

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA
MOLINA**

FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA



**“EFECTO DE CINCO LÁMINAS DE RIEGO EN EL CULTIVO DE
QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd), MEDIANTE EL RIEGO POR
GOTEO”**

Presentado por:

ALLIEN MARIEL MORI RABANAL

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÍCOLA

LIMA- PERÚ

2015

INDICE GENERAL

INDICE GENERAL	i
INDICE DE TABLAS	iv
INDICE DE FIGURAS	v
INDICE DE ANEXOS	vi
RESUMEN	vii
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Generalidades	1
1.2 Objetivos	2
1.2.1 Objetivo general	2
1.2.2 Objetivos específicos	2
II. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1 Relación agua, suelo y planta	3
2.2 Necesidades netas de agua del cultivo	3
2.2.1 Evapotranspiración del cultivo de referencia (ET_o)	3
2.2.2 Coefficiente de cultivo (K_c)	5
2.2.3 Evapotranspiración del cultivo (ET_c)	6
2.2.4 Necesidades netas de agua del cultivo	6
2.3 Necesidades totales de agua	7
2.3.1 Eficiencia de conducción y eficiencia de distribución	8
2.3.2 Eficiencia de aplicación	8
2.4 Riego por goteo	11
2.4.1 Lámina de riego	13
2.4.2 Velocidad de aplicación	14
2.4.3 Tiempo de riego	14
2.4.4 Frecuencia de riego	14

2.5	Producción del cultivo de quinua	15
2.5.1	Clima	15
2.5.2	Agua	15
2.5.3	Suelo	16
2.5.4	Altitud	16
2.5.5	Semilla	16
2.5.6	Labores culturales	17
2.5.7	Abonamiento y fertilización	17
2.5.8	Plagas y enfermedades	17
2.6	Función de producción	18
2.6.1	Utilidad de la función de producción	18
2.6.2	Formas de la función de producción	19
2.7	Saponina	19
III.	MATERIALES Y MÉTODOS	20
3.1	Materiales	20
3.1.1	Campo experimental	20
3.1.2	Agua	22
3.1.3	Materiales y equipos	22
3.2	Metodología	22
3.2.1	Análisis de suelo	22
3.2.2	Análisis de agua	24
3.2.3	Diseño experimental y análisis estadístico	25
3.2.4	Distribución experimental	25
3.2.5	Monitoreo de humedad en el suelo	27
3.2.6	Labores culturales	29
3.2.7	Riego	34
3.2.8	Tratamientos	36
3.2.9	Observaciones experimentales	37

IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	39
4.1	Riego	39
4.1.1	Duración de la etapa fenológica del cultivo de	39
4.1.2	Variación de la humedad del suelo	40
4.1.3	Lámina de riego aplicada en	40
4.2	Parámetros biométricos	42
4.2.1	Altura de planta	42
4.2.2	Diámetro de tallo	43
4.2.3	Longitud de panoja	44
4.2.4	Diámetro de panoja	46
4.2.5	Longitud de raíces	47
4.3	Grado de saponinas	48
4.4	Función de producción	49
V.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	51
5.1	Conclusiones	52
5.2	Recomendaciones	52
VI.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	53

INDICE DE TABLAS

Tabla N° 01: Coeficiente del tanque evaporímetro (Kp) para el tanque clase A	5
Tabla N° 02: Relación de transpiración debido a la percolación (Rp)	9
Tabla N° 03: Análisis físico-químico del suelo	23
Tabla N° 04: Análisis químico de agua de riego	24
Tabla N° 05: Diseño del campo experimental	25
Tabla N° 06: Lecturas del sensor de humedad y su equivalente de humedad	28
Tabla N° 07: Parámetros hidráulicos del sistema de riego por goteo	35
Tabla N° 08: Valores medidos para la determinación del CU	35
Tabla N° 09: Duración del periodo vegetativo y número de riegos según tratamiento	39
Tabla N° 10: Lámina aplicada en cada fase de desarrollo del cultivo (mm)	41
Tabla N° 11: Altura de planta (cm)	42
Tabla N° 12: Diámetro de tallo (cm)	42
Tabla N° 13: Longitud de panoja (cm)	45
Tabla N° 14: Diámetro de panoja (cm)	46
Tabla N° 15: Longitud de raíces (cm)	47
Tabla N° 16: Grado de saponinas (%)	48
Tabla N° 17: Rendimiento de la producción (t/ha)	50

INDICE DE FIGURAS

Figura N° 01: Comprobación del coeficiente de uniformidad	11
Figura N° 02: Ubicación del Campo Experimental	21
Figura N° 03: Distribución experimental	26
Figura N° 04: Monitoreo de humedad con el sensor electrónico	27
Figura N° 05: Calibración del sensor de humedad	28
Figura N° 06: Curva de calibración para el sensor de humedad	29
Figura N° 07: Preparación del área experimental	30
Figura N° 08: Emergencia de plántulas de quinua	31
Figura N° 09: Control de malezas y campo aporcado	32
Figura N° 10: Colocación de plantas de quinua en la parva y trilla mecanizada	33
Figura N° 11: Medición del diámetro del tallo, longitud y diámetro de panoja	38
Figura N° 12: Variación de la humedad del suelo antes y después del riego	40
Figura N° 13: Altura de planta (cm)	42
Figura N° 14: Diámetro de tallo (cm)	44
Figura N° 15: Longitud de panoja	45
Figura N° 16: Diámetro de panoja	46
Figura N° 17: Longitud de raíces (cm)	48
Figura N° 18: Grado de saponina (%)	49
Figura N° 19: Rendimiento de la producción	50
Figura N° 20: Función de producción	51

INDICE DE ANEXOS

Anexo N° 01: Cronograma general de experimentación	56
Anexo N° 02: Cronograma general de riego para cada tratamiento	58
Anexo N° 03: Análisis estadístico	81

RESUMEN

En el presente trabajo de investigación se evalúa el efecto de la aplicación de cinco láminas de riego en el cultivo de quinua (*Chenopodium Quinoa Willd*), variedad INIA Salcedo, utilizando un sistema de riego por goteo. La investigación se realizó en el Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), en un área experimental de 0,2 ha. La aplicación de los riegos se realizó en base a la calibración local de la bandeja de evaporación para estimar la ETo y los niveles de coeficientes de cultivo para los diferentes períodos fenológicos de la quinua. Se utilizó un sensor para monitorear la humedad en el suelo. El modelo estadístico usado es un diseño completamente al azar en el cual se evalúa el rendimiento total por hectárea y los parámetros biométricos altura de planta, diámetro de tallo, longitud y diámetro de panoja, longitud de raíces, finalmente se determina el grado de saponina y la función de producción. El incremento de la dosis de lámina de riego permite mejorar de manera gradual los rendimientos de la quinua obteniéndose el mayor (4,53 t/ha) con la aplicación del tratamiento L₅ y el menor (3,32 t/ha) con el tratamiento L₁, así mismo se obtiene un incremento en la altura de la planta, diámetro de tallo, longitud y diámetro de panoja, pero no hay diferencia significativa en el caso de longitud de raíces y grado de saponina. La función de producción muestra que el rendimiento total es incrementado gradualmente con la dosis del tratamiento.

Palabras claves: lámina de riego, parámetros biométricos, quinua, riego por goteo, función de producción, saponina.

SUMMARY

In the present research work we evaluated the effect of the application of five irrigation levels in the cultivation of quinoa (*Chenopodium Quinoa Willd*), variety INIA Salcedo, using a system drip irrigation. The research was conducted at the National Institute of Agrarian Innovation (INIA), in an experimental area of 0.2 ha. The application of the risks was made in base to local calibration of the pan evaporation for e timating ETo and the levels of crop coefficient for different phenological periods of quinoa. We used a sensor to monitor soil moisture. The statistical model used is a completely random design in which the total yield per hectare and biometric parameters plant height, stem diameter, length and diameter of panicle, root length is evaluated, finally we determine the degree of saponin and the production function. Increasing the dose of irrigation depth gradually improves yields of quinoa obtaining the highest (4.53 t / ha) with the implementation of treatment L5 and the lowest (3.32 t / ha) treatment L1, also obtained an increase in plant height, stem diameter, panicle length and diameter, but no significant difference in the case of root length and degree of saponin. The production function shows that the overall performance is gradually increased with the dose of treatment.

Keywords: irrigation depth, biometrics parameters, quinoa, drip irrigation, production function, saponin.

“EFECTO DE CINCO LÁMINAS DE RIEGO EN EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd), MEDIANTE EL RIEGO POR GOTEO”

I. INTRODUCCIÓN

1.1 GENERALIDADES

En el marco de las coordinaciones generales entre la Universidad Nacional Agraria la Molina (UNALM) y el Instituto de Investigación Agraria (INIA), se realizó la presente investigación, en la cual se ha evaluado el efecto de cinco láminas de riego en los cambios de los parámetros biométricos y el rendimiento en el cultivo de quinua.

Las Naciones Unidas han declarado el año 2013 como Año Internacional de la Quinua por el elevado contenido de nutrientes que posee y por su principal aporte a la seguridad alimentaria mundial, convirtiéndose en uno de los alimentos que más ha llamado la atención en el Perú y el mundo. A pesar que la superficie de las áreas sembradas con quinua se viene incrementando, los países consumidores no satisfacen su demanda interna, viéndose en la necesidad de aumentar la importación de este producto.

En la sierra peruana se tienen las mayores extensiones sembradas, mostrándose un incremento en los últimos años. En la región costa, en donde se plantea masificar este cultivo, el agua constituye el primer factor limitante del desarrollo agrícola, por lo que el riego es sin duda la práctica más importante mediante la cual se satisfacen las necesidades totales de agua y fertirrigación de los cultivos, siendo su eficaz utilización una exigencia obligatoria. Una buena eficiencia de riego con asesoramiento técnico e investigación, llevará a incrementar el rendimiento en esta región.

Por el importante dinamismo con que viene desarrollándose la producción de quinua, las condiciones a lo largo de la costa peruana, las deficiencias originadas por su escasa implementación, la necesaria industrialización de nuevos productos agrícolas y la finalidad de lograr que este alimento llegue de las personas de bajos recursos, especialmente a la población con un grado de desnutrición, presenta para la producción nacional una alternativa económica viable el desarrollo de esta investigación.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo general

Determinar el efecto de cinco láminas de riego en el rendimiento del cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd), mediante el riego por goteo.

1.2.2 Objetivos específicos

- Determinar la variación de la producción del cultivo de quinua con cada lámina aplicada.
- Determinar los parámetros biométricos del cultivo de quinua debido a la variación de las láminas aplicadas.
- Medir el grado de saponina en el grano de quinua obtenido por incidencia de cada lámina aplicada.
- Obtener una función de producción para el cultivo de quinua en base a las láminas aplicadas.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 RELACION AGUA, SUELO Y PLANTA

Todos los procesos fisiológicos de las plantas son afectados directa o indirectamente por la cantidad de agua existente en el suelo. La producción es una función de las actividades fisiológicas de los vegetales y está naturalmente subordinada a factores, que como el agua, afecta dichas actividades.

Bear (1963) afirma que las necesidades de agua de la planta varían primordialmente con la necesidad de la misma, fertilidad del suelo y características climáticas de la zona (humedad, radiación, temperatura, horas de sol). Así mismo, las plantas precisan grandes cantidades de agua, material alimenticio y de transporte, siendo el agua el disolvente que permite la penetración en ellas de nitrógeno y de las sustancias minerales.

Doorembos y Kassam (1979) exponen, que si existe un déficit riguroso de agua durante el periodo vegetativo, generalmente se retrasa el crecimiento de las plantas y ocasiona un desarrollo no uniforme.

El agua puede influir sobre la mayoría de factores que controlan el crecimiento de las plantas (estructura, textura, aireación, salinidad, hábitos de enraizamiento, temperatura, humedad y otros), más que cualquier otro factor. Así mismo influye en todos los factores del suelo, altera el microclima al que está expuesto la planta misma, además de cambios en el balance entre el crecimiento vegetativo y reproductivo.

2.2 NECESIDADES NETAS DE AGUA DEL CULTIVO

2.2.1 Evapotranspiración del cultivo de referencia (ET_o)

La tasa de evapotranspiración de una superficie de referencia, que ocurre sin restricciones de agua, se conoce como evapotranspiración del cultivo de referencia y se denomina ET_o. La superficie de referencia corresponde a un cultivo hipotético de pasto con características específicas, es decir la evapotranspiración de referencia es la cantidad de agua consumida durante un determinado periodo de tiempo, en un suelo

cubierto de una vegetación homogénea, densa, en plena actividad vegetativa y con un buen suministro de agua.

Los únicos factores que afectan ETo son los parámetros climáticos, por lo tanto puede ser calculada a partir de datos meteorológicos. ETo expresa el poder de evaporación de la atmósfera en una localidad y época del año específicas y no considera ni las características del cultivo, ni los factores del suelo.

Fuentes (1998) menciona que una gran parte del agua absorbida por la planta se consume en la evapotranspiración ya que solo una mínima parte (0,1 al 1%) se incorpora a los tejidos de las plantas (agua de constitución). Por lo tanto, desde un punto de vista práctico, se consideran las necesidades hídricas del cultivo iguales a las necesidades de evapotranspiración.

Los efectos combinados de radiación, temperatura, humedad y viento influyen sobre la cantidad de agua evaporada en una superficie de agua libre, estos mismos elementos climáticos influyen también, de modo análogo, sobre la evapotranspiración de cultivo de referencia (ETo). El método del tanque evaporímetro se basa en relacionar la evaporación del agua del tanque, con la evapotranspiración de cultivo de referencia (ETo), mediante la siguiente relación:

$$Kp = \frac{ETo}{Ep}$$

Donde

Kp = coeficiente del tanque. Depende del tipo del tanque, clima y del medio que la circunda

ETo = evapotranspiración de cultivo de referencia (mm/d)

Ep = evaporación del tanque (mm/d). Representa el valor medio diario del periodo considerado.

En la *Tabla N° 01* se muestran valores para el coeficiente del tanque evaporímetro (Kp) para el tanque clase A en diversas condiciones climáticas dados por la FAO, en su publicación Riego y Drenaje N° 24 (Doorembos y Pruitt, 1977).

Tabla N° 01: Coeficiente del tanque evaporímetro (K_p) para el tanque clase A para diversas localizaciones y ambientes de los tanques y varios valores de velocidad media del viento y humedad relativa

Velocidad viento (m/s)	Caso A: Tanque situado en una superficie cultivada				Caso B: Tanque situado en un suelo desnudo			
	Distancia del cultivo a barlovento (m)	HR media			Distancia de barbecho al barlovento (m)	HR media		
		baja < 40	media 40-70	alta > 70		baja < 40	media 40-70	alta > 70
Baja < 2	1	0,55	0,65	0,75	1	0,7	0,8	0,85
	10	0,65	0,75	0,85	10	0,6	0,7	0,8
	100	0,7	0,8	0,85	100	0,55	0,65	0,75
	1000	0,75	0,85	0,65	1000	0,5	0,6	0,7
Moderada 2-5	1	0,5	0,6	0,65	1	0,65	0,75	0,8
	10	0,6	0,7	0,75	10	0,55	0,65	0,7
	100	0,65	0,75	0,8	100	0,5	0,6	0,65
	1000	0,7	0,8	0,8	1000	0,45	0,55	0,6
Alta 5-8	1	0,45	0,5	0,6	1	0,6	0,65	0,7
	10	0,55	0,6	0,65	10	0,5	0,55	0,65
	100	0,6	0,65	0,7	100	0,45	0,5	0,6
	1000	0,65	0,7	0,75	1000	0,4	0,45	0,55
Muy alta > 8	1	0,4	0,45	0,5	1	0,5	0,6	0,65
	10	0,45	0,6	0,6	10	0,45	0,5	0,55
	100	0,5	0,65	0,65	100	0,4	0,45	0,5
	1000	0,55	0,65	0,65	1000	0,35	0,4	0,45

La cubeta tipo clase A, que es de hierro galvanizado de forma circular con un diámetro de 121 cm y una profundidad de 25,5 cm. Se coloca sobre una plataforma de madera de 15 cm de altura sobre el suelo. Se instala en un medio abierto, con grass segado frecuentemente a su alrededor y en un lugar donde, en un radio de 50 m, no haya cultivos con más de un metro de altura.

2.2.2 Coeficiente de cultivo (K_c)

El coeficiente de cultivo (K_c) es un coeficiente adimensional que relaciona la evapotranspiración del cultivo con la evapotranspiración del cultivo de referencia (E_{To}) y representa la evapotranspiración del cultivo en condiciones óptimas de crecimiento vegetativo y de rendimiento. Los coeficientes de cultivo varían con el desarrollo vegetativo de la planta, clima y sistema de riego.

El valor de coeficiente de cultivo (K_c) depende de las características de la planta y expresa la variación de su capacidad para extraer el agua del suelo durante su periodo vegetativo.

2.2.3 Evapotranspiración del cultivo (ETc)

La evapotranspiración del cultivo bajo condiciones estándar se denomina ETc y se refiere a la evapotranspiración de cualquier cultivo cuando se encuentra exento de enfermedades, con buena fertilización y que se desarrolla en parcelas amplias bajo óptimas condiciones de suelo y agua, y que alcanza la máxima producción de acuerdo a las condiciones climáticas reinantes.

El rendimiento de un cultivo es máximo cuando la transpiración es máxima y esto ocurre cuando el cultivo se desarrolla en las mejores condiciones posibles, entonces la evapotranspiración de cultivo coincide con la evapotranspiración máxima.

Para determinar la evapotranspiración de un cultivo se utiliza el método FAO propuesto por Doorembos y Pruitt (1977), en el que la evapotranspiración del cultivo se calcula mediante la relación:

$$ETc = ET_o * Kc$$

Donde:

ETc = evapotranspiración del cultivo bajo condiciones estándar (mm/d)

ETo = evapotranspiración del cultivo de referencia (mm/d)

Kc = coeficiente del cultivo (adimensional)

2.2.4 Necesidades netas de agua del cultivo

Cuando el agua se aplica solo a una fracción de la superficie del suelo, la evapotranspiración es distinta que cuando el agua se aplica a toda la superficie, por los siguientes motivos:

- La magnitud de la evaporación depende de la superficie de suelo mojado. Por tanto, en riego localizado disminuye el valor de la evaporación.
- Al mojarse solo una fracción del suelo se produce un calentamiento de este mayor que si se mojara toda la superficie, este calentamiento da lugar a una mayor emisión de calor por radiación, que es captada, en parte, por el cultivo, lo que se traduce en un aumento de la transpiración.
- Cuando la frecuencia de riego es bastante espaciada, la humedad del suelo es escasa en los días anteriores al riego y la planta tiene dificultad en la absorción de agua, lo

que se traduce en una menor transpiración. En riegos de alta frecuencia, el suelo mantiene siempre en unos valores de humedad próximos a la capacidad de campo, lo que facilita la absorción de agua y la transpiración, esto supone un mejor aprovechamiento del agua y un mayor rendimiento del cultivo, aunque por este motivo se consuma mayor cantidad de agua.

- El suelo caliente origina un calentamiento del aire que se asienta sobre él, dando lugar a unos movimientos de advección, mediante los cuales el aire caliente se eleva y calienta las plantas, con el consiguiente aumento de la transpiración.

En resumen, el efecto de la localización y la alta frecuencia de aplicación suponen, con respecto a otros sistemas de riego, una disminución de la evaporación y un aumento de la transpiración, el balance de necesidades netas será menor en plantaciones jóvenes de marcos grandes de plantación, mientras que no habrá diferencia apreciable en cultivos hortícolas con gran densidad de plantas. En cualquier caso, las necesidades netas se corrigen mediante el siguiente coeficiente corrector:

$$Nn = ETc * K_T$$

Donde:

K_T = coeficiente corrector por localización

ETc = evapotranspiración del cultivo bajo condiciones estándar (mm/d)

Nn = necesidades netas del cultivo (mm/d)

2.3 NECESIDADES TOTALES DE AGUA

Fuentes (1998) menciona que, dejando aparte las pérdidas habidas en los canales y acequias de conducción y distribución del agua hacia la parcela de riego, las pérdidas ocurridas en la propia parcela se pueden agrupar de la siguiente forma:

- Evaporación del suelo, que ya se tiene en cuenta al evaluar las necesidades de evapotranspiración.
- Escorrentía superficial y percolación profunda.
- Lavado o lixiviación. Se da en aquellas circunstancias en que se precisa añadir un exceso de agua para arrastrar las sales sobrantes fuera del alcance de las raíces.

- Deficiente distribución del agua. Se produce cuando en las zonas menos regadas se quiere aportar la cantidad de agua necesaria para cubrir las necesidades de las plantas, con lo cual en las zonas más regadas se aporta un exceso.

2.3.1 Eficiencia de conducción y eficiencia de distribución

No toda el agua aplicada a un cultivo es aprovechada por el mismo. Una parte se pierde en las conducciones y otra en el terreno por evaporación, escorrentía o percolación profunda. Pero además existe otro volumen que no se aprovecha, como consecuencia de la mala distribución sobre el mismo. En el riego por goteo estas pérdidas se reducen considerablemente hasta el punto que la eficiencia pasa a depender solamente de la eficiencia de aplicación.

2.3.2 Eficiencia de aplicación

Rodrigo *et al.* (1992) definen la eficiencia de aplicación del agua en un sistema de riego como la proporción entre la cantidad de agua almacenada entre la zona del sistema radical (disponible para la planta) y la cantidad de agua aplicada al sistema de riego.

$$Ea = \frac{Nn}{Nt} \quad \text{de donde} \quad Nt = \frac{Nn}{Ea}$$

Donde:

Ea = eficiencia de aplicación

Nn = necesidades netas

Nt = necesidades totales o volúmenes de agua aplicada

Teniendo en cuenta las clases de pérdidas ocurridas en una parcela, mencionadas anteriormente:

$$Ea = Rt * Fl * Fr * Cu$$

Donde:

Rt = relación de transpiración

Fl = factor de lavado

Fr = factor de rociado (goteo=1)

Cu = coeficiente de uniformidad del sistema de riego

a) Relación de transpiración

Es la relación entre la cantidad de agua evapotranspirada y la cantidad de agua puesta a disposición de la planta. La diferencia entre esas cantidades se debe a las pérdidas por escorrentía superficial y por percolación profunda.

La escorrentía se produce en el riego por aspersión, sobretodo, cuando la cantidad de agua aplicada sobrepasa la capacidad de infiltración del suelo. En el caso de riego localizado por goteo no se considera la escorrentía, por lo que la relación de transpiración depende exclusivamente de la percolación. Fuentes (1998) indica la relación de transpiración debida a la percolación (Rp) en terrenos con pendiente inferior al 5% (Tabla N° 02).

Tabla N° 02: Relación de transpiración debida a la percolación (Rp) en terrenos con pendiente inferior al 5%

Profundidad de raíces	Textura del suelo			
	Muy arenosa	Arenosa	Media	Fina
< 0,75 m	0,9	0,9	0,95	1
0,75-1,0	0,9	0,95	1	1
> 1,0	0,95	1	1	1

En general, con un buen manejo del riego a presión las pérdidas por percolación no deben sobrepasar el 10%, por lo que la relación de percolación será superior al 90%.

b) Requerimiento de lavado

El arrastre de exceso de sales presentes en el suelo se hace aplicando agua extra mediante el riego. La fracción de agua de riego que debe atravesar la zona radical para arrastrar el exceso de sales, es el requerimiento de lavado (RL), cuya cuantía viene en función de la salinidad del agua de riego y de la tolerancia de los cultivos a la salinidad. El factor de lavado será:

$$FL = 1 - RL$$

Donde:

FL = factor de lavado (tanto por uno)

RL = requerimiento de lavado (tanto por uno)

Para evitar la acumulación de sales en la zona radical hasta límites peligrosos es necesario que la cantidad de sales desplazada por la lixiviación sea, al menos, igual a la aportada por el agua de riego. El requerimiento de lixiviación o lavado o fracción de lavado es la fracción de agua de riego que debe atravesar la zona radical para desplazar las sales que se acumulan en dicha zona, expresado en tanto por uno. Así por ejemplo, un requerimiento de lixiviación de 0,15 significa que el 85% de agua de riego corresponde a la evapotranspiración y el 15% restante, a la lixiviación.

El requerimiento de lixiviación depende de la salinidad del agua de riego y de la tolerada por el cultivo. Este requerimiento viene dado por las siguientes expresiones:

En riegos por goteo y aspersión:

$$RL = \frac{Cea}{2 \max C Ee}$$

Donde:

RL = requerimiento de lavado (tanto por uno)

Cea = conductividad eléctrica del agua de riego (dS/m)

max CEe = conductividad eléctrica del extracto de saturación del suelo, para la cual el descenso de la producción se afectada en el 100 % (dS/m)

c) *Coefficiente de uniformidad (CU)*

La uniformidad de riego se refiere al reparto más o menos uniforme del agua infiltrada, y se expresa mediante un valor porcentual. Cuando este valor es 100 significa que en toda la superficie de riego se infiltra la misma cantidad de agua, cosa que nunca ocurre en la práctica. La falta de uniformidad en la distribución del agua origina un aumento de la cantidad de agua aplicada, con el fin que las plantas que reciban menos cantidad tengan lo suficiente para cubrir sus necesidades, con lo cual habrá otras plantas que reciban con exceso.

Cuando la instalación está en funcionamiento hay que efectuar la comprobación del CU previsto en el diseño, para lo cual en cada sub-unidad se puede adoptar el siguiente criterio (*Fig. N° 01*).

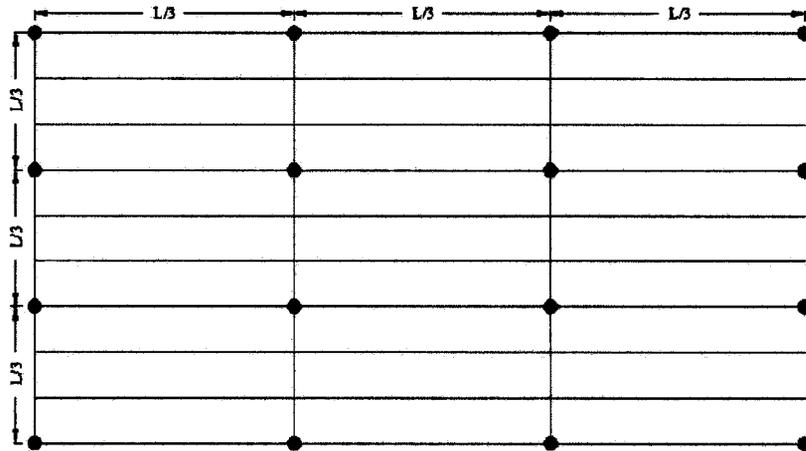


Figura N° 01: Comprobación del coeficiente de uniformidad

Dentro de la sub unidad se eligen cuatro laterales: el primero, el último y los dos intermedios, situados, respectivamente, a 1/3 del primero y a 1/3 del último. Dentro del lateral se eligen 4 plantas: la primera, la última y las dos intermedias, escogidas con el mismo criterio anterior.

Se mide el caudal que reciben las 16 plantas (suministrado por todos los emisores que abastecen a esa planta) y se aplica el CU, que incluye solo factores hidráulicos:

$$Cu = \frac{Q_{25}}{Q_{prom}}$$

Donde:

Q_{25} = caudal medio de los emisores que constituyen el 25 % de caudal más bajo

Q_{prom} = caudal medio de todos los emisores considerados

2.4 RIEGO POR GOTEO

El riego por goteo es aquel sistema que para conseguir mantener el agua en la zona radicular en las condiciones de utilización más favorables para la planta, aplica el agua gota a gota. De esta forma el agua es conducida por medio de conductos cerrados desde el punto de la toma hasta la misma planta, a la que se aplica por medio de dispositivos que se conocen como goteadores, goteros o emisores.

Sus características principales son:

- El agua se aplica al suelo desde una fuente que puede considerarse puntual, se infiltra en el terreno y se mueve en dirección horizontal y vertical. En esto difiere sustancialmente del riego tradicional, en el que predominan las fuerzas de gravedad y, por tanto, el movimiento vertical. También difiere el movimiento de las sales.
- No se moja todo el suelo, si no parte del mismo, que varía con las características del suelo, el caudal del gotero y el tiempo de aplicación. En esta parte húmeda es en la que la planta concentrará sus raíces y de la que se alimentará.
- Al existir zonas secas no exploradas por las raíces y zonas húmedas, puede considerarse en cierto modo un cultivo en fajas o surcos, pero con un sistema radical inferior al normal. Esto significa que sobre una faja de goteo habrá más plantas que en una de riego tradicional, por lo que se trata, en definitiva, de un cultivo intensivo, que requerirá, por tanto, un abonado adecuado para responder a las extracciones de las cosechas.
- El mantenimiento de un nivel óptimo de humedad en el suelo implica una baja tensión de agua en el mismo. El nivel de humedad que se mantiene en el suelo es inferior a la capacidad de campo, lo cual es muy difícil conseguir con otros sistemas de riego, pues habría que regar diariamente y se produciría encharcamiento y asfixia radicular.

Ventajas

- Ahorro importante de agua, mano de obra, abonos y productos fitosanitarios.
- Posibilidad de regar cualquier tipo de terreno por accidentados o pobres que sean. La pendiente del terreno no es un obstáculo a este tipo de riego, por la regulación de caudales que puede conseguirse (auto compensación). Así mismo, los suelos pobres o de poco espesor tampoco presentan inconveniente, pues en cierto modo el goteo es una forma de hidroponía en que el terreno actúa de sostén.
- Utilización de aguas de baja calidad.
- Aumento de producción, adelantamiento de cosechas y mejor calidad de los frutos como consecuencia de tener la planta satisfecha, sus necesidades en agua y nutrientes en cada instante.

- Permite realizar simultáneamente al riego otras labores culturales, pues al haber zonas secas, no presenta obstáculo para desplazarse sobre el terreno.
- No altera la estructura del suelo.
- Fertirriego, uno de los avances que dio el riego por goteo fue el control de los nutrientes.
- Reducción de los problemas de plagas en las hojas. Debido a que el gotero emite el agua directamente sobre la raíz de la planta, no empapa la hoja.

Desventajas

- Es un sistema caro de instalar, por lo que existe una limitación de tipo económico en su aplicación a los cultivos. No todos los cultivos son tan rentables como para justificar las fuertes inversiones que el goteo supone.
- En zonas frías y con cultivos sensibles a las heladas, el riego por goteo no protege contra las mismas por lo que su uso debe descartarse. Si se proyecta o se instala mal, puede ocasionar la pérdida de la cosecha por falta de agua o nutrientes.
- En zonas áridas en que no existe posibilidad de lavado, el uso sistemático y durante varios años de agua de mala calidad puede arruinar los terrenos de cultivo si no se riega de forma adecuada.
- Obstrucción de los goteros por las partículas que arrastra el agua y que, en ocasiones, puede acarrear daños a la instalación y al cultivo.

2.4.1 Lámina de riego

Es la relación que existe entre la cantidad de agua (L^3) y la unidad de área (L^2) donde se aplica y se expresa en unidades de longitud (L). El cálculo estará determinado por:

$$Lr = \frac{ETc}{Efr} = \frac{ETo * Kc}{Efr}$$

Donde:

ETc = evapotranspiración del cultivo bajo condiciones estándar (mm)

Lr = lámina de riego (mm)

Kc = coeficiente del cultivo

Efr = eficiencia de riego (tomada de la eficiencia de aplicación)

2.4.2 Velocidad de aplicación

Fuentes (1998), menciona que la velocidad de aplicación de un sistema es la cantidad de agua que descarga un emisor sobre la superficie que teóricamente le corresponde regar, suponiendo que esa cantidad se repartirá de modo uniforme. Viene dada por la fórmula:

$$V_a = \frac{q}{S}$$

Donde

V_a = velocidad de aplicación (mm/h)

q = caudal del emisor (l/h)

S = superficie teórica de riego (m^2)

2.4.3 Tiempo de riego

Es el tiempo expresado en horas o minutos, mediante el cual el sistema de riego oferta a través de sus emisores, el volumen por unidad de área requerida para satisfacer las necesidades totales de agua del cultivo. El tiempo de riego será:

$$T_r = \frac{L_r}{q}$$

Donde:

T_r = tiempo de riego (h)

V_a = velocidad de aplicación (mm/h)

L_r = lámina de riego (mm/d)

2.4.4 Frecuencia de riego

Se determina la frecuencia constante de los riegos para satisfacer las necesidades puntas de agua (Vermeiren y Jobling, 1986). Los suelos de textura gruesa con fuerte permeabilidad y baja capacidad de retención necesitan pequeñas y frecuentes aplicaciones de agua para evitar las pérdidas por percolación profunda. En los periodos de fuerte evapotranspiración los riegos pueden ser lo suficientemente frecuentes para que la tensión del agua en el suelo sea baja.

2.5 PRODUCCIÓN DEL CULTIVO DE QUINUA

2.5.1 Clima

La quinua por ser una planta con gran adaptabilidad y tener amplia variabilidad genética, se adapta a diferentes climas desde el desértico, caluroso y seco en la costa hasta el frío y seco de las grandes altiplanicies, pasando por los valles interandinos templados y lluviosos, llegando hasta la cabecera de ceja de selva con mayor humedad relativa, a la puna y zonas cordilleranas de grandes altitudes (Mujica *et al.*, 2001).

Aun no hay umbrales definidos de temperatura óptimos para el desarrollo de la quinua, sin embargo, la experiencia de investigadores sostiene que la temperatura media adecuada para el desarrollo de este cultivo está alrededor de 15-20°C. Se ha observado que con temperaturas medias de 10°C se desarrolla perfectamente el cultivo, lo mismo ocurre con temperaturas medias y altas de hasta 25°C. La quinua posee mecanismos de escape y tolerancia a bajas temperaturas, pudiendo soportar en determinadas etapas fenológicas, como la ramificación, hasta -5°C (Bolivia), por lo tanto las etapas fenológicas más susceptibles son la floración y llenado de granos (Mujica *et al.*, 2001)

2.5.2 Agua

La quinua prospera con diferentes niveles de precipitación. En los salares de Bolivia se registra el cultivo de quinua con 200 mm de precipitación. El Concepción (Chile) se registra este cultivo con 260 mm (Mujica *et al.*, 2001). En Puno, Canahua *et al.*, (2001) señala al cultivo de quinua con precipitaciones promedio desde 250 a 500 mm. En general, la quinua es favorecida con lluvias durante las fases de crecimiento y desarrollo, por el contrario durante la maduración y cosecha requiere de condiciones de sequedad (Mujica, 1993). Canahua *et al.*, (2001), obtuvieron muy buenos resultados con quinua sembrada en costa empleando riego por aspersión. El caso de emplearse riego por goteo, se debe efectuar siembras en dos hileras para aprovechar mejor las cintas conductoras de agua y el número de goteros a utilizarse. Mujica *et al.* (1998) señalan que la quinua es una planta eficiente en el uso del agua puesto que posee mecanismos morfológicos, anatómicos, fenológicos y bioquímicos que le permiten no solo escapar al déficit de humedad, sino además tolerar y resistir la falta de humedad del suelo. Se ha observado produce rendimientos aceptables con precipitaciones de 200-250 mm, como es el caso de las salinas del altiplano boliviano. La quinua es susceptible al exceso de

humedad en sus primeros estadios (Tapia, 1997). En base a estudios realizados en Argentina, se halló que un estrés hídrico moderado incrementa la producción de biomasa y crecimiento (Gonzales *et. al.*, 1974, citados por Tapia, 1997).

2.5.3 Suelo

En general, la quinua se puede desarrollar en suelos pobres, pero con un bajo rendimiento de granos. Los mejores rendimientos se obtienen en suelos francos o franco arenosos, semi profundos, con buen drenaje y con alto contenido de materia orgánica (Mujica, 1993). El pH del suelo debe ser neutro o ligeramente alcalino, aunque tolera rangos de 6 a 8,5, es un cultivo tolerante a suelos salinos (Tapia, 1997).

Se ha demostrado que la quinua puede germinar en suelos con concentraciones salinas extremas de hasta 52 dS/m y que el periodo de germinación se puede retrasar hasta 25 días cuando se encuentra en estas condiciones extremas de concentración salina, esto dependerá de la variedad de quinua (Quispe y Jacobsen, 1999).

Cari (1978), encontró que el mayor rendimiento de grano y materia seca en quinua se obtiene en el rango de salinidad de 2,1 a 4 dS/m, ubicando el rango de concentración salina letal para el crecimiento y desarrollo de las plantas de quinua por encima de 8,1 a 16 dS/m. Los efectos de la sal son la disminución del tamaño de la planta y defoliación.

2.5.4 Altitud

Según Mujica *et al.* (2001), este cultivo crece y se adapta desde el nivel del mar hasta cerca de los 4000 m sobre el nivel del mar. Cultivos de quinua sembradas desde el nivel del mar disminuyen su periodo vegetativo, comparados a la zona andina, además sostiene que el mayor potencial productivo se obtiene al nivel del mar alcanzando rendimientos de hasta 6 t/ha con riego y buena fertilización.

2.5.5 Semilla

La semilla de quinua utilizada pertenece a la variedad Salcedo INIA. Ballena, W. (2000) afirma que este cultivar se obtuvo por selección surco-panoja a partir de la introducción de material genético de la cruce de las variedades “Real Boliviana” x “Samaja”, material genético introducido a través del Programa Nacional de Cultivos Andinos, en el año de 1989, realizada en Patacamaya.

2.5.6 Labores culturales

Son aquellas consideradas de uso común dentro del ciclo productivo de la quinua, son todo tipo de labores que permiten la óptima germinación, plantación o sembrado, desarrollo y cosecha del producto final de la misma, tanto así como la preparación del mismo para su comercialización.

2.5.7 Abonamiento y fertilización

La quinua es una planta exigente en nutrientes, principalmente de nitrógeno, calcio, fósforo, potasio, por ello requiere un buen abonamiento y fertilización adecuada, los niveles a utilizar dependerá de la riqueza y contenido de nutrientes de los suelos donde se instala la quinua, de la rotación utilizada y también del nivel de producción que se desea obtener.

En la costa donde la cantidad de materia orgánica es extremadamente escasa y los suelos son arenosos, la cantidad de nutrientes también es escasa, salvo algunas excepciones. Sin embargo, en general se recomienda una fórmula de fertilización de 240-200-80, equivalente a 523 kg/ha de urea de 46%, 435 kg/ha de superfosfato triple de calcio del 46% y 134 kg/ha de cloruro de potasio del 60%, y aplicación de estiércol, compost, humus o materia orgánica (Canahua *et al.*, 2001).

2.5.8 Plagas y enfermedades

La quinua sufre el ataque de una serie de insectos durante todo el ciclo vegetativo, desde la emergencia hasta la madurez. En ciertos casos el ataque continua en los almacenes de grano (Mujica, 1988).

El control de plagas y enfermedades debe efectuarse en forma oportuna y cuando el nivel de daño sea el adecuado en caso de los insectos y en forma preventiva para las enfermedades. En la costa, la principal plaga entomológica es el qhona-qhona y los pulgones y dentro de las enfermedades más importantes tenemos al mildiu.

2.5.9 Rendimiento

Mujica (1983) sostiene que el rendimiento potencial de grano es de 11 t/ha. Sin embargo la producción más alta obtenida en condiciones óptimas de suelo, humedad, temperatura y en forma comercial está alrededor de 6 t/ha. En la práctica, en

condiciones adecuadas de prácticas agrícolas, fertilización y humedad, se obtienen rendimientos de 3,5 t/ha. La producción promedio nacional de quinua en el Perú alcanza 1,1 t /ha (Gómez, 2013), obteniéndose el mayor rendimiento promedio en la región costa, con 4 t/ha. En los valles de Majes y del río Rímac (INIA- Lima) se presenta un rendimiento promedio de 6 t/ha y 4 t/ha, respectivamente. La producción promedio de los principales países, productores de quinua, como Bolivia, Ecuador, Chile asciende a 0,6 t /ha; 1,57 t/ha y 0,8 t/ha, respectivamente.

Mujica *et al.* (2001) señalan que los rendimientos varían de acuerdo a las variedades, puesto que existen unas con mayor capacidad genética de producción que otras. También varían de acuerdo a la fertilización o abonamiento proporcionado. La quinua responde favorablemente a la fertilización sobre todo nitrogenada y fosfórica. Se debe tener en cuenta las labores culturales y controles fitosanitarios oportunos que se le proporciona a la quinua durante el ciclo del cultivo.

La producción de materia seca, después de la cosecha alcanza en promedio 16 t/ha (incluido grano, tallos y broza). El índice de cosecha, que se obtiene de la relación entre el peso de la semilla (rendimiento económico) y el peso seco de toda la planta, incluyendo la semilla (rendimiento biológico), en promedio alcanza 0,30 con una variación de 0,21 a 0,45; dependiendo de las variedades (Mujica, 1988).

2.6 FUNCIÓN DE PRODUCCIÓN

La función de producción es la relación que existe entre el producto obtenido y la combinación de los factores que se utilizan para su obtención. En el presente caso la función de producción indica la cantidad de producto que se obtuvo (t/ha), en función del agua (m^3), clima, suelo, altitud, labores culturales, fertilización y control fitosanitario.

2.6.1 Utilidad de la función de producción

La utilidad de la función de producción del agua permite obtener las funciones económicas de productividad marginal de riego. Con esta información se puede realizar el análisis económico para:

- Optimizar el uso de agua de riego.
- Establecer el volumen de agua más bajo de riego, que produzca beneficios económicos.
- Determinar valores para establecer precios de agua de riego de acuerdo a la producción del cultivo.
- Realizar análisis económico relacionado con las pérdidas de agua en las acequias de riego y con las eficiencias de los diferentes sistemas de riego.
- A nivel regional, las funciones de producción del agua son particularmente importantes en las zonas áridas.

2.6.2 Formas de la función de producción

Fuentes (1998) afirma que cuando se limita la disponibilidad de agua, la evapotranspiración de cultivo bajo estas condiciones no estándar (real) es menor que la evapotranspiración de cultivo bajo condiciones estándar (ETc), lo que se traduce en una disminución de la producción. Para cuantificar el efecto que tiene una aportación deficitaria de agua sobre la producción se utilizan modelos de simulación o funciones de producción. Las más interesantes de estas últimas son las que relacionan la producción con la evapotranspiración, ya que se ha demostrado experimentalmente que existe una relación lineal entre ambas para casi todos los cultivos.

2.7 SAPONINA

La saponina se caracteriza además de su sabor amargo, por la formación de espumas en soluciones acuosas. Forman espumas estables en concentraciones muy bajas (0,1%) y por eso tiene aplicaciones en bebidas, en shampoo, jabones, etc. El pericarpio del grano de quinua contiene saponinas lo que le da un sabor amargo y deben de ser eliminadas para que el grano pueda ser consumido. Se encuentran en muchas plantas, por ejemplo espinaca, esparrago, alfalfa, frejol y soya, y su contenido varía entre 0,1 y 5%.

La quinua puede ser clasificado de acuerdo a la concentración de saponinas como dulce (libre de saponinas o contenido menor de 0,11% de saponinas libres en base a peso fresco) o amarga (más de 0,11% de saponinas) (Koziol 1993).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 MATERIALES

3.1.1 Campo experimental

a) Referencia del campo experimental

El experimento se realizó en el campo experimental del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), dentro del Programa de Cultivos Andinos, cuya ubicación que se muestra en la *Fig. N° 02*.

- **Ubicación política**

Distrito : La Molina
Departamento : Lima
Provincia : Lima
Lugar : Instituto Nacional de Investigación Agraria
Sector : L-10

- **Ubicación geográfica**

Latitud : 12° 05' 06" S
Longitud : 76° 57' 05" W
Altitud : 251 m.s.n.m.
Zona : 18L

b) Clima

Según el sistema de Koeppen, basado en promedios anuales de precipitación y de temperatura, a La Molina le corresponde un clima de desierto subtropical árido caluroso, presentando condiciones típicas de costa central, con clima templado cálido.

c) Suelo

Según Barboza (1959), los suelos de La Molina son de formación geológica reciente, por pertenecer al cuaternario pluvial y cuaternario sólido. De origen aluvial profundo y sin problemas de drenaje y salinidad, estructura granular fina y consistencia en húmedo que va desde friable a muy friable.

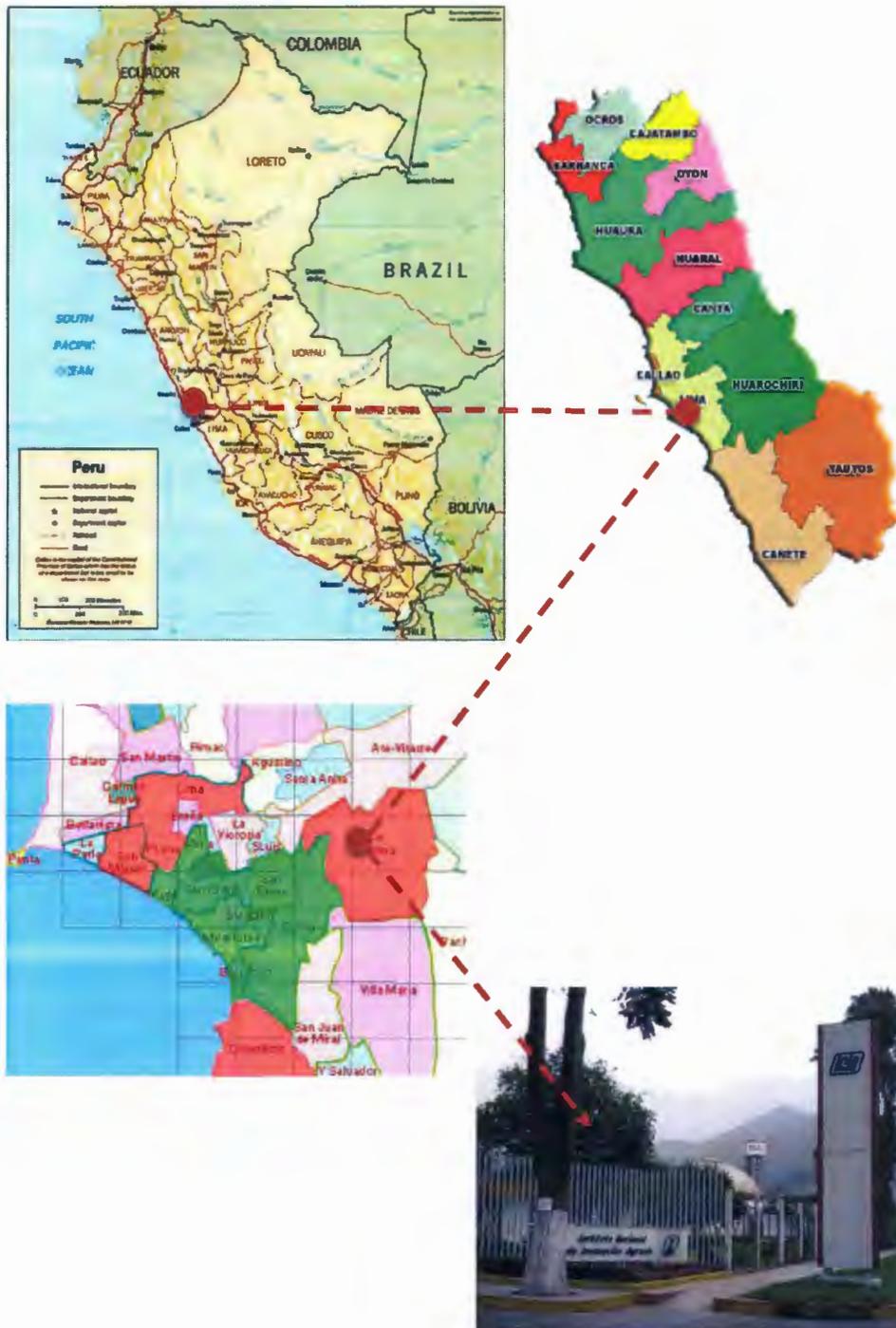


Figura N° 02: Ubicación del Campo Experimental

3.1.2 Agua

El agua de riego utilizada es derivada de un canal, cuyas aguas provienen del río Rímac y son depositadas en un reservorio de almacenamiento de 180 m³, el cual está recubierto con geomembrana HDPE de 0,75 mm de espesor.

3.1.3 Materiales y equipos

- Tractor y herramientas de preparación de terreno
- Equipo de fumigación
- Conectores iniciales y manguera ciega
- Válvulas ramales de 20 mm y reducción de 20 mm x 16 mm
- Uniones manguera cinta
- Cintas de goteo de 16 mm, marca Toro
- Vasos, probeta y cronómetro para determinar la uniformidad de riego
- Medidor de caudal
- Balanza
- Horno para secar muestras de suelo
- Hidrómetro electrónico
- Barreno y palana pequeña de jardinero
- Cámara fotográfica
- Tablero y bitácora de anotaciones
- Fertilizantes
- Tanque evaporímetro tipo A
- Semilla (INIA SALCEDO)
- Equipo para control de humedad

3.2 METODOLOGÍA

3.2.1 Análisis de suelo

En la fase preliminar se tomaron al azar 16 muestras no alteradas de suelo del campo de estudio a 30 cm de profundidad, para determinar las características físicas y químicas (*Tabla N° 03*); las cuales se realizaron en el Laboratorio de Riego y Drenaje de la Facultad de Ingeniería Agrícola de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

Tabla N° 03: Análisis físico-químico del suelo

Determinación	Valor	Unidad	Metodo de análisis
CE	2,89	dS/m	Lectura de extracto de saturación en la celda eléctrica
Análisis mecánico			
Arena	60	%	Hidrómetro de Bouyoucos
Limo	30	%	
Arcilla	10	%	
Clase textural	Franco arenoso		Triangulo textural
pH	7,6		Potenciómetro 1:1
Calcáreo total	4,5	%	Gas- volumétrico
Materia orgánica	1,1	%	Walkley y Black
Nitrógeno disponible	0,055	%	Micro-Kjeldahl
Fósforo disponible	29,1	ppm	Olsen modificado
Potasio disponible	172	Kg/ha	Acetato de amonio 1N pH 7,0
CIC	11,2	meq/100g	Acetato de amonio 1N pH 7,0
Cationes cambiables			
Ca ⁺⁺	8,52	meq/100g	Espectrofotometría de absorción
Mg ⁺⁺	2,17	meq/100g	
K ⁺	0,31	meq/100g	
Na ⁺	0,2	meq/100g	

Los resultados indican un contenido ligero de sales (2,89 dS/m), lo cual no limitaría el rendimiento del cultivo el cual puede tolerar hasta 52 mS/cm. El análisis mecánico de las fracciones minerales indica textura franco arenosa. El pH indica basicidad ligera (7,6). El contenido de carbonato de calcio es medio (4,5%), existiendo la posibilidad que limite la absorción de fósforo por el cultivo. El contenido de M.O es bajo (1,1%), indicando una alta probabilidad de respuesta a la fertilización nitrogenada. El contenido de fósforo disponible es alto (29,1 ppm) y el contenido de potasio disponible es medio (172 kg/ha), niveles que indicarían una baja probabilidad de respuesta para la fertilización fosforada y de mediana fertilidad potencial relacionada con la textura franco arenoso y el bajo nivel de M.O. Con respecto a los cationes cambiables, el Ca y el Mg predominan saturando en un 95% el complejo de cambio. Esta característica establece relaciones catiónicas Ca/Mg baja (3,9), Ca/K muy alta (27,5) y Mg/K muy

alta (7,0), lo cual indica deficiencia de K en el complejo de cambio, originando desbalance de las relaciones catiónicas, los cuales influenciarían en una adecuada nutrición potásica del cultivo en estudio.

3.2.2 Análisis de agua

En el Laboratorio de Riego y Drenaje de la Facultad de Ingeniería Agrícola de la Universidad Nacional Agraria La Molina se efectuó el análisis químico del agua de riego (Tabla N° 04).

Tabla N° 04: Análisis químico de agua de riego

Determinación	Valor	Unidad
CE	0,63	dS/m
pH	7,68	
Calcio	4,52	meq/l
Magnesio	0,74	meq/l
Sodio	1,26	meq/l
Potasio	0,09	meq/l
SUMA DE CATIONES	6,61	meq/l
Cloruro	0,73	meq/l
Sulfato	2,96	meq/l
Bicarbonato	2,81	meq/l
Nitratos	0,02	meq/l
Carbonatos	0,08	meq/l
SUMA DE ANIONES	6,6	meq/l
RAS	0,77	
CLASIFICACION		C2-S1
Boro	0,38	

La finalidad del análisis fue determinar la calidad de la misma y observar posibles restricciones con respecto al cultivo. Se observa que el riesgo de salinidad es bajo (0,63ds/m), sin restricciones para uso agrícola, es un agua baja en sodio (0,77), presenta bajo contenido de cloruros (0,73 meq/l). Por la clasificación (C2-S1) que presenta se puede decir que es un agua apta para el riego.

3.2.3 Diseño experimental y análisis estadístico

Se empleó el diseño estadístico completamente al azar, resultando cinco tratamientos con tres repeticiones cada uno (*Tabla N° 05*).

Tabla N° 05: Diseño del campo experimental

Número de surcos por parcela	2
Número de tratamientos	5
Número de repeticiones por tratamiento	3
Longitud del surco	80 m
Distancia entre parcelas	1,5 m
Distancia entre bloques	1 m
Área efectiva del experimento	1800 m ²
Área total del terreno	1960,m ²

Cada tratamiento se efectuó en un área de 120 m² con lo que se tuvo para los cinco tratamientos 600 m². Se tuvo tres repeticiones por tratamiento dando un área de 1800 m² y un área total experimental de 1960 m², incluyendo caminos y pasajes.

La parte estadística se elaboró teniendo en cuenta el análisis de varianza y la prueba de significación de Tukey a un nivel de 5% y desarrollados para las características de rendimiento de la producción de grano, longitud de la planta, diámetro del tallo, longitud y diámetro de panoja, longitud de raíces y grado de saponina.

3.2.4 Distribución experimental

La distribución del campo así como su caracterización se indica a continuación y se muestra en la *Fig. N° 03*.

Campo experimental.- el campo experimental tiene un largo de 80 m, un ancho de 24,5 m y un área total de 1960 m².

Surcos mellizos.- el número de surcos mellizos es de 15 con un largo de 80 m y un ancho de 0,50 m.

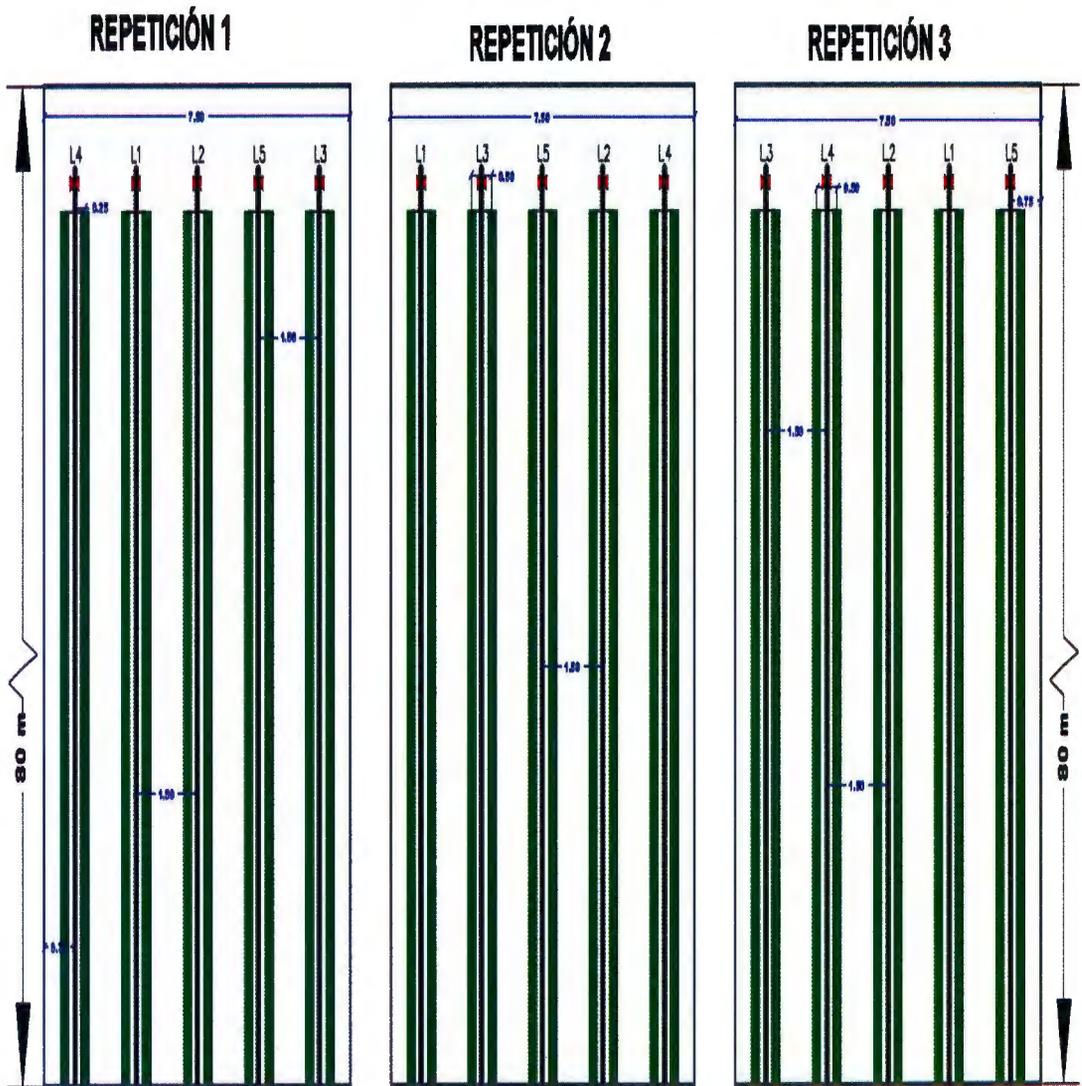


Figura N° 03: Distribución experimental

3.2.5 Monitoreo de humedad en el suelo

Durante el desarrollo del experimento se hicieron mediciones del contenido de humedad gravimétrica del suelo, antes y después del riego de cada tratamiento. Para ello se empleó un dispositivo electrónico que percibe en un instante la resistencia que existe entre sus dos electrodos y la trasforma en pulsaciones, estas pulsaciones son inversamente proporcionales a la resistencia, cuantas más pulsaciones menos resistencia se tiene en el suelo. A su vez la resistencia es inversamente proporcional a la humedad presente en el suelo, a mayor humedad, menor resistencia entre los electrodos, con lo que se tienen que la lectura de pulsaciones que se trasmite al dial del aparato electrónico es directamente proporcional a la humedad del suelo. Se tuvo que calibrar para poder tener la relación de proporcionalidad entre el sensor electrónico y la humedad gravimétrica del suelo del campo experimental. En la *Fig. N° 04* se muestra el monitoreo de humedad con el sensor electrónico.



Figura N° 04: Monitoreo de humedad con el sensor electrónico

a) *Calibración*

- Se tomaron 5 muestras similares de suelo del campo experimental a la profundidad aproximada de 20 cm, se llevó al laboratorio y se secaron en una estufa a 105 C°, por 24 horas.
- Se pesaron y se realizó una lectura a cada una de las muestras secas con el sensor de humedad; con lo que se observó que la lectura de pulsaciones promedio de los 5 recipientes resultó ser próxima a cero.
- Los cables conductores se marcaron, cada 5 cm, con la finalidad de introducirlos solamente hasta los primeros 5 cm.

- Se agregó a cada una de las muestras secas un volumen de agua hasta la saturación y se dejaron drenar libremente por un tiempo de 2 días.
- Luego de los 2 días de drenaje, las muestras fueron pesadas, con lo que se obtuvo la cantidad de agua contenida en cada una, posteriormente se realizó la medición con el sensor de humedad para obtener las lecturas del número de pulsaciones.
- Seguidamente se llevó cada una de las muestras a estufa, por un tiempo de 1 hora con 30 minutos, para posteriormente pesar las muestras, obteniendo así el volumen de agua contenido en cada una de ellas, inmediatamente después se realizó una nueva lectura con el sensor de humedad.
- Se realizó el paso anterior 9 veces más, obtenido así un conjunto de 50 pares de datos que sirvieron para construir la curva de calibración para el suelo en análisis.

En la *Fig. N° 05* se muestra la calibración del sensor de humedad, en la *Tabla N° 06* los valores obtenidos y en la *Fig. N° 06* la curva de calibración para el sensor de humedad.



Figura N° 05: Calibración del sensor de humedad

Tabla N° 06: Lecturas del sensor de humedad y su equivalente de humedad

Lecturas del sensor	0	100	220	320	390	435	465	476	480	480	480
Hum. en masa (%)	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30

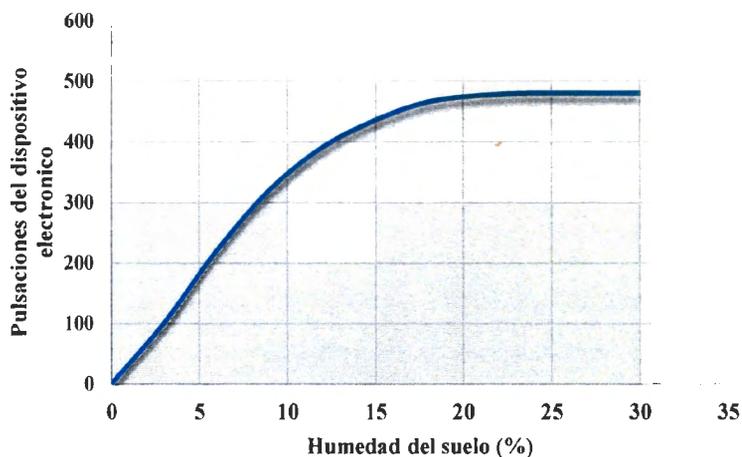


Figura N° 06: Curva de calibración para el sensor de humedad

b) Operación del sensor de humedad

Para hacer uso del sensor de humedad se instalaron 3 pares de conductores en cada tratamiento (lámina de riego) haciendo uso en total de 45 pares de conductores. Los conductores permanecieron en el campo desde la siembra hasta el día del último riego que se aplicó a cada uno de los tratamientos, con la finalidad que faciliten la lectura indirecta del porcentaje de humedad gravimétrica del suelo.

Para realizar la lectura de humedad, se conectaba el sensor a los cables conductores instalados dentro del área experimental mediante un par de cables cocodrilo. Una vez conectado se esperaba que el sensor estabilice su lectura de pulsaciones a un valor constante, dicha lectura correspondía a un porcentaje de humedad gravimétrica según la curva de calibración, dato que facilitaba tomar decisiones respecto al riego.

3.2.6 Labores culturales

Para la preparación del campo (0,2 ha) se realizó un riego pesado para el cual se aplicó 30 m³ de agua, equivalentes a 150 m³/ha. A los 3 días se realizó una aradura utilizando arado tipo vertedera, el cual aró el terreno a una profundidad entre 20 y 25 cm, luego se niveló con rastra y riel. Se buscó tener el terreno totalmente desterronado para favorecer la germinación (*Fig. N° 07*). Posteriormente se aplicó el primer abonamiento con materia orgánica (2 t de estiércol de vacuno), logrando una proporción de 10 t/ha. Se removió el suelo y se realizó el surcado del mismo.



Figura N° 07: Preparación del área experimental

a) Siembra

La siembra se efectuó el 10 de junio del 2014, siendo la mejor época de siembra en la costa de mayo a agosto (Mujica, 1993). Se utilizó semilla certificada por el INIA, la cual se tamizó previamente con la finalidad de obtener los granos de mayor tamaño, ya que estos tienen mayor cantidad de reservas y serán más resistentes a cualquier agente adverso durante la germinación y emergencia de las plántulas. Se realizó un riego previo a la siembra con la finalidad de humedecer bien el terreno para facilitar y brindar mejores condiciones para la germinación de las semillas, aplicando 15 m^3 de agua en un tiempo de riego de 3 horas, lo que corresponde a $75 \text{ m}^3/\text{ha}$.

Se utilizó maquinaria, dando uniformidad y profundidad a cada semilla al distribuirla en el campo en forma más homogénea y en menor densidad que al aplicar al voleo o al golpe (manual). Para realizar la siembra mecanizada se tuvo en cuenta que el suelo esté ligeramente húmedo. Se utilizó 1200 g de semilla, logrando una proporción de 6 kg/ha de quinua Inía Salcedo. Al momento del tapado de la semilla se trató que esta quede a una profundidad promedio de 2 cm. Mujica (1993) menciona que si el tapado se hace demasiado profundo, las semillas no alcanzarán a emerger debido a que sus reservas no le serán suficientes para romper la capa de tierra que tiene encima, por lo contrario si la siembra es muy superficial el sol puede secar y matar al embrión de la semilla. Luego se aplicó un riego uniforme a todos los tratamientos para asegurar el buen desarrollo del cultivo hasta la etapa de 6 hojas verdaderas, aproximadamente a los 36 días después de la siembra.

El sistema de riego fue el de goteo a surcos mellizos y la distancia de cinta a cinta fue de 1,50 m. En la *Fig. N° 08* se muestra la emergencia de las plántulas de quinua.



Figura N° 08: Emergencia de plántulas de quinua

b) *Deshierbe, desahijé y aporque*

A los 9 días del riego pesado previo a la siembra se realizó el deshierbe de forma mecanizada, con una rastra cruzada accionada por un tractor para sacar las malezas y exponer sus raíces a los rayos solares, con lo que se consiguió menor incidencia y mejor control de malezas cuando se estabilizó el cultivo, posterior a esta labor se realizó la siembra.

Se efectuaron dos deshierbes más, uno después de la aparición de la sexta hoja en todos los tratamientos y otra previa a la floración del tratamiento con la lámina L₁ (L-55%). Esta labor se realizó en forma simultánea con el desahije, el cual es importante para disminuir la competencia de las plantas de quinua, dejando una densidad de 28 a 33 pl /metro lineal.

Antes de realizarse, se procedió con la incorporación de la segunda dosis de fertilización nitrogenada. Se realizaron dos aporques en todo el periodo vegetativo el primero después del deshierbo y el otro cuando la mayoría de las plantas iniciaron la etapa de la floración, lo cual permitió dar mayor soporte a las plantas debido a su tamaño y controlar las malezas entre los surcos.

En la *Fig. N° 09* se muestra el control de malezas y el campo aporcado.



Figura N° 09: Control de malezas y campo aporcado

c) Abonamiento

La aplicación del estiércol de ganado vacuno se realizó junto con la preparación de suelos de tal manera que se facilite su descomposición y pueda estar disponible para el cultivo. Se aplicó la fuente de nitrógeno, fósforo y potasio fraccionado en tres partes, la primera aplicación fue inmediatamente posterior a la siembra junto con el riego, la segunda fracción en el aporque con el riego N° 10 y finalmente la última dosis se aplicó al inicio de la floración con el riego N° 24, permitiendo así un mejor aprovechamiento de dichos elementos.

Se complementó la fertirrigación aplicando abonos foliares a base de micro elementos (calcio, magnesio, azufre, cobre, boro, hierro).

d) Control fitosanitario

Aproximadamente 15 días después de la siembra se presentó incidencia de Mosca minadora (*Lyriomyza huidobrensis*) la cual fue eliminada con aplicaciones de Abamectina (1 ml/L), cada 10 días. A pesar que se aplicó dos dosis de Trifloxystrobin tebuconazole (500 ml/ha) para prevenir cualquier ataque de hongos, especialmente del mildiu, se presentó la incidencia de dicho hongo y para su control se aplicó Metalaxil + Mancozeb (2 kg/ha), con una frecuencia de 15 días. Para el control de gusano masticador y oruga de hojas se aplicó Desis 2.5 ec (400 ml/ha).

Para el control de la presencia de gran cantidad de aves se colocaron banderines brillantes en toda la zona experimental, los cuales con el accionar del viento vibraban ahuyentándolas.

e) *Cosecha*

El momento oportuno de la cosecha se determinó para cada tratamiento, cuando al presionar el grano presentó resistencia. De acuerdo a la madurez fisiológica y al porcentaje adecuado de humedad del grano de cada tratamiento se procedió a cosechar de forma escalonada.

En las labores de la cosecha se ha tenido en cuenta para todos los tratamientos lo siguiente:

- *Siega.-* corte de la planta. Se realizó de forma manual utilizando una hoz, en la mañana a primera hora, para evitar el desprendimiento del grano por la manipulación del corte.
- *Emparve.-* secado. Se formaron pequeños montículos ordenándolos y colocándolos en forma de pilas como muestra la *Fig. N° 10*, las plantas se mantuvieron en las parvas por un tiempo de 10 días, hasta que obtuvieron una humedad conveniente para ser trilladas.
- *Trilla.-* desgrane. Se realizó de manera mecanizada utilizando una trilladora.



Figura N° 10: Colocación de plantas de quinua en la parva y trilla mecanizada

- *Venteadado.-* una vez que se produjo la trilla, el grano y la broza quedaron juntos, para separarlos se aprovechó el viento de la tarde y con ayuda de un recipiente se dejó caer la mezcla de una altura aproximada de un metro lo que facilitó la separación del grano.

3.2.7 Riego

En el cálculo de las necesidades de agua del cultivo de quinua, utilizando un sistema de riego por goteo, se encuentran variables que se pueden identificar mas no cuantificar fácilmente, como los factores de localización, advección y variación climática, los cuales pueden ser agrupadas en un solo factor corrector (K_T), con el cual se puede aproximar de mejor manera las necesidades netas de agua del cultivo de quinua.

La evapotranspiración del cultivo (E_{Tc}) se calculó haciendo uso del tanque evaporimétrico tipo A y del coeficiente del cultivo de quinua (K_c) correspondiente a sus etapas fisiológicas, obtenido de investigaciones realizadas por el Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), resultando valores de K_c de 0,3 (cuatro hojas verdaderas); 0,5 (seis hojas verdaderas); 0,8 (ramificación); 1,0 (floración); 0,9 (grano lechoso) y 0,75 (grano pastoso).

Para la aplicación de los riegos se identificó el estado fenológico del cultivo, el tratamiento y su correspondiente coeficiente de cultivo (K_c), luego se midió el porcentaje de humedad que presentó el suelo con ayuda del sensor electrónico de humedad. Posteriormente se realizó el cálculo de las necesidades totales de agua y tiempo de riego.

- **Cálculo del coeficiente del tanque evaporímetro tipo A (K_p)**

Se calculó el valor del coeficiente del tanque evaporímetro (K_p) utilizando la tabla proporcionada por la FAO en su publicación N° 24 de riego y drenaje (*Tabla N° 01*), en función de la velocidad media del viento y la humedad relativa, resultando un valor de 0,85. El nivel de agua en la cubeta no se aproximó ni alejó mucho del borde. Cuando el nivel subía hasta 5 cm del borde o bajaba hasta 7,5 cm del mismo (como consecuencia de una llovizna o evapotranspiración), se quitó y o se añadió agua.

- **Cálculo de la eficiencia de riego**

Factor de lavado

De acuerdo a los análisis de suelo y de agua realizados, el suelo presenta una CE de 2,89 dS/m y el agua de 0,63 dS/m (C2-S1), clasificada como agua buena para riego. Como la quinua es un cultivo muy resistente a la salinidad, no será necesario el requerimiento de lavado.

Coefficiente de uniformidad (Cu)

El cultivo de quinua, por sus características fisiológicas y tipo de siembra, no tiene un patrón definido de espaciamiento entre plantas, por lo que para analizar el riego se tomó como referencia un metro lineal entre hileras. Las características hidráulicas de la cinta de goteo por metro lineal se muestran en la *Tabla N° 07*.

Tabla N° 07: Parámetros hidráulicos del sistema de riego por goteo

Espaciamiento entre goteros	20 cm
Número de goteros por metro lineal	5
Caudal promedio por gotero	0,76 l/h
Caudal promedio por metro lineal de cinta	3,8 l/h
Coefficiente de uniformidad	93%

Se realizó las mediciones de uniformidad de acuerdo al procedimiento descrito en el marco teórico, las cuales se presentan en la *Tabla N° 08*. Con los valores de caudal se determinó un coeficiente de uniformidad de 93%.

Tabla N° 08: Valores medidos para la determinación del CU

		Mediciones	Goteros			
			1°	2°	3°	4°
Lateral	1°	Volumen (ml)	43	48	52	57
		Tiempo (s)	180	210	240	270
		Caudal (l/h)	0,86	0,82	0,78	0,76
	2°	Volumen (ml)	42	47	49	55
		Tiempo (s)	180	210	240	270
		Caudal (l/h)	0,84	0,81	0,74	0,73
	3°	Volumen (ml)	40	46	48	53
		Tiempo (s)	180	210	240	270
		Caudal (l/h)	0,8	0,79	0,72	0,71
	4°	Volumen (ml)	38	42	46	49
		Tiempo (s)	180	210	240	270
		Caudal (l/h)	0,76	0,72	0,69	0,65

Eficiencia de riego

La eficiencia de conducción y la eficiencia de distribución son 100%. La eficiencia de aplicación, según el CU y el RL, es de 93%, por lo tanto, la eficiencia de riego será de 93%.

- **Lámina de riego**

Diariamente se realizó la medición de la humedad del suelo y con el tanque evaporímetro la evaporación. Para reponer el agua consumida se acumuló las evaporaciones de los días correspondientes después del último riego. Esta suma se multiplicó por el coeficiente del tanque calculado para dicho mes obteniendo el valor de la evapotranspiración de cultivo de referencia (ET_o), que multiplicado con el K_c de la etapa fisiológica en que se encontraba el cultivo proporcionó el valor de la evapotranspiración del cultivo.

Las necesidades totales del cultivo se calcularon con el valor de la ET_c y la eficiencia de riego. El resultado se multiplicó por el factor de cada tratamiento, obteniéndose la lámina de riego.

- **Velocidad de aplicación de la cinta de riego**

La velocidad de aplicación de los emisores de la cinta de goteo (mm/h) se calculó con la relación entre el caudal promedio por metro lineal de cinta y el área (1,5 m²).

- **Tiempo de riego**

El tiempo de riego se calculó como la relación entre la lámina total de riego y la velocidad de aplicación. Una vez cumplido este tiempo, con el que se completa la dosis de agua del tratamiento, se cerró la válvula instalada en el ramal. La frecuencia de riego promedio fue de tres días.

3.2.8 Tratamientos

Para hallar la lámina óptima de riego se planteó evaluar al cultivo aplicando cinco diferentes láminas. El valor base de la lámina aplicada se calculó con la evapotranspiración de referencia multiplicada por el coeficiente del cultivo en su etapa fenológica, donde se supone que el coeficiente resultante de los factores de advección, localización y variación climática no afectan a la demanda de agua del cultivo. Se

calculó la lámina de riego utilizando la lámina neta dividida por la eficiencia de riego del sistema. Este fue el valor base al cual se le aplicó factores de corrección de 0,55; 0,70; 0,85 y 1,15. Cada valor de corrección proporcionó una lámina de riego, llamado tratamiento.

Los tratamientos fueron:

- L₁ que corresponde a un factor de corrección de 0,55.
- L₂ que corresponde a un factor de corrección de 0,70.
- L₃ que corresponde a un factor de corrección de 0,85.
- L₄ que corresponde al valor base.
- L₅ que corresponde a un factor de corrección de 1,15.

La aplicación del riego se realizó hasta que el cultivo presentó inicio de la madurez.

3.2.9 Observaciones experimentales

Para el análisis de los parámetros biométricos se tomaron 15 muestras de cada repetición, con excepción de la longitud de raíces donde se tomó 5 muestras, considerándose para todos los casos el promedio.

Los parámetros analizados fueron:

- *Altura de planta (cm).*- se midió desde el cuello hasta el ápice de la planta.
- *Diámetro de panoja (cm).*- se tomó el diámetro máximo de la parte media de cada panoja.
- *Longitud de panoja.*- se midió desde el comienzo de las ramificaciones de la panoja hasta el extremo apical de la misma.
- *Longitud de raíces.*- se midió la longitud de la raíz principal.
- *Diámetro del tallo.*- se determinó la longitud de circunferencia del tallo.
- *Rendimiento.*- se armó parvas por repetición de cada tratamiento, colocando las plantas de quinua cuidadosamente para su secado. Luego se realizó la trilla y una vez que se terminó con el venteado y el grano quedó libre de residuos se procedió al pesaje calculando el rendimiento de cada tratamiento por hectárea, obtenido del promedio de 80 metros lineales de cada repetición.

- *Grado de saponina.*- se llevaron los granos obtenidos de cada tratamiento al Programa de Investigación y Proyección Social en Cereales y Granos Nativos de la Universidad Nacional Agraria la Molina para su respectivo análisis.

Las mediciones de altura de planta, longitud y diámetro de panoja (*Fig. N° 11*), diámetro del tallo y longitud de raíz principal se efectuó por cada tratamiento antes de la cosecha (en la etapa fisiológica de inicio de maduración). Los datos de rendimiento y grado de saponina se realizaron después de la cosecha.



Figura N° 11: Medición del diámetro del tallo, longitud y diámetro de panoja

La comparación de los resultados para cada uno de los parámetros fue analizada estadísticamente, para lo cual se empleó la prueba de Tukey.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 RIEGO

4.1.1 Duración de la etapa fenológica del cultivo de quinua con cada tratamiento

La duración del periodo vegetativo del cultivo de quinua varió con cada tratamiento (Tabla N° 09), a pesar que se trabajó con la misma variedad INIA Salcedo.

Tabla N° 09: Duración del periodo vegetativo y número de riegos según tratamiento

Tratamiento	Duración del periodo vegetativo (días)	Presencia de inicio de madurez fisiológica (días)	Riegos homogéneos	Riegos diferenciados
L ₁	121	114	11	27
L ₂	128	119	11	28
L ₃	132	123	11	30
L ₄	136	126	11	31
L ₅	142	130	11	32

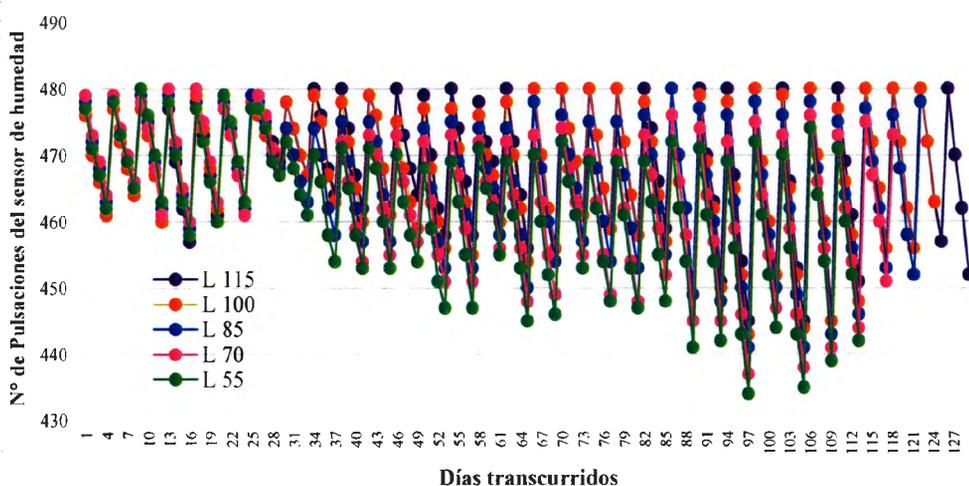
El tratamiento L₁ duró 121 días, alcanzó la madurez a los 114 días y recibió en total 38 riegos; el tratamiento L₂ tuvo una duración de 128 días, alcanzando la madurez a los 119 días y recibió 39 riegos, el tratamiento L₃ duró 132 días, alcanzó la madurez a los 123 días y tuvo 41 riegos, el tratamiento L₄ tuvo una duración de 136 días, alcanzando la madurez a los 126 días y recibió 42 riegos y por último el tratamiento L₅ tuvo una duración de 142 días, alcanzando la madurez a los 130 días y recibió 43 riegos.

Se regó 11 veces todos los tratamientos por igual, es decir aplicando los mismos volúmenes de agua por cada riego a cada tratamiento, hasta lograr superar la etapa de las 6 hojas verdaderas, situación que se dio a los 35 días después de la siembra. Posterior a esto se continuó con los riegos diferenciados, alcanzando la madurez más rápidamente el tratamiento L₁ con 27 riegos diferenciados y demorándose un poco más el tratamiento L₅ con 32 riegos diferenciados.

4.1.2 Variación de la humedad del suelo

En la *Fig. N° 12* se muestra la humedad del suelo antes y después del riego durante todo el periodo vegetativo, según los tratamientos aplicados. Las mediciones se realizaron con las pulsaciones del sensor y su curva de calibración. Se observa que en el tratamiento L₅ los riegos se han extendido hasta el día 130, debido a la demora del inicio de madurez fisiológica, y en el tratamiento L₁ los riegos han culminado el día 114, debido a la precocidad del inicio de la madurez fisiológica.

Figura N° 12: Variación de la humedad del suelo antes y después del riego



4.1.3 Lámina de riego aplicada en cada etapa fenológica

En la *Tabla N° 10* se muestran los valores de las láminas de riego aplicadas a cada tratamiento en cada etapa fenológica del cultivo de quinua y en la fase de instalación (riego para preparación del suelo). La lámina total para el tratamiento L₁ fue 88,9 mm; para L₂ 114,1 mm; para L₃ 139,4 mm; para L₄ 165,7 mm y para L₅ 199,5 mm. Para el cálculo de las láminas totales no se ha sumado el agua correspondiente en la preparación del terreno.

Se observa que se ha tenido mayor consumo de agua en la fase reproductiva del cultivo. El suministro de agua a cada uno de los tratamientos se aplicó hasta que se inició el periodo de madurez fenológica.

Tabla N° 10: Lámina aplicada en cada fase de desarrollo del cultivo (mm)

TRATAMIENTO	Fase de instalación		Fase vegetativa						Fase reproductiva						Lámina Total Aplicada (mm)	
	Preparación del terreno	Siembra	Germinación	Hojas cotilédneas	Dos hojas verdaderas	Cuatro hojas verdaderas	Seis hojas verdaderas	Ramificación	Inicio de Panojamiento	Panojamiento	Inicio de floración	Floración	Grano lechoso	Grano pastoso		Madurez
																
L ₁	15	8,4	0,9	0,6	3,7	3,2	4,3	6,5	6,4	8,1	8,6	11,4	13,1	13,8	-	88,9
L ₂	15	8,4	0,9	0,6	3,7	3,2	4,3	8,3	8,1	10,3	10,9	15,4	19,2	20,9	-	114,1
L ₃	15	8,4	0,9	0,6	3,7	3,2	4,3	10,1	9,9	14,1	13,4	20,2	25,0	25,7	-	139,4
L ₄	15	8,4	0,9	0,6	3,7	3,2	4,3	11,8	11,6	16,6	17,4	26,9	29,2	31,1	-	165,7
L ₅	15	8,4	0,9	0,6	3,7	3,2	4,3	13,6	13,3	19,1	20,0	36,8	32,2	43,4	-	199,5

4.2 PARÁMETROS BIOMÉTRICOS

El análisis estadístico realizado para los parámetros biométricos se puede apreciar en el *Anexo N° 03*.

4.2.1 Altura de planta

En la *Tabla N° 11* y en la *Fig. N° 13* se puede apreciar que con el tratamiento L₄ (lámina de riego del 100%) se obtiene la mayor altura promedio de la planta (125 cm), seguido del tratamiento L₅ (lámina de riego del 115%), con el cual la altura promedio alcanza 121,4 cm. La altura promedio de la planta muestra una tendencia creciente al incrementarse la lámina de riego hasta L₄. Al analizar el comportamiento de la altura promedio de la planta en cada tratamiento, se observa que la mayor dispersión de los datos se presenta con L₃, ya que presenta una desviación estándar de 4,27 cm.

Tabla N° 11: Altura de planta (cm)

Tratamiento	Bloque			Prom. por tratamiento
	I	II	III	
L ₁	104,9	102,4	98,5	101,9
L ₂	112,6	108,7	106,4	109,2
L ₃	120,9	118,5	112,6	117,4
L ₄	124,5	125,1	125,2	125,0
L ₅	120,3	122,7	121,3	121,4

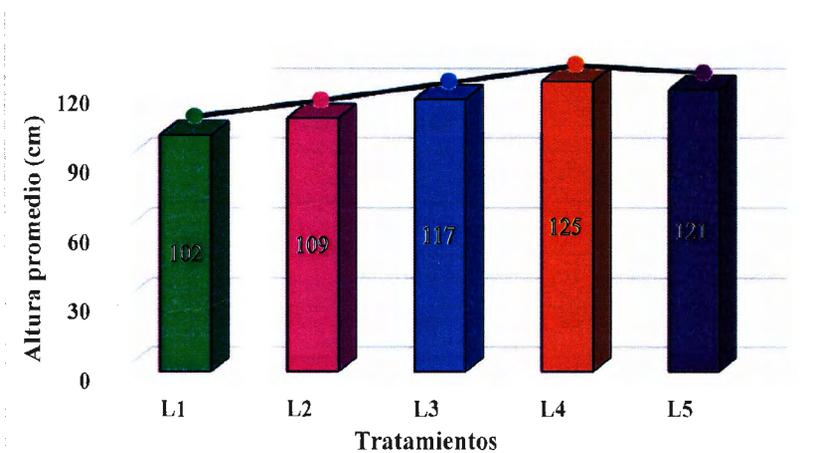


Figura N° 13: Altura de planta (cm)

El análisis de varianza (ANVA) muestra que el estadístico de prueba valor de F calculado es 32,71 y el de tabla para un nivel de significación del 5% es de 3,48, por lo que el efecto de los niveles de lámina de riego son significativos a ese nivel, así mismo el valor F de tabla a un nivel de significación del 1% es 5,99, de ahí que el efecto de las láminas de riego es altamente significativo a ese nivel de significación. De acuerdo al análisis de varianza existe suficiente evidencia estadística para aceptar que con al menos una de las láminas de riego se obtiene un efecto diferente en la altura promedio de la planta de quinua.

Del análisis de subconjuntos del DHS de Tukey, el efecto de L₄ es el que produce significativamente la mayor altura promedio de la planta (125 cm), aun cuando no es significativamente diferente de los efectos de L₅ y L₃; mientras que el efecto de L₁ es el que produce significativamente la menor altura promedio (101,9 cm), aun cuando no es significativamente diferente al efecto de L₂.

4.2.2 Diámetro de tallo

En la *Tabla N° 12* y en la *Fig. N° 14* se puede observar que con el tratamiento L₅ (lámina de riego del 115%) se obtiene el mayor diámetro promedio del tallo (1,9 cm), seguido del tratamiento L₄ (lámina de riego del 100%), con el cual el diámetro promedio alcanza 1,86 cm. Se aprecia que el diámetro promedio del tallo muestra una tendencia creciente al incrementarse la lámina de riego, alcanzando su mayor valor en L₅. Al analizar el comportamiento del diámetro promedio de la planta en cada tratamiento, se observa que la mayor dispersión de los datos se presenta con L₂, ya que presenta una desviación estándar de 0,0837 cm.

Tabla N° 12: Diámetro de tallo (cm)

Tratamiento	Bloque			Prom. por tratamiento
	I	II	III	
L ₁	1,29	1,26	1,27	1,27
L ₂	1,45	1,58	1,61	1,55
L ₃	1,56	1,60	1,58	1,58
L ₄	1,87	1,84	1,86	1,86
L ₅	1,87	1,93	1,96	1,92

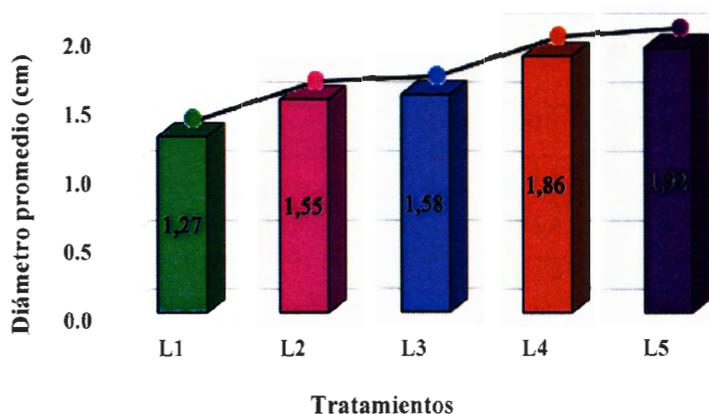


Figura N° 14: Diámetro de tallo (cm)

El análisis de varianza (ANVA) muestra que el estadístico de prueba valor de F calculado es 106,74 y el de tabla para un nivel de significación del 5% es de 3,48, por lo que el efecto de los niveles de lámina de riego son significativos a ese nivel. El valor F de tabla a un nivel de significación del 1% es 5,99, de ahí que el efecto de las láminas de riego es altamente significativo a ese nivel de significación. De acuerdo al análisis de varianza existe suficiente evidencia estadística para aceptar que con al menos una de las láminas de riego se obtiene un efecto diferente en el diámetro promedio del tallo de la planta de quinua.

Del análisis de subconjuntos del DHS de Tukey, el efecto de L₅ es el que produce significativamente el mayor diámetro promedio del tallo (1,92 cm), aun cuando no es significativamente diferente del efecto de L₄; mientras que el efecto de L₁, es el que produce significativamente el menor diámetro promedio del tallo (1,27 cm), siendo significativamente diferente de L₂, L₃, L₄ y L₅.

4.2.3 Longitud de panoja

En la *Tabla N° 13* y en la *Fig. N° 15* se puede apreciar que con los tratamientos L₄ y L₅ se obtiene la mayor longitud promedio de la panoja (40,95 cm), mientras que la menor longitud promedio de la panoja se obtiene con L₁ (34,95 cm). Se observa que la longitud promedio de la panoja muestra tendencia creciente al incrementarse los niveles de lámina de riego, alcanzando su mayor valor en L₄ y L₅. Al analizar el comportamiento de la longitud promedio de la panoja en cada tratamiento, se observa que la desviación estándar de los datos es 0,11 cm en todos los tratamientos.

Tabla N° 13: Longitud de panoja (cm)

Tratamiento	Bloque			Prom. por tratamiento
	I	II	III	
L ₁	34,9	35,1	34,9	34,95
L ₂	36,9	37,1	36,9	37,0
L ₃	37,9	38,1	37,9	38,0
L ₄	40,9	41,1	40,9	40,95
L ₅	40,9	41,1	40,9	40,95

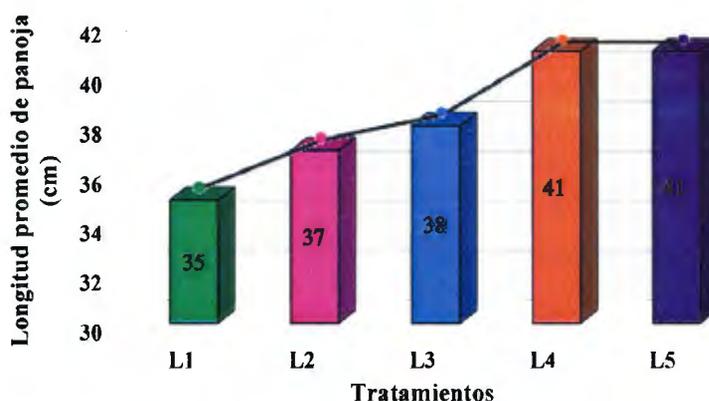


Figura N° 15: Longitud de panoja

El análisis de varianza (ANVA) muestra que el estadístico de prueba valor de F calculado es 1713,6 y el de tabla para un nivel de significación del 5% es de 3,48, por lo que el efecto de los niveles de lámina de riego son significativos a ese nivel. El valor F de tabla a un nivel de significación del 1% es 5,99, de ahí que el efecto de las láminas de riego es altamente significativo a ese nivel de significación. De acuerdo al análisis de varianza existe suficiente evidencia estadística para aceptar que con al menos una de las láminas de riego se obtiene un efecto diferente en la longitud de la panoja de la quinua.

Del análisis de subconjuntos del DHS de Tukey, los efectos L₄ y L₅ son los que producen significativamente la mayor longitud promedio de la panoja (41 cm), mientras que el efecto de L₁, correspondiente a una lámina de riego de 55%, es el que produce significativamente la menor longitud promedio de la panoja (34,9 cm), siendo significativamente diferente de los tratamientos L₂, L₃, L₄ y L₅.

4.2.4 Diámetro de panoja

En la *Tabla N° 14* y en la *Fig. N° 16* se puede apreciar que desde L_2 (lámina de riego del 70%) el diámetro promedio de la panoja muestra una tendencia creciente al incrementarse los niveles de lámina de riego, alcanzando su mayor valor en L_5 (lámina de riego del 115%), donde se registra el mayor diámetro promedio de la panoja (26 cm). Al analizar el comportamiento del diámetro promedio de la panoja de la planta en cada tratamiento, se observa que la desviación estándar del diámetro de panoja es 0,11 cm en todos los tratamientos (L_1, L_2, L_3, L_4 y L_5).

Tabla N° 14: Diámetro de panoja (cm)

Tratamiento	Bloque			Prom. por tratamiento
	I	II	III	
L_1	20,9	21,1	20,9	20,95
L_2	20,9	21,1	20,9	20,95
L_3	22,9	23,1	22,9	22,95
L_4	24,9	25,1	24,9	24,95
L_5	25,9	26,1	25,9	25,95

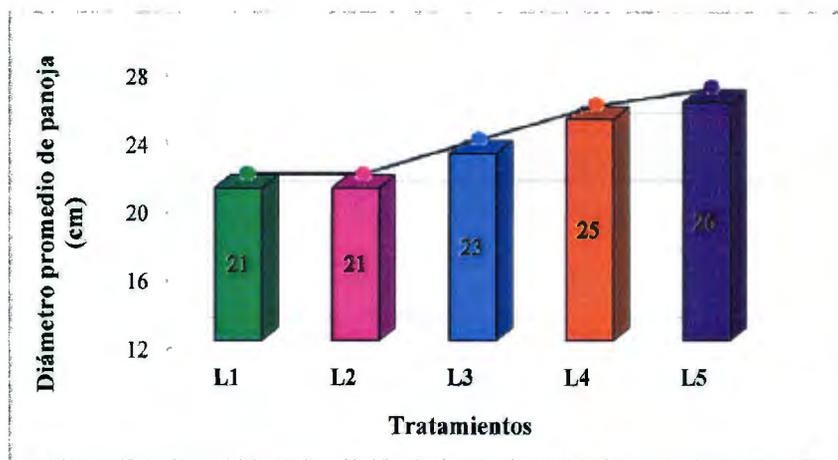


Figura N° 16: Diámetro de panoja

El análisis de varianza (ANVA) muestra que el estadístico de prueba valor de F calculado es 1310,4 y el de tabla para un nivel de significación del 5% es de 3,48, por lo que el efecto de los tratamientos son significativos a ese nivel. El valor F de tabla a un

nivel de significación del 1% es 5,99, de ahí que el efecto de las láminas de riego es altamente significativo a ese nivel de significación. De acuerdo al análisis de varianza existe suficiente evidencia estadística para aceptar que con al menos una de las láminas de riego se obtiene un efecto diferente en el diámetro de la panoja de la quinua.

Del análisis de subconjuntos del DHS de Tukey, el efecto de L₅ es el que produce significativamente el mayor diámetro promedio de la panoja (25,95 cm), mientras que los efectos de L₁ y L₂ son los que producen significativamente el menor diámetro promedio de la panoja (20,95 cm), siendo significativamente diferentes de L₃, L₄ y L₅.

4.2.5 Longitud de raíces

En la *Tabla N° 15* y en la *Fig. N° 17*, se puede apreciar que la longitud promedio de las raíces no difiere en mayor medida en los tratamientos aplicados, sin embargo la mayor longitud promedio de raíces se obtiene con L₁ (20,50 cm). Al analizar el comportamiento de la longitud promedio de raíces de la planta en cada tratamiento, se observa que la mayor dispersión de los datos se presenta con L₃, presentando una desviación estándar de 0,462.

Tabla N° 15: Longitud de raíces (cm)

Tratamiento	Bloque			Promedio por tratamiento
	I	II	III	
L ₁	20,7	20,3	20,5	20,50
L ₂	20,4	20,6	20,4	20,47
L ₃	19,9	20,7	20,7	20,43
L ₄	20,0	20,6	20,4	20,33
L ₅	20,6	20,4	20,2	20,40

El análisis de varianza (ANVA), muestra que el estadístico de prueba valor de F calculado es 0,154 y el de tabla para un nivel de significación del 5% es de 3,48, de ahí que el efecto de los niveles de lámina de riego no son significativos a ese nivel, por lo tanto de acuerdo al análisis de varianza, no existe suficiente evidencia estadística a ese nivel del significación que al menos uno de los niveles de las láminas de riego difiere del resto al analizar la longitud promedio de las raíces de la planta de quinua.

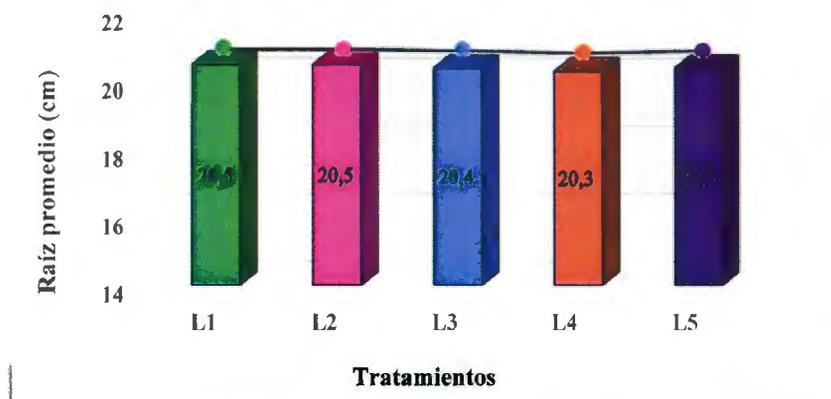


Figura N° 17: Longitud de raíces (cm)

Del análisis de subconjuntos del DHS de Tukey, el efecto de L₁ (lámina de riego del 55%) y es el efecto de L₂ (lámina de riego del 70%) son los que producen la mayor longitud de raíces (no a un nivel significativo) aun cuando no es significativamente diferente de los efectos de L₃, L₄ y L₅.

4.3 GRADO DE SAPONINAS

En la *Tabla N° 16* y en la *Fig. N° 18* se aprecia que el grado promedio de saponina presenta una tendencia decreciente al incrementarse los niveles de lámina de riego, obteniéndose con L₅ el menor grado promedio (0,089%) y con L₁ el mayor grado promedio (0,168%). Al analizar el comportamiento del grado de saponina de la planta en cada nivel de lámina de riego, se observa que la mayor dispersión de los datos se presenta con L₁, con una desviación estándar de 0,012.

El análisis de varianza (ANVA) muestra que el estadístico de prueba valor de F calculado es 69,807 y el de tabla para un nivel de significación del 5% es de 3,48, por lo que el efecto de los niveles de lámina de riego son significativos a ese nivel, así mismo el valor F de tabla a un nivel de significación del 1% es 5,99, de ahí que el efecto de los niveles de láminas de riego es altamente significativo a ese nivel de significación. De acuerdo al análisis de varianza existe suficiente evidencia estadística para aceptar que con al menos una de las láminas de riego se obtiene un efecto diferente en el grado promedio de saponina de la quinua.

Tabla N° 16: Grado de saponinas (%)

Tratamiento	Bloque			Prom. por tratamiento
	I	II	III	
L ₁	0,181	0,157	0,167	0,168
L ₂	0,152	0,148	0,149	0,150
L ₃	0,128	0,133	0,130	0,130
L ₄	0,099	0,102	0,100	0,100
L ₅	0,082	0,099	0,083	0,089

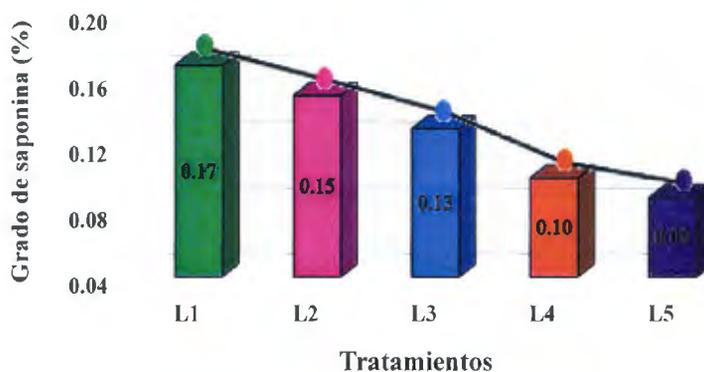


Figura N° 18: Grado de saponina(%)

Del análisis de subconjuntos del DHS de Tukey, el efecto de L₁ es el que produce significativamente el mayor grado promedio de saponina (0,17 %), aun cuando no es significativamente diferente del efecto de L₂; mientras que el efecto de L₅, es el que produce significativamente el menor grado promedio de saponina de 0,09%, aun cuando no es significativamente diferente del efecto de L₄.

4.4 FUNCIÓN DE PRODUCCIÓN

En la *Tabla N° 17* y en la *Fig. N° 19* se observa que el rendimiento promedio de quinua muestra una tendencia creciente al incrementarse la lámina de riego, alcanzando su mayor valor con L₅ (4,53 t/ha), mientras que el menor rendimiento promedio se obtiene con L₁ (3,32 t/ha). Al analizar el comportamiento del rendimiento promedio de quinua

en cada tratamiento se aprecia que la mayor dispersión de los datos se presenta con L₄ con una desviación estándar de 0.044 t/ha.

Tabla N° 17: Rendimiento de la producción (t/ha)

Tratam.	Bloque			Prom. por 80 m de tratamiento (kg)	Producción (t/ha)	Volumen de agua aplicado (m ³ /ha)	Costo del volumen de agua aplicado (S/.)	Costo total de producción (S/. /ha)	Costo de producción de 1kg de quinua (S/./kg)
	I	II	III						
L ₁	39,85	40,04	39,72	39,9	3,32	889,12	65,79	5643,3	1,70
L ₂	40,82	41,24	41,64	41,2	3,43	1141,33	84,46	5662,1	1,65
L ₃	46,44	46,80	46,2	46,5	3,88	1394,04	103,16	5680,6	1,46
L ₄	52,64	51,84	52,76	52,4	4,37	1656,65	122,59	5700,1	1,30
L ₅	54,34	53,48	55,12	54,3	4,53	1994,93	147,62	5725,1	1,26

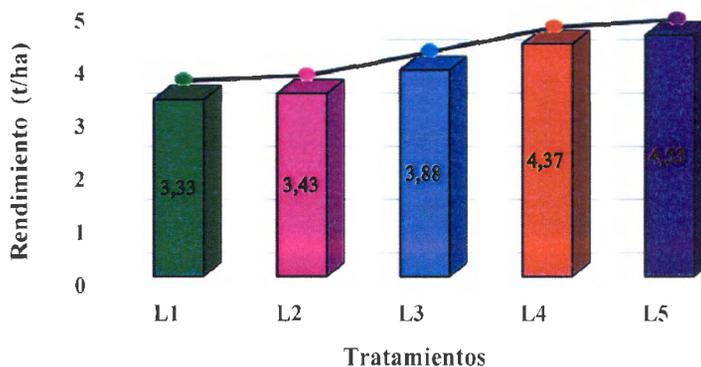


Figura N° 19: Rendimiento de la producción

El análisis de varianza (ANVA) muestra que el estadístico de prueba valor de F calculado es 1310,40 y el de tabla para un nivel de significación del 5% es de 3.48. por lo que el efecto de los niveles de lámina de riego son significativos a ese nivel. El valor F de tabla a un nivel de significación del 1% es 5.99. lo que significa que el efecto de los niveles de láminas de riego es altamente significativo a ese nivel de significación. De acuerdo al análisis de varianza existe suficiente evidencia estadística para aceptar

que con al menos una de las láminas de riego se obtiene un efecto diferente en el rendimiento promedio de la quinua.

Del análisis de subconjuntos del DHS de Tukey, el efecto de L₅ es el que produce significativamente el mayor rendimiento promedio (4,53 t/ha), mientras que el efecto de L₁ produce significativamente el menor rendimiento promedio (3,32 t/ha), siendo significativamente diferente de los efectos de los tratamientos L₂, L₃, L₄ y L₅.

En la *Fig. N° 20* se aprecia la función de producción para el cultivo de quinua, observándose con los resultados obtenidos que a mayor volumen de agua aplicado el rendimiento del cultivo se incrementa.

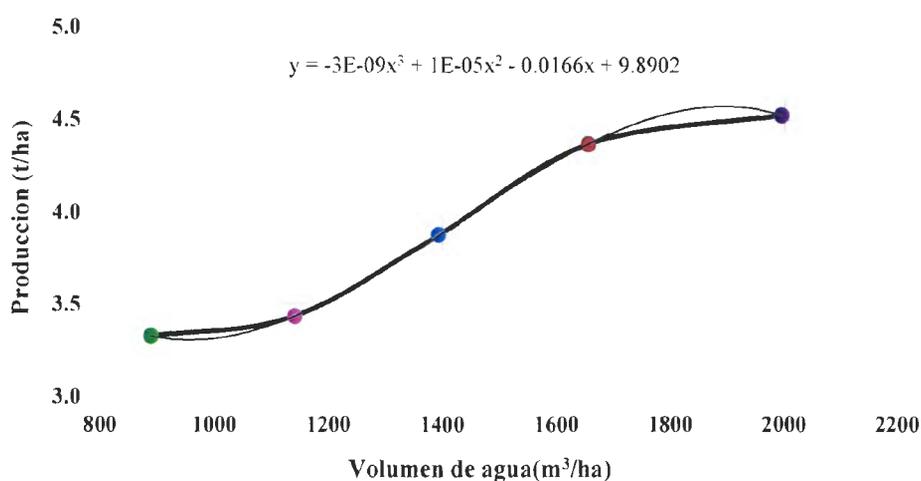


Figura N° 20: Función de producción

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- Los diferentes volúmenes de agua aplicados influenciaron en el rendimiento del cultivo de quinua siendo este mayor cuando se incrementó el volumen de agua aplicado.
- El factor lámina de agua tuvo efectos altamente significativos al nivel de 1% en la determinación de altura media de planta, diámetro medio del tallo, longitud media de panoja, diámetro medio de panoja, grado medio de rendimiento de quinua y efecto significativo al nivel de 5% en la determinación de grado medio de saponina y no tuvo efectos significativos en la determinación de longitud media de raíces.
- A mayor cantidad de agua aplicada se obtiene un porcentaje menor de saponina.
- En la función de producción se obtuvo que al tratamiento al que se le aplicó un volumen de agua de 1994,93 m³/ha (115% de la lámina de riego), presentó el mayor rendimiento (4,53 t/ha).
- A mayor lámina aplicada, se obtuvo mayores rendimientos, obteniéndose menores costos para producir un kilogramo de quinua.

5.2 RECOMENDACIONES

- Realizar la aplicación de los riegos diferenciados desde las primeras etapas fenológicas del cultivo de quinua INIA Salcedo.
- Probar mayores láminas de riego aplicadas al cultivo de quinua variedad INIA Salcedo, con la finalidad de observar el rendimiento con respecto al volumen de agua aplicado en la función de producción.
- Realizar la investigación de láminas de riego para otras localidades de la costa peruana y otras variedades de quinua.
- Probar el desarrollo del cultivo de quinua, variedad INIA Salcedo, con otras frecuencias de riego.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Barboza, W; 1959. Estudio Agroecológico del Huerto de La Molina. Escuela Nacional de Agricultura. Lima, Perú.
2. Ballena, W. 2000. Evaluación fenotípica de 25 cultivares de quinua (*Chenopodium quinoa Willd*). Tesis Ing. Agro. FCA-UNA. Puno, Perú. 71 p.
3. Bear, F; 1963. Suelos y Fertilizantes. Barcelona, España.
4. Canahua, A; Mujica, A. y Saravia, R. 2001. Agronomía del cultivo de la quinua. En Food and Agriculture Organization (FAO). "Quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) ancestral cultivo andino, alimento del presente y futuro". Cap II versión 1,0 en CD ROM. Santiago de Chile. 18 p.
5. Cari, A; 1978. Efectos de salinidad y fertilización potásica en dos variedades de quinua (*Chenopodium quinoa Willd.*). Tesis Ing. Agrónomo. Univ. Nacional del Altiplano. Puno, Perú. 66 p.
6. Doorembos, J y Kassam, A. 1979. Efecto del agua sobre el rendimiento de los cultivos. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma.
7. Doorembos, J y Pruit, W. 1977. Las necesidades del agua de los cultivos. Estudio FAO. Riego y Drenaje N° 24. Roma.
8. Fuentes Yagüe, J. 1998. Técnicas de Riego. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. 470 p.
9. Gómez, P. 2013. La quinua. Original de internet, revisado el 05/05/15 en: <http://www.samconet.com/producto44//descripcion44htm>.
10. Koziol, M. 1993. Quinua: A Potencial New Oil Crop. New Crops. Wiley, New York. Latinreco. 1990. Quinua. Hacia su cultivo comercial.
11. Mujica, A. 1983. Selección de variedades de quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) en Chapingo, México. Tesis para optar el título de Magister Scientiae Colegio de Postgraduados. Centro de Genética. Chapingo, México.

12. Mujica, A. 1988. Parámetros genéticos e índices de selección en quinua (*Chenopodium quinoa Willd*). Tesis de Doctor en ciencias. Colegio de Postgraduados. Centro de Genética. Chapingo, México.
13. Mujica, A. 1993. Cultivo de quinua. Instituto de Investigación Agraria (INIA). Manual N° 11-93. Lima, Perú. 125 p.
14. Mujica, A., Jacobsen, S & Ortiz, R. 1998. Resistencia a la sequía de la quinua (*Chenopodium quinoa Willd*). Escuela de Posgrado. Universidad Nacional del Altiplano. Folleto. Puno, Perú. 8 p.
15. Mujica, A., Jacobsen, S., Izquierdo, J. & Marathe, J. 2001. Quinua, ancestral cultivo andino, alimento del presente y futuro. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación – FAO. Oficina Regional de Producción Vegetal para América Latina y el Caribe. Versión 1.0 en CD ROM. Chile. 235 p.
16. Quispe, H. y Jacobsen, S. 1999. Tolerancia de la quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) a la salinidad. En: Libro de Resúmenes, S.-E. Jacobsen and A. Valdez, Eds., Primer Taller Internacional sobre Quinua- Recursos Genéticos y Sistemas de Producción. May 10-14, UNALM. Lima. 131 p.
17. Rodrigo López, J., Hernández Abreu, J. M., Pérez Regalado, A y Gonzales Hernández, J. F. 1992. Riego localizado. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 405 p.
18. Tapia, M. 1997. Cultivos andinos subexplotados y su aporte a la alimentación. 2da edición. Food and Agriculture Organization (FAO). Santiago, Chile.
19. Vermeiren, L. y Jobling. G.A. 1986. Riego localizado. FAO Irrigation and Drainage paper N° 36. FAO. Roma. 203 p.

ANEXOS

Anexo N° 01: Cronograma general de experimentación

Fecha	Cronograma general de experimentación
26/06/2014	Muestreo de suelo para realizar el análisis de caracterización
27/06/2014	Riego pesado para preparación de suelo
30/06/2014	Preparación del terreno y aplicación de materia orgánica
01/07/2014	Instalación y limpieza de laterales de goteo, riego para brotes de maleza
09/07/2014	Retiro de malezas (mecánico)
10/07/2014	Siembra y Fertirriego (aplicación de 1/3 n,1/3 p,1/3k)
11/07/2014	Germinación
13/07/2014	Aplicación de abamectina (control de mosca minadora)
14/07/2014	Hojas cotiledóneas, Riego N° 1
16/07/2014	Dos hojas verdaderas
17/07/2014	Riego N° 2
20/07/2014	Riego N° 3
22/07/2014	Aplicación de abamectina (control de mosca minadora)
23/07/2014	Riego N° 4
25/07/2014	Aplicación detrifloxystrobin tebuconazole (preventivo de mildiu)
26/07/2014	4 hojas verdaderas, riego N° 5
29/07/2014	Riego N° 6
01/08/2014	Riego N° 7
04/08/2014	Riego N° 8 y aplicación detrifloxystrobin tebuconazole (preventivo de mildiu)
05/08/2014	6 hojas verdaderas
07/08/2014	Riego N° 9
10/08/2014	Riego N° 10 y fertirrigación (1/3 N, 1/3 P y 1/3 K) y deshiervo, desahije y primer aporque.
13/08/2014	Riego N° 11
15/08/2014	ramificación L ₁ , L ₂ , L ₃ , L ₄ y L ₅
16/08/2014	Riego N° 12
19/08/2014	Riego N° 13 y aplicación de metalaxil + mancozeb (control de mildiu)
22/08/2014	Riego N° 14
25/08/2014	Inicio de panojamiento L ₁ , L ₂ , L ₃ , L ₄ y L ₅ , riego N° 15
28/08/2014	Riego N° 16
31/08/2014	Riego N° 17 y segundo aporque
03/09/2014	Riego N° 18 y aplicación de metalaxil + mancozeb (control de mildiu)
04/09/2014	Panojamiento L ₁ , L ₂ , L ₃ , L ₄ y L ₅
06/09/2014	Riego N° 19
09/09/2014	Riego N° 20
12/09/2014	Riego N° 21
13/09/2014	Inicio de floración L ₁ y L ₂
14/09/2014	Inicio de floración L ₃ , L ₄ y L ₅
15/09/2014	Riego N° 22
16/09/2014	Aplicación de desis 2.5 ec (control de gusano masticador y oruga de hojas)
18/09/2014	Riego N° 23
21/09/2014	Riego N° 24 y fertirrigación (1/3 n,1/3 k, 1/3 p)
22/09/2014	Floración L ₁ y L ₂
23/09/2014	Floración L ₃
24/09/2014	Floración L ₅ y L ₄ , riego N° 25
27/09/2014	Riego N° 26
30/09/2014	Riego N° 27
01/10/2014	Encintado del campo para control de aves
03/10/2014	Riego N° 28
04/10/2014	Grano lechoso L ₁
05/10/2014	Grano lechoso L ₂
06/10/2014	Riego N° 29

Fecha	Cronograma general de experimentación
07/10/2014	Grano lechoso L ₃
09/10/2014	Riego N° 30
11/10/2014	Grano lechoso L ₅ , L ₄
12/10/2014	Instalación de cuerdas en todo el campo para evitar el acame y riego n° 31
15/10/2014	Riego N° 32
17/10/2014	Grano pastoso L ₁
18/10/2014	Riego N° 33
19/10/2014	Grano pastoso L ₂
21/10/2014	Riego N° 34
22/10/2014	Grano pastoso L ₃
24/10/2014	Grano pastoso L ₄ , riego N° 35
26/10/2014	Grano pastoso L ₅
27/10/2014	Riego N° 36
30/10/2014	Riego N° 37
31/10/2014	Madurez L ₁ y ultimo riego L ₁
02/11/2014	Riego N° 38
03/11/2014	Muestreo de altura de planta, longitud de panoja y diámetro de panoja y conteo de plantas por metro lineal de L ₁
05/11/2014	Riego N° 39
06/11/2014	Madurez L ₂ y ultimo riego L ₂
08/11/2014	Riego N° 40
09/11/2014	Muestreo de altura de planta, longitud de panoja y diámetro de panoja y conteo de plantas por metro lineal de L ₂
10/11/2014	Madurez L ₃ , ultimo riego L ₃ y cosecha L ₁
11/11/2014	Riego N° 41
13/11/2014	Madurez L ₄ , muestreo de altura de planta, longitud de panoja, diámetro de panoja y conteo de plantas por metro lineal de L ₃
14/11/2014	Riego N° 42
15/11/2014	Cosecha L ₂
16/11/2014	Riego N° 43 (último riego) L ₅ y muestreo de altura de planta, longitud de panoja y diámetro de panoja y conteo de plantas por metro lineal L ₄
17/11/2014	Madurez L ₅ , ultimo riego L ₅
19/11/2014	Muestreo de altura de planta, longitud de panoja y diámetro de panoja y conteo de plantas por metro lineal de L ₅
20/11/2014	Cosecha L ₃
25/11/2014	Cosecha L ₄
30/11/2014	Cosecha L ₅

Anexo N° 02: Cronograma general de riego para cada tratamiento

Fecha	ETo (mm/día)	Tratamiento 1									
		Etapas fisiológicas	Kc	ETc (mm/día)	Ln (m³/ha-día)	Lb (m³/ha-día)	Lr (m³/ha)	Tiempo de riego (h)	Número de riego	Tipo de riego	
10/07/2014	1,4	Siembra	-		83,7	90,00	90	3:30	-	Riego uniforme	
11/07/2014	0,9	Germinación	0,3	0,27	2,7	2,90	13,23	0:31	Riego N° 01		
12/07/2014	1		0,3	0,3	3	3,23					
13/07/2014	1,1		0,3	0,33	3,3	3,55					
14/07/2014	1,1	Hojas cotiledóneas	0,3	0,33	3,3	3,55	8,39	0:19	Riego N° 02		
15/07/2014	0,9		0,3	0,27	2,7	2,90					
16/07/2014	0,9	Dos hojas verdaderas	0,3	0,27	2,7	2,90	11,94	0:28	Riego N° 03		
17/07/2014	0,8		0,3	0,24	2,4	2,58					
18/07/2014	0,9		0,3	0,27	2,7	2,90					
19/07/2014	1,4		0,3	0,42	4,2	4,52					
20/07/2014	1,4		0,3	0,42	4,2	4,52	16,45	0:39	Riego N° 04		
21/07/2014	2		0,3	0,6	6	6,45					
22/07/2014	1,7		0,3	0,51	5,1	5,48	9,35	0:22	Riego N° 05		
23/07/2014	1,4		0,3	0,42	4,2	4,52					
24/07/2014	1,1		4 hojas verdaderas	0,3	0,33	3,3	3,55	11,94	0:28		Riego N° 06
25/07/2014	0,8			0,3	0,24	2,4	2,58				
26/07/2014	1	0,3		0,3	3	3,23					
27/07/2014	1,2	0,3		0,36	3,6	3,87					
28/07/2014	1,2	0,3		0,36	3,6	3,87	10,65	0:25	Riego N° 07		
29/07/2014	1,3	0,3		0,39	3,9	4,19					
30/07/2014	0,9	0,3		0,27	2,7	2,90	8,06	0:19	Riego N° 08		
31/07/2014	1,2	0,3		0,36	3,6	3,87					
01/08/2014	1,2	0,3	0,36	3,6	3,87	8,06	0:19	Riego N° 08			
02/08/2014	0,7	0,3	0,21	2,1	2,26						
03/08/2014	0,8	0,3	0,24	2,4	2,58	8,06	0:19	Riego N° 08			
04/08/2014	1	0,3	0,3	3	3,23						

Fecha	ET _o (mm/día)	Tratamiento 1								
		Etapa fisiológica	Kc	ET _e (mm/día)	Ln (m ³ /ha-día)	Lb (m ³ /ha-día)	Lr (m ³ /ha)	Tiempo de riego (h)	Número de riego	Tipo de riego
05/08/2014	0,5	6 hojas verdaderas	0,5	0,25	2,5	2,69	10,22	0:24	Riego N° 09	Riego uniforme
06/08/2014	0,5		0,5	0,25	2,5	2,69				
07/08/2014	0,9		0,5	0,45	4,5	4,84				
08/08/2014	0,9		0,5	0,45	4,5	4,84	16,67	0:39	Riego N° 10	
09/08/2014	1,3		0,5	0,65	6,5	6,99				
10/08/2014	0,9		0,5	0,45	4,5	4,84				
11/08/2014	0,9		0,5	0,45	4,5	4,84	13,44	0:31	Riego N° 11	
12/08/2014	0,8		0,5	0,4	4	4,30				
13/08/2014	0,8		0,5	0,4	4	4,30				
14/08/2014	1,1		0,5	0,55	5,5	5,91	19,63	0:46	Riego N° 12	
15/08/2014	2		0,8	1,6	8,8	9,46				
16/08/2014	0,9	0,8	0,72	3,96	4,26					
17/08/2014	1,5	Ramificación	0,8	1,2	6,6	7,10	21,76	0:51	Riego N° 13	Riego diferenciado
18/08/2014	1,4		0,8	1,12	6,16	6,62				
19/08/2014	1,7		0,8	1,36	7,48	8,04				
20/08/2014	1,2		0,8	0,96	5,28	5,68	16,56	0:39	Riego N° 14	
21/08/2014	1,5		0,8	1,2	6,6	7,10				
22/08/2014	0,8		0,8	0,64	3,52	3,78				
23/08/2014	2		0,8	1,6	8,8	9,46	25,08	0:59	Riego N° 15	
24/08/2014	1,8		0,8	1,44	7,92	8,52				
25/08/2014	1,5		0,8	1,2	6,6	7,10				
26/08/2014	1,8		0,8	1,44	7,92	8,52	18,92	0:45	Riego N° 16	
27/08/2014	1,3		0,8	1,04	5,72	6,15				
28/08/2014	0,9	0,8	0,72	3,96	4,26					
29/08/2014	0,9	0,8	0,72	3,96	4,26	24,13	0:57	Riego N° 17		
30/08/2014	2,3	0,8	1,84	10,12	10,88					
31/08/2014	1,9	0,8	1,52	8,36	8,99					
01/09/2014	1,1	0,8	0,88	4,84	5,20	18,45	0:43	Riego N° 18		
02/09/2014	1,3	0,8	1,04	5,72	6,15					
03/09/2014	1,5	0,8	1,2	6,6	7,10					

Fecha	ET _o (mm/día)	Tratamiento 1								
		Etapa fisiológica	Kc	ETc (mm/día)	Ln (m ³ /ha-día)	Lb (m ³ /ha-día)	Lr (m ³ /ha)	Tiempo de riego (h)	Número de riego	Tipo de riego
04/09/2014	1,9	Panojamiento	1	1,9	10,45	11,24	32,53	1:16	Riego N° 19	Riego diferenciado
05/09/2014	2		1	2	11	11,83				
06/09/2014	1,6		1	1,6	8,8	9,46				
07/09/2014	1,4		1	1,4	7,7	8,28	23,06	0:54	Riego N° 20	
08/09/2014	0,7		1	0,7	3,85	4,14				
09/09/2014	1,8		1	1,8	9,9	10,65				
10/09/2014	1,5		1	1,5	8,25	8,87	31,34	1:13	Riego N° 21	
11/09/2014	1,9		1	1,9	10,45	11,24				
12/09/2014	1,9		1	1,9	10,45	11,24				
13/09/2014	1,9	Inicio de floración	1	1,9	10,45	11,24	37,85	1:29	Riego N° 22	
14/09/2014	2		1	2	11	11,83				
15/09/2014	2,5		1	2,5	13,75	14,78				
16/09/2014	2		1	2	11	11,83	25,43	1:00	Riego N° 23	
17/09/2014	1,4		1	1,4	7,7	8,28				
18/09/2014	0,9		1	0,9	4,95	5,32				
19/09/2014	1,6		1	1,6	8,8	9,46	28,98	1:08	Riego N° 24	
20/09/2014	1,3		1	1,3	7,15	7,69				
21/09/2014	2		1	2	11	11,83				
22/09/2014	2	Floración	1	2	11	11,83	33,71	1:19	Riego N° 25	
23/09/2014	1,7		1	1,7	9,35	10,05				
24/09/2014	2		1	2	11	11,83				
25/09/2014	1,4		1	1,4	7,7	8,28	29,57	1:09	Riego N° 26	
26/09/2014	1,5		1	1,5	8,25	8,87				
27/09/2014	2,1		1	2,1	11,55	12,42				
28/09/2014	2		1	2	11	11,83	28,39	1:07	Riego N° 27	
29/09/2014	1,4		1	1,4	7,7	8,28				
30/09/2014	1,4		1	1,4	7,7	8,28				
01/10/2014	1,4	1	1,4	7,7	8,28	31,34	1:13	Riego N° 28		
02/10/2014	2,1	1	2,1	11,55	12,42					
03/10/2014	1,8	1	1,8	9,9	10,65					

Fecha	ET _o (mm/día)	Tratamiento 1									
		Etapa fisiológica	Kc	ET _e (mm/día)	Ln (m ³ /ha-día)	Lb (m ³ /ha-día)	Lr (m ³ /ha)	Tiempo de riego (h)	Número de riego	Tipo de riego	
04/10/2014	1,2	Grano lechoso	0,9	1,08	5,94	6,39	26,61	1:03	Riego N° 29	Riego diferenciado	
05/10/2014	1,2		0,9	1,08	5,94	6,39					
06/10/2014	2,6		0,9	2,34	12,87	13,84					
07/10/2014	2,3		0,9	2,07	11,39	12,25	38,87	1:31	Riego N° 30		
08/10/2014	2,5		0,9	2,25	12,38	13,31					
09/10/2014	2,5		0,9	2,25	12,38	13,31					
10/10/2014	2,6		0,9	2,34	12,87	13,84	33,00	1:18	Riego N° 31		
11/10/2014	2		0,9	1,8	9,9	10,65					
12/10/2014	1,6		0,9	1,44	7,92	8,52					
13/10/2014	2,7		0,9	2,43	13,37	14,38	34,08	1:20	Riego N° 32		
14/10/2014	1,7		0,9	1,53	8,42	9,05					
15/10/2014	2		0,9	1,8	9,9	10,65					
16/10/2014	1,5		0,9	1,35	7,43	7,99	31,12	1:13	Riego N° 33		
17/10/2014	2,5		0,75	1,88	10,34	11,12					
18/10/2014	2,7	0,75	2,03	11,17	12,01						
19/10/2014	2,8	0,75	2,1	11,55	12,42	27,10	1:04	Riego N° 34			
20/10/2014	1,9	0,75	1,43	7,87	8,46						
21/10/2014	1,4	0,75	1,05	5,78	6,22						
22/10/2014	2,3	0,75	1,73	9,52	10,24	28,87	1:08	Riego N° 35			
23/10/2014	2,2	0,75	1,65	9,08	9,76						
24/10/2014	2	0,75	1,5	8,25	8,87						
25/10/2014	1,8	0,75	1,35	7,43	7,99	33,31	1:18	Riego N° 36			
26/10/2014	2,7	0,75	2,03	11,17	12,01						
27/10/2014	3	0,75	2,25	12,38	13,31						
28/10/2014	2,7	0,75	2,03	11,17	12,01	27,15	1:04	Riego N° 37			
29/10/2014	1,7	0,75	1,28	7,04	7,57						
30/10/2014	1,7	0,75	1,28	7,04	7,57						
31/10/2014	2	0,75	1,5	8,25	8,87	8,87	0:20	Riego N° 38			
01/11/2014	2	Madurez	suspensión del riego								

Fecha	ET _o (mm/día)	Tratamiento 2								
		Etapas fisiológicas	Kc	ET _c (mm/día)	Ln (m ³ /ha-día)	Lb (m ³ /ha-día)	Lr (m ³ /ha)	Tiempo de riego (h)	Número de riego	Tipo de riego
10/07/2014	1,4	Siembra	-		83,7	90,00	90	3:30	-	Riego uniforme
11/07/2014	0,9	Germinación	0,3	0,27	2,7	2,90	13,23	0:31	Riego N° 01	
12/07/2014	1		0,3	0,3	3	3,23				
13/07/2014	1,1		0,3	0,33	3,3	3,55				
14/07/2014	1,1	Hojas cotiledóneas	0,3	0,33	3,3	3,55	8,39	0:19	Riego N° 02	
15/07/2014	0,9		0,3	0,27	2,7	2,90				
16/07/2014	0,9	Dos hojas verdaderas	0,3	0,27	2,7	2,90	11,94	0:28	Riego N° 03	
17/07/2014	0,8		0,3	0,24	2,4	2,58				
18/07/2014	0,9		0,3	0,27	2,7	2,90				
19/07/2014	1,4		0,3	0,42	4,2	4,52				
20/07/2014	1,4		0,3	0,42	4,2	4,52	16,45	0:39	Riego N° 04	
21/07/2014	2		0,3	0,6	6	6,45				
22/07/2014	1,7		0,3	0,51	5,1	5,48				
23/07/2014	1,4		0,3	0,42	4,2	4,52				
24/07/2014	1,1	4 hojas verdadera	0,3	0,33	3,3	3,55	9,35	0:22	Riego N° 05	
25/07/2014	0,8		0,3	0,24	2,4	2,58				
26/07/2014	1		0,3	0,3	3	3,23				
27/07/2014	1,2		0,3	0,36	3,6	3,87				
28/07/2014	1,2		0,3	0,36	3,6	3,87	11,94	0:28	Riego N° 06	
29/07/2014	1,3		0,3	0,39	3,9	4,19				
30/07/2014	0,9		0,3	0,27	2,7	2,90				
31/07/2014	1,2		0,3	0,36	3,6	3,87				
01/08/2014	1,2	4 hojas verdadera	0,3	0,36	3,6	3,87	10,65	0:25	Riego N° 07	
02/08/2014	0,7		0,3	0,21	2,1	2,26				
03/08/2014	0,8		0,3	0,24	2,4	2,58				
04/08/2014	1		0,3	0,3	3	3,23				

Fecha	ET _o (mm/día)	Tratamiento 2								Tipo de riego
		Etapa fisiológica	K _e	ET _c (mm/día)	L _n (m ³ /ha-día)	L _b (m ³ /ha-día)	L _r (m ³ /ha)	Tiempo de riego (h)	Número de riego	
05/08/2014	0,5	6 hojas verdaderas	0,5	0,25	2,5	2,69	10,22	0:24	Riego Nº 09	Riego uniforme
06/08/2014	0,5		0,5	0,25	2,5	2,69				
07/08/2014	0,9		0,5	0,45	4,5	4,84				
08/08/2014	0,9		0,5	0,45	4,5	4,84	16,67	0:39	Riego Nº 10	
09/08/2014	1,3		0,5	0,65	6,5	6,99				
10/08/2014	0,9		0,5	0,45	4,5	4,84				
11/08/2014	0,9		0,5	0,45	4,5	4,84				
12/08/2014	0,8		0,5	0,4	4	4,30	13,44	0:31	Riego Nº 11	
13/08/2014	0,8		0,5	0,4	4	4,30				
14/08/2014	1,1		0,5	0,55	5,5	5,91	23,38	0:55	Riego Nº 12	
15/08/2014	2	0,8	1,6	11,2	12,04					
16/08/2014	0,9	0,8	0,72	5,04	5,42					
17/08/2014	1,5	Ramificación	0,8	1,2	8,4	9,03	27,70	1:05	Riego Nº 13	Riego diferenciado
18/08/2014	1,4		0,8	1,12	7,84	8,43				
19/08/2014	1,7		0,8	1,36	9,52	10,24				
20/08/2014	1,2		0,8	0,96	6,72	7,23				
21/08/2014	1,5		0,8	1,2	8,4	9,03	21,08	0:49	Riego Nº 14	
22/08/2014	0,8		0,8	0,64	4,48	4,82				
23/08/2014	2		0,8	1,6	11,2	12,04	31,91	1:15	Riego Nº 15	
24/08/2014	1,8		0,8	1,44	10,08	10,84				
25/08/2014	1,5		0,8	1,2	8,4	9,03				
26/08/2014	1,8		0,8	1,44	10,08	10,84	24,09	0:57	Riego Nº 16	
27/08/2014	1,3	0,8	1,04	7,28	7,83					
28/08/2014	0,9	0,8	0,72	5,04	5,42					
29/08/2014	0,9	Inicio de panojamiento	0,8	0,72	5,04	5,42	30,71	1:12	Riego Nº 17	
30/08/2014	2,3		0,8	1,84	12,88	13,85				
31/08/2014	1,9		0,8	1,52	10,64	11,44				
01/09/2014	1,1		0,8	0,88	6,16	6,62	23,48	0:55	Riego Nº 18	
02/09/2014	1,3		0,8	1,04	7,28	7,83				
03/09/2014	1,5		0,8	1,2	8,4	9,03				

Fecha	ET _o (mm/día)	Tratamiento 2								
		Etapas fisiológicas	K _c	ET _c (mm/día)	L _n (m ³ /ha-día)	L _b (m ³ /ha-día)	L _r (m ³ /ha)	Tiempo de riego (h)	Número de riego	Tipo de riego
04/09/2014	1,9	Panojamiento	1	1,9	13,3	14,30	41,40	1:37	Riego N° 19	Riego diferenciado
05/09/2014	2		1	2	14	15,05				
06/09/2014	1,6		1	1,6	11,2	12,04				
07/09/2014	1,4		1	1,4	9,8	10,54	29,35	1:09	Riego N° 20	
08/09/2014	0,7		1	0,7	4,9	5,27				
09/09/2014	1,8		1	1,8	12,6	13,55				
10/09/2014	1,5		1	1,5	10,5	11,29	39,89	1:34	Riego N° 21	
11/09/2014	1,9		1	1,9	13,3	14,30				
12/09/2014	1,9		1	1,9	13,3	14,30				
13/09/2014	1,9	Inicio de floración	1	1,9	13,3	14,30	48,17	1:54	Riego N° 22	
14/09/2014	2		1	2	14	15,05				
15/09/2014	2,5		1	2,5	17,5	18,82				
16/09/2014	2		1	2	14	15,05	32,37	1:16	Riego N° 23	
17/09/2014	1,4		1	1,4	9,8	10,54				
18/09/2014	0,9		1	0,9	6,3	6,77				
19/09/2014	1,6		1	1,6	11,2	12,04	36,88	1:27	Riego N° 24	
20/09/2014	1,3		1	1,3	9,1	9,78				
21/09/2014	2		1	2	14	15,05				

Fecha	ET _o (mm/día)	Tratamiento 2								Tipo de riego
		Etapa fisiológica	K _c	ET _c (mm/día)	Ln (m ³ /ha-día)	Lb (m ³ /ha-día)	Lr (m ³ /ha)	Tiempo de riego (h)	Número de riego	
22/09/2014	2	Floración	1	2	14	15,05	42,90	1:41	Riego Nº 25	Riego diferenciado
23/09/2014	1,7		1	1,7	11,9	12,80				
24/09/2014	2		1	2	14	15,05				
25/09/2014	1,4		1	1,4	9,8	10,54	37,63	1:28	Riego Nº 26	
26/09/2014	1,5		1	1,5	10,5	11,29				
27/09/2014	2,1		1	2,1	14,7	15,81				
28/09/2014	2		1	2	14	15,05	36,13	1:25	Riego Nº 27	
29/09/2014	1,4		1	1,4	9,8	10,54				
30/09/2014	1,4		1	1,4	9,8	10,54				
01/10/2014	1,4		1	1,4	9,8	10,54	39,89	1:34	Riego Nº 28	
02/10/2014	2,1		1	2,1	14,7	15,81				
03/10/2014	1,8		1	1,8	12,6	13,55				
04/10/2014	1,2		1	1,2	8,4	9,03	34,77	1:22	Riego Nº 29	
05/10/2014	1,2		0,9	1,08	7,56	8,13				
06/10/2014	2,6	0,9	2,34	16,38	17,61					
07/10/2014	2,3	0,9	2,07	14,49	15,58	49,45	1:57	Riego Nº 30		
08/10/2014	2,5	0,9	2,25	15,75	16,94					
09/10/2014	2,5	0,9	2,25	15,75	16,94					
10/10/2014	2,6	0,9	2,34	16,38	17,61	42,00	1:39	Riego Nº 31		
11/10/2014	2	0,9	1,8	12,6	13,55					
12/10/2014	1,6	0,9	1,44	10,08	10,84					
13/10/2014	2,7	0,9	2,43	17,01	18,29	43,35	1:42	Riego Nº 32		
14/10/2014	1,7	0,9	1,53	10,71	11,52					
15/10/2014	2	0,9	1,8	12,6	13,55					
16/10/2014	1,5	0,9	1,35	9,45	10,16	45,39	1:47	Riego Nº 33		
17/10/2014	2,5	0,9	2,25	15,75	16,94					
18/10/2014	2,7	0,9	2,43	17,01	18,29					

Fecha	ET _o (mm/día)	Tratamiento 2								
		Etapa fisiológica	K _c	ET _e (mm/día)	Ln (m ³ /ha-día)	Lb (m ³ /ha-día)	Lr (m ³ /ha)	Tiempo de riego (h)	Número de riego	Tipo de riego
19/10/2014	2,8	Grano pastoso	0,75	2,1	14,7	15,81	34,47	1:21	Riego N° 34	Riego diferenciado
20/10/2014	1,9		0,75	1,43	10,01	10,76				
21/10/2014	1,4		0,75	1,05	7,35	7,90				
22/10/2014	2,3		0,75	1,73	12,11	13,02	36,73	1:27	Riego N° 35	
23/10/2014	2,2		0,75	1,65	11,55	12,42				
24/10/2014	2		0,75	1,5	10,5	11,29				
25/10/2014	1,8		0,75	1,35	9,45	10,16	42,38	1:40	Riego N° 36	
26/10/2014	2,7		0,75	2,03	14,21	15,28				
27/10/2014	3		0,75	2,25	15,75	16,94				
28/10/2014	2,7		0,75	2,03	14,21	15,28	34,55	1:21	Riego N° 37	
29/10/2014	1,7		0,75	1,28	8,96	9,63				
30/10/2014	1,7		0,75	1,28	8,96	9,63				
31/10/2014	2		0,75	1,5	10,5	11,29	40,65	1:36	Riego N° 38	
01/11/2014	2		0,75	1,5	10,5	11,29				
02/11/2014	3,2		0,75	2,4	16,8	18,06				
03/11/2014	2,3		0,75	1,73	12,11	13,02	36,20	1:25	Riego N° 39	
04/11/2014	2,3		0,75	1,73	12,11	13,02				
05/11/2014	1,8		0,75	1,35	9,45	10,16				
06/11/2014			Madurez	suspensión del riego						

Fecha	ET _o (mm/día)	Tratamiento 3								Tipo de riego
		Etapas fisiológicas	Kc	ETc (mm/día)	Ln (m ³ /ha-día)	Lb (m ³ /ha-día)	Lr (m ³ /ha)	Tiempo de riego (h)	Número de riego	
10/07/2014	1,4	Siembra	-		83,7	90,00	90	3:30	-	Riego uniforme
11/07/2014	0,9	Germinación	0,3	0,27	2,7	2,90	13,23	0:31	Riego N° 01	
12/07/2014	1		0,3	0,3	3	3,23				
13/07/2014	1,1		0,3	0,33	3,3	3,55				
14/07/2014	1,1	Hojas cotiledóneas	0,3	0,33	3,3	3,55	8,39	0:19	Riego N° 02	
15/07/2014	0,9		0,3	0,27	2,7	2,90				
16/07/2014	0,9	Dos hojas verdaderas	0,3	0,27	2,7	2,90	11,94	0:28	Riego N° 03	
17/07/2014	0,8		0,3	0,24	2,4	2,58				
18/07/2014	0,9		0,3	0,27	2,7	2,90				
19/07/2014	1,4		0,3	0,42	4,2	4,52	16,45	0:39	Riego N° 04	
20/07/2014	1,4		0,3	0,42	4,2	4,52				
21/07/2014	2		0,3	0,6	6	6,45				
22/07/2014	1,7		0,3	0,51	5,1	5,48				
23/07/2014	1,4	0,3	0,42	4,2	4,52	9,35	0:22	Riego N° 05		
24/07/2014	1,1	0,3	0,33	3,3	3,55					
25/07/2014	0,8	4 hojas verdaderas	0,3	0,24	2,4	2,58	11,94	0:28	Riego N° 06	
26/07/2014	1		0,3	0,3	3	3,23				
27/07/2014	1,2		0,3	0,36	3,6	3,87				
28/07/2014	1,2		0,3	0,36	3,6	3,87	10,65	0:25	Riego N° 07	
29/07/2014	1,3		0,3	0,39	3,9	4,19				
30/07/2014	0,9		0,3	0,27	2,7	2,90	8,06	0:19	Riego N° 08	
31/07/2014	1,2		0,3	0,36	3,6	3,87				
01/08/2014	1,2	0,3	0,36	3,6	3,87	8,06	0:19	Riego N° 08		
02/08/2014	0,7	0,3	0,21	2,1	2,26					
03/08/2014	0,8	0,3	0,24	2,4	2,58	8,06	0:19	Riego N° 08		
04/08/2014	1	0,3	0,3	3	3,23					

Fecha	ETo (mm/día)	Tratamiento 3								
		Etapa fisiológica	Kc	ETe (mm/día)	Ln (m ³ /ha-día)	Lb (m ³ /ha-día)	Lr (m ³ /ha)	Tiempo de riego (h)	Número de riego	Tipo de riego
05/08/2014	0,5	6 hojas verdaderas	0,5	0,25	2,5	2,69	10,22	0:24	Riego N° 09	Riego uniforme
06/08/2014	0,5		0,5	0,25	2,5	2,69				
07/08/2014	0,9		0,5	0,45	4,5	4,84				
08/08/2014	0,9		0,5	0,45	4,5	4,84	16,67	0:39	Riego N° 10	
09/08/2014	1,3		0,5	0,65	6,5	6,99				
10/08/2014	0,9		0,5	0,45	4,5	4,84				
11/08/2014	0,9		0,5	0,45	4,5	4,84	13,44	0:31	Riego N° 11	
12/08/2014	0,8		0,5	0,4	4	4,30				
13/08/2014	0,8		0,5	0,4	4	4,30				
14/08/2014	1,1		0,5	0,55	5,5	5,91	23,94	0:56	Riego N° 12	
15/08/2014	2	0,8	1,6	13,6	14,62					
16/08/2014	0,9	0,8	0,72	6,12	6,58	28,59	1:07	Riego N° 13	Riego diferenciado	
17/08/2014	1,5	0,8	1,2	10,2	10,97					
18/08/2014	1,4	0,8	1,12	9,52	10,24					
19/08/2014	1,7	0,8	1,36	11,56	12,43	21,75	0:51	Riego N° 14		
20/08/2014	1,2	0,8	0,96	8,16	8,77					
21/08/2014	1,5	0,8	1,2	10,2	10,97					
22/08/2014	0,8	0,8	0,64	5,44	5,85	32,94	1:18	Riego N° 15		
23/08/2014	2	0,8	1,6	13,6	14,62					
24/08/2014	1,8	0,8	1,44	12,24	13,16					
25/08/2014	1,5	0,8	1,2	10,2	10,97	24,86	0:58	Riego N° 16		
26/08/2014	1,8	0,8	1,44	12,24	13,16					
27/08/2014	1,3	0,8	1,04	8,84	9,51					
28/08/2014	0,9	0,8	0,72	6,12	6,58	31,7	1:15	Riego N° 17		
29/08/2014	0,9	0,8	0,72	6,12	6,58					
30/08/2014	2,3	0,8	1,84	15,64	16,82					
31/08/2014	1,9	0,8	1,52	12,92	13,89	24,24	0:57	Riego N° 18		
01/09/2014	1,1	0,8	0,88	7,48	8,04					
02/09/2014	1,3	0,8	1,04	8,84	9,51					
03/09/2014	1,5	0,8	1,2	10,2	10,97					

Fecha	ET _o (mm/día)	Tratamiento 3								
		Etapa fisiológica	K _c	ET _e (mm/día)	L _a (m ³ /ha-día)	L _b (m ³ /ha-día)	L _r (m ³ /ha)	Tiempo de riego (h)	Número de riego	Tipo de riego
07/10/2014	2,3	Grano lechoso	0,9	2,07	17,6	18,92	51,05	2:00	Riego N° 30	Riego diferenciado
08/10/2014	2,5		0,9	2,25	19,13	20,57				
09/10/2014	2,5		0,9	2,25	19,13	20,57				
10/10/2014	2,6		0,9	2,34	19,89	21,39	43,35	1:42	Riego N° 31	
11/10/2014	2		0,9	1,8	15,3	16,45				
12/10/2014	1,6		0,9	1,44	12,24	13,16				
13/10/2014	2,7		0,9	2,43	20,66	22,22	44,76	1:45	Riego N° 32	
14/10/2014	1,7		0,9	1,53	13,01	13,99				
15/10/2014	2		0,9	1,8	15,3	16,45				
16/10/2014	1,5		0,9	1,35	11,48	12,34	46,86	1:50	Riego N° 33	
17/10/2014	2,5		0,9	2,25	19,13	20,57				
18/10/2014	2,7		0,9	2,43	20,66	22,22				
19/10/2014	2,8		0,9	2,52	21,42	23,03	42,66	1:40	Riego N° 34	
20/10/2014	1,9		0,9	1,71	14,54	15,63				
21/10/2014	1,4		0,9	1,26	10,71	11,52				

Fecha	ET _o (mm/día)	Tratamiento 3									
		Etapas fisiológicas	K _c	ET _c (mm/día)	L _n (m ³ /ha-día)	L _b (m ³ /ha-día)	L _r (m ³ /ha)	Tiempo de riego (h)	Número de riego	Tipo de riego	
22/10/2014	2,3	Grano pastoso	0,75	1,73	14,71	15,82	37,92	1:29	Riego N° 35	Riego diferenciado	
23/10/2014	2,2		0,75	1,65	14,03	15,09					
24/10/2014	2		0,75	1,5	12,75	13,71					
25/10/2014	1,8		0,75	1,35	11,48	12,34	43,75	1:43	Riego N° 36		
26/10/2014	2,7		0,75	2,03	17,26	18,56					
27/10/2014	3		0,75	2,25	19,13	20,57					
28/10/2014	2,7		0,75	2,03	17,26	18,56	35,66	1:24	Riego N° 37		
29/10/2014	1,7		0,75	1,28	10,88	11,70					
30/10/2014	1,7		0,75	1,28	10,88	11,70					
31/10/2014	2		0,75	1,5	12,75	13,71	41,95	1:39	Riego N° 38		
01/11/2014	2		0,75	1,5	12,75	13,71					
02/11/2014	3,2		0,75	2,4	20,4	21,94					
03/11/2014	2,3		0,75	1,73	14,71	15,82	37,38	1:28	Riego N° 39		
04/11/2014	2,3		0,75	1,73	14,71	15,82					
05/11/2014	1,8		0,75	1,35	11,48	12,34					
06/11/2014	2		0,75	1,5	12,75	13,71	29,76	1:10	Riego N° 40		
07/11/2014	1,5		0,75	1,13	9,61	10,33					
08/11/2014	1,6		0,75	1,2	10,2	10,97					
09/11/2014	1,5		0,75	1,13	9,61	10,33	8,78	0:21	Riego N° 41		
10/11/2014		Madurez	Suspensión del riego								

Fecha	ETo (mm/día)	Tratamiento 4									
		Etapa fisiológica	Kc	ETc (mm/día)	Ln (m ³ /ha-día)	Lb (m ³ /ha-día)	Lr (m ³ /ha)	Tiempo de riego (h)	Número de riego	Tipo de riego	
10/07/2014	1,4	Siembra	-		83,7	90,00	90	3:30	-	Riego uniforme	
11/07/2014	0,9	Germinación	0,3	0,27	2,7	2,90	13,2	0:31	Riego N° 01		
12/07/2014	1		0,3	0,3	3	3,23					
13/07/2014	1,1		0,3	0,33	3,3	3,55					
14/07/2014	1,1	Hojas cotiledóneas	0,3	0,33	3,3	3,55	8,4	0:19	Riego N° 02		
15/07/2014	0,9		0,3	0,27	2,7	2,90					
16/07/2014	0,9	Dos hojas verdaderas	0,3	0,27	2,7	2,90	11,9	0:28	Riego N° 03		
17/07/2014	0,8		0,3	0,24	2,4	2,58					
18/07/2014	0,9		0,3	0,27	2,7	2,90					
19/07/2014	1,4		0,3	0,42	4,2	4,52	16,5	0:39	Riego N° 04		
20/07/2014	1,4		0,3	0,42	4,2	4,52					
21/07/2014	2		0,3	0,6	6	6,45	9,4	0:22	Riego N° 05		
22/07/2014	1,7		0,3	0,51	5,1	5,48					
23/07/2014	1,4		0,3	0,42	4,2	4,52					
24/07/2014	1,1		4 hojas verdaderas	0,3	0,33	3,3	3,55	11,9	0:28		Riego N° 06
25/07/2014	0,8			0,3	0,24	2,4	2,58				
26/07/2014	1	0,3		0,3	3	3,23	10,6	0:25	Riego N° 07		
27/07/2014	1,2	0,3		0,36	3,6	3,87					
28/07/2014	1,2	0,3		0,36	3,6	3,87					
29/07/2014	1,3	0,3		0,39	3,9	4,19	10,6	0:25	Riego N° 07		
30/07/2014	0,9	0,3		0,27	2,7	2,90					
31/07/2014	1,2	0,3	0,36	3,6	3,87						
01/08/2014	1,2		0,3	0,36	3,6	3,87					

Fecha	ET _o (mm/día)	Tratamiento 4								
		Etapa fisiológica	Kc	ET _c (mm/día)	L _n (m ³ /ha-día)	L _b (m ³ /ha-día)	L _r (m ³ /ha)	Tiempo de riego (h)	Número de riego	Tipo de riego
02/08/2014	0,7	4 hojas verdaderas	0,3	0,21	2,1	2,26	8,1	0:19	Riego N° 08	Riego uniforme
03/08/2014	0,8		0,3	0,24	2,4	2,58				
04/08/2014	1		0,3	0,3	3	3,23				
05/08/2014	0,5	6 hojas verdaderas	0,5	0,25	2,5	2,69	10,2	0:24	Riego N° 09	
06/08/2014	0,5		0,5	0,25	2,5	2,69				
07/08/2014	0,9		0,5	0,45	4,5	4,84				
08/08/2014	0,9		0,5	0,45	4,5	4,84				
09/08/2014	1,3		0,5	0,65	6,5	6,99				
10/08/2014	0,9		0,5	0,45	4,5	4,84				
11/08/2014	0,9	Ramificación	0,5	0,45	4,5	4,84	16,7	0:39	Riego N° 10	
12/08/2014	0,8		0,5	0,4	4	4,30				
13/08/2014	0,8		0,5	0,4	4	4,30				
14/08/2014	1,1		0,5	0,55	5,5	5,91				
15/08/2014	2		0,8	1,6	16	17,20				
16/08/2014	0,9		0,8	0,72	7,2	7,74				
17/08/2014	1,5	Inicio de panojamiento	0,8	1,2	12	12,90	30,9	1:12	Riego N° 12	
18/08/2014	1,4		0,8	1,12	11,2	12,04				
19/08/2014	1,7		0,8	1,36	13,6	14,62				
20/08/2014	1,2		0,8	0,96	9,6	10,32				
21/08/2014	1,5		0,8	1,2	12	12,90				
22/08/2014	0,8		0,8	0,64	6,4	6,88				
23/08/2014	2	Inicio de panojamiento	0,8	1,6	16	17,20	39,6	1:33	Riego N° 13	
24/08/2014	1,8		0,8	1,44	14,4	15,48				
25/08/2014	1,5		0,8	1,2	12	12,90				
26/08/2014	1,8		0,8	1,44	14,4	15,48				
27/08/2014	1,3	Inicio de panojamiento	0,8	1,04	10,4	11,18	30,1	1:11	Riego N° 14	
28/08/2014	0,9		0,8	0,72	7,2	7,74				
							45,6	1:47	Riego N° 15	Riego diferenciado
							34,4	1:21	Riego N° 16	

Fecha	ET _o (mm/día)	Tratamiento 4								Tipo de riego
		Etapa fisiológica	Kc	ET _e (mm/día)	Ln (m ³ /ha-día)	Lb (m ³ /ha-día)	Lr (m ³ /ha)	Tiempo de riego (h)	Número de riego	
29/08/2014	0,9	Inicio de panojamiento	0,8	0,72	7,2	7,74	43,9	1:43	Riego N° 17	Riego diferenciado
30/08/2014	2,3		0,8	1,84	18,4	19,78				
31/08/2014	1,9		0,8	1,52	15,2	16,34				
01/09/2014	1,1		0,8	0,88	8,8	9,46	33,5	1:19	Riego N° 18	
02/09/2014	1,3		0,8	1,04	10,4	11,18				
03/09/2014	1,5		0,8	1,2	12	12,90				
04/09/2014	1,9	Panojamiento	1	1,9	19	20,43	59,1	2:19	Riego N° 19	
05/09/2014	2		1	2	20	21,51				
06/09/2014	1,6		1	1,6	16	17,20				
07/09/2014	1,4		1	1,4	14	15,05	41,9	1:39	Riego N° 20	
08/09/2014	0,7		1	0,7	7	7,53				
09/09/2014	1,8		1	1,8	18	19,35				
10/09/2014	1,5		1	1,5	15	16,13	57,0	2:14	Riego N° 21	
11/09/2014	1,9		1	1,9	19	20,43				
12/09/2014	1,9		1	1,9	19	20,43				
13/09/2014	1,9		1	1,9	19	20,43	68,8	2:42	Riego N° 22	
14/09/2014	2	1	2	20	21,51					
15/09/2014	2,5	1	2,5	25	26,88					
16/09/2014	2	1	2	20	21,51	46,2	1:49	Riego N° 23		
17/09/2014	1,4	1	1,4	14	15,05					
18/09/2014	0,9	1	0,9	9	9,68					
19/09/2014	1,6	Inicio de floración	1	1,6	16	17,20	52,7	2:04	Riego N° 24	
20/09/2014	1,3		1	1,3	13	13,98				
21/09/2014	2		1	2	20	21,51				
22/09/2014	2		1	2	20	21,51	61,3	2:24	Riego N° 25	
23/09/2014	1,7		1	1,7	17	18,28				
24/09/2014	2		1	2	20	21,51				
25/09/2014	1,4	Floración	1	1,4	14	15,05	53,8	2:07	Riego N° 26	
26/09/2014	1,5		1	1,5	15	16,13				
27/09/2014	2,1		1	2,1	21	22,58				

Fecha	ET _o (mm/día)	Tratamiento 4								
		Etapa fisiológica	K _c	ET _c (mm/día)	Ln (m ³ /ha-día)	Lb (m ³ /ha-día)	Lr (m ³ /ha)	Tiempo de riego (h)	Número de riego	Tipo de riego
28/09/2014	2	Floración	1	2	20	21,51	51,6	2:01	Riego N° 27	Riego diferenciado
29/09/2014	1,4		1	1,4	14	15,05				
30/09/2014	1,4		1	1,4	14	15,05				
01/10/2014	1,4		1	1,4	14	15,05	57,0	2:14	Riego N° 28	
02/10/2014	2,1		1	2,1	21	22,58				
03/10/2014	1,8		1	1,8	18	19,35				
04/10/2014	1,2		1	1,2	12	12,90	53,8	2:07	Riego N° 29	
05/10/2014	1,2		1	1,2	12	12,90				
06/10/2014	2,6		1	2,6	26	27,96				
07/10/2014	2,3		1	2,3	23	24,73	75,8	2:58	Riego N° 30	
08/10/2014	2,5		1	2,5	25	26,88				
09/10/2014	2,5		0,9	2,25	22,5	24,19				
10/10/2014	2,6	0,9	2,34	23,4	25,16	60,0	2:21	Riego N° 31		
11/10/2014	2	0,9	1,8	18	19,35					
12/10/2014	1,6	0,9	1,44	14,4	15,48					
13/10/2014	2,7	0,9	2,43	24,3	26,13	61,9	2:26	Riego N° 32		
14/10/2014	1,7	0,9	1,53	15,3	16,45					
15/10/2014	2	0,9	1,8	18	19,35					
16/10/2014	1,5	0,9	1,35	13,5	14,52	64,8	2:33	Riego N° 33		
17/10/2014	2,5	0,9	2,25	22,5	24,19					
18/10/2014	2,7	0,9	2,43	24,3	26,13					
19/10/2014	2,8	0,9	2,52	25,2	27,10	59,0	2:19	Riego N° 34		
20/10/2014	1,9	0,9	1,71	17,1	18,39					
21/10/2014	1,4	0,9	1,26	12,6	13,55					
22/10/2014	2,3	0,9	2,07	20,7	22,26	59,7	2:21	Riego N° 35		
23/10/2014	2,2	0,9	1,98	19,8	21,29					
24/10/2014	2	Grano pastoso	0,75	1,5	15				16,13	

Fecha	ETo (mm/día)	Tratamiento 4								
		Etapa fisiológica	Kc	ETe (mm/día)	Ln (m ³ /ha-día)	Lb (m ³ /ha-día)	Lr (m ³ /ha)	Tiempo de riego (h)	Número de riego	Tipo de riego
25/10/2014	1,8	Grano pastoso	0,75	1,35	13,5	14,52	65,0	2:33	Riego N° 36	Riego diferenciado
26/10/2014	2,7		0,75	2,025	20,25	21,77				
27/10/2014	3		0,75	2,25	22,5	24,19				
28/10/2014	2,7		0,75	2,025	20,25	21,77	52,9	2:04	Riego N° 37	
29/10/2014	1,7		0,75	1,275	12,75	13,71				
30/10/2014	1,7		0,75	1,275	12,75	13,71	62,4	2:27	Riego N° 38	
31/10/2014	2		0,75	1,5	15	16,13				
01/11/2014	2		0,75	1,5	15	16,13	55,5	2:10	Riego N° 39	
02/11/2014	3,2		0,75	2,4	24	25,81				
03/11/2014	2,3		0,75	1,725	17,25	18,55				
04/11/2014	2,3		0,75	1,725	17,25	18,55	44,2	1:44	Riego N° 40	
05/11/2014	1,8		0,75	1,35	13,5	14,52				
06/11/2014	2		0,75	1,5	15	16,13	48,6	1:54	Riego N° 41	
07/11/2014	1,5		0,75	1,125	11,25	12,10				
08/11/2014	1,6		0,75	1,2	12	12,90	12,9	0:30	Riego N° 42	
09/11/2014	1,5		0,75	1,125	11,25	12,10				
10/11/2014	1,9		0,75	1,425	14,25	15,32	12,9	0:30	Riego N° 42	
11/11/2014	2,2		0,75	1,65	16,5	17,74				
12/11/2014	1,6	0,75	1,2	12	12,90	12,9	0:30	Riego N° 42		
13/11/2014		Madurez	suspensión del riego							

Fecha	ET _o (mm/día)	Tratamiento 5								
		Etapas fisiológicas	Kc	ET _c (mm/día)	La (m ³ /ha-día)	Lb (m ³ /ha-día)	Lr (m ³ /ha)	Tiempo de riego (h)	Número de riego	Tipo de riego
10/07/2014	1,4	Siembra	-	-	83,7	90,00	90	3:30	-	Riego uniforme
11/07/2014	0,9	Germinación	0,3	0,27	2,7	2,90	13,23	0:31	Riego N° 01	
12/07/2014	1		0,3	0,3	3	3,23				
13/07/2014	1,1		0,3	0,33	3,3	3,55				
14/07/2014	1,1	Hojas cotiledóneas	0,3	0,33	3,3	3,55	8,39	0:19	Riego N° 02	
15/07/2014	0,9		0,3	0,27	2,7	2,90				
16/07/2014	0,9	Dos hojas verdaderas	0,3	0,27	2,7	2,90	11,94	0:28	Riego N° 03	
17/07/2014	0,8		0,3	0,24	2,4	2,58				
18/07/2014	0,9		0,3	0,27	2,7	2,90				
19/07/2014	1,4		0,3	0,42	4,2	4,52				
20/07/2014	1,4		0,3	0,42	4,2	4,52				
21/07/2014	2		0,3	0,6	6	6,45	16,45	0:39	Riego N° 04	
22/07/2014	1,7		0,3	0,51	5,1	5,48				
23/07/2014	1,4		0,3	0,42	4,2	4,52	9,35	0:22	Riego N° 05	
24/07/2014	1,1		0,3	0,33	3,3	3,55				
25/07/2014	0,8		0,3	0,24	2,4	2,58				
26/07/2014	1	4 hojas verdaderas	0,3	0,3	3	3,23	11,94	0:28	Riego N° 06	
27/07/2014	1,2		0,3	0,36	3,6	3,87				
28/07/2014	1,2		0,3	0,36	3,6	3,87				
29/07/2014	1,3		0,3	0,39	3,9	4,19	10,65	0:25	Riego N° 07	
30/07/2014	0,9		0,3	0,27	2,7	2,90				
31/07/2014	1,2		0,3	0,36	3,6	3,87				
01/08/2014	1,2		0,3	0,36	3,6	3,87				

Fecha	ET _o (mm/día)	Tratamiento 5								
		Etapas fisiológicas	Kc	ET _e (mm/día)	Ln (m ³ /ha-día)	Lb (m ³ /ha-día)	Lr (m ³ /ha)	Tiempo de riego (h)	Número de riego	Tipo de riego
02/08/2014	0,7	4 hojas verdaderas	0,3	0,21	2,1	2,26	8,06	0:19	Riego N° 08	Riego uniforme
03/08/2014	0,8		0,3	0,24	2,4	2,58				
04/08/2014	1		0,3	0,3	3	3,23				
05/08/2014	0,5	6 hojas verdaderas	0,5	0,25	2,5	2,69	10,22	0:24	Riego N° 09	
06/08/2014	0,5		0,5	0,25	2,5	2,69				
07/08/2014	0,9		0,5	0,45	4,5	4,84				
08/08/2014	0,9		0,5	0,45	4,5	4,84				
09/08/2014	1,3		0,5	0,65	6,5	6,99	16,67	0:39	Riego N° 10	
10/08/2014	0,9		0,5	0,45	4,5	4,84				
11/08/2014	0,9		0,5	0,45	4,5	4,84	13,44	0:31	Riego N° 11	
12/08/2014	0,8		0,5	0,4	4	4,30				
13/08/2014	0,8	0,5	0,4	4	4,30					
14/08/2014	1,1	0,5	0,55	5,5	5,91	34,60	1:21	Riego N° 12		
15/08/2014	2	0,8	1,6	18,4	19,78					
16/08/2014	0,9	0,8	0,72	8,28	8,90	45,51	1:47	Riego N° 13		
17/08/2014	1,5	0,8	1,2	13,8	14,84					
18/08/2014	1,4	0,8	1,12	12,88	13,85					
19/08/2014	1,7	0,8	1,36	15,64	16,82					
20/08/2014	1,2	0,8	0,96	11,04	11,87					
21/08/2014	1,5	Ramificación	0,8	1,2	13,8	14,84	34,62	1:21	Riego N° 14	
22/08/2014	0,8		0,8	0,64	7,36	7,91				
23/08/2014	2		0,8	1,6	18,4	19,78	52,43	2:03	Riego N° 15	
24/08/2014	1,8		0,8	1,44	16,56	17,81				
25/08/2014	1,5		0,8	1,2	13,8	14,84				
26/08/2014	1,8		Inicio de panojamiento	0,8	1,44	16,56	17,81	39,57	1:33	Riego N° 16
27/08/2014	1,3			0,8	1,04	11,96	12,86			
28/08/2014	0,9			0,8	0,72	8,28	8,90			

Fecha	ET _o (mm/día)	Tratamiento 5								
		Etapa fisiológica	K _c	ET _c (mm/día)	L _n (m ³ /ha-día)	L _b (m ³ /ha-día)	L _r (m ³ /ha)	Tiempo de riego (h)	Número de riego	Tipo de riego
29/08/2014	0,9	Inicio de panojamiento	0,8	0,72	8,28	8,90	58,02	2:16	Riego N° 17	Riego diferenciado
30/08/2014	2,3		0,8	1,84	21,16	22,75				
31/08/2014	1,9		0,8	1,52	17,48	18,80				
01/09/2014	1,1		0,8	0,88	10,12	10,88	44,37	1:45	Riego N° 18	
02/09/2014	1,3		0,8	1,04	11,96	12,86				
03/09/2014	1,5		0,8	1,2	13,8	14,84				
04/09/2014	1,9	Panojamiento	1	1,9	21,85	23,49	78,21	3:04	Riego N° 19	
05/09/2014	2		1	2	23	24,73				
06/09/2014	1,6		1	1,6	18,4	19,78				
07/09/2014	1,4		1	1,4	16,1	17,31	55,46	2:10	Riego N° 20	
08/09/2014	0,7		1	0,7	8,05	8,66				
09/09/2014	1,8		1	1,8	20,7	22,26				
10/09/2014	1,5		1	1,5	17,25	18,55	75,37	2:58	Riego N° 21	
11/09/2014	1,9		1	1,9	21,85	23,49				
12/09/2014	1,9		1	1,9	21,85	23,49				
13/09/2014	1,9		1	1,9	21,85	23,49	91,01	3:34	Riego N° 22	
14/09/2014	2	1	2	23	24,73					
15/09/2014	2,5	1	2,5	28,75	30,91					
16/09/2014	2	1	2	23	24,73	61,15	2:24	Riego N° 23		
17/09/2014	1,4	1	1,4	16,1	17,31					
18/09/2014	0,9	1	0,9	10,35	11,13					
19/09/2014	1,6	Inicio de floración	1	1,6	18,4	19,78	69,68	2:44	Riego N° 24	
20/09/2014	1,3		1	1,3	14,95	16,08				
21/09/2014	2		1	2	23	24,73				
22/09/2014	2		1	2	23	24,73	81,06	3:11	Riego N° 25	
23/09/2014	1,7		1	1,7	19,55	21,02				
24/09/2014	2		1	2	23	24,73				

Fecha	ET _o (mm/día)	Tratamiento 5								
		Etapa fisiológica	K _c	ET _c (mm/día)	L _n (m ³ /ha-día)	L _b (m ³ /ha-día)	L _r (m ³ /ha)	Tiempo de riego (h)	Número de riego	Tipo de riego
25/09/2014	1,4	Floración	1	1,4	16,1	17,31	71,1	2:48	Riego N° 26	Riego diferenciado
26/09/2014	1,5		1	1,5	17,25	18,55				
27/09/2014	2,1		1	2,1	24,15	25,97				
28/09/2014	2		1	2	23	24,73	68,26	2:41	Riego N° 27	
29/09/2014	1,4		1	1,4	16,1	17,31				
30/09/2014	1,4		1	1,4	16,1	17,31				
01/10/2014	1,4		1	1,4	16,1	17,31	75,37	2:58	Riego N° 28	
02/10/2014	2,1		1	2,1	24,15	25,97				
03/10/2014	1,8		1	1,8	20,7	22,26				
04/10/2014	1,2		1	1,2	13,8	14,84	71,1	2:48	Riego N° 29	
05/10/2014	1,2		1	1,2	13,8	14,84				
06/10/2014	2,6		1	2,6	29,9	32,15				
07/10/2014	2,3		1	2,3	26,45	28,44	103,81	4:05	Riego N° 30	
08/10/2014	2,5		1	2,5	28,75	30,91				
09/10/2014	2,5		1	2,5	28,75	30,91				
10/10/2014	2,6		1	2,6	29,9	32,15	83,05	3:16	Riego N° 31	
11/10/2014	2	0,9	1,8	20,7	22,26					
12/10/2014	1,6	0,9	1,44	16,56	17,81					
13/10/2014	2,7	0,9	2,43	27,95	30,05	81,92	3:13	Riego N° 32		
14/10/2014	1,7	0,9	1,53	17,6	18,92					
15/10/2014	2	0,9	1,8	20,7	22,26					
16/10/2014	1,5	Grano lechoso	0,9	1,35	15,53	16,70	85,77	3:22	Riego N° 33	
17/10/2014	2,5		0,9	2,25	25,88	27,83				
18/10/2014	2,7		0,9	2,43	27,95	30,05				
19/10/2014	2,8		0,9	2,52	28,98	31,16	78,08	3:04	Riego N° 34	
20/10/2014	1,9		0,9	1,71	19,67	21,15				
21/10/2014	1,4		0,9	1,26	14,49	15,58				

Fecha	ET _o (mm/día)	Tratamiento 5									
		Etapas fisiológicas	Ke	ET _e (mm/día)	Ln (m ³ /ha-día)	Lb (m ³ /ha-día)	Lr (m ³ /ha)	Tiempo de riego (h)	Número de riego	Tipo de riego	
22/10/2014	2,3	Grano lechoso	0,9	2,07	23,81	25,60	83,2	3:16	Riego Nº 35	Riego diferenciado	
23/10/2014	2,2		0,9	1,98	22,77	24,48					
24/10/2014	2		0,9	1,8	20,7	22,26					
25/10/2014	1,8		0,9	1,62	18,63	20,03					
26/10/2014	2,7	Grano pastoso	0,75	2,025	23,29	25,04	83,84	3:18	Riego Nº 36		
27/10/2014	3		0,75	2,25	25,88	27,83					
28/10/2014	2,7		0,75	2,025	23,29	25,04					
29/10/2014	1,7		0,75	1,275	14,66	15,76	65,06	2:33	Riego Nº 37		
30/10/2014	1,7		0,75	1,275	14,66	15,76					
31/10/2014	2		0,75	1,5	17,25	18,55	76,79	3:01	Riego Nº 38		
01/11/2014	2		0,75	1,5	17,25	18,55					
02/11/2014	3,2		0,75	2,4	27,6	29,68					
03/11/2014	2,3		0,75	1,725	19,84	21,33	68,27	2:41	Riego Nº 39		
04/11/2014	2,3		0,75	1,725	19,84	21,33					
05/11/2014	1,8		0,75	1,35	15,53	16,70					
06/11/2014	2		0,75	1,5	17,25	18,55	54,4	2:08	Riego Nº 40		
07/11/2014	1,5		0,75	1,125	12,94	13,91					
08/11/2014	1,6		0,75	1,2	13,8	14,84					
09/11/2014	1,5		0,75	1,125	12,94	13,91	59,74	2:21	Riego Nº 41		
10/11/2014	1,9		0,75	1,425	16,39	17,62					
11/11/2014	2,2	0,75	1,65	18,98	20,41						
12/11/2014	1,6	0,75	1,2	13,8	14,84	65,06	2:33	Riego Nº 42			
13/11/2014	2,1	0,75	1,575	18,11	19,47						
14/11/2014	2,4	0,75	1,8	20,7	22,26						
15/11/2014	2,1	0,75	1,575	18,11	19,47	49,05	1:55	Riego Nº 43			
16/11/2014	2,5	0,75	1,875	21,56	23,18						
17/11/2014	2,9	Madurez	suspensión del riego								

Anexo N° 03: Análisis estadístico

Estadísticas descriptivas para los parámetros biométricos

Altura de planta (cm)

	Lámina de riego	Media	Desviación Estándar	Mínimo	Máximo
Variable: altura de la planta	L ₁	101,93	3,23	98,5	104,9
	L ₂	109,23	3,13	106,4	112,6
	L ₃	117,33	4,27	112,6	120,9
	L ₄	124,93	0,38	124,5	125,2
	L ₅	121,43	1,21	120,3	122,7

Diámetro de tallo (cm)

	Lamina de riego	Media	Desviación Estándar	Mínimo	Máximo
Variable: diámetro de tallo	L ₁	1,27	0,011	1,26	1,29
	L ₂	1,55	0,084	1,45	1,61
	L ₃	1,58	0,018	1,56	1,6
	L ₄	1,86	0,015	1,84	1,87
	L ₅	1,99	0,044	1,87	1,96

Longitud de panoja (cm)

	Lamina de riego	Media	Desviación Estándar	Mínimo	Máximo
Variable: longitud de panoja	L ₁	34,95	0,11	34,86	35,07
	L ₂	36,95	0,11	36,86	37,07
	L ₃	37,95	0,11	37,86	38,07
	L ₄	40,95	0,11	40,86	41,07
	L ₅	40,95	0,11	40,86	41,07

Diámetro de panoja (cm)

	Lamina de riego	Media	Desviación Estándar	Mínimo	Máximo
Variable: diámetro de panoja	L ₁	20,95	0,11	20,86	21,07
	L ₂	20,95	0,11	20,86	21,07
	L ₃	20,95	0,11	22,86	23,07
	L ₄	20,95	0,11	24,86	25,07
	L ₅	20,95	0,11	25,86	26,07

Longitud de raíces (cm)

	Lamina de riego	Media	Desviación Estándar	Mínimo	Máximo
Variable: longitud de raíces	L ₁	20,5	0,2	20,3	20,7
	L ₂	20,47	0,12	20,4	20,6
	L ₃	20,43	0,46	19,9	20,7
	L ₄	20,33	0,31	20,00	20,60
	L ₅	20,40	0,20	20,20	20,60

Grado de saponina (%)

	Lamina de riego	Media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
Variable: grado de saponina	L ₁	0,17	0,012	0,16	0,18
	L ₂	0,15	0,002	0,15	0,15
	L ₃	0,13	0,003	0,13	0,13
	L ₄	0,10	0,002	0,10	0,10
	L ₅	0,09	0,009	0,08	0,10

Rendimiento de la producción (t/ha)

	Lamina de riego	Media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
Variable: rendimiento de la producción	L ₁	3,32	0,015	3,31	3,34
	L ₂	3,43	0,035	3,40	3,47
	L ₃	3,87	0,025	3,85	3,9
	L ₄	4,37	0,044	4,32	4,40
	L ₅	4,53	0,065	4,46	4,59

Modelo aditivo lineal para los parámetros biométricos

$$Y_{ij} = m + t_i + e_{ij}$$

$$i = 1, 2, \dots, 5 \quad j = 1, 2, 3$$

Donde :

Y_{ij} : Es la altura de la planta obtenida con el i-ésimo nivel de lámina de riego en la j-ésima repetición.

m : Es el efecto de la media general de la altura de la planta.

t_i : Es el efecto del i-ésimo nivel de lámina de riego.

e_{ij} : Es el efecto del error experimental en el i-ésimo nivel de lámina de riego en la j-ésima repetición.

Análisis de varianza para los parámetros biométricos

Prueba de Hipótesis

$H_0 : m_i = m \quad H_0 : t_i = 0$ para todo $i = 1, 2, \dots, 5$

$H_1 : m_i \neq m \quad H_1 : t_i \neq 0$ para al menos algún i

$\alpha = 0.05$

P valor = 0.000 < 0.05. Se justifica la aplicación del Diseño Completamente al Azar (DCA).

Pruebas de los efectos inter-sujetos para los parámetros biometricos

Variable dependiente - Altura de planta (cm)

Origen	Suma de cuadrados tipo III	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	1048,476 ^a	4	262,12	32,71	0,00
Intersección	198283,01	1	198283,01	24744,14	0,00
Lámina. Riego	1048,48	4	262,12	32,71	0,00
Error	80,13	10	8,01		
Total	199411,62	15			
Total corregida	1128,61	14			

a. R cuadrado = ,929 (R cuadrado corregida = ,901)

Variable dependiente - Diámetro de tallo (cm)

Origen	Suma de cuadrados tipo III	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	,818 ^a	4	0,204	106,74	0,00
Intersección	40,13	1	40,133	20957,77	0,00
Lámina de Riego	0,82	4	0,204	106,74	0,00
Error	0,02	10	0,002		
Total	40,97	15			
Total corregida	0,84	14			

a. R cuadrado = ,977 (R cuadrado corregida = ,968)

Variable dependiente - Longitud de panoja (cm)

Origen	Suma de cuadrados tipo III	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	81,600 ^a	4	20,40	1713,60	0,00
Intersección	22063,58	1	22063,58	1853340,46	0,00
Lámina de Riego	81,60	4	20,40	1713,60	0,00
Error	0,12	10	0,01		
Total	22145,30	15			
Total corregida	81,72	14			

a. R cuadrado = ,999 (R cuadrado corregida = ,998)

Variable dependiente - Diámetro de panoja (cm)

Origen	Suma de cuadrados tipo III	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	62,400 ^a	4	15,60	1310,40	0,00
Intersección	8040,49	1	8040,49	675401,26	0,00
Lámina de Riego	62,40	4	15,60	1310,40	0,00
Error	0,12	10	0,01		
Total	8103,01	15			
Total corregida	62,52	14			

a. R cuadrado = ,998 (R cuadrado corregida = ,997)

Variable dependiente - Longitud de raíces (cm)

Origen	Suma de cuadrados tipo III	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	,049 ^a	4	0,01	0,15	0,96
Intersección	6258,73	1	6258,73	78234,13	0,00
Lámina de Riego	0,05	4	0,01	0,15	0,96
Error	0,80	10	0,08		
Total	6259,58	15			
Total corregida	0,85	14			

a. R cuadrado = ,058 (R cuadrado corregida = ,319)

Variable dependiente - Grado de saponina (%)

Origen	Suma de cuadrados tipo III	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	,013 ^a	4	0,003	69,81	0,00
Intersección	0,24	1	0,243	5098,87	0,00
Lámina de Riego	0,01	4	0,003	69,81	0,00
Error	0,00	10	4,77E-05		
Total	0,26	15			
Total corregida	0,01	14			

a. R cuadrado = ,965 (R cuadrado corregida = ,952)

Variable dependiente-Rendimiento de la producción (t/ha)

Origen	Suma de cuadrados tipo III	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	3,484 ^a	4	0,871	528,96	0,00
Intersección	228,85	1	228,853	138979,28	0,00
Lámina de Riego	3,48	4	0,871	528,96	0,00
Error	0,02	10	0,002		
Total	232,35	15			
Total corregida	3,50	14			

a. R cuadrado = ,995 (R cuadrado corregida = ,993)

Prueba de comparación de Tukey para los parámetros biométricos

Prueba de Hipótesis

$H_0: m_i - m_j = 0$ para todo $i, j = 1, 2, 3, 4, 5$ y $i \neq j$

$H_1: m_i - m_j \neq 0$ para al menos $i, j = 1, 2, 3, 4, 5$ y $i \neq j$

$\alpha = 0.05$

• **Altura de planta**

Prueba de comparación múltiple (DHS de Tukey, basado en las medias observadas.

El termino de error es la media cuadrática (Error=8,013)

(I) Lámina de Riego	(J) Lámina de Riego	Diferencia de medias (I-J)	Error ttp.	Sig.	Intervalo de confianza 95%	
					Límite inferior	Límite superior
L ₁	L ₂	-7,3	2,311	0,061	-14,9068	0,3068
	L ₃	-15,4000*	2,311	0,000	-23,0068	-7,7932
	L ₄	-23,0000*	2,311	0,000	-30,6068	-15,3932
	L ₅	-19,5000*	2,311	0,000	-27,1068	-11,8932
L ₂	L ₁	7,3	2,311	0,061	-0,3068	14,9068
	L ₃	-8,1000*	2,311	0,036	-15,7068	-0,4932
	L ₄	-15,7000*	2,311	0,000	-23,3068	-8,0932
	L ₅	-12,2000*	2,311	0,003	-19,8068	-4,5932
L ₃	L ₁	15,4000*	2,311	0,000	7,7932	23,0068
	L ₂	8,1000*	2,311	0,036	0,4932	15,7068
	L ₄	-7,6	2,311	0,050	-15,2068	0,0068
	L ₅	-4,1	2,311	0,437	-11,7068	3,5068
L ₄	L ₁	23,0000*	2,311	0,000	15,3932	30,6068
	L ₂	15,7000*	2,311	0,000	8,0932	23,3068
	L ₃	7,6	2,311	0,050	-0,0068	15,2068
	L ₅	3,5	2,311	0,577	-4,1068	11,1068
L ₅	L ₁	19,5000*	2,311	0,000	11,8932	27,1068
	L ₂	12,2000*	2,311	0,003	4,5932	19,8068
	L ₃	4,1	2,311	0,437	-3,5068	11,7068
	L ₄	-3,5	2,311	0,577	-11,1068	4,1068

*. La diferencia de medias es significativa al nivel 0,05

DHS de Tukey^{a,b}, medida de los grupos de subconjuntos Homogéneos

Lámina de Riego	N	Subconjunto	
		1	2
L ₁	3	101,9333	
L ₂	3	109,2333	
L ₃	3		117,3333
L ₅	3		121,4333
L ₄	3		124,9333
Sig.		0,061	0,05

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica=3,000

b. Alfa = 0,05.

• **Diámetro de tallo**

Prueba de comparación múltiple (DHS de Tukey), basado en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error=,012.)

(I)Lámina de Riego	(J)Lámina de Riego	Diferencia de medias (I-J)	Error típ.	Sig.	Intervalo de confianza 95%	
					Límite inferior	Límite superior
L ₁	L ₂	-,2714*	0,036	0,000	-0,3890	-0,1538
	L ₃	-,3071*	0,036	0,000	-0,4247	-0,1896
	L ₄	-,5857*	0,036	0,000	-0,7033	-0,4681
	L ₅	-,6452*	0,036	0,000	-0,7628	-0,5276
L ₂	L ₁	,2714*	0,036	0,000	0,1538	0,3890
	L ₃	-0,0357	0,036	0,850	-0,1533	0,0819
	L ₄	-,3143*	0,036	0,000	-0,4319	-0,1967
	L ₅	-,3738*	0,036	0,000	-0,4914	-0,2562
L ₃	L ₁	,3071*	0,036	0,000	0,1896	0,4247
	L ₂	0,0357	0,036	0,850	-0,0819	0,1533
	L ₄	-,2786*	0,036	0,000	-0,3962	-0,1610
	L ₅	-,3381*	0,036	0,000	-0,4557	-0,2205
L ₄	L ₁	,5857*	0,036	0,000	0,4681	0,7033
	L ₂	,3143*	0,036	0,000	0,1967	0,4319
	L ₃	,2786*	0,036	0,000	0,1610	0,3962
	L ₅	-0,0595	0,036	0,493	-0,1771	0,0581
L ₅	L ₁	,6452*	0,036	0,000	0,5276	0,7628
	L ₂	,3738*	0,036	0,000	0,2562	0,4914
	L ₃	,3381*	0,036	0,000	0,2205	0,4557
	L ₄	0,0595	0,036	0,493	-0,0581	0,1771

DHS de Tukey^{a,b}, medida de los grupos de subconjuntos Homogéneos

Lámina de Riego	N	Subconjunto		
		1	2	3
L ₁	3	1,2738		
L ₂	3		1,5452	
L ₃	3		1,5810	
L ₄	3			1,8595
L ₅	3			1,9190
Sig.		1,000	,850	,493

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica=3,000

b. Alfa = 0,05.

- Longitud de panoja

Prueba de comparación múltiple (DHS de Tukey), El término de error es la media cuadrática (Error=,012.)

(I)Lámina de Riego	(J)Lámina de Riego	Diferencia de medias (I-J)	Error tip.	Sig.	Intervalo de confianza 95%	
					Límite inferior	Límite superior
L ₁	L ₂	-2,0000*	0,089	0,000	-2,2932	-1,707
	L ₃	-3,0000*	0,089	0,000	-3,2932	-2,707
	L ₄	-6,0000*	0,089	0,000	-6,2932	-5,707
	L ₅	-6,0000*	0,089	0,000	-6,2932	-5,707
L ₂	L ₁	2,0000*	0,089	0,000	1,7068	2,293
	L ₃	-1,0000*	0,089	0,000	-1,2932	-0,707
	L ₄	-4,0000*	0,089	0,000	-4,2932	-3,707
	L ₅	-4,0000*	0,089	0,000	-4,2932	-3,707
L ₃	L ₁	3,0000*	0,089	0,000	2,7068	3,293
	L ₂	1,0000*	0,089	0,000	0,7068	1,293
	L ₄	-3,0000*	0,089	0,000	-3,2932	-2,707
	L ₅	-3,0000*	0,089	0,000	-3,2932	-2,707
L ₄	L ₁	6,0000*	0,089	0,000	5,7068	6,293
	L ₂	4,0000*	0,089	0,000	3,7068	4,293
	L ₃	3,0000*	0,089	0,000	2,7068	3,293
	L ₅	0	0,089	1,000	-0,2932	0,293
L ₅	L ₁	6,0000*	0,089	0,000	5,7068	6,293
	L ₂	4,0000*	0,089	0,000	3,7068	4,293
	L ₃	3,0000*	0,089	0,000	2,7068	3,293
	L ₄	0	0,089	1,000	-0,2932	0,293

DHS de Tukey^{a,b}, medida de los grupos de subconjuntos Homogéneos

Lámina de Riego	N	Subconjunto			
		1	2	3	4
L ₁	3	34,9524			
L ₂	3		36,9524		
L ₃	3			37,9524	
L ₄	3				40,9524
L ₅	3				40,9524
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica=3,000

b. Alfa = 0,05.

• Longitud de panoja

Prueba de comparaciones múltiple DHS de Tukey, basado en las medias observadas, El término de error es la media cuadrática (Error=,012.)

(I)Lámina de Riego	(J)Lámina. de Riego	Diferencia de medias (I-J)	Error ttp.	Sig.	Intervalo de confianza 95%	
					Límite inferior	Límite superior
L ₁	L ₂	0	0,0891	1,000	-0,293	0,293
	L ₃	-2,0000*	0,0891	0,000	-2,293	-1,707
	L ₄	-4,0000*	0,0891	0,000	-4,293	-3,707
	L ₅	-5,0000*	0,0891	0,000	-5,293	-4,707
L ₂	L ₁	0	0,0891	1,000	-0,293	0,293
	L ₃	-2,0000*	0,0891	0,000	-2,293	-1,707
	L ₄	-4,0000*	0,0891	0,000	-4,293	-3,707
	L ₅	-5,0000*	0,0891	0,000	-5,293	-4,707
L ₃	L ₁	2,0000*	0,0891	0,000	1,707	2,293
	L ₂	2,0000*	0,0891	0,000	1,707	2,293
	L ₄	-2,0000*	0,0891	0,000	-2,293	-1,707
	L ₅	-3,0000*	0,0891	0,000	-3,293	-2,707
L ₄	L ₁	4,0000*	0,0891	0,000	3,707	4,293
	L ₂	4,0000*	0,0891	0,000	3,707	4,293
	L ₃	2,0000*	0,0891	0,000	1,707	2,293
	L ₅	-1,0000*	0,0891	0,000	-1,293	-0,707
L ₅	L ₁	5,0000*	0,0891	0,000	4,707	5,293
	L ₂	5,0000*	0,0891	0,000	4,707	5,293
	L ₃	3,0000*	0,0891	0,000	2,707	3,293
	L ₄	1,0000*	0,0891	0,000	0,707	1,293

DHS de Tukey^{ab}, medida de los grupos de subconjuntos Homogéneos

Lámina de Riego	N	Subconjunto			
		1	2	3	4
L ₁	3	20,9524			
L ₂	3	20,9524			
L ₃	3		22,9524		
L ₄	3			24,9524	
L ₅	3				25,9524
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica=3,000

b. Alfa = 0,05.

- **Longitud de raíces**

Prueba de comparaciones múltiple DHS de Tukey, basado en las medias observadas,
El término de error es la media cuadrática (Error=,080.)

(I)Lámina de Riego	(J)Lámina. de Riego	Diferencia de medias (I-J)	Error típ.	Sig.	Intervalo de confianza 95%	
					Límite inferior	Límite superior
L ₁	L ₂	0,0333	0,231	1,000	-0,727	0,793
	L ₃	0,0667	0,231	0,998	-0,693	0,827
	L ₄	0,1667	0,231	0,947	-0,593	0,927
	L ₅	0,1	0,231	0,992	-0,660	0,860
L ₂	L ₁	-0,0333	0,231	1,000	-0,793	0,727
	L ₃	0,0333	0,231	1,000	-0,727	0,793
	L ₄	0,1333	0,231	0,976	-0,627	0,893
	L ₅	0,0667	0,231	0,998	-0,693	0,827
L ₃	L ₁	-0,0667	0,231	0,998	-0,827	0,693
	L ₂	-0,0333	0,231	1,000	-0,793	0,727
	L ₄	0,1	0,231	0,992	-0,660	0,860
	L ₅	0,0333	0,231	1,000	-0,727	0,793
L ₄	L ₁	-0,1667	0,231	0,947	-0,927	0,593
	L ₂	-0,1333	0,231	0,976	-0,893	0,627
	L ₃	-0,1	0,231	0,992	-0,860	0,660
	L ₅	-0,0667	0,231	0,998	-0,827	0,693
L ₅	L ₁	-0,1	0,231	0,992	-0,860	0,660
	L ₂	-0,0667	0,231	0,998	-0,827	0,693
	L ₃	-0,0333	0,231	1,000	-0,793	0,727
	L ₄	0,0667	0,231	0,998	-0,693	0,827

DHS de Tukey^{a,b}, medida de los grupos de subconjuntos Homogéneos

Lámina. de Riego	N	Subconjunto
		1
L ₅	3	20,3333
L ₄	3	20,4000
L ₃	3	20,4333
L ₂	3	20,4667
L ₁	3	20,5000
Sig.		,947

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica=3,000

b. Alfa = 0,05.

- **Grado de saponina**

Prueba de comparaciones múltiple DHS de Tukey, basado en las medias observadas,
El término de error es la media cuadrática (Error= 4,77E-005.)

(I)Lámina de Riego	(J)Lámina de Riego	Diferencia de medias (I-J)	Error típ.	Sig.	Intervalo de confianza 95%	
					Límite inferior	Límite superior
L1	L2	0,018444	0,006	0,052	0,000	0,037
	L3	,037778*	0,006	0,000	0,019	0,056
	L4	,067778*	0,006	0,000	0,049	0,086
	L5	,080000*	0,006	0,000	0,061	0,099
L2	L1	-0,018444	0,006	0,052	-0,037	0,000
	L3	,019333*	0,006	0,040	0,001	0,038
	L4	,049333*	0,006	0,000	0,031	0,068
	L5	,061556*	0,006	0,000	0,043	0,080
L3	L1	-,037778*	0,006	0,000	-0,056	-0,019
	L2	-,019333*	0,006	0,040	-0,038	-0,001
	L4	,030000*	0,006	0,002	0,011	0,049
	L5	,042222*	0,006	0,000	0,024	0,061
L4	L1	-,067778*	0,006	0,000	-0,086	-0,049
	L2	-,049333*	0,006	0,000	-0,068	-0,031
	L3	-,030000*	0,006	0,002	-0,049	-0,011
	L5	0,012222	0,006	0,266	-0,006	0,031
L5	L1	-,080000*	0,006	0,000	-0,099	-0,061
	L2	-,061556*	0,006	0,000	-0,080	-0,043
	L3	-,042222*	0,006	0,000	-0,061	-0,024
	L4	-0,012222	0,006	0,266	-0,031	0,006

DHS de Tukey^{a,b}, medida de los grupos de subconjuntos Homogéneos

Lámina de Riego	N	Subconjunto		
		1	2	3
L1	3	,088111		
L2	3	,100333		
L3	3		,130333	
L4	3			,149667
L5	3			,168111
Sig.		,266	1,000	,052

- Usa el tamaño muestral de la media armónica=3,000
- Alfa = 0,05.

• **Rendimiento de la producción**

Prueba de comparaciones múltiple DHS de Tukey, basado en las medias observadas,
El término de error es la media cuadrática (Error= ,002.)

(I)Lámina de Riego	(J)Lámina de Riego	Diferencia de medias (I-J)	Error típ.	Sig.	Intervalo de confianza 95%	
					Límite inferior	Límite superior
L ₁	L ₂	-,1133*	0,03313	0,041	-0,222	-0,004
	L ₃	-,5500*	0,03313	0,000	-0,659	-0,441
	L ₄	-1,0467*	0,03313	0,000	-1,156	-0,938
	L ₅	-1,2033*	0,03313	0,000	-1,312	-1,094
L ₂	L ₁	,1133*	0,03313	0,041	0,004	0,222
	L ₃	-,4367*	0,03313	0,000	-0,546	-0,328
	L ₄	-,9333*	0,03313	0,000	-1,042	-0,824
	L ₅	-1,0900*	0,03313	0,000	-1,199	-0,981
L ₃	L ₁	,5500*	0,03313	0,000	0,441	0,659
	L ₂	,4367*	0,03313	0,000	0,328	0,546
	L ₄	-,4967*	0,03313	0,000	-0,606	-0,388
	L ₅	-,6533*	0,03313	0,000	-0,762	-0,544
L ₄	L ₁	1,0467*	0,03313	0,000	0,938	1,156
	L ₂	,9333*	0,03313	0,000	0,824	1,042
	L ₃	,4967*	0,03313	0,000	0,388	0,606
	L ₅	-,1567*	0,03313	0,006	-0,266	-0,048
L ₅	L ₁	1,2033*	0,03313	0,000	1,094	1,312
	L ₂	1,0900*	0,03313	0,000	0,981	1,199
	L ₃	,6533*	0,03313	0,000	0,544	0,762
	L ₄	,1567*	0,03313	0,006	0,048	0,266

DHS de Tukey^{a,b}, medida de los grupos de subconjuntos Homogéneos

Lámina de Riego	N	Subconjunto				
		1	2	3	4	5
L ₁	3	3,3233				
L ₂	3		3,4367			
L ₃	3			3,8733		
L ₄	3				4,3700	
L ₅	3					4,5267
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica=3,000

b. Alfa = 0,05.