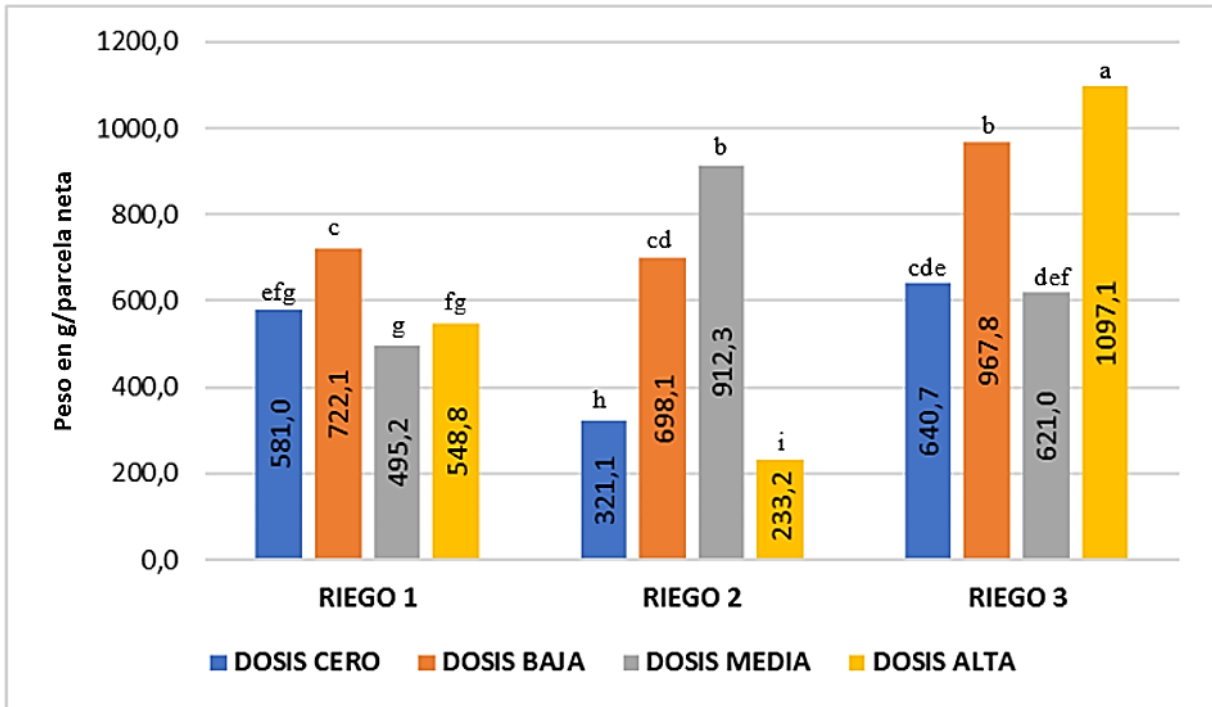


Figura 8. Peso total de los tubérculos por planta por dosis de poliacrilato de potasio y número de riegos.

Número de tubérculos por planta

Los datos obtenidos de contabilizar los tubérculos por planta presentaron normalidad, en el análisis de la varianza (Tabla 11), se observa significación estadística para los factores riego y dosis del producto, en las categorías de tamaño de los tubérculos conocidos como primera, segunda y la totalidad de los mismos, con promedios del número de tubérculos en la categoría primera de 2.64 tubérculos; 34.21 tubérculos de segunda categoría, 18.35 tubérculos de rechazo y 55.52 tubérculos en total por planta. En la categoría de rechazo no existió significancia estadística tanto para el factor riego, dosis o su interacción; para las interacciones de los factores riego y dosis, se observa significancia estadística en las categorías de primera y segunda además del total de los tubérculos por planta. Los coeficientes de variación fueron 43.91 %, 12.23 %, 28.76 % y 8.97 % en las tres categorías y el total; respectivamente.

En la Tabla 12 se muestra los resultados de la interacción del riego y la dosis en la variable número de tubérculos de primera y segunda categoría; además, de su número total por planta. El mayor número de tubérculos de primera categoría se obtuvieron con el tratamiento de tres riegos con una dosis media de poliacrilato, tomando en cuenta que este tratamiento no fue el mejor respecto al peso de los tubérculos, hace suponer que este tratamiento obtuvo un número mayor de tubérculos pero de menor peso, sin embargo, estadísticamente comparte el mismo rango con los tratamientos de tres riegos con una dosis baja y una alta, dos riegos con una dosis alta y los tratamientos de un solo riego y todas las dosis usadas a excepción del testigo. Los testigos tuvieron la menor cantidad de tubérculos de primera categoría por planta; los tratamientos que solo lograron un tubérculo o ninguno de esta categoría fueron los de dos riegos con una dosis baja y media.

Respecto a los tubérculos de segunda categoría, el mejor tratamiento donde se obtuvo 61 de estos tubérculos fue al dar tres riegos y usar una dosis alta de poliacrilato, con una dosis media al dar uno o tres riegos se obtuvieron entre 45 y 51 tubérculos de segunda categoría. Se obtuvo un número similar de tubérculos en esta categoría con el tratamiento testigo de dos riegos y el tratamiento de un riego con una dosis baja; el menor número de tubérculos de esta categoría se dieron en el tratamiento de dos riegos y una dosis media. Se observó también que cuando se usa el poliacrilato de potasio ya sea en una dosis baja o alta y se dan dos riegos el número de tubérculos de esta categoría disminuyen, sin embargo tomando en cuenta los datos del peso de los tubérculos de segunda categoría por planta, estos tratamientos a pesar de tener un menor número de tubérculos en esta categoría, son de mayor peso, que los que se obtiene con el tratamiento de tres riegos y una dosis alta, a pesar de esto dichos tratamientos no tuvieron un buen rendimiento total.

Al analizar la totalidad del número de tubérculos (Figura 9), por planta sin tomar en cuenta la categoría de rechazos ya que estos no tuvieron significancia estadística, la mayor cantidad de tubérculos se obtiene con una dosis alta y tres riegos, se obtuvo alrededor de 90 tubérculos, en su mayoría de segunda categoría, así mismo el tratamiento de tres riegos y una dosis media le sigue en rango obteniendo 74 tubérculos por planta, haciendo notar que tiene mayor cantidad de tubérculos de primera categoría que el tratamiento de mayor cantidad de tubérculos por planta, ambos tratamientos son los mejores respecto al rendimiento total y por categoría; se observa que los tratamientos que no tuvieron buenos rendimientos ni en su totalidad ni por categoría fueron los tratamientos donde se dio dos riegos y se usó dosis bajas y medias de poliacrilato de potasio, a pesar que tuvieron mejores rendimientos totales que los tratamientos de un solo riego, muchos de los tubérculos obtenidos con dichos tratamientos fueron rechazos (pesos menores a 10 g o tubérculos con enfermedades), algo no conveniente para el productor.

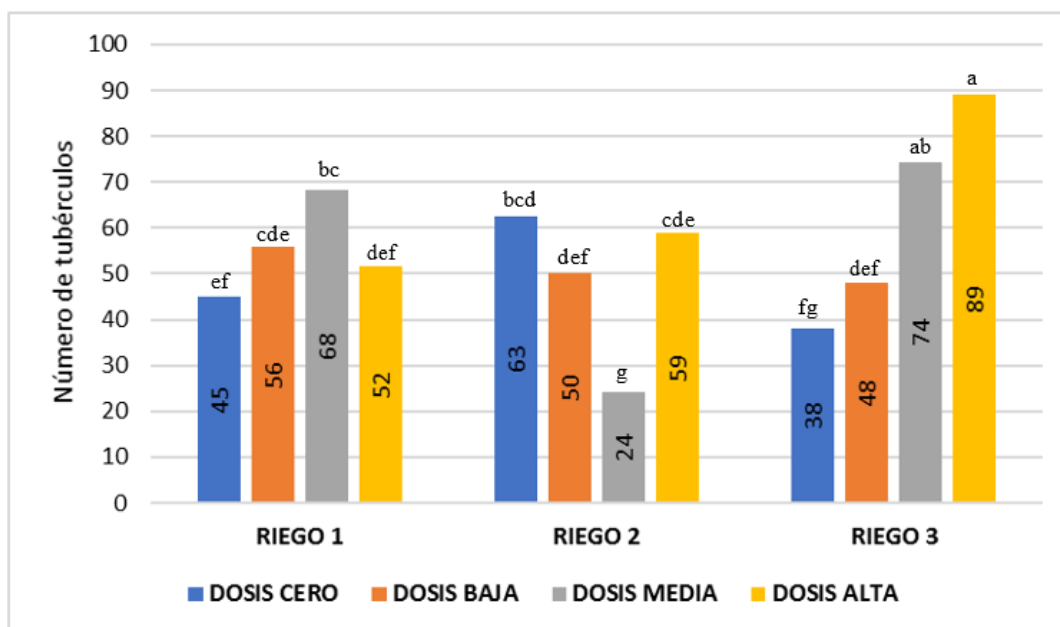


Figura 9. Promedio del número de tubérculos por planta por dosis de poliacrilato de potasio y número de riegos.

Variables del suelo

Para las tres variables del suelo: humedad volumétrica, humedad gravimétrica y humedad tomada semanalmente con el higrómetro, se realizaron pruebas de normalidad según Shapiro Wilks donde se observó que estas variables presentaron normalidad ya que superan el valor de la probabilidad de $p > 0.05$ (Anexo 4). Durante la época que se realizó el estudio, tomando en cuenta los registros de precipitación proporcionados por la estación meteorológica Rumipamba, se registraron desde Agosto hasta Diciembre un total de 292.2 mm de precipitación, siendo el mes con mayor precipitación Octubre con 109.2 mm y Septiembre con 23.0 mm siendo este el mes de menor precipitación.

Caracterización inicial del suelo y del agua utilizada en el experimento

Los resultados del análisis de las muestras de suelo tomadas al inicio del experimento indican que la textura fue franco arenoso (Anexo 6), el contenido de humedad volumétrica inicial de la muestra de suelo tomada entre 10 a 15 cm de profundidad fue de 20.46% y el contenido de humedad gravimétrica inicial a esta misma profundidad fue de 20.87%, mientras que el contenido de humedad volumétrica inicial de la muestra de suelo tomada entre 25 a 30 cm de profundidad fue de 20.75% y el contenido de humedad gravimétrica inicial a esta misma profundidad fue de 18.05% (Anexo 7). Respecto al contenido de sólidos disueltos en la muestra de agua tomada del sistema de riego que utiliza la hacienda CADER, tras su análisis con el medidor digital de sólidos totales dio como resultado 584 partes por millón (ppm).

Humedades volumétrica y gravimétrica en el suelo entre los 10 a 15 cm de profundidad

Los datos obtenidos en laboratorio en las variables: humedad volumétrica y gravimétrica de las muestras tomadas luego de la cosecha (Anexo 8), se puede observar que en su análisis de varianza (Tabla 13), los factores: dosis, riego (Anexos 9 y 10) y su interacción (Tabla 14), presentan significancia estadística, con un valor promedio de humedad volumétrica final de 20.18% y su coeficiente de variación de 4.57%. Se obtuvieron datos de la humedad gravimétrica final, dichos datos también mostraron significancia estadística para los factores: riego, dosis y su interacción, en promedio la humedad gravimétrica final fue de 21.93%, con un coeficiente de variación de 3.75%. Cabe mencionar que no existe una correlación significativa entre el valor de humedad volumétrica entre los 10 a 15 cm de profundidad y los rendimientos totales obtenidos en los tratamientos analizados, puesto que el valor obtenido en la correlación fue de -0.122 , tampoco existió una correlación significativa con los datos de humedad gravimétrica final de las muestras de suelo tomadas a esta misma profundidad puesto que el valor de la correlación obtenido fue de -0.061 .

Las medias de la interacción de los factores riego y dosis, muestran que el valor de humedad más alto se registra cuando se da un riego con una dosis media obtenido un valor de 36.21 %, el valor más bajo de humedad se registró en el tratamiento con una dosis media de poliacrilato de potasio y dos riegos, su valor fue de 12.61 %; se observa que los tratamientos con tres riegos y con las dosis baja, media y alta obtuvieron los valores de humedad final más bajos a esta profundidad, con una diferencia menor cercana al 8 % de la humedad inicial; esto indica que las plantas de los tratamientos testigos no aprovecharon el agua que se les proveyó, debido a su pobre desarrollo respecto a las plantas de los tratamientos donde se utilizó el poliacrilato, mismas que se desarrollaron de mejor manera y tuvieron mejores rendimientos, es decir el poliacrilato fue eficiente en la retención de agua y mantenimiento del contenido de humedad en los suelos del CADER durante todo el ciclo del cultivo de papa, mejorando los rendimientos respecto a los tratamientos testigos.

Las plantas de los tratamientos a los que se les dio dos y tres riegos con las dosis baja, media y alta tuvieron una mayor demanda de agua debido a su mejor desarrollo respecto a los tratamientos testigos, razón por la cual los valores de humedad volumétrica final de estos tratamientos fueron menores al de la humedad volumétrica al inicio de la siembra, esto indica que el poliacrilato fue eficiente en la retención de humedad cuando se dan dos y tres riegos, se demuestra así una de las características que mencionan los fabricantes de este producto que es la de retener la humedad en el suelo y distribuir de mejor manera el agua disponible para la planta (Callaghan *et al.*, 1989). El valor del testigo con uno y dos riegos fueron los más bajos debido a que la cantidad de humedad en el suelo fue disminuyendo hasta la toma de la muestra, contrariamente al testigo de tres riegos que por el último riego que recibió tiene valores de humedad más altos; contrariamente a esto los tratamientos de un solo riego con la dosis baja, media y alta; tienen los valores más altos de humedad volumétrica, debido a que las plantas de dichos tratamientos no tuvieron un buen desarrollo y por ende su demanda de agua fue menor, esto significa que el poliacrilato de potasio no fue eficiente cuando se dio únicamente un riego al cultivo de papa, el testigo tuvo un contenido de humedad volumétrica final mucho más bajo incluso que el contenido inicial de humedad en el suelo debido a que el contenido de agua fue disminuyendo con el tiempo que transcurrió hasta que la muestra fue tomada, los valores de la interacción de los factores se muestran en la Figura 10.

Respecto a la humedad gravimétrica del suelo tomada a esta profundidad, las medias de la interacción de los factores riego y dosis, es similar a la obtenida en la humedad volumétrica, también se obtuvieron resultados similares en los factores riego y dosis, estos valores se muestran en la (Tabla 14), los resultados de este análisis confirman los valores obtenidos con el análisis de la humedad volumétrica.

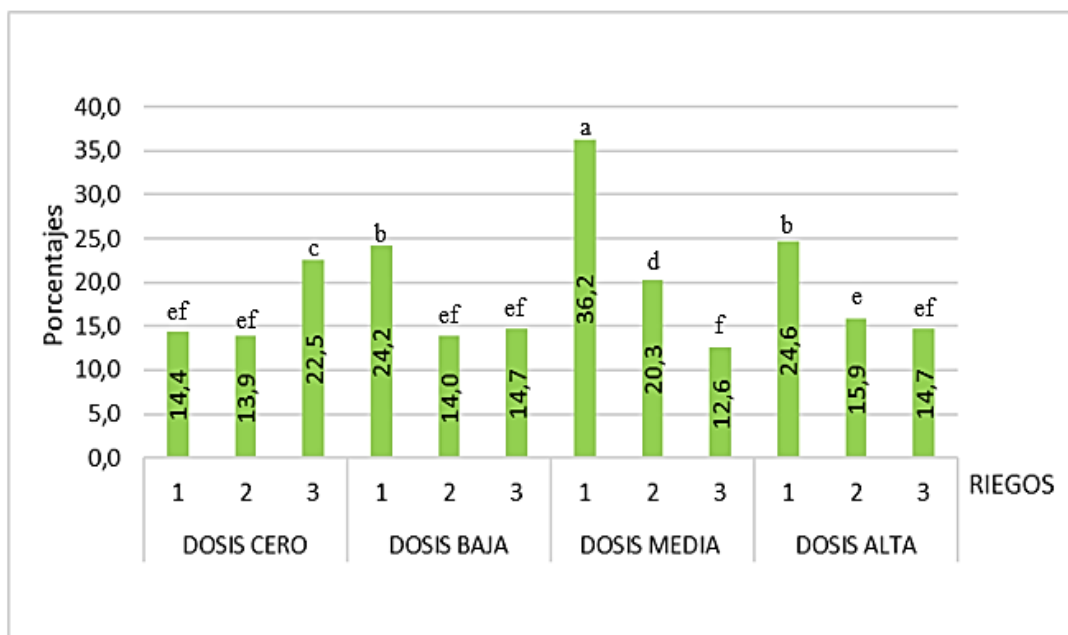


Figura 10. Valores promedio de humedad volumétrica en el suelo tomado entre 10 y 15 cm de profundidad.

Humedades volumétrica y gravimétrica en el suelo entre los 25 a 30 cm de profundidad

El análisis de varianza (Tabla 13), para la humedad volumétrica y gravimétrica en el suelo entre los 25 a 30 cm de profundidad, presentó significación estadística, el factor riego, dosis y su interacción, con un valor promedio de humedad volumétrica final obtenido a esta profundidad de 20.59% y su coeficiente de variación fue de 4.21%, el análisis de varianza de la variable humedad gravimétrica final,

mostró significancia para los factores riego, dosis y su interacción, con valor promedio de 19.49% y un coeficiente de variación de 4.24%. No se encontró una correlación significativa entre los rendimientos totales o por categorías y la humedad volumétrica final a esta profundidad debido a que el valor de la correlación obtenido fue de 0.306, un valor no significativo, en cambio con los datos de humedad gravimétrica final mostró una correlación inversa significativa de un valor de 0.51 con los rendimientos totales, esto indica que a menor contenido de humedad gravimétrica se tendrá mayores rendimientos totales.

La interacción de los factores riego y dosis (Tabla 14), indica que el valor más alto de humedad volumétrica final a esta profundidad se da cuando hay dos riegos y una dosis media de poliacrilato de potasio, su valor fue de 33.54%; el valor más bajo de humedad volumétrica final se da cuando se dan tres riegos y se usa una dosis media del poliacrilato con un valor de 14.05%, este tratamiento fue el segundo mejor en los rendimientos totales, el tratamiento de mejor rendimiento al igual que este último tuvo un contenido bajo de humedad volumétrica final; se observa que la humedad volumétrica final en los tratamientos de tres riegos con una dosis baja, media y alta son los más bajos y son iguales estadísticamente, esto debido a que las plantas de dichos tratamientos tuvieron un mejor desarrollo y por ende una mayor demanda de agua, sus rendimientos también fueron mejores, esto indica que el poliacrilato hizo que el agua en el suelo esté disponible para las plantas en todo su ciclo de desarrollo; en los tratamientos de dos riegos con las dosis alta media y baja, los valores de humedad volumétrica final son cercanos a los valores de humedad inicial, es decir que el poliacrilato mantuvo la humedad en el suelo, además que los rendimientos también fueron mejores al testigo; finalmente los tratamientos donde se dio un solo riego con dosis bajas y medias presentaron valores de humedad volumétrica más altos que al inicio de la siembra, esto debido a una demanda menor de agua por parte de las plantas de estos tratamientos, dichas plantas tuvieron un desarrollo limitado, mismo que se tradujo en un rendimiento bajo; los tratamientos testigos tuvieron valores de humedad volumétrica en el suelo menores a los valores iniciales de humedad, a pesar de esto no tuvieron un buen desarrollo ni rendimientos, el agua que se les proveyó no fue aprovechada, la misma se perdió por evaporación o infiltración; estos resultados demuestran que el poliacrilato retuvo y proveyó de humedad a las plantas de papa mejorando su desarrollo y producción (Figura 11).

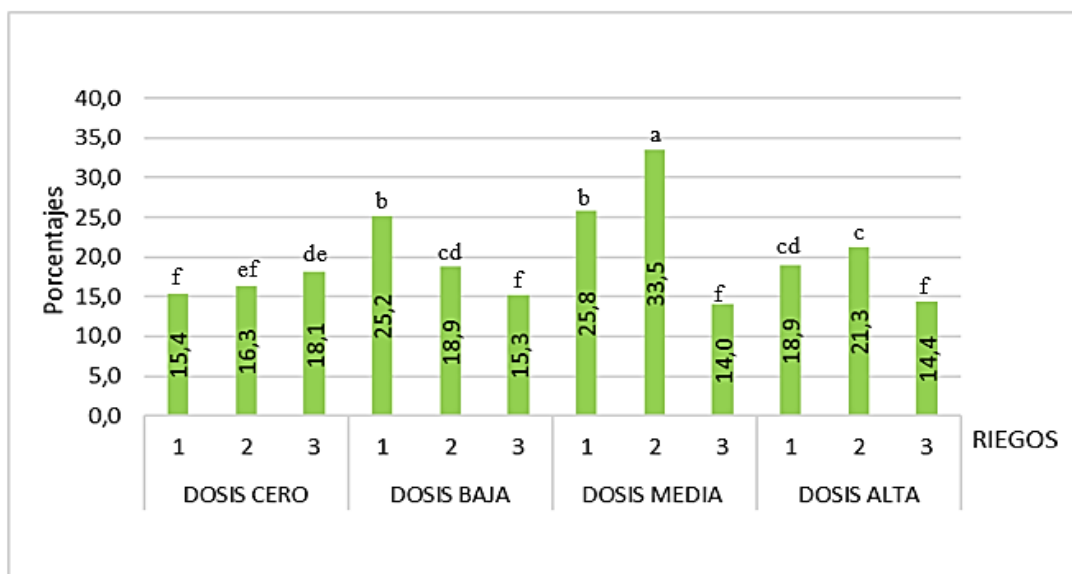


Figura 11. Valores promedio de humedad volumétrica en el suelo tomado entre 25 y 30 cm de profundidad.

Tabla 13. Análisis de la varianza de las variables de suelo del estudio: Evaluación del efecto del poliacrilato de potasio sobre la productividad del cultivo de papa chaucha (*Solanum phureja*) en suelos del CADER.

F.V.	Humedad volumétrica		Humedad gravimétrica		
	Entre 10 y 15 cm	Entre 25 y 30 cm	Entre 10 y 15 cm	Entre 25 y 30 cm	
	GL	CM	cm	cm	
Total	35	50.13	33.15	39.23	13.99
Riego	2	602.78*	243.37*	299.44*	110.30*
Dosis	3	59.42*	65.18*	59.66*	37.89*
Riego*Dosis	6	58.51*	76.27*	96.19*	132.28*
Repetición	2	0.45	1.93	1.62	1.37
Error	22	0.85	0.75	0.68	0.19
Promedio		20.18	20.59	21.93	19.49
C.V.		4.57 %	4.21 %	3.75 %	4.24 %

* Valores significativos a un intervalo de 0,05; ns: valores no significativos; CM: cuadrados medios; C.V.: coeficiente de variación

Tabla 14. Prueba de Tukey al 5 % realizado a la interacción de los factores riego y dosis de las variables de suelo del estudio: Evaluación del efecto del poliacrilato de potasio sobre la productividad del cultivo de papa chaucha (*Solanum phureja*) en suelos del CADER.

RIEGO*DOSIS		Humedad volumétrica		Humedad gravimétrica	
		Entre 10 y 15 cm	Entre 25 y 30 cm	Entre 10 y 15 cm	Entre 25 y 30 cm
1	Cero	14.36 ef	15.43 f	19.71 de	21.20 b
1	Baja	24.25 b	25.20 b	22.21 d	24.71 a
1	Media	36.21 a	25.76 b	32.94 a	24.60 a
1	Alta	24.62 b	18.93 cd	28.89 b	18.43 cde
2	Cero	13.94 ef	16.27 ef	16.05 f	18.16 de
2	Baja	13.95 ef	18.86 cd	14.0 f	17.22 e
2	Media	20.33 d	33.54 a	25.90 c	25.12 a
2	Alta	15.89 e	21.29 c	21.45 d	19.51 c
3	Cero	22.48 c	18.08 de	27.06 bc	18.14 de
3	Baja	14.73 ef	15.28 f	18.72 e	18.69 cd
3	Media	12.61 f	14.05 f	13.64 f	15.49 f
3	Alta	14.72 ef	14.38 f	15.59 f	12.62 g

Medias con una letra común no son significativamente diferentes

Promedio semanal de humedad en el suelo tomada a los 15 cm de profundidad

Los datos semanales del valor de la humedad en el suelo a 15 cm tomados con el higrómetro mostraron normalidad en todas las semanas de evaluación, además no se encontró una correlación entre estos datos y los rendimientos por categoría o en su totalidad. El análisis de varianza se muestra en la Tabla 15; la primera semana de evaluación, misma que recibió el riego inicial, los valores de humedad no tuvieron significancia estadística debido a que todos los tratamientos recibieron la misma cantidad de agua, al medir la humedad del suelo con el higrómetro, este registró humedades en un valor de 8 unidades; durante la segunda semana de evaluación donde el cultivo se encontraba en su plena etapa de brotación y emergencia existió únicamente diferencias estadísticas respecto al factor dosis, las dosis altas tuvieron mayores valores de humedad que los testigos; durante la semana tres se registró una precipitación de 20 mm (Anexo 11) que hizo que los valores de humedad aumenten; así mismo se observó diferencias estadísticas significativas entre los factores dosis y riego, no así con la interacción de estos factores, se observa que las dosis baja tuvo valores menores que los testigos, las dosis medias y altas tuvieron valores similares, así mismo los valores más altos de humedad se registraron en los tratamientos de un solo riego; durante la semana cuatro los valores de humedad fueron disminuyendo en todos los tratamientos, en esta semana hubo significancia en los factores riego y dosis mas no para su interacción, se observa un valor mayor de humedad con las dosis altas y medias, así mismo se observa que el desarrollo vegetativo de las plantas de dichos tratamientos es mejor tanto en tamaño y área foliar, respecto a los tratamientos testigos.

En la quinta semana existe significancia estadística en los factores y su interacción, el tratamiento testigo de un riego registro los valores más bajos de humedad, marcando únicamente un valor de 3.5 unidades en el higrómetro, así mismo se evidencia que presentan un menor tamaño y área foliar, de la misma manera el tratamiento de una dosis baja con dos riegos un valor de 4 en la lectura del higrómetro, el tratamiento que mayor valor de humedad es el de la dosis media con dos riegos logrando un valor de 7 en su lectura y el tratamiento de dosis alta con tres riegos un valor de 6.33 en el higrómetro, ambos tratamientos presentaron las plantas de mayor altura, hay una influencia clara de las dosis, mientras mayor es la dosis mayor contenido de humedad se mantiene a lo largo del tiempo, es decir el poliacrilato efectivamente cumple su función de retener humedad en el suelo por largos periodos de tiempo cuando se usan dosis medias y altas, beneficiando así al crecimiento y desarrollo vegetativo de las plantas, no así con dosis bajas pues el tratamiento de dos riegos con la dosis baja disminuye su valor de humedad incluso más que el tratamiento testigo de tres riegos, esto debido al consumo por parte de las plantas de dichos tratamientos, mismas que fueron de mayor tamaño y altura que las plantas testigos de tres riegos. En las semanas seis, siete y ocho únicamente existe diferencias estadísticas en el factor dosis, se ve en estas semanas que los valores disminuyen mucho más en los tratamientos testigos y los que usaron dosis bajas, mientras que la pérdida de humedad en los tratamientos que usaron dosis medias y altas los valores de humedad disminuyeron en menor valor.

Durante la novena semana de evaluación donde se dio el segundo riego, existió significancia estadística en los factores mas no para su interacción, se puede observar como los tratamientos donde se usaron dosis de poliacrilato de potasio altas tuvieron en promedio una lectura en el higrómetro de 7.88, siendo estas las de mayor altura y un porcentaje menor de plantas en floración, mientras que la lectura más baja se dio con los tratamientos testigos misma que fue de 6.83, dichas plantas estaban en plena floración a pesar de su tamaño pequeño y pobre área foliar, como se mencionó anteriormente los testigos tuvieron un menor número de días a la floración y esto se coteja con los valores bajos de humedad que se registraron durante estas nueve semanas. De la semana 10 a la 14 se observa que existe significancia estadística para los factores riego y dosis, la interacción no tuvo significación estadística, los valores de humedad en el suelo van disminuyendo conforme van pasando las semanas,

se observa que en la semana 10 estos valores no disminuyen considerablemente, sin embargo, se observa que las dosis altas mantienen la humedad y esta no disminuye considerablemente, así mismo las plantas que se encuentran en floración muestran mayor vigor y tamaño que los testigos, se observa que un similar comportamiento se da cuando se usan dosis medias y bajas, mas no con los tratamientos testigos, se ve que hay una clara influencia de las dosis respecto al contenido de humedad en el suelo es decir efectivamente el poliacrilato retuvo en mayor cantidad el agua. Respecto a los riegos los tratamientos de un solo riego mantuvieron los valores más bajos de humedad, esto se vio reflejado en un menor desarrollo de las plantas, además que estas semanas (9 a la 15) son las más críticas debido a que coinciden con el periodo de floración, donde la planta demanda una mayor cantidad de agua, las plantas que tuvieron el poliacrilato dispusieron de una mayor cantidad de agua, especialmente cuando se usaron dosis altas, esto influyo en los rendimientos como se explicó anteriormente.

Desde la semana 15 a la semana 18 de evaluación existió significancia estadística para los factores riego, dosis y su interacción; en la semana 15 los valores en la lectura del higrómetro fueron más altas (5.0 unidades) con la dosis alta y tres riegos, las plantas de estos tratamientos fueron de mayor tamaño y su periodo en días desde la siembra a la tuberización fue mayor que los testigos, así mismo valores cercanos a los 4.5 se lograron con los tratamientos de una dosis alta y un riego o con el tratamiento de dos riegos y una dosis media. Respecto a los tratamientos testigos sus valores fueron los más bajos en esta semana de evaluación llegando a valores cercanos al 2.6 en la lectura del higrómetro, estas plantas de pequeño tamaño iniciaron su tuberización días antes que los tratamientos que usaron poliacrilato de potasio, debido al efecto de retención de humedad en el suelo por parte del poliacrilato. En la semana 16 se aplicó el tercer riego, se observa que los tratamientos de dosis bajas, medias y altas que recibieron el tercer riego aumentaron considerablemente su valor de humedad, sus lecturas en el higrómetro fueron desde 7.5 a 8.0 unidades, en cambio los tratamientos de una dosis media y dos riegos o una dosis alta y un riego tuvieron valores similares, logrando lecturas de 5.17 unidades. Esto indica que la humedad en los suelos se mantuvo en estos valores si se aplica una dosis alta y un solo riego o si se disminuye la dosis y se aumenta el riego. Los testigos de uno o dos riegos tuvieron los valores más bajos una vez más llegando a lecturas cercanas a 3.0 unidades. Durante la semanas 17 y 18 que fueron las finales de esta evaluación, se observó que el tratamiento testigo de los tres riegos disminuye su valor de humedad considerablemente de 7.50 a 3.83 unidades, algo que no sucede con los tratamientos de tres riegos y dosis alta, media y baja que mantuvieron su lectura en valores desde los 6.17 a los 7.50 unidades, su lectura fue mayor si la dosis era mayor, además dichos tratamientos fueron los de mejor rendimiento, debido a que dispusieron de cantidades adecuadas de humedad respecto a los testigos de uno y dos riegos que llegaron a valores muy bajos, esto afecto su rendimiento debido a que las plantas no dispusieron de agua suficiente, pues tal como indican los valores de la lectura con el higrómetro estos fueron de 1.33 unidades (Figura 12).

Tabla 15. Análisis de varianza realizado a la variable humedad semanal del estudio: Evaluación del efecto del poliacrilato de potasio sobre la productividad del cultivo de papa chaucha (*Solanum phureja*) en suelos del CADER.

F.V.	Humedad																		
	Semanas																		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
GL	CM																		
Total	35	0.048	0.14	0.2	0.44	1.04	0.84	0.70	0.93	1.06	0.71	1.33	1.38	0.82	0.64	0.88	3.64	4.09	4.05
Riego	2	1.31 ^{-33ns}	0.02 ^{ns}	1.31*	0.64*	3.02*	0.34 ^{ns}	0.25 ^{ns}	0.29 ^{ns}	16.08*	8.27*	7.75*	9.25*	5.67*	1.39*	0.71*	52.75*	51.18*	43.67*
Dosis	3	0.11 ^{ns}	0.64*	0.63*	3.27*	4.32*	7.04*	6.91*	9.05*	0.63*	2.13*	9.08*	7.43*	3.17*	4.51*	8.46*	5.00*	10.58*	14.63*
Riego*Dosis	6	0.02 ^{ns}	0.12 ^{ns}	0.13 ^{ns}	0.06 ^{ns}	2.21*	0.01 ^{ns}	0.17 ^{ns}	0.24 ^{ns}	0.07 ^{ns}	0.12 ^{ns}	0.15 ^{ns}	0.38 ^{ns}	0.36 ^{ns}	0.34 ^{ns}	0.28*	0.72*	0.37*	0.87*
Repetición	2	0.06 ^{ns}	0.11 ^{ns}	0.18 ^{ns}	0.27 ^{ns}	0.006 ^{ns}	0.34 ^{ns}	0.02 ^{ns}	0.006 ^{ns}	0.02 ^{ns}	0.02 ^{ns}	0.08 ^{ns}	0.42 ^{ns}	0.17 ^{ns}	0.58 ^{ns}	0.02 ^{ns}	0.14 ^{ns}	0.43 ^{ns}	0.13 ^{ns}
Error	22	0.47	0.09	0.06	0.15	0.18	0.32	0.11	0.15	0.11	0.06	0.12	0.19	0.24	0.14	0.10	0.11	0.27	0.23
Promedio		7.88	6.89	7.00	6.50	5.47	5.26	4.86	4.61	7.13	6.96	6.46	6.64	5.85	4.38	3.65	5.38	4.71	3.97
C.V. %		2.7	4.5	3.4	6.1	7.9	10.8	6.8	8.4	4.8	3.7	5.6	6.7	8.5	8.7	8.8	6.3	11.0	12.3

* Valores significativos a un intervalo de 0,05; ns: valores no significativos; CM: cuadrados medios; C.V.: coeficiente de variación.

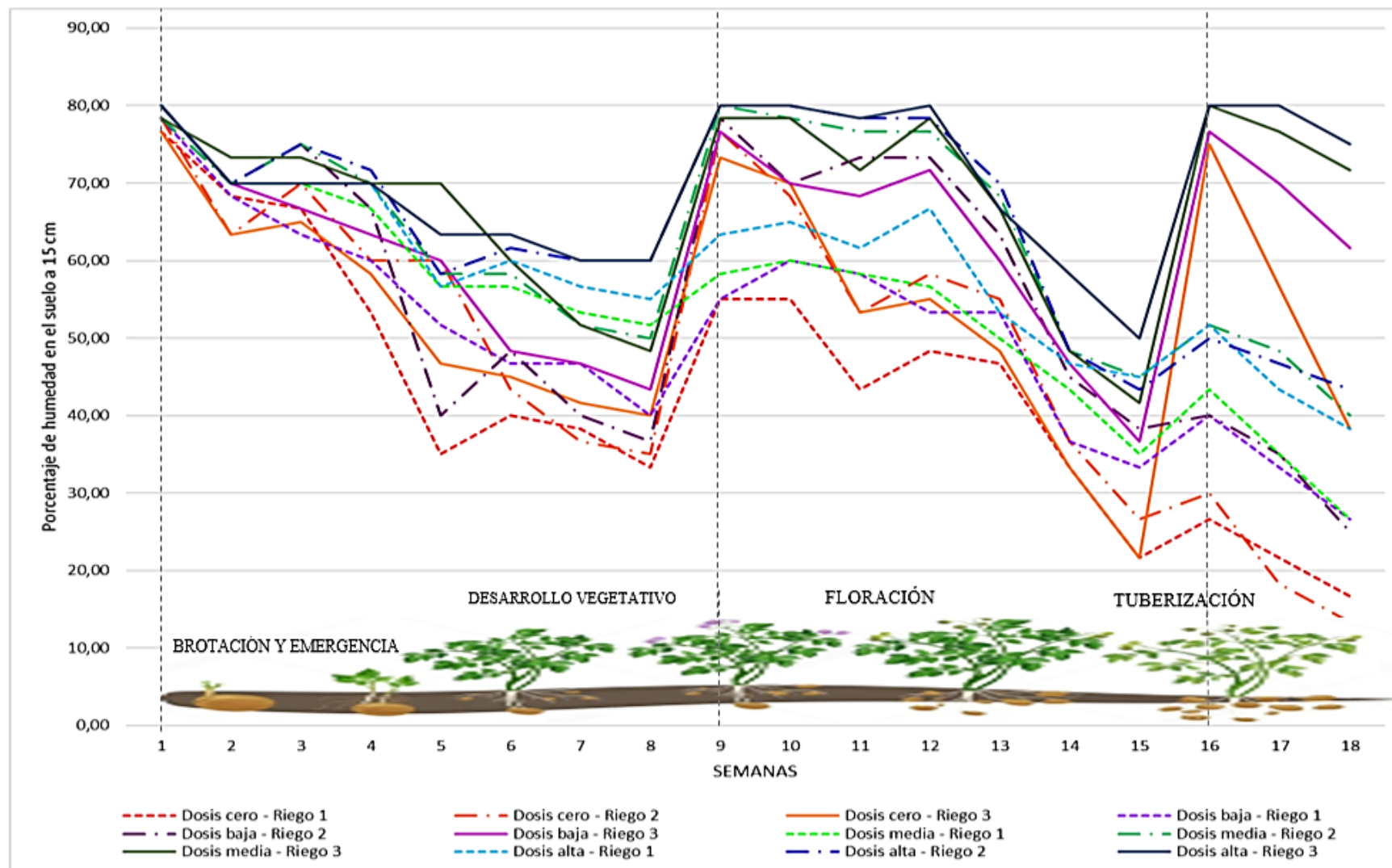


Figura 12. Valores promedio de humedad semanal en el suelo tomado a los 15 cm de profundidad.

Estas 18 semanas de evaluación demuestran que el poliacrilato de potasio retiene el agua en el suelo, mejorando el contenido de agua, pues se observó que mientras se use la dosis baja, media o alta de poliacrilato de potasio en los tratamientos ya sea con uno, dos o tres riegos los valores de humedad fueron mejores que los tratamientos testigos, incluso se llega a tener valores similares de humedad cuando se usa una dosis alta con un solo riego y dos riegos con una dosis media de poliacrilato de potasio. Esto indica que si el recurso agua es limitado se debe usar dosis altas del producto para mantener la humedad en el suelo y tener mejores rendimientos, los valores de humedad más altos en el suelo se dieron con las dosis altas y tres riegos; así mismo, fue el tratamiento con el mejor rendimiento.

Análisis económico mediante presupuesto parcial

En la Tabla 16 se muestran los costos estimados para una hectárea de papa en los rubros de la mano de obra por la labor del riego y los costos del poliacrilato de potasio en las tres diferentes dosis aplicadas en el experimento según las recomendaciones de los fabricantes.

Tabla 16. Cálculo de los costos de mano de obra y dosis de poliacrilato de potasio por hectárea en el experimento.

Mano de obra	Unidad	Costo unitario	Cantidad	Total
Riego	Jornal	17 USD	5	85 USD
Costo poliacrilato				
Dosis baja	kg	25 USD	22.5	562.5 USD
Dosis media		25 USD	41.25	1031.25 USD
Dosis alta		25 USD	60	1500 USD

La Tabla 17 muestra los costos que varían en los diferentes tratamientos que fueron el resultado de la interacción de las dosis de poliacrilato de potasio y número de riegos, además de los testigos. En la Tabla 18 se muestra el análisis de dominancia; estos cálculos indican que el uso de poliacrilato de potasio en el cultivo de la papa es recomendable pues los beneficios obtenidos con los tratamientos testigos son menores a los que utilizaron este producto, pues según el análisis de la tasa marginal de retorno (TAMAR) indica que por cada 100 USD invertidos con los testigos se obtiene 122.35 USD y con la dosis alta de poliacrilato y tres riegos se obtiene 145.57 USD; con los demás tratamientos no se obtiene rentabilidad considerablemente diferente a los testigos. A pesar de que el tratamiento con una dosis baja y tres riegos tuvo mejor rendimiento en la categoría uno, este no tuvo rendimientos que compensen la inversión del uso del poliacrilato de potasio (Tabla 19).

Tabla 17. Análisis de los costos e ingresos en USD por hectárea en el experimento.

Costos	Riego 1				Riego 2				Riego 3			
	Dosis cero	Dosis baja	Dosis media	Dosis alta	Dosis cero	Dosis baja	Dosis media	Dosis alta	Dosis cero	Dosis baja	Dosis media	Dosis alta
Costos que varían (USD/ha/Tratamiento)												
Costo de mano de obra (riego)	85.00	85.00	85.00	85.00	170.00	170.00	170.00	170.00	255.00	255.00	255.00	255.00
Costo del poliacrilato de potasio	0.00	517.50	948.75	1380.00	0.00	517.50	948.75	1380.00	0.00	517.50	948.75	1380.00
Total (USD/ha/Tratamiento)	85.00	602.50	1033.75	1465.00	170.00	687.50	1118.75	1550.00	255.00	772.50	1203.75	1635.00
Ingresos	Riego 1				Riego 2				Riego 3			
Rendimiento total por parcela en Kg	11.67	12.97	14.53	17.23	12.3	15.17	15.63	15.8	12.93	15.27	18.27	21.8
Rendimiento en t/ha	7.29	8.11	9.08	10.77	7.69	9.48	9.77	9.88	8.08	9.54	11.42	13.63
BENEFICIO BRUTO TOTAL (USD/ha/Tratamiento)	3501	3891	4359	5169	3690	4551	4689	4740	3879	4581	5481	6540
Beneficios Netos (USD/ha/Tratamiento)	3416	3289	3325	3704	3520	3864	3570	3190	3624	3809	4277	4905

Tabla 18. Análisis de dominancia de los beneficios netos marginales en USD por hectárea en el experimento.

Tratamientos	Costos que varían	Costos que varían marginales	Beneficio neto	Beneficio neto marginal
T1	85		3416	
T5	170	85	3520	104
T9	255	85	3624	104
T2	603	348	3289	-335.5
T6	688	85	3864	575
T10	773	85	3809	-55
T3	1034	261	3325	-483
T7	1119	85	3570	245
T11	1204	85	4277	707
T4	1465	261	3704	-573
T8	1550	85	3190	-514
T12	1635	85	4905	1715

Continuación de la Tabla 18

Tratamientos	Costos que varían	Costos que varían marginales	Beneficio neto	Beneficio neto marginal
T1	85		3416	
T5	170	85	3520	104
T9	255	85	3624	104
T6	688	433	3864	240
T7	1119	431	3570	-293
T11	1204	85	4277	707
T12	1635	431	4905	628
Tratamientos	Costos que varían	Costos que varían marginales	Beneficio neto	Beneficio neto marginal
T1	85		3416	
T5	170	85	3520	104
T9	255	85	3624	104
T6	688	433	3864	240
T11	1204	516	4277	414
T12	1635	431	4905	628

Tabla 19. Análisis de la tasa marginal de retorno TAMAR en USD del experimento.

Tratamientos	Costos que varían	Costos que varían marginales	Beneficio neto	Beneficio neto marginal	TAMAR
T1	85		3416		
T5	170	85	3520	104	122.35 %
T9	255	85	3624	104	122.35 %
T6	688	433	3864	240	55.38 %
T11	1204	516	4277	414	80.15 %
T12	1635	431	4905	628	145.57 %

5. CONCLUSIONES

El poliacrilato de potasio mejoró la retención de humedad de los suelos del CADER, los valores de humedad registrados con el higrómetro durante las 18 semanas de evaluación muestran que mantiene una mayor cantidad de agua en los suelos usando dosis bajas, medias y altas; los valores de humedad del suelo no disminuyeron drásticamente durante el transcurso de las semanas de evaluación respecto a los tratamientos testigos. Los valores de humedad volumétrica y gravimétrica de las muestras de suelo tomadas al final del experimento de los tratamientos que usaron el poliacrilato de potasio en dosis altas con uno y dos riegos fueron mayores a los testigos y presentaron valores similares en las dos profundidades de toma de muestra (15-30 cm), se logró un valor de 33.5% de humedad en los suelos del CADER al usar una dosis media y dos riegos, los tratamientos de dosis de poliacrilato de potasio altas, medias y bajas con tres riegos tuvieron una mejor retención de humedad en el suelo respecto a los tratamientos testigos.

El uso de poliacrilato de potasio mejoró considerablemente el porcentaje de emergencia de las plantas de papa, logrando hasta un 99 % de emergencia versus un 95 % de los tratamientos testigos; la altura de las plantas de papa evaluadas durante cinco semanas en el experimento fue mejor cuando se usaron dosis altas de poliacrilato de potasio con tres riegos, logrando en promedio 41 cm versus los 24 cm de altura de las plantas del tratamiento testigo de un solo riego. No existió diferencias estadísticas en los tratamientos evaluados respecto al número de tallos principales por planta, que en promedio fue de 5 tallos; el número de días a la floración y a la tuberización se alargó en promedio de uno a dos días cuando se usó dosis medias y altas de poliacrilato de potasio respecto a los tratamientos testigos, mientras más producto se usó mayor fue el periodo en días desde la siembra hasta la floración y tuberización, esto influyó en los rendimientos totales al tener una correlación positiva (0.8), los rendimientos fueron mejores cuando el periodo en días a la floración y tuberización fue mayor; el mejor rendimiento total se obtuvo con el tratamiento de tres riegos con una dosis alta de poliacrilato de potasio, con un promedio de 13.63 t*ha^{-1} en comparación de los 7.29 t*ha^{-1} obtenidos en el tratamiento testigo de un solo riego, el uso del poliacrilato juntamente con una mayor cantidad de riegos mejora la producción del cultivo de papa chaucha. Los mejores rendimientos de peso y número de tubérculos de primera categoría por planta se dieron con el tratamiento de tres riegos y una dosis baja de poliacrilato de potasio, los mejores pesos y número de tubérculos de segunda categoría se obtuvieron con el tratamiento de tres riegos con una dosis alta de poliacrilato, ambos tratamientos tuvieron las menores cantidades de tubérculos de categoría de rechazo, el poliacrilato de potasio mejoró el tamaño de los tubérculos respecto a los tratamientos testigos.

El análisis de costos indica que es rentable el uso del poliacrilato de potasio en el cultivo de papa cuando se usan dosis altas y tres riegos, esto debido a que los rendimientos fueron superiores a los testigos, a pesar de los costos de producción que varían mismos que fueron elevados, se obtienen 145.57 USD por cada 100 USD invertidos, mientras que con los tratamientos testigos se obtienen 122.35 USD por cada 100 USD invertidos, los demás tratamientos no tuvieron un beneficio considerablemente superior a los testigos.

6. RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar más estudios donde se evalué los efectos del poliacrilato de potasio en diferentes variedades de papa en distintas localidades, para de esta manera obtener información y comparar con los resultados de este estudio.

Continuar la investigación en otras épocas del año sobre los efectos del poliacrilato de potasio en el cultivo de papa chaucha en los suelos del CADER, tomando en cuenta las dosis medias y altas con tres riegos con el fin de mejorar la producción tanto en los rendimientos por categoría y rendimientos totales, e incluir las variables sobre incidencia y severidad de plagas y enfermedades.

7. RESUMEN

La sequía es considerada el principal factor ambiental que limita el crecimiento y la productividad de los cultivos en todo el mundo, en el Ecuador afectan directamente a la producción agrícola del país, especialmente del cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.) que es uno de los cultivos alimenticios más importantes a nivel mundial y es uno de los más importantes del país. Ante esta problemática se presenta una alternativa para mitigar la sequía mediante el uso de hidrogeles como el poliacrilato de potasio que sirven como materiales poliméricos súper absorbentes que al contacto con agua la retiene en la partícula incrementando su tamaño haciendo que la misma esté disponible para las plantas. El presente proyecto de investigación determinó el efecto del poliacrilato de potasio sobre el cultivo de papa chaucha en los suelos del Campo Académico Experimental Rumipamba (CADER) de la Universidad Central de Ecuador. Se sembró un lote de 1 000 m² mismo que se dividió en 36 parcelas netas con una superficie de 16 m² para albergar 12 tratamientos compuestos por cuatro dosis de poliacrilato de potasio (0, 0.8, 1.4 y 1.9 g/planta); y por tres riegos (uno al inicio de la siembra, uno al inicio de la siembra y antes de la floración, y uno al inicio de la siembra, antes de la floración y antes de la tuberización). Se utilizó un diseño experimental de parcelas divididas y se analizaron los datos obtenidos mediante análisis de varianza y pruebas de comparación de medias Tukey al 5 %. Se tomaron datos semanales del contenido de humedad del suelo de las parcelas con un higrómetro, de igual manera datos al inicio y al final del cultivo a dos profundidades (de 10 a 15 cm y de 25 a 30 cm) del contenido de humedad volumétrica y gravimétrica. Estas muestras se analizaron en el Laboratorio de Química Agrícola y Suelos de la Universidad Central del Ecuador. Además, se realizó un análisis de presupuesto parcial para conocer qué tan económicamente factible es el uso de este hidroretenedor. Los resultados obtenidos indican que el poliacrilato de potasio tuvo un efecto positivo sobre la retención de humedad de los suelos del CADER, los valores de humedad registrados con el higrómetro muestran que mantiene una mayor cantidad de agua en los suelos respecto a los tratamientos testigos, el uso de poliacrilato de potasio mejoró considerablemente el porcentaje de emergencia de las plantas de papa, logrando hasta un 99 % de emergencia versus un 95 % de los tratamientos testigos; la altura de las plantas de papa evaluadas fue mejor cuando se usaron dosis altas de poliacrilato de potasio con tres riegos, logrando en promedio 41 cm versus los 24 cm de altura de las plantas del tratamiento testigo de un solo riego; no existieron diferencias estadísticas en los tratamientos evaluados respecto al número de tallos principales por planta, que en promedio fue de 5 tallos; el número de días a la floración y a la tuberización se alargó en promedio de uno a dos días cuando se usó dosis medias y altas de poliacrilato de potasio respecto a los tratamientos testigos, esto influyó en los rendimientos totales que fueron mejores cuando el periodo en días a la floración y tuberización fue mayor. El mejor rendimiento total se obtuvo con el tratamiento de tres riegos con una dosis alta de poliacrilato de potasio, con un promedio de 13.63 t*ha⁻¹ en comparación de los 7.29 t*ha⁻¹ obtenidos en el tratamiento testigo de un solo riego; los mejores rendimientos de peso y número de tubérculos de primera categoría por planta, se dieron con el tratamiento de tres riegos y una dosis baja de poliacrilato de potasio, los mejores pesos y número de tubérculos de segunda categoría se obtuvieron con el tratamiento de tres riegos con una dosis alta de poliacrilato, ambos tratamientos tuvieron las menores cantidades de tubérculos de tercera categoría. El análisis económico determinó que es rentable el uso del poliacrilato de potasio en el cultivo de papa cuando se usan dosis altas y tres riegos, pues se obtienen 145.57 USD por cada 100 USD invertidos, mientras que con los tratamientos testigos se obtienen 122.35 USD por cada 100 USD invertidos; los demás tratamientos no tuvieron un beneficio considerablemente superior a los testigos.

SUMMARY

The drought is considered the main environmental factor that limits the growth and productivity of crops throughout the world, in Ecuador they directly affect the agricultural production of the country, especially the cultivation of potatoes (*Solanum tuberosum* L.) which is one of the most important food crops worldwide and is one of the most important in the country. Given this problem presents an alternative to mitigate drought through the use of hydrogels such as polyacrylate potassium that serve as super absorbent polymeric materials that contact with water retains it in the particle increasing its size making it available for plants. This research project determined the effect of potassium polyacrylate on the cultivation of chaucha potato in the soils of the Rumipamba Experimental Academic Field (CADER) of the Central University of Ecuador. A lot of 1 000 m² was planted which was divided into 36 net plots with an area of 16 m² to house 12 treatments composed of four doses of potassium polyacrylate (0, 0.8, 1.4 and 1.9 g/plant); and for three irrigations (one at the beginning of the sowing, one at the beginning of the sowing and before the flowering, and one at the beginning of the sowing, before the flowering and before the tuberization). An experimental design of divided plots was used and the data obtained were analyzed by means of analysis of variance and tests of comparison of Tukey means at 5%. Weekly data on the soil moisture content of the plots were taken with a hygrometer, as well as data at the beginning and at the end of the crop at two depths (10 to 15 cm and 25 to 30 cm) of the volumetric moisture content and gravimetric. These samples were analyzed in the Laboratory of Agricultural Chemistry and Soils of the Central University of Ecuador. In addition, a partial budget analysis was carried out to find out how economically feasible the use of this hydro-retainer is. The results obtained indicate that the potassium polyacrylate had a positive effect on the moisture retention of the CADER soils, the moisture values registered with the hygrometer show that it maintains a greater amount of water in the soils with respect to the control treatments, Use of potassium polyacrylate significantly improved the emergence percentage of potato plants, achieving up to 99% emergence versus 95% of control treatments; the height of the potato plants evaluated was better when high doses of potassium polyacrylate were used with three irrigations, achieving on average 41 cm versus the 24 cm height of the control plants of a single irrigation; there were no statistical differences in the treatments evaluated with respect to the number of main stems per plant, which on average was 5 stems; the number of days to flowering and tuberization was extended on average from one to two days when medium and high doses of potassium polyacrylate were used with respect to the control treatments, this influenced the total yields that were better when the period in days at flowering and tuberization was higher. The best total yield was obtained with the treatment of three irrigations with a high dose of potassium polyacrylate, with an average of 13.63 t * ha⁻¹ compared to the 7.29 t * ha⁻¹ obtained in the control treatment of a single irrigation; the best yields of weight and number of tubers of first category by plant, were given with the treatment of three irrigations and a low dose of polyacrylate of potassium, the best weights and number of tubers of second category were obtained with the treatment of three irrigations with a high dose of polyacrylate, both treatments had the lowest amounts of third category tubers; The economic analysis determined that the use of potassium polyacrylate in potato cultivation is profitable when high doses are used and three irrigations, since 145.57 USD is obtained for every 100 USD invested, while with the control treatments, 122.35 USD are obtained for each USD 100 invested; the other treatments did not have a significantly higher benefit than the controls.

8. REFERENCIAS

- Acua-Gel. (2014). Hidrogel. Comercializadora Internacional México. México. Recuperado de <http://www.hidrogel.com.mx/comim/comim.pdf>
- Alarcón, J. R. (2013). Evaluación del poliacrilato de potasio, en el cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), como práctica de adaptación a la amenaza de sequía, Parramos, Chimaltenango. Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Álvarez, J. E. (2013). Unidad de estudios a distancia ingeniería agropecuaria tesis de grado. Universidad técnica estatal de Quevedo.
- Amagua, J. M. (2013). Respuesta a bajas temperaturas de treinta genotipos de papa (*Solanum* spp.), bajo condiciones controladas. Cutuglahua, pichincha. Universidad Central del Ecuador Facultad de Ciencias Agrícolas, Quito. Recuperado de <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/2028/1/T-UCE-0004-29.pdf>.
- Bautista, G., León, W., & Rojas, O. (2010). Evaluación del rendimiento del cultivo de papa (*Solanum tuberosum*). Variedad chaucha con el manejo fisionutricional (mfn) frente al manejo tradicional en la hacienda san patricio ubicada en la parroquia Tomebamba del cantón Paute provincia del Azuay. Universidad Politécnica Salesiana.
- Bolaños, A. F. (2015). Evaluación de diferentes orígenes de semilla de papa (*Solanum Tuberosum* L.) Provenientes de tres sistemas de producción en dos localidades de la Sierra Ecuatoriana. Universidad Central Del Ecuador.
- Bouzo, C. (2009). El Cultivo de la Papa en Argentina, Curso: Cultivos Intensivos II.
- Buchholz, F. L., & Graham, A. T. (1997). Modern Superabsorbent Polymer Technology. Recuperado de <http://www.wiley.com/WileyCDA/WileyTitle/productCd-0471194115.html>
- Bustamante, S., Villegas, O., Domínguez, M., & Andrade, M. (2013). Poliacrilato de potasio: uso eficiente de agua y nutrientes en el cultivo de ornamentales. Ciencia, Tecnología e Innovación Para El Desarrollo de México, (121), 2013.
- Callaghan, P., Stockhausen, I., & Farm, M. (1989). TerraSorb Hidrogel. Ecología Aplicada, 26, 663–672.
- Cortés, A. B., Ramírez, I. X. B., Eslava, L. F. B., & Niño, G. R. (2007). Evaluación de hidrogeles para aplicaciones agroforestales. Ingeniería e Investigación, 27(3), 35–44.
- Cosecha de lluvia. (2017). Recuperado de <https://www.cosechadelluvia.com/cosecha-de-lluvia>
- Darwish, Atallah, Hajhasan y Haidar. (2006). Nitrogen and water use efficiency of fertigated processing potato. Agr. Water Manage. 85, 95- 104.
- Devaux, A. (2010). El sector papa en la región andina: diagnóstico y elementos para una visión estratégica (Bolivia, Ecuador y Perú).
- Ecuaquimica. (2015). Ecuaquimica Cultivo de papa. Recuperado de http://www.ecuaquimica.com.ec/cultivo_papa.html#
- Ekanayake, I. (1994). Estudios sobre el estrés por sequía y necesidades de riego de la papa. Lima. Recuperado de <http://cipotato.org/library/pdfdocs/ResGuide44167.pdf>

Erazo, A. L. (2011). Evaluación del comportamiento inicial del pino (*Pinus radiata*) mediante la aplicación de retenedores de agua en Tanlagua, San Antonio de Pichincha. Universidad Técnica del Norte.

FACSA. (2016). La dureza del agua. Recuperado de <https://www.facsa.com/municipios/wp-content/uploads/2016/02/Facsa-dureza-del-agua-Alcora.pdf>

FAO. (2008). El Año Internacional de la Papa 2008 Gestión de las plagas y enfermedades de la papa.

Flores, L., & Alcalá, J. R. (2010). Manual de Procedimientos Analíticos. Recuperado de [http://www.geologia.unam.mx/igl/deptos/edafo/lfs/manual del laboratorio de física de suelos1.pdf](http://www.geologia.unam.mx/igl/deptos/edafo/lfs/manual%20del%20laboratorio%20de%20física%20de%20suelos1.pdf)

Galmés, J., Connesa, M., Ochogavía, J., Perdomo, J., Francis, D., Robas-Carbó, M., Cifre, J. (2001). Physiological and morphological adaptations in relation to water use efficiency in Mediterranean accessions of *Solanum lycopersicum*. *Plant and Cell Environ*, 34, 245–260. Recuperado de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20955222>

Gascue, B. R., Ramírez, M., Aguilera, R., Prin, J. L., & Torres, C. (2006). Los hidrogeles poliméricos como potenciales reservorios de agua y su aplicación en la germinación de semillas de tomate en diferentes tipos de suelos. *Revista Iberoamericana de Polímeros*, 7, 12.

Gómez, R., & Cevallos, T. (2000). Guía para las Caracterizaciones Morfológicas Básicas en Colecciones de Papas Nativas. Centro Internacional de La Papa (CIP), (1 Diciembre), 1–27. Recuperado de https://www.researchgate.net/profile/Rene_Gomez3/publication/267991711_Guia_para_las_Characterizaciones_Morfológicas_Básicas_en_Colecciones_de_Papas_Nativas/links/548ab5970cf214269f1ada82/Guia-para-las-Characterizaciones-Morfológicas-Básicas-en-Colecciones-

Harrington, L. W. (1982). Ejercicios sobre el análisis económico de datos agronómicos (CIMMYT Documento de Trabajo de Economía No. 82–2). (CIMMYT, Ed.). México. Recuperado de <http://hdl.handle.net/10883/824>

IICA. (2014). Identificación, validación y difusión de cultivares de papa (*Solanum tuberosum* L.) para la mejora de la producción de la agricultura familiar y la disponibilidad de alimentos Introducción, 23.

INAMHI. (2016). Boletín Climatológico Inhami 2016. Recuperado de <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/clima/>

INAMHI. (2017). Servicio Meteorológico Nacional. San Miguel de Salcedo. Recuperado de <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/>

INIA. (2017). Riego por surcos. Recuperado de <http://agriculturers.com/riego-por-surcos/>

Intagri. (2017). Requerimientos de Clima y Suelo para el Cultivo de la Papa. Recuperado de <https://www.intagri.com/articulos/hortalizas/requerimientos-de-clima-y-suelo-para-el-cultivo-de-la-papa>

IRO. (2011). Poliacrilato de potasio (K-PAM). Recuperado de <http://www.irooildrilling.com/span/Shale-Control/K-PAM.htm>

Kouro, S. (2001). Automatización Industrial: Sensores de humedad, 24. <https://doi.org/10.1007/s13398-014-0173-7.2>

Lascano, A. (2016). Efecto de la fertilización con lixiviado generado en el relleno sanitario del Cantón Salcedo en el cultivo de papa chaucha (*Solanum andigenum*). Universidad Técnica de Cotopaxi.

Liu, M., & Guo, T. (2001). Preparation and swelling properties of crosslinked sodium polyacrylate, 82(6), 1515–1520. Recuperado de <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/app.1990/abstract;jsessionid=B33270648BEE9071C0643EC6B07DDDCC.f03t02>

Luján, C. (1996). Historia de la papa. Revista de La Federación Colombiana de Productores de Papa FEDEPAPA, Vol-16, 27 pag. Recuperado de https://www.scribd.com/document_downloads/direct/20266118?extension=pdf&ft=1540432057<=1540435667&show_pdf=true&user_id=117814241&uahk=LZI5YulF9CROA-P1dCT98o0wFig

MAGAP. (2018). Informe de rendimientos de papa en el Ecuador 2017. Quito. Recuperado de http://sipa.agricultura.gob.ec/descargas/estudios/rendimientos/papa/rendimiento_papa_2017.pdf

Méndez, P., & Inostrosa, J. (1994). MÉTODOS DE RIEGO. In Manual de Papa para la Araucanía: Manejo del cultivo enfermedades y almacenaje (pp. 57–69). Chile. Recuperado de <http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/boletines/NR36493.pdf>

Mercado, L. P. R., & Cunya, J. F. S. (2014). Scientia Agropecuaria Productividad de diez cultivares promisorios de papa chaucha (*Solanum tuberosum*, grupo Phureja) de la región Cajamarca Productivity of ten promising chaucha potato cultivars (*Solanum tuberosum*, Phureja group) in the Cajamarca r, 5, 165–175.

Monteros, A. (2016). Rendimientos de papa en el ecuador primer ciclo 2016 (Vol. 2016). Quito.

Monteros, C., Yumisaca, F., Andrade, J., & Reinoso, I. (2010). Ecuador Papas Nativas de la Sierra Centro y Norte del Ecuador: Catálogo etnobotánico, morfológico, agronómico y de calidad. In Publicación Miscelánea (Vol. 179, p. 144). Quito, Ecuador.

Montesdeoca, F., Panchi, N., Navarrete, I., Pallo, E., Yumisaca, F., Taipe, A., Andrade, J. (2013). Guía fotográfica de las principales plagas de papa en Ecuador. Miscelanea INIAP 408. Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). Recuperado de <http://cipotato.org/wp-content/uploads/2013/04/0060841-1.pdf>

Montesdeoca, M. S. (2017). Estudio fenológico de la papa (*Solanum tuberosum* L.) variedad INIAP - Victoria y de su producción en la finca de la UCE, sede galápagos. Universidad central del Ecuador.

Moorby, J., Munns, R., & Walcoot, J. (1975). Effect of water deficit on photosynthesis and tuber metabolism in potatoes. Australian Journal of Plant Physiology, 2. Recuperado de http://agris.fao.org/agris-search/search.do;jsessionid=2795A7F18CAC1734523ADA4238A8A469?request_locale=ru&recordID=AU19760112442&query=&sourceQuery=&sortField=&sortOrder=&agrovocString=&advQuery=¢erString=&enableField=

Murrell, M., Zuñiga, C., Ezquivel, A., & Madriz, J. (2002). Extracción de ADN de individuos de *Radopholus similis*. Manejo Integrado de Plagas, 63, 33–38.

ONS. (2018). Reglamento Técnico para la Certificación de Semilla de Papa. Recuperado de <https://research.cip.cgiar.org/confluence/download/attachments/17400477/Reglamento+técnico+papa.pdf>

Paca, J. H. (2009). Respuesta del cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.) variedad chaucha a la aplicación de cuatro tipos de abonos en tres dosis). Escuela superior Politécnica de Chimborazo. Recuperado de <http://dspace.espace.edu.ec/bitstream/123456789/343/1/13T0636.pdf>

Peña, R. (2013). Evaluación agronómica de seis genotipos de papa (*Solanum* spp.) con tolerancia al déficit hídrico. Escuela Superior Politécnica del Chimborazo.

Pérez, W., & Forbes, G. (2011). Guía de identificación de plagas que afectan a la papa en la zona Andina. Centro Internacional de la Papa (CIP). Recuperado de <http://www.fao.org/docrep/019/as407s/as407s.pdf>

Profador. (2007). Hidrokeeper- Retenedor de Humedad, 1–13. Recuperado de <http://www.profador.com/portal/Pdf/Retenedores de Humedad.pdf>

Pumisacho, M., Sherwood, S., & Andrade, H. (2002). El cultivo de la papa en Ecuador. (M. P. y S. Sherwood, Ed.), INIAP-CIP (Primera ed). Quito. Recuperado de <https://nkxms1019hx1xmtstxk3k9skowpengine.netdna-ssl.com/wp-content/uploads/Documentacion PDF/Pumisacho y Sherwood Cultivo de Papa en Ecuador.pdf>

Ramírez, D. (2010). Caracterización física, química y nutricional de la papa chaucha (*Solanum phureja*) cultivado en dos suelos edafoclimáticos del Ecuador, como base de estudio para la elaboración de una norma técnica (papa chaucha fresca requisitos 2010) por parte del INEN. Universidad Tecnológica Equinoccial.

Ramírez, L. A., Gonzáles, E. P., & Cotes, J. M. (2011). Comparación de la propagación por esquejes y minitubérculos de genotipos de *Solanum phureja* Juz et Buk. Facultad de Ciencias Básicas, 7(1900–4699), 50–57.

Recinos, J. R. (2013). Evaluación del poliacrilato de potasio, en el cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), como práctica de adaptación a la amenaza de sequía, Parramos, Chimaltenango. Universidad de San Carlos de Guatemala. Recuperado de <http://www.repositorio.usac.edu.gt/1832/1/22Tg%28479%29Agr Julio Renato Alarcón Recinos.pdf>

Rivadeneira, A. J. (2013). Comportamiento agronómico de la papa yema de huevo (*Solanum tuberosum* L. Var. Phureja) con la aplicación de tres tipos de abonos orgánicos en el cantón Salcedo. Universidad Técnica Estatal de Quevedo.

Rojas, E. (2015). Composición del agua. Recuperado de <http://documents.tips/documents/composicion-del-agua.html#>

Rojas, M., & Ledent, F. (2014). Efecto de la sequía en la morfología, crecimiento y productividad de genotipos de papa (*Solanum tuberosum* L.) en Bolivia. Revista latinoamericana de la papa, 18, 52.

Román, M., y G. Hurtado. (2002). Guía técnica de la papa. San Salvador.

Sanz, J. (2015). Characterization and effects of cross-linked potassium polyacrylate as soil amendment. Universidad de Sevilla. Recuperado de https://idus.us.es/xmlui/bitstream/handle/11441/40617/Jorge_Sanz_Gomez_Tesis_Doctoral.pdf;sequence=1

SENAGUA. (2002). Manejo integral de los recursos hídricos y Tratamiento de las aguas servidas –Cuenca del río Cutuchi.

Shock, C. C., & Iida, C. L. (2009). La poliacrilamida : Una solución para la erosión. Técnicas para la agricultura sostenible. Oregon State University.

Tibán, L. (2012). Caracterización morfológica de diez entradas de papas nativas (*Solanum* sp) del INIAP en el banco de germoplasma del jardín botánico Atocha-La Liria.

Tourneux, C., Devaux, A., Camacho, M., Mamani, P., & Ledent, J.-F. (2003). Effects of water shortage on six potato genotypes in the highlands of Bolivia (I): morphological parameters, growth and yield Effects of water shortage on six potato genotypes in the highlands of. *Agronomie, EDP Sciences*, 23(2), 169–179. Recuperado de <https://hal.archives-ouvertes.fr/file/index/docid/886168/filename/hal-00886168.pdf>

Trujillo, N. (2007). Plantines y retenedores de agua. In *Nuevas tecnologías de producción* (pp. 34–80).

Valencia, S. (2014). Efectos de la calidad del agua y de distintas sales en la capacidad hidrohinchable de una poliacrilamida comercial. Universidad Politécnica de Cataluña. Recuperado de <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/22746/memoria.pdf>

Vélez, N. (2016). Efecto de retenedores de agua en la producción de lechuga (*Lactuca sativa* L.) variedad crespa salad en la granja experimental Yuyucocha provincia de Imbabura. Universidad Técnica del Norte.

Wexler, A. (1964). *The NBS Standard Hygrometer*. Washington D.C., US. Recuperado de <https://archive.org/details/nbsstandardhygro73wexl/page/n1>

Zuchem. (2017). Productos que funcionan. Recuperado de <http://zuchemltda.com/>

9. ANEXOS

Anexo 1. Análisis de sólidos disueltos en el agua de la solución



Medidor TDS digital con muestra de agua proveniente de Salcedo

Anexo 2. Metodología para el cálculo de dosis de poliacrilato de potasio.

$$\text{Número de plantas por hectárea} = \frac{\text{área del terreno}}{\text{área de la planta}}$$

Dosis de aplicación Kg/ha			
Cultivo	Dosis baja	Dosis media	Dosis alta
Papa	22.5	41.25	60

**Dosis recomendadas por el fabricante*

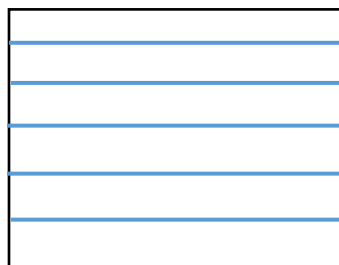
**Dosis alta corresponde al promedio de las dosificaciones por hectárea del cultivo de papa*

** El fabricante no especifica para que tipo de suelo son las dosis*
Fuente, (Cosecha de lluvia, 2017)

$$\text{Dosis por planta} = \frac{\text{kg/ha (para el cálculo de cada dosis)}}{\text{plantas/ha}}$$

$$\text{Dosis por surco} = \text{Dosis por planta} \times \text{Número de plantas por surco}$$

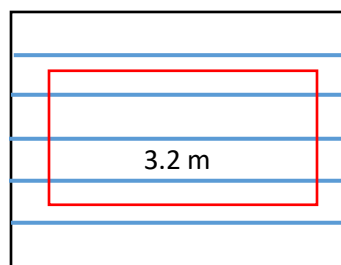
Anexo 3. Tamaño de la parcela (unidad experimental)



Parcela Total: cinco surcos de 4 m de largo por 80 cm de distancia entre surco.

Distancia entre plantas: 40 cm.

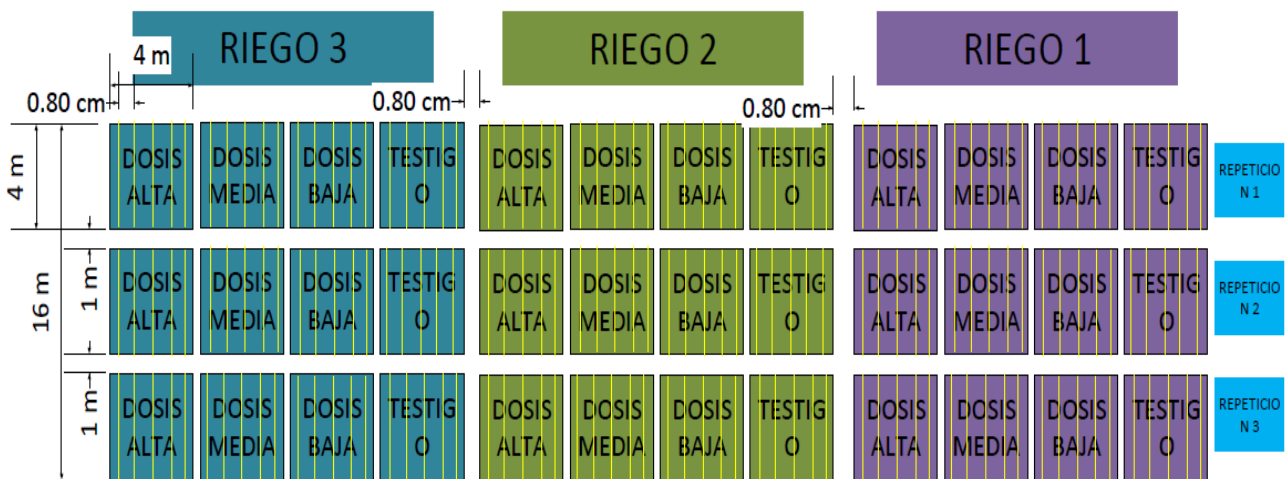
Área: 16 m².



Parcela Neta: tres surcos de 3.2 m de largo por 80 cm de ancho.

Distancia entre plantas: 40 cm.

Área: 7.7 m².



Anexo 4. Pruebas de normalidad Shapiro Wilks para las variables evaluadas en el estudio.

VARIABLE	n	X	D.E.	Valor p
Germinación	36	97.86	3.64	0.0839
Altura 1	36	5.8	0.7	0.17855
Altura 2	36	12.48	1.99	0.78018
Altura 3	36	20.14	4.11	0.13827
Altura 4	36	31.46	4.21	0.35031
Altura 5	36	36.46	4.21	0.35031
Numero de tallos principales	36	5.37	0.67	0.2746
Días a La floración	36	68.56	1.81	0.46032
Días a la Tuberización	36	76.81	1.33	0.2218
Peso tubérculos de primera	36	134.11	66.98	0.08902
Peso tubérculos de segunda	36	460.05	193.8	0.2416
Peso tubérculos de tercera	36	59.04	25.43	0.17297
Peso tubérculos total	36	653.2	245.87	0.2773
Número de tubérculos de primera	36	2.64	1.89	0.1260
Número de tubérculos de segunda	36	34.21	13.06	0.1030
Número de tubérculos de rechazo	36	18.22	6.83	0.8432
Número de tubérculos total	36	55.51	17.18	0.9546
Rendimientos	36	15.39	2.79	0.1242
Humedad volumétrica a 15 cm	36	20.17	7.08	0.5623
Humedad volumétrica a 30 cm	36	20.59	5.76	0.1272
Humedad gravimétrica a 15 cm	36	21.93	6.26	0.11273
Humedad gravimétrica a 30 cm	36	19.49	3.74	0.05570
Humedad del 10 de agosto	36	7.88	0.22	1.0000
Humedad del 17 de agosto	36	6.89	0.38	0.72394
Humedad del 24 de agosto	36	7	0.45	0.18773
Humedad del 31 de agosto	36	6.5	0.67	0.24331
Humedad del 07 de septiembre	36	5.47	1.02	0.23534
Humedad del 14 de septiembre	36	5.26	0.92	0.18167
Humedad del 21 de septiembre	36	4.86	0.84	0.73033
Humedad del 28 de septiembre	36	4.61	0.96	0.98579
Humedad del 05 de octubre	36	7.13	1.03	0.05346
Humedad del 12 de octubre	36	6.96	0.85	0.47182
Humedad del 19 de octubre	36	6.46	1.15	0.52294
Humedad del 26 de octubre	36	6.64	1.17	0.22663
Humedad del 02 de noviembre	36	5.85	0.91	0.78927
Humedad del 09 de noviembre	36	4.38	0.81	0.93621
Humedad del 16 de noviembre	36	3.65	0.94	0.60951
Humedad del 23 de noviembre	36	5.38	1.91	0.12481
Humedad del 30 de noviembre	36	4.71	2.02	0.83571
Humedad del 07 de diciembre	36	3.97	2.01	0.18132

Anexo 5. Pruebas de correlación para los variables días a la floración, tuberización y humedad gravimétrica de 25 a 30 cm respecto a los rendimientos obtenidos en el estudio.

Correlación	Rendimientos	Días a la floración	Días a la tuberización	Humedad volumétrica de 10 a 15 cm	Humedad volumétrica de 25 a 30 cm	Humedad gravimétrica de 10 a 15 cm	Humedad gravimétrica de 25 a 30 cm
	1.000	0.81*	0.80*	0.016 ^{ns}	0.306 ^{ns}	- 0.107 ^{ns}	0.51*

* Valores significativos a un intervalo de 0.05; ns: valores no significativos.

Anexo 6. Determinación de la textura de suelo.

% Arena	% Limo	% Arcilla	Nombre Textural
56	35	9	FRANCO ARENOSO

Anexo 7. Determinación de la humedad gravimétrica y humedad volumétrica inicial

No. Laboratorio	No. muestra	Humedad gravimétrica		Humedad volumétrica	
		%	Fracción	%	Fracción
1733	02 (10-15)	20.46	0.2046	20.87	0.2087
1734	03 (25.30)	20.75	0.2075	18.05	0.1805

Anexo 8. Determinación de la humedad gravimétrica y humedad volumétrica final

RIEGO	DOSIS	REPETICION	HV1 (10-15cm)	HV2 (25-30cm)	HG1 (10-15cm)	HG2 (25-30cm)
1	1	1	28.26	25.68	27.45	21.50
1	1	2	27.35	24.11	25.76	20.67
1	1	3	29.47	26.49	26.92	21.43
1	2	1	23.83	25.42	22.74	24.99
1	2	2	24.36	24.91	21.53	24.85
1	2	3	24.55	25.27	22.36	24.30
1	3	1	35.67	26.38	33.63	24.44
1	3	2	37.55	24.48	31.42	24.10
1	3	3	35.40	26.43	33.76	25.25
1	4	1	25.89	19.76	27.96	18.01
1	4	2	24.18	18.13	29.40	18.76
1	4	3	23.78	18.90	29.32	18.51

2	1	1	13.95	15.50	16.43	17.20
2	1	2	14.76	16.84	15.49	18.37
2	1	3	13.10	16.47	16.24	18.91
2	2	1	13.51	17.14	14.48	16.93
2	2	2	14.55	19.70	14.45	17.56
2	2	3	13.80	19.74	13.06	17.16
2	3	1	19.65	33.08	26.04	25.14
2	3	2	19.70	33.12	25.93	24.64
2	3	3	21.65	34.43	25.73	25.59
2	4	1	15.70	21.60	21.98	19.78
2	4	2	15.00	20.66	19.88	19.62
2	4	3	16.98	21.60	22.48	19.13
3	1	1	22.28	17.03	27.38	17.58
3	1	2	22.13	18.94	26.65	18.28
3	1	3	22.20	17.99	27.02	17.93
3	1	3	23.04	18.27	27.16	18.55
3	2	1	15.82	15.79	18.02	18.85
3	2	2	13.62	14.95	18.21	18.59
3	2	3	14.74	15.11	19.93	18.64
3	3	1	13.42	13.03	13.12	15.32
3	3	2	12.31	14.08	13.06	15.53
3	3	3	12.10	15.03	14.73	15.63
3	4	1	14.36	15.18	15.24	12.62
3	4	2	14.14	13.24	16.46	12.51
3	4	3	15.66	14.71	15.07	12.73

Anexo 9. Prueba de Tukey al 5 % realizado al factor dosis de las variables del suelo del estudio: Evaluación del efecto del poliacrilato de potasio sobre la productividad del cultivo de papa chaucha (*Solanum phureja*) en suelos del CADER.

DOSIS	Humedad volumétrica					Humedad gravimétrica			
	n	A los 15 cm		A los 30 cm		A los 15 cm		A los 30 cm	
		X	Rango	X	Rango	X	Rango	X	Rango
Cero	3	21.59	b	19.93	b	23.28	a	19.17	c
Baja	3	17.64	c	19.78	b	18.31	c	20.21	b
Media	3	23.05	a	24.45	a	24.16	a	21.74	a
Alta	3	18.41	c	18.20	c	21.98	b	16.85	d

X: valores promedios; Medias con una letra común no son significativamente diferente

Anexo 10. Prueba de Tukey al 5% realizado al factor riego de las variables del suelo del estudio: Evaluación del efecto del poliacrilato de potasio sobre la productividad del cultivo de papa chaucha (*Solanum phureja*) en suelos del CADER.

RIEGO	Humedad volumétrica					Humedad gravimétrica			
	n	A los 15 cm		A los 30 cm		A los 15 cm		A los 30 cm	
		X	Rango	X	Rango	X	Rango	X	Rango
1	12	28.36	a	23.83	a	27.69	a	22.23	a
2	12	16.03	b	22.49	b	19.35	b	20.00	b
3	12	16.14	b	15.45	c	18.75	b	16.24	c

X: valores promedios; Medias con una letra común no son significativamente diferentes

Anexo 11. Datos meteorológicos de Rumipamba-Salcedo, ubicado en la provincia de Cotopaxi.

RESUMEN MENSUAL DE VALORES SELECCIONADOS																					
ESTACION: RUMPAMBA																					
MES: AGOSTO																					
AÑO: 2017																					
PRESION TEMPERATURA Y HUMEDAD				EVAPORACION PRECIPITACION Y HELIOFANIA										NÚMERO DE DIAS							
Presión atmosférica (mb)	Media	742,4	mb	Insolacion total mensual	164,0	Horas y décimos									de precipitación < 0,1 mm.	0					
corregida a 0° C y a la	Máxima	745,1	mb	Evaporación mensual					115,2	mm					de precipitación > 0,1 mm.	0					
gravedad normal	Mínima	739,9	mb	Evaporac. Máx. en 24 Hs.					6,6	mm					de precipitación > 1,0 mm.	0					
Temperatura media $\frac{(Máx + Mín)}{2}$		13,7	°C.	el día					14						de precipitación > 10,0 mm.	0					
Temperatura media $\frac{(07 + 13 + 19)}{3}$		13,3	°C.	Precipitación total mensual					32,7	mm					de precipitación > 25,0 mm.	0					
Temperatura máxima media		19,6	°C.	Precipitación máx. en 24 hs.					8,2	mm					de precipitación > 50,0 mm.	0					
Temperatura mínima media		7,8	°C.	el día					28	# días con RR					14						
Temperatura máxima absoluta		23,0	°C.	NÚMERO DE DIAS																	
el día		17		En que la Temperatura máxima > 30 °C					0						Con Llovizna	10					
Temperatura mínima absoluta		2,4	°C.	En que la Temperatura máxima < 25 °C					0						Con Lluvia	4					
el día		1		En que la Temperatura máxima < 20 °C					0						Con Chaparron	0					
Humedad relativa media		78	%	En que la Temperatura mínima < 10 °C					0						Con Tormenta	0					
Humedad relativa máxima		99	%	Número de veces en que se registró viento en cada una de las direcciones indicadas y valor medio de la velocidad en m/seg																	
N° de veces		2		Horas	N		NE		E		SE		S		SW		W		NW		CALMA
Humedad relativa mínima		40	%	7	0	0,0	3	5,0	0	0,0	1	1,0	5	8,0	0	0,0	1	1,0	0	0,0	21
N° de veces		1		13	0	0,0	0	0,0	0	0,0	12	75,0	19	126,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0
Tensión del vapor de agua		11,7	mb	19	1	1,0	0	0,0	0	0,0	10	42,0	18	100,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	2
Punto de rocío		9,3	°C.	SUMA	1	1,0	3	5,0	0	0,0	23	118,0	42	234,0	0	0,0	1	1,0	0	0,0	23
Visibilidad media		18	Km	Frecuencia en % en que se registro el viento en cada dirección																	
Nubosidad media		5	octav	N		NE		E		SE		S		SW		W		NW		CALMA	
Viento: dd	S	Vel med.	4,9	%	Vel	%	Vel	%	Vel	%	Vel	%	Vel	%	Vel	%	Vel	%	Vel	%	
Vel med. mes		3,9	m/seg	1,1	1,0	3,2	1,7	0,0	#DIV/0!	24,7	5,1	45,2	5,6	0,0	#DIV/0!	1,1	1,0	0,0	#DIV/0!	24,7	

Anexo 11. (Conti.)

RESUMEN MENSUAL DE VALORES SELECCIONADOS																						
ESTACION: RUMIPAMBA																						
MES: SEPTIEMBRE																						
AÑO: 2017																						
PRESION TEMPERATURA Y HUMEDAD					EVAPORACION PRECIPITACION Y HELIOFANIA										NÚMERO DE DIAS							
Presión atmosférica (mb)	Media	742,1	mb		Insolacion total mensual	139,1	Horas y décimos												de precipitación < 0,1 mm.	0		
corregida a 0° C y a la	Máxima	745,1	mb		Evaporación mensual			132,4	mm										de precipitación > 0,1 mm.	0		
gravedad normal	Mínima	739,8	mb		Evaporac. Máx. en 24 Hs.			7,4	mm										de precipitación > 1,0 mm.	0		
							el día	20											de precipitación > 10,0 mm.	0		
Temperatura media $\frac{(Máx + Míñ)}{2}$		14,2	°C.		Precipitación total mensual			23,0	mm										de precipitación > 25,0 mm.	0		
Temperatura media $\frac{(07 + 13 + 19)}{3}$		13,8	°C.		Precipitación máx. en 24 hs.			17,2	mm										de precipitación > 50,0 mm.	0		
							el día	2	# días con RR	7									Con Llovizna	6		
Temperatura máxima media		20,1	°C.		NÚMERO DE DIAS																	
Temperatura mínima media		8,2	°C.		En que la Temperatura máxima > 30 °C			0											Con Lluvia	0		
Temperatura máxima absoluta		23,6	°C.		En que la Temperatura máxima < 25 °C			0											Con Chaparrón	0		
el día		21			En que la Temperatura máxima < 20 °C			0											Con Tormenta	0		
Temperatura mínima absoluta		2,3	°C.		En que la Temperatura mínima < 10 °C			0											Con Niebla a la distancia	3		
el día		20																	Con Calima	5		
Humedad relativa media		79	%		Número de veces en que se registró viento en cada una de las direcciones indicadas y valor medio de la velocidad en m/seg																	
Humedad relativa máxima		100	%		Horas	N		NE		E		SE		S		SW		W		NW		CALMA
N° de veces		1			7	1	2,0	0	0,0	0	0,0	4	10,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	25
Humedad relativa mínima		45	%		13	0	0,0	0	0,0	0	0,0	12	76,0	17	116,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	1
N° de veces		1			19	0	0,0	0	0,0	0	0,0	7	40,0	22	118,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	1
Tensión del vapor de agua		12,2	mb		SUMA	1	2,0	0	0,0	0	0,0	23	126,0	39	234,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	27
Punto de rocío		9,8	°C.		Frecuencia en % en que se registro el viento en cada dirección																	
Visibilidad media		17	Km		N		NE		E		SE		S		SW		W		NW		CALMA	
Nubosidad media		5	octav		%	Vel	%	Vel	%	Vel	%	Vel	%	Vel	%	Vel	%	Vel	%	Vel	%	
Viento: dd	S				1,1	2,0	0,0	#DIV/0!	0,0	#DIV/0!	25,6	5,5	43,3	6,0	0,0	#DIV/0!	0,0	#DIV/0!	0,0	#DIV/0!	30,0	
Vel med. mes		4,9	m/seg																			
		4,0	m/seg																			

OBSERVACIONES:

Anexo 11. (Conti.)

RESUMEN MENSUAL DE VALORES SELECCIONADOS																					
ESTACION: RUMIPAMBA																					
MES: OCTUBRE																					
AÑO: 2017																					
PRESION TEMPERATURA Y HUMEDAD				EVAPORACION PRECIPITACION Y HELIOFANIA										NÚMERO DE DIAS							
Presión atmosférica (mb)	Media	749,3	mb	Insolacion total mensual	144,3	Horas y décimos				de precipitación < 0,1 mm.					0						
corregida a 0° C y a la	Máxima	1119,0	mb	Evaporación mensual	155,4				de precipitación > 0,1 mm.					0							
gravedad normal	Mínima	738,3	mb	Evaporac. Máx. en 24 Hs.	11,3				de precipitación > 1,0 mm.					0							
Temperatura media $\frac{(Máx + Míñ)}{2}$		14,8	°C.	el día	9				de precipitación > 10,0 mm.					0							
Temperatura media $\frac{(07 + 13 + 19)}{3}$		14,3	°C.	Precipitación total mensual	109,2				de precipitación > 25,0 mm.					0							
Temperatura máxima media		21,0	°C.	Precipitación máx. en 24 hs.	38,5				de precipitación > 50,0 mm.					0							
Temperatura mínima media		8,7	°C.	el día	9 # días con RR				Con Llovizna					7							
Temperatura máxima absoluta		24,6	°C.	NÚMERO DE DIAS																	
el día		2		En que la Temperatura máxima > 30 °C	0				Con Lluvia					6							
Temperatura mínima absoluta		5,0	°C.	En que la Temperatura máxima < 25 °C	0				Con Chaparrón					0							
el día		2		En que la Temperatura máxima < 20 °C	0				Con Tormenta					2							
Humedad relativa media		78	%	En que la Temperatura mínima < 10 °C	0				Con Niebla a la distancia					1							
Humedad relativa máxima		99	%	Número de veces en que se registró viento en cada una de las direcciones indicadas y valor medio de la velocidad en m/seg																	
N° de veces		1		Horas	N		NE		E		SE		S		SW		W		NW		CALMA
Humedad relativa mínima		44	%	7	2	3,0	0	0,0	0	0,0	1	2,0	6	22,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	22
N° de veces		1		13	0	0,0	3	9,0	0	0,0	7	40,0	20	127,0	0	0,0	0	0,0	1	6,0	0
Tensión del vapor de agua		12,5	mb	19	2	10,0	0	0,0	0	0,0	15	70,0	10	47,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	4
Punto de rocío		10,2	°C.	SUMA	4	13,0	3	9,0	0	0,0	23	112,0	36	196,0	0	0,0	0	0,0	1	6,0	26
Visibilidad media		18	Km	Frecuencia en % en que se registro el viento en cada dirección																	
Nubosidad media		6	octav	N		NE		E		SE		S		SW		W		NW		CALMA	
Viento: dd	S	Vel med.	4,5	%	Vel	%	Vel	%	Vel	%	Vel	%	Vel	%	Vel	%	Vel	%	Vel	%	
Vel med. mes		3,6	m/seg	4,3	3,3	3,2	3,0	0,0	#DIV/0!	24,7	4,9	38,7	5,4	0,0	#DIV/0!	0,0	#DIV/0!	1,1	6,0	28,0	

OBSERVACIONES:

Anexo 11. (Conti.)

RESUMEN MENSUAL DE VALORES SELECCIONADOS																					
ESTACION: RUMIPAMBA																					
MES: NOVIEMBRE																					
AÑO: 2017																					
PRESION TEMPERATURA Y HUMEDAD				EVAPORACION PRECIPITACION Y HELIOFANIA										NÚMERO DE DIAS							
Presión atmosférica (mb)	Media	739,9	mb	Insolacion total mensual	162,1	Horas y décimos				de precipitación < 0,1 mm.					0						
corregida a 0° C y a la	Máxima	743,5	mb	Evaporación mensual		129,6	mm				de precipitación > 0,1 mm.					0					
gravedad normal	Mínima	737,0	mb	Evaporac. Máx. en 24 Hs.		6,3	mm				de precipitación > 1,0 mm.					0					
Temperatura media $\frac{(Máx + Míñ)}{2}$		15,6	°C.	el día		1					de precipitación > 10,0 mm.					0					
Temperatura media $\frac{(07 + 13 + 19)}{3}$		15,1	°C.	Precipitación total mensual		51,8	mm				de precipitación > 25,0 mm.					0					
Temperatura máxima media		21,7	°C.	Precipitación máx. en 24 hs.		15,0	mm				de precipitación > 50,0 mm.					0					
Temperatura mínima media		9,4	°C.	el día	15	# días con RR	12				Con Llovizna					7					
Temperatura máxima absoluta		25,8	°C.	NÚMERO DE DIAS																	
el día		18		En que la Temperatura máxima > 30 °C					0				Con Lluvia					5			
Temperatura mínima absoluta		4,8	°C.	En que la Temperatura máxima < 25 °C					0				Con Chaparrón					0			
el día		3		En que la Temperatura máxima < 20 °C					0				Con Tormenta					4			
Humedad relativa media		76	%	En que la Temperatura mínima < 10 °C					0				Con Niebla a la distancia					0			
Humedad relativa máxima		100	%	Número de veces en que se registró viento en cada una de las direcciones indicadas y valor medio de la velocidad en m/seg																	
N° de veces		4		Horas	N		NE		E		SE		S		SW		W		NW		CALMA
Humedad relativa mínima		37	%	7	4	9,0	0	0,0	2	4,0	3	8,0	2	4,0	1	2,0	0	0,0	2	6,0	16
N° de veces		1		13	2	12,0	0	0,0	0	0,0	7	30,0	19	116,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	2
Tensión del vapor de agua		12,8	mb	19	1	4,0	0	0,0	0	0,0	18	63,0	4	16,0	1	2,0	0	0,0	0	0,0	6
Punto de rocío		10,6	°C.	SUMA	7	25,0	0	0,0	2	4,0	28	101,0	25	136,0	2	4,0	0	0,0	2	6,0	24
Visibilidad media		19	Km	Frecuencia en % en que se registro el viento en cada dirección																	
Nubosidad media		6	octav	N		NE		E		SE		S		SW		W		NW		CALMA	
Viento: dd	SE	Vel med.	3,5	%	Vel	%	Vel	%	Vel	%	Vel	%	Vel	%	Vel	%	Vel	%	Vel	%	
Vel med. mes		3,1	m/seg	7,8	3,6	0,0	#DIV/0!	2,2	2,0	31,1	3,6	27,8	5,4	2,2	2,0	0,0	#DIV/0!	2,2	3,0	26,7	

OBSERVACIONES:

Anexo 11. (Conti.)

RESUMEN MENSUAL DE VALORES SELECCIONADOS																						
ESTACION: RUMIPAMBA																						
MES: DICIEMBRE																						
AÑO: 2017																						
PRESION TEMPERATURA Y HUMEDAD					EVAPORACION PRECIPITACION Y HELIOFANIA										NÚMERO DE DIAS							
Presión atmosférica (mb)	Media	740,8	mb		Insolacion total mensual	144,8	Horas y décimos															
corregida a 0° C y a la gravedad normal	Máxima	743,4	mb		Evaporación mensual		125,9	mm														
	Mínima	738,1	mb		Evaporac. Máx. en 24 Hs.		7,8	mm														
					el día		9															
Temperatura media $\frac{(Máx + Míñ)}{2}$		15,5	°C.		Precipitación total mensual		75,5	mm														
Temperatura media $\frac{(07 + 13 + 19)}{3}$		14,7	°C.		Precipitación máx. en 24 hs.		31,6	mm														
					el día		31															
					# días con RR		15															
Temperatura máxima media		21,4	°C.		NÚMERO DE DIAS																	
Temperatura mínima media		9,6	°C.		En que la Temperatura máxima > 30 °C		0															
Temperatura máxima absoluta		25,6	°C.		En que la Temperatura máxima < 25 °C		0															
el día		10			En que la Temperatura máxima < 20 °C		0															
Temperatura mínima absoluta		2,0	°C.		En que la Temperatura mínima < 10 °C		0															
el día		13																				
Humedad relativa media		78	%		Número de veces en que se registró viento en cada una de las direcciones indicadas y valor medio de la velocidad en m/seg																	
Humedad relativa máxima		99	%		Horas																	
N° de veces		1				N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	CALMA								
Humedad relativa mínima		38	%		7	3	6,0	0	0,0	0	0,0	1	2,0	4	8,0	1	2,0	0	0,0	0	0,0	22
N° de veces		13			13	0	0,0	0	0,0	0	0,0	11	64,0	19	101,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0
Tensión del vapor de agua		12,8	mb		19	1	2,0	0	0,0	0	0,0	10	52,0	11	35,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	8
Punto de rocío		10,6	°C.		SUMA	4	8,0	0	0,0	0	0,0	22	118,0	34	144,0	1	2,0	0	0,0	0	0,0	30
Visibilidad media		18	Km		Frecuencia en % en que se registro el viento en cada dirección																	
Nubosidad media		5	octav			N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	CALMA								
Viento: dd	S				%	Vel	%	Vel	%	Vel	%	Vel	%	Vel	%	Vel	%	Vel	%	Vel	%	
Vel med. mes		3,7	m/seg		4,4	2,0	0,0	#DIV/0!	0,0	#DIV/0!	24,2	5,4	37,4	4,2	1,1	2,0	0,0	#DIV/0!	0,0	#DIV/0!	33,0	
		3,0	m/seg																			

OBSERVACIONES: