

**UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZÁN - HUÁNUCO**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**



---

**LÁMINAS DE RIEGO POR GOTEO EN COL (*Brassica oleracea* var. capitata) Y BRÓCOLI (*Brassica oleracea* var. itálica), BAJO LAS CONDICIONES EDAFOCLIMÁTICAS DE CAYHUAYNA, CIFO - 2019.**

---

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE**

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**TESISTA:**

**Bach. NIDIO MILIK JORGE AQUINO**

**ASESOR:**

**Ms. Sc. LUISA M. ÁLVAREZ BENAUTE**

**HUÁNUCO - PERÚ  
2019**

## **DEDICATORIA**

A DIOS, por el amor incondicional en todo tiempo, a mis Padres; de quienes estoy intensamente orgulloso por su amor y educación que me brindan siempre, a mis Hermanas; por su ayuda genuina y confianza en cada decisión, a mis sobrinas por regalarme cada momento de su felicidad y amigos (as) que me enseñaron el valor de la amistad.

Nidio Milik Jorge Aquino

## **AGRADECIMIENTO**

No hubiese sido posible el logro de mi meta sin la bendición de DIOS, y si este acto es causa de mucha felicidad dentro de mí y en la de mi familia, es solo gracias a JEHOVA.

A mis Padres, por ser una grande bendición que me dieron amor, educación, apoyo, oportunidad, me enseñaron valores para encaminarme por el bien, etc.; a mis Hermanas hermosas que siempre están prestas para brindarme su ayuda y a mis Sobrinas Lya, Keyttlin, Génesis y Kettsally por sus incansables gestos de amor.

A mis docentes de la Carrera Profesional de Ingeniería Agronómica de la Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional "Hermilio Valdizan"; quienes contribuyeron en mi formación personal y profesional, y en especial a la Ing. Luisa M. Álvarez Benaute como asesora quién mostro su ayuda incondicional desde que inicié hasta el final; al M. Sc. Henry Briceño Yen como jurado y docente con mucha experiencia que siempre estuvo presto de brindar orientación y a la M.Sc. Agustina Valverde Rodriguez por darme la oportunidad en todo momento; que gracias a cada uno de ellos pude dar un pasó y gran logro como persona.

A mis colegas; que compartieron junto a mí en las aulas de la Carrera Profesional de Ingeniería Agronómica.

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación “Láminas de riego por goteo en col (*Brassica oleracea* variedad capitata) y brócoli (*Brassica oleracea* variedad itálica), bajo las condiciones edafoclimáticas de cayhuayna – CIFO”; cuyo objetivo general fue ¿Cuál será el efecto de las láminas de riego en el cultivo de col (*Brassica oleracea* var. capitata.) y brócoli (*Brassica oleracea* var. itálica)? y como objetivos específicos fueron: 1) ¿Cuánto será el requerimiento hídrico del cultivo de col y brócoli?, 2) ¿Cuál será el efecto de las láminas de riego en el desarrollo vegetativo y rendimiento de las pellas en los cultivos de col (*Brassica oleracea* var. capitata.) y brócoli (*Brassica oleracea* var. itálica) y 3) ¿Cuál será la relación Beneficio/Costo en la producción de col y brócoli bajo un sistema de riego por goteo?. Para ello se empleó el Diseño de Bloques Completamente Alzar (DBCA) con 6 tratamientos y 2 repeticiones, analizándose con la técnica estadística ANDEVA y la prueba de Duncan al 5% y 1% de significación. Las variables evaluadas fueron: número de hojas, peso de pellas, diámetro ecuatorial de pellas, rendimiento por hectárea y rentabilidad. Los tratamientos fueron: T1 “Q1 (483.96 mm/ciclo -120%) + brócoli”; T2 “Q1 (483.96 mm/ciclo -120%) + col”; T3 “Q2 (403.3 mm/ciclo - 100%) + brócoli”; T4 “Q2 (403.3 mm/ciclo - 100%) + col”; T5 “Q3 (322.64 mm/ciclo - 80%) + brócoli” y T6 “Q3 (322.64 mm/ciclo - 80%) + col”. En la fase vegetativa la variable número de hojas, y fase reproductiva las variables peso de pellas, diámetro ecuatorial de pellas, rendimiento por hectárea mostraron significación, lo que quiere decir que los diferentes caudales si tuvo efecto en cuanto al desarrollo vegetativo y rendimiento; llegando a producir el cultivo de col y brócoli 49.66 y 11.14 tn por hectárea respectivamente; en cuanto a la rentabilidad el cultivo de brócoli y col resultaron rentables con 63.84% y 55.50% respectivamente de utilidad neta, para lo cual se recomienda emplear el caudal (Q1 - 483.96 mm/ciclo - 120%) para brócoli y el caudal (Q2 - 403.3 mm/ciclo - 100%) para col y realizar trabajos de investigación con los mismos caudales y con diferente cultivos hortícolas.

## ABSTRAC

The present research work "Drip irrigation sheets in cabbage (*Brassica oleracea* variety *capitata*) and broccoli (*Brassica oleracea* variety *italic*), under the edafoclimatic conditions of cayhuayna - CIFO"; whose general objective was What will be the effect of the irrigation sheets in the cultivation of cabbage (*Brassica oleracea* var. *capitata*.) and broccoli (*Brassica oleracea* var. *italic*)? and as specific objectives were: 1) How much will be the water requirement of the cabbage and broccoli crop ?, 2) What will be the effect of the irrigation sheets on the vegetative development and yield of the pellets in the cabbage crops (*Brassica oleracea* var. *capitata*.) and broccoli (*Brassica oleracea* var. *italica*) and 3) What will be the Benefit / Cost ratio in the production of cabbage and broccoli under a drip irrigation system ?. For this, the Completely Randomized Block Design (DBCA) whit 6 treatments and 2, analyzed with the ANDEVA statistical technique and the Duncan test at 5% and 1% significance. The variables evaluated were: number of sheets, weight of pellets, equatorial diameter of pellets, yield per hectare and profitability. The treatments were: T1 "Q1 (483.96 mm/ciclo -120%) + brócoli"; T2 "Q1 (483.96 mm/ciclo -120%) + col"; T3 "Q2 (403.3 mm/ciclo - 100%) + brócoli"; T4 "Q2 (403.3 mm/ciclo - 100%) + col"; T5 "Q3 (322.64 mm/ciclo - 80%) + brócoli" y T6 "Q3 (322.64 mm/ciclo - 80%) + col". In the vegetative phase the variable number of leaves and in the reproductive phase the variables weight of pellets, equatorial diameter of pellets, yield per hectare showed significance, which means that the different flows did have an effect in terms of vegetative development and yiel; reaching to produce the cultivation of cabbage and broccoli 49.66 y 11.14 tn per hectare respectively; in terms of profitability, the cultivation of broccoli and cabbage were profitable with 63.84% y 55.50% respectively of net profit, for which it is recommended to use the flow rate (Q1 - 483.96 mm/cycle - 120%) for broccoli and the flow rate (Q2 - 403.3 mm/cycle - 100%) for cabbage and carry out research work with the same flows and with different horticultural crops.

## INDICE

I.	INTRODUCCIÓN.....	10
1.1.	FORMULACION DEL PROBLEMA .....	11
1.2.	OBJETIVOS DEL ESTUDIO .....	11
2.1.	FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	12
2.1.1.	Importancia del agua.....	12
2.1.2.	Métodos de riego .....	12
2.1.3.	Requerimiento hídrico de los cultivos.....	13
2.1.4.	Cultivo de col .....	18
2.1.5.	Cultivo de brócoli .....	21
2.1.6.	Costo – Beneficio del cultivo .....	23
2.2.	ANTECEDENTES.....	24
2.3.	HIPOTESIS.....	26
2.4.	VARIABLES Y OPERACIONALIZACION DE VARIABLES .....	26
2.4.1.	Variable independiente .....	26
2.4.2.	Variable dependiente .....	26
2.4.3.	Variable interviniente.....	26
III.	MATERIALES Y METODOS .....	28
3.1.	TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN .....	28
3.1.1.	Tipo de investigación .....	28
3.1.2.	Nivel de investigación .....	28
3.2.	LUGAR DE EJECUCIÓN .....	28
3.2.1.	Ubicación geográfica.....	28
3.2.2.	Ubicación política.....	28
3.2.3.	Características agroecológicas del Centro de Investigación Frutícola Olerícola (CIFO) .....	29
3.3.	POBLACION, MUESTRA Y UNIDAD DE ANALISIS .....	32
3.3.1.	Población.....	32
3.3.2.	Muestra.....	32
3.3.3.	Unidad de análisis.....	32
3.4.	TRATAMIENTOS EN ESTUDIO .....	32
3.5.	PRUEBA DE HIPOTESIS .....	33
3.5.1.	Diseño de investigación .....	33

3.5.2. Datos registrados.....	37
3.5.3. Técnicas e instrumentos de recolección y procesamiento de información.....	38
3.6. MATERIALES, EQUIPOS E INSUMOS .....	39
3.6.1. Materiales .....	39
3.6.2. Equipos.....	39
3.6.3. Insumos .....	40
3.7. CONDUCCION DE LA INVESTIGACION .....	40
IV. RESULTADOS.....	43
4.1. LÁMINA DE RIEGO .....	43
4.2. DESARROLLO VEGETATIVO.....	47
4.3. RENDIMIENTO.....	49
4.4. RENTABILIDAD .....	57
V. DISCUSION .....	62
5.1. LÁMINA DE RIEGO .....	62
5.2. DESARROLLO VEGETATIVO.....	62
5.3. RENDIMIENTO.....	62
5.4. RENTABILIDAD.....	64
VI. CONCLUSIONES.....	65
VII. RECOMENDACIONES .....	66
VIII. LITERATURA CITADA.....	67
ANEXO .....	72

## INDICE DE CUADROS

Cuadro 1: Relación Costo/Beneficio.....	24
Cuadro 02: Operacionalización de variables. ....	27
Cuadro 03: Promedio de temperaturas (°C) Máximas mensuales 2019. ....	29
Cuadro 04: Promedio de temperaturas (°C) Mínimas mensuales 2019. ....	29
Cuadro 05: Promedio de precipitación acumulado mes (mm) 2019. ....	29
<b>Cuadro 06:</b> Promedio de precipitación efectiva mes (mm) 2019.....	29
Cuadro 07: Humedad relativa promedio mensual (%) 2019. ....	29
Cuadro 08: Horas de sol promedio mensual (hrs/mes) 2019.....	30
Cuadro 09: Viento mensual (km/mes) 2019. ....	30
Cuadro 10: Evapotranspiración promedio mensual (mm/día) 2019.....	30
Cuadro 11: Radiación promedio mensual (MJ/m2/día) 2019.....	30
Cuadro 12: Análisis de suelo.....	30
Cuadro 13: Análisis de agua. ....	31
Cuadro 14: Tratamientos en estudio. ....	32
Cuadro 15: Esquema de análisis de variancia para el Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA).....	33
Cuadro 16: Requerimiento hídrico y lámina de riego en la etapa inicial del cultivo de brócoli y col (mm/decena). ....	43
Cuadro 17: Requerimiento hídrico y lámina de riego en la etapa de desarrollo del cultivo de brócoli y col (mm/decena).....	44
Cuadro 18: Requerimiento hídrico y lámina de riego en la etapa intermedia del cultivo de brócoli y col (mm/decena). ....	45
Cuadro 19: Requerimiento hídrico y lámina de riego en la etapa final del cultivo de brócoli y col (mm/decena). ....	46
Cuadro 20: Análisis de Varianza para número de hojas por planta. ....	47
Cuadro 21: Prueba de significación de Duncan para número de hojas, para los tratamientos. ....	48
Cuadro 22: Análisis de Varianza para peso de pellas en gramos.....	49
Cuadro 23: Prueba de significación de Duncan para peso de pellas en gramos, para los tratamientos.....	50
Cuadro 24: Análisis de Varianza para el diámetro ecuatorial de pellas en centímetros. ....	51
Cuadro 25: Prueba de significación de Duncan para diámetro ecuatorial de pellas en centímetros, para los tratamientos. ....	52
Cuadro 26: Análisis de Varianza para rendimiento por área neta experimental en kilogramo. ....	53
Cuadro 27: Prueba de significación de Duncan para rendimiento por área neta experimental en kilogramos, para los tratamientos. ....	54
Cuadro 28: Análisis de Varianza para rendimiento por hectárea en toneladas.55	
Cuadro 29: Prueba de significación de Duncan para rendimiento por hectárea en toneladas, para tratamientos. ....	56
Cuadro 30: Análisis de costo – beneficio para el T1 y T2.....	57



Cuadro 31: Análisis de costo – beneficio para el T1 y T2.....	58
Cuadro 32: Análisis de costo – beneficio para el T3 y T4.....	59
Cuadro 33: Análisis de costo – beneficio para el T3 y T4.....	59
Cuadro 34: Análisis de costo – beneficio para el T5 y T6.....	60
Cuadro 35: Análisis de costo – beneficio para el T5 y T6.....	61

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Croquis del campo experimental. ....	35
Figura 2: Croquis de la parcela experimental. ....	36
Figura 3: Promedios de requerimiento hídrico y lámina de riego por cultivo en la etapa inicial (mm/decena). ....	44
Figura 4: Promedios de requerimiento hídrico y lámina de riego por cultivo en la etapa de desarrollo (mm/decena).....	45
Figura 5: Promedios de requerimiento hídrico y lámina de riego por cultivo en la etapa intermedia (mm/decena). ....	46
Figura 6: Promedios de requerimiento hídrico y lámina de riego por cultivo en la etapa final (mm/decena). ....	47
Figura 7: Promedios de número de hojas para los tratamientos en unidades. ....	49
Figura 8: Promedios de peso de pellas para los tratamientos en gramos.....	51
Figura 9: Promedios de diámetro ecuatorial de pellas para los tratamientos en centímetros. ....	53
Figura 10: Promedios de rendimiento por área neta experimental para los tratamientos en kg.....	55
Figura 11: Promedios de rendimiento por hectárea para los tratamientos en tn. ....	57
Figura 12: Análisis costo – beneficio para el T1 y T2. ....	58
Figura 13: Análisis costo – beneficio para el T3 y T4. ....	60
Figura 14: Análisis costo – beneficio para el T5 y T6. ....	61

## I. INTRODUCCIÓN

La disponibilidad de agua es el principal factor limitante de la producción agrícola a nivel mundial. Limitación que, ante las previsiones de Cambio Climático Global realizadas por organismos internacionales, serán mayores en los próximos años, dado que la temperatura ambiental y las precipitaciones son insumos directos en la agricultura, se ha proyectado que esta actividad será una de las actividades económicas más vulnerables al cambio climático (Banco Mundial 2013).

Sin embargo a pesar de que existen métodos de riego eficientes en países en desarrollo, se sigue empleando métodos inadecuados que conllevan al uso poco racional del recurso agua, particularmente en Perú, las técnicas de riego por gravedad e inundación siguen ocupando la mayor parte del área bajo riego trayendo consigo deficiencias en el desarrollo de los cultivos. El riego por gravedad e inundación a nivel de parcela tiene una baja eficiencia en su aplicación y además, no existe una programación y medición del riego para satisfacer las demandas de los cultivos en términos de oportunidad y eficiencia. Bajo estas prácticas tradicionales de riego los agricultores enfrentan grandes problemas para seguir produciendo, y como efecto una limitada producción de sus cultivos.

En el presente los agricultores del valle de Huánuco aprovechan sus suelos principalmente para el cultivo de hortalizas estando todas las áreas suministradas de agua, mediante riego por gravedad. El suministro de agua fuera de la dosis, provoca una serie de efectos indeseables en los suelos, en el rendimiento y calidad de las hortalizas llevando consigo la reducción de los precios en el mercado y disminución de la rentabilidad. Siendo entonces la producción de las hortalizas en el ámbito del valle de Huánuco y sus provincias un factor básico para el desarrollo de las familias campesinas por no describirlo para la población en el medio rural dedicados a esta actividad.

Teniendo en cuenta la problemática ha sido necesario instalar un sistema de riego por goteo, para evaluar los resultados y garantizar su empleo en nuestra región y establecer el caudal adecuado para los cultivos de brócoli y col.

## 1.1. FORMULACION DEL PROBLEMA

### a. Problema general

- ¿Cuál será el efecto de las láminas de riego en el cultivo de col (*Brassica oleracea* var. capitata.) y brócoli (*Brassica oleracea* var. itálica), bajo las condiciones edafoclimáticas de Cayhuayna - CIFO - 2019?

### b. Problemas específicos

- ¿Cuánto será el requerimiento hídrico del cultivo de col y brócoli?
- ¿Cuál será el efecto de las láminas de riego en el desarrollo vegetativo y rendimiento de las pellas en los cultivos de col (*Brassica oleracea* var. capitata.) y brócoli (*Brassica oleracea* var. itálica), bajo las condiciones edafoclimáticas de Cayhuayna - CIFO - 2019?
- ¿Cuál será la relación Beneficio/Costo en la producción de col y brócoli bajo un sistema de riego por goteo?

## 1.2. OBJETIVOS DEL ESTUDIO

### a. Objetivo general

- Determinar la influencia de las láminas de riego en el cultivo de col (*Brassica oleracea* var. capitata.) y brócoli (*Brassica oleracea* var. itálica), bajo las condiciones edafoclimáticas de Cayhuayna - CIFO - 2019.

### b. Objetivos específicos

- Calcular el requerimiento hídrico para los cultivos de col y brócoli.
- Evaluar el efecto de las láminas de riego en el desarrollo vegetativo y rendimiento de las pellas en los cultivos de col (*Brassica oleracea* var. capitata.) y brócoli (*Brassica oleracea* var. itálica), bajo las condiciones edafoclimáticas de Cayhuayna - CIFO - 2019.
- Realizar un análisis económico Beneficio/Costo de la producción de la col y brócoli bajo un sistema de riego por goteo.

## II. MARCO TEORICO

### 2.1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

#### 2.1.1. Importancia del agua

Para Fernández; Martínez, *et al.* (2010) señalan que el agua es el recurso más importante; ya que todo ser vivo dependen de ella; pero las aguas dulces existentes, que pueden usarse de forma económicamente viable y sin generar grandes impactos negativos en el ambiente, son menores al 1% del agua total del planeta. Por otro lado, el crecimiento demográfico, el aumento de los regímenes de demanda y la contaminación del líquido han mermado el volumen per cápita disponible. Esta disminución de consumo de agua obliga a la sociedad, para la protección de los patrones de vida, aplicar criterios de conservación y de uso sustentable del agua.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación), (2002), define que en el mundo, el empleo del agua y su gestión es un factor esencial para elevar la productividad de la agricultura y asegurar una producción previsible. El agua es esencial para aprovechar el potencial de la tierra y para permitir que las variedades mejoradas tanto de plantas como de animales utilicen plenamente los demás factores de producción que elevan los rendimientos. Al incrementar la productividad, la gestión sostenible del agua (especialmente si va unida a una gestión adecuada del suelo) contribuye a asegurar una producción mejor tanto para el consumo directo como para el comercio, favoreciendo así la producción de los excedentes económicos necesarios para elevar las economías rurales.

#### 2.1.2. Métodos de riego

La práctica de reposición de agua al suelo puede realizarse de diferentes maneras, según la técnica de riego empleado:

##### 2.1.2.1. Riego por gravedad

FAO (2000) describe que el riego superficial por gravedad se caracteriza por distribuir el agua sobre la superficie del suelo, debido a la acción de la fuerza gravitacional. Según como la superficie del suelo sea cubierta por

el agua, surgen diferentes métodos del riego por superficie tales como: surcos, melgas e inundación.

#### **2.1.2.2. Riego presurizado**

Según la FAO (2000) reporta que entre los métodos de riego presurizados se caracterizan por tener un sistema de distribución del agua a presión. Se trata de un sistema de riego mecanizado que asegura un control preciso de la cantidad de agua a aplicarse, adaptándose a cualquier condición de suelo, clima y topografía; entre los principales métodos de riego a presión se tienen:

- **Aspersión:** Se caracteriza por aplicar el agua al suelo en forma de lluvia.
- **Microaspersión:** Se aplica el agua asperjada en forma de microgotas.
- **Goteo:** Es un sistema de riego localizado, que humedece una parte del área ocupada por el cultivo, caracterizado por aplicar el agua en forma de gotas.

El riego por goteo, igualmente conocido bajo el nombre de "riego gota a gota", es un método de irrigación, que permite la utilización óptima de agua y fertilizantes. El agua aplicada por este método de riego se infiltra hacia las raíces de las plantas irrigando directamente la zona de influencia de las raíces a través de un sistema de tuberías y emisores (Claude citado por Ticona 2013).

#### **2.1.3. Requerimiento hídrico de los cultivos**

Para Martínez (2004) es el volumen de agua que un determinado cultivo consume para su desarrollo óptimo. PSI citado por Huertas 2016 dice que para conocer la cantidad de agua que se debe aplicar en el riego, hay que conocer las necesidades de agua de los cultivos.

##### **2.1.3.1. Métodos para determinar el requerimiento hídrico**

Villaman *et al.* Citados por Jiménez (2016) refieren, que existen una gran cantidad de métodos para estimar requerimiento hídrico de los cultivos, clasificándolos en métodos directos e indirectos. Los directos proporcionan información directa del total de agua requerida por los cultivos mediante la utilización de instrumentos que proporcionan valores muy cercanos a la realidad y que a la vez sirven para ajustar métodos empíricos; entre ellos se encuentran

el método gravimétrico y lisimétrico. Los métodos indirectos proporcionan una estimación del requerimiento de agua mediante el uso de fórmulas empíricas para determinar la ET potencial.

### **2.1.3.2. Evapotranspiración**

La evapotranspiración incluye dos procesos distintos por el cual se pierde agua; uno de carácter físico y el otro de carácter fisiológico, que son la evaporación de agua del suelo y la transpiración de las plantas. La transpiración o pérdida de agua en estado de vapor por la planta, es un fenómeno común en todas las plantas (Barcelo et al. citados por Porras 2015).

Según Fuentes (2003), la evapotranspiración es la cantidad de agua transpirada por el cultivo y evaporada desde la superficie del suelo en donde se asienta el cultivo. Cabe distinguir dos formas de evapotranspiración.

#### **a. Evapotranspiración potencial (ET<sub>o</sub>)**

Cantidad de agua consumida, durante un determinado periodo de tiempo, en un suelo cubierto con una vegetación homogénea, densa en plena actividad vegetativa y con un buen suministro de agua. 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<sub>o</sub>. La superficie de referencia corresponde a un cultivo hipotético de pasto con una altura asumida de 0,12 m con características específicas (FAO 2006).

Los únicos factores que afectan ET<sub>o</sub> son los parámetros climáticos, por lo tanto, ET<sub>o</sub> es también un parámetro climático que puede ser calculado a partir de datos meteorológicos. ET<sub>o</sub> expresa el poder evaporante de la atmósfera en una localidad y época del año específicas, y no se considera ni las características del cultivo, ni los factores del suelo.

Hay muchos métodos para el cálculo de la evapotranspiración de referencia, en función de datos climáticos. El método a emplear se determina por el tipo de datos disponibles y según el nivel de exactitud requerido. Puede usarse el método del tanque evaporímetro, fórmulas empíricas como Penman - Monteith, Hargreaves, Blaney - Criddle, Thornthwaite.

### **b. Coeficiente de cultivo (Kc)**

Según Martínez (2004), representa el efecto del cultivo sobre el proceso de transpiración. Por tanto, el coeficiente depende de las características del cultivo: especie, variedad, grado de desarrollo, arquitectura foliar.

Expresa la capacidad de la planta para tomar el agua del suelo, en las distintas etapas de su desarrollo; este factor es adimensional; su cálculo se realiza dividiendo la evapotranspiración del cultivo entre la evapotranspiración potencial o referencial (Bravo y Ramírez, 2018).

Vázquez (1997) menciona que, el valor de kc representa la evapotranspiración de un cultivo en condiciones óptimas y que produzca rendimientos óptimos. Para la FAO (2006), la información necesaria de los cultivos es la siguiente: la fecha de siembra, la duración de la estación vegetativa total incluyendo: la duración de la fase inicial (desde la germinación hasta el 10% de la cobertura del terreno); la duración de la fase mediados del periodo (desde 80% de cobertura del terreno hasta el comienzo de la maduración) y la maduración de la fase medianos del periodo (desde el comienzo de la maduración hasta la recolección).

La fórmula de Lámina de Riego (FAO, 1990).

$$RR = \frac{ETc}{\text{Eficiencia de Riego}} \times 100$$

Kc (2.7) distribuidos en la etapa inicial 0.7, en la etapa media 1.05 y en la etapa final 0.95; para los cultivos de col y brócoli que se usan en la fórmula de la FAO Penman-Monteith ETo (FAO, 1990).

El Kc tendrá una variación estacionaria en función de cada fase del desarrollo del cultivo y que son las siguientes:

- Fase I: Llamado también fase inicial, corresponde a la germinación y crecimiento inicial cuando existe aproximadamente un 10% de cobertura vegetal.
- Fase II: Se la denomina a la fase de desarrollo del cultivo, es el final de la fase inicial cuando existe un 70 a 80% cobertura vegetal.

- Fase III: Se le denomina a la fase de mediados del periodo (periodo de maduración), en esta fase la cobertura es completa y se caracteriza por que existe decoloración y caída de hojas en la planta, viene a ser el inicio de la maduración.
- Fase IV: Es la fase final del periodo corresponde a la cosecha del cultivo y este se encuentra en plena maduración. Viene a ser la fase de los caudivos.

### c. **Evapotranspiración de cultivo (ETc)**

Hurtado citado por Jimenez (2016), indica que la evapotranspiración o necesidad (consumo) de agua por los cultivos se refiere al agua usada por las plantas en la transpiración más la evaporada directamente desde la superficie del suelo. Normalmente se mide en mm/día o mm/mes, y depende de la interacción entre factores climáticos, botánicos, edáficos y de manejo del cultivo.

La evapotranspiración de 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 (FAO 2006)

$$ETc = Kc * ETo$$

Dónde:

ETc = Evapotranspiración real (mm/mes)

Kc = Coeficiente de cultivo.

ETo = Evapotranspiración potencial (mm/mes).

#### **2.1.3.3. Factores que influyen en la evapotranspiración**

El clima, las características del cultivo, el manejo y el medio de desarrollo son factores que afectan la evaporación y la transpiración.



**a. Condiciones de suelo**

Destaca la capacidad de retención del agua. En los suelos que retienen gran cantidad de agua, la evapotranspiración es más intensa que los que retienen menos cantidad de agua (PSI citado por Huertas 2016).

INTAGRI (Instituto para la Innovación Tecnológica en la Agricultura), (2017) reporta como uno de los elementos de mayor efecto es la disponibilidad de agua en el suelo. Misma que está relacionada con las características del suelo (textura, estructura, densidad aparente, etc.),

**b. Condiciones meteorológicas**

Los principales parámetros climáticos que afectan la evapotranspiración son la radiación, la temperatura ambiental, la humedad atmosférica y la velocidad del viento. Se han desarrollado varios procedimientos para determinar la evaporación cuando se cuenta con registros climáticos mediante modelos matemáticos desarrollados, puede ser expresada por la evapotranspiración del cultivo de referencia (ET<sub>o</sub>), que representa la pérdida de agua de una superficie cultivada estándar (Allen; Pereira; Raes & Smith mencionados por Yumbo 2019).

**c. Factor de cultivo**

Las características fenotípicas de cada especie, variedad y etapa de desarrollo conllevan a diferentes niveles de ET, donde, conforme el cultivo crece y se desarrolla, va cubriendo el suelo, aumentando así la tasa de ET, como consecuencia del incremento del índice de área foliar y de la altura de la planta (Intagri, 2017).

**2.1.3.4. Calculo de las necesidades de agua**

En riego por goteo, por ser un sistema localizado y de alta frecuencia, las necesidades de los cultivos se deben cubrir a diario o con intervalos muy cortos, por lo que para la determinación de las necesidades hídricas, se ha empleado un software de riego "Cropwat 8.0".

**a. Software "CROPWAT 8.0"**

Smit, (1993) define como un programa de computación que puede ser usado para el cálculo de los requerimientos de agua de los cultivos y de sus

requerimientos de riego en base a datos climáticos y de cultivo ya sean existentes o nuevos.

CROPWAT (crop = cultivo; wat = agua) es un programa que utiliza el método de la FAO Penman-Monteith para determinar la evapotranspiración de los cultivos (ETc). Los valores de ET son utilizados posteriormente para estimar los requerimientos de agua de los cultivos y el calendario de riego (Trezza, 2015).

#### **2.1.4. Cultivo de col**

Pagalo-Tacuri (2007) manifiesta que la col es originaria de las zonas litorales atlánticas y mediterráneas de Europa. Es una planta conocida desde hace mucho tiempo. La col se origina de la planta salvaje *Brassica oleracea* L., procedente de la región mediterránea y, desde tiempos remotos se ha cultivado en Italia, Malta y Egipto. Se consume de formas muy diversas: natural, cocidas, en conserva, fermentadas, deshidratadas y congeladas.

##### **2.1.4.1. Descripción taxonómica**

Según Jaramillo y Díaz (2006) se clasifica de la siguiente manera:

#### **Taxonomía Nomenclatura**

Reino : Plantae

División : Magnoliophyta

Clase : Magnoliopsida

Orden : Brassicales

Familia : Brassicaceae

Género : Brassica

Especie : oleracea

Variedad : Capitata

Nombre científico: *Brassica oleracea*

#### **2.1.4.2. Descripción botánica**

Menjura citado por Pazmiño (2014), dice que las plantas de col poseen una raíz pivotante de la que parte una cabellera ramificada y superficial de raíces. Las hojas son enteras con algunas hendiduras, en algunas variedades redondas, oblongas ligeramente festoneadas y poco enhiestas hacia arriba. Los tallos son de tamaño mediano y se rematan en una masa voluminosa.

Son consideradas como coliflores las coles de pella compacta que no forman brotes laterales, tienen algunas características morfológicas distintas, como las hojas, más anchas y no tan erguidas, con limbos que cubren generalmente en su totalidad el pecíolo, a no ser en las hojas muy viejas algunas variedades; tienen también los bordes de los limbos menos ondulados, nervaduras menos marcadas y no tan blancas, así como pellas de mayor tamaño, de superficie menos granulada y sabor más suave (Infoagro citado por Pazmiño 2014).

Borrego (2000) describe a la col como una planta bianual, con una raíz pivotante llena de raicillas laterales, su tallo erguido poco ramificado sus hojas de color verde glauco o rojizas, de bordes ligeramente aserrados, forma más o menos oval. Las flores son amarillas y agrupadas en racimos, el fruto es una silicua y las semillas son redondeadas, tiene una capacidad germinativa media de unos cuatro años.

#### **2.1.4.3. Fenología**

Fuentes y Pérez citados por González (2010), señalan que la fase vegetativa es la más importante para los productores hortícolas, y describen las etapas fenológicas de la siguiente manera:

- Primera etapa: se realiza entre los ocho y diez días, iniciándose con la germinación y termina cuando la plántula tiene entre cuatro y cinco hojas verdaderas, y este corresponde al momento oportuno de trasplante. Durante esta primera etapa las plantas desarrollan su sistema radical y sus primeras hojas verdaderas.

- Segunda etapa: esta se inicia del momento del trasplante, hasta que tiene de seis a ocho hojas. Luego de recuperarse del estrés del trasplante, las plantas entran en un proceso de rápida ganancia de biomasa. El área foliar se incrementa rápidamente al igual que el sistema radical y el tallo de la planta.
- Tercera etapa: esta es llamada de preformación de cabeza, la planta continúa produciendo hojas de pecíolo alargados y láminas extendidas, finalizando cuando la planta tiene aproximadamente doce hojas. Las hojas ya originadas, no formarán parte de la cabeza y sólo algunas de las producidas durante la última etapa se doblarán ligeramente para formar una capa protectora de la cabeza.
- Cuarta etapa: En esta etapa se producen hojas sin pecíolo, que se superponen formando una cabeza (pella), estas crecen rápidamente, lo que permite el desarrollo de hojas más suculentas hasta que la cabeza o pella alcanza el tamaño característico de cada cultivar. Al final de esta etapa, las hojas han formado una bola compacta que al tacto se siente firme y dura.
- Quinta etapa: la fase reproductiva requiere los estímulos de bajas temperaturas, las que activan los procesos fisiológicos que culminan con la producción de uno o más tallos florales, de los cuales se origina la inflorescencia.

#### **2.1.4.4. Requerimiento del cultivo**

Borrego (2000) y Jaramillo y Díaz (2006) coinciden en que el cultivo de col se desarrollan en climas templados, frescos y en climas húmedos siendo este el ideal para su producción, entre una altura de 1600 y 2700 msnm , con unas temperaturas de:

- Temperaturas diurnas de 13 – 18 °C.
- Temperaturas nocturnas de 10 – 12 °C.
- Temperatura promedio de 10 °C a 22 °C.

Muy pocas variedades pueden resistir a temperaturas inferiores a 10 °C, para la germinación de la col la temperatura óptima según Borrego (2000), es de 29 °C.

Jaramillo y Díaz (2006) Manifiesta que la col se adapta bien en suelos ricos de textura media y arcillosa que retengan la humedad sin presentar problemas de encharcamientos, con un contenido de materia orgánica entre medio y alto y con un pH entre 5,5 y 6,5, pues en este rango hay una adecuada, disponibilidad de nutrientes, especialmente en fósforo, elemento fundamental para obtener altas producciones.

### **2.1.5. Cultivo de brócoli**

Según Ogden citado por Vallejo (2013), el centro de origen más probable, es el área noreste del mediterráneo y luego fue introducido a Italia antes del Imperio Romano y posteriormente a otros países de Europa Occidental. La introducción a Inglaterra habría ocurrido después del 1700 y de allí habría sido llevado al este de los Estados Unidos, país en que las primeras descripciones datan de inicio del siglo XIX (1806).

#### **2.1.5.1. Descripción taxonómica**

Según Jaramillo y Díaz (2006) se clasifica de la siguiente manera:

#### **Taxonomía Nomenclatura**

Reino	: Plantae
División	: Magnoliophyta
Clase	: Magnoliopsida
Orden	: Brassicales
Familia	: Brassicaceae
Género	: Brassica
Especie	: oleracea
Variedad	: Itálica

Nombre científico: *Brassica oleracea*

### **2.1.5.2. Descripción botánica**

Limongelli citado por Vallejo (2013), manifiesta que el brócoli es una planta anual o perenne, generalmente de mayor tamaño que la coliflor. El brócoli es muy similar a la coliflor desde el punto de vista botánico, con la diferencia que en su caso, la parte comestible resulta ser la inflorescencia no madura de color verde, mientras que el caso de la coliflor, la parte comestible es la inflorescencia de color blanco, en su estado primordio.

Es una especie bianual de hojas más estrechas y erguidas con pecíolos generalmente desnudos, inflorescencias con superficie más granulada constituyéndose en conglomerados parciales más o menos cónicos que suelen terminar con este tipo de formación, el ápice compuesto de botones florados.

Las flores son más pequeñas en forma de cruz, de color amarillo y el fruto es una silicua de valvas ligeramente convexas con un solo nervio longitudinal, produce abundante semilla, redondas de color rosáceo, algo más pequeño que las otras coles. Esta hortaliza presenta una raíz axomorfa, que puede ramificarse y llegar a formar una red muy tupida y extensa, el tallo ramificado desde el cuello y subterráneo puede perdurar cuando muere la parte aérea de las plantas. Las hojas por su forma se clasifican en simples, sin estipulas, la inflorescencia es del tipo "racimo compacto de flores hermafroditas actinomorfas", se clasifica a la flor de la siguiente manera: Sépalos 4, pétalos 4 alternas, estambres 6, el fruto es del tipo cápsula especializada de dehiscencia longitudinal denominada silicua (Maroto citado por Condori 2010).

### **2.1.5.3. Fenología**

INFOAGRO (Sistema de Información del Sector Agropecuario) (2002), reporta la siguiente descripción en el desarrollo del brócoli:

- Crecimiento: La planta desarrolla solamente hojas.
- Inducción floral: Después de haber pasado un número determinado de días con temperaturas bajas la planta inicia la formación de la flor; al mismo

tiempo que está ocurriendo esto, la planta sigue brotando hojas de tamaño más pequeño que en la fase de crecimiento.

- **Formación de pellas:** La planta en la yema terminal desarrolla una pella y al mismo tiempo, en las yemas axilares de las hojas está ocurriendo la fase de inducción floral con la formación de nuevas pellas, que serán bastante más pequeñas que la pella principal.
- **Floración:** Los tallos que sustentan las partes de la pella inician un crecimiento en longitud con apertura de las flores.
- **Fructificación:** Se forman frutos (silicuas) y semillas.

#### **2.1.5.4. Requerimiento del cultivo**

Quintero citado por Vallejo (2013), afirma en lo que se refiere al clima que las crucíferas son especies que requiere, por lo general, climas frescos y húmedos, aunque son capaces de soportar temperaturas relativamente bajas, sobre todo las variedades tardías. No soportan bien el calor, siendo, por tanto, los cultivos de otoño e invierno los más fáciles y rentables. Asimismo Knott citado por Vallejo (2013), dice que el brócoli se desarrolla adecuadamente en lugares de climas templados y fríos, cuya humedad relativa óptima sea del 80% y mínima del 70%; altitudes de los 2200 hasta 3000 msnm; en cuanto a las características del suelo dice que el repollo se desarrolla bien con un pH de 6.0 y 6.8; aunque las hortalizas crecen en diferentes tipos de suelo. Su mejor desarrollo y producción se obtiene, cuando se cultivan en suelo franco y profundo, se requiere que los suelos tengan un alto porcentaje de materia orgánica; puesto que cuando carecen de dicho elemento, hay problemas en el desarrollo radicular de las plantas.

#### **2.1.6. Costo – Beneficio del cultivo**

El análisis económico es uno de los aspectos más importantes a considerar cuando se empieza un proyecto productivo, puesto que per mite determinar los niveles de inversión en que se debe incurrir, así como sus costos de mantenimiento. La producción agrícola, como cualquier otro proyecto, no

escapa a la necesidad de realizar previamente un estudio económico para analizar su viabilidad financiera.

Es la relación entre la inversión y el retorno económico. Este indicador expresa cuántas unidades monetarias se reciben por cada unidad monetaria invertida (Escobar, 2003).

**Cuadro 1:** Relación Costo/Beneficio.

<b>ANALISIS COSTO - BENEFICIO</b>	
Costo Producción CP	CD + CI Costos Directos + Costos Indirectos
Costo Venta x Kg (CVKg)	Precio según la clasificación de mercado
Ingresos Total (IT)	Rendimiento to x C.V
Costo Venta Promedio	Total Ingreso / Rendimiento
Costo prod. x Kg (CPKg)	Costo Producción / Rendimiento
Utilidad x Kg (UKg)	CVKg - CPKg Costo Venta Kg - Costo Producción Kg
Utilidad Neta (UN)	IT - CP Ingreso Total - Costo Producción
Indice Rentabilidad	UKg / CPKg Utilidad por Kg / Costo Producción Kg
Relación Beneficio/Costo	UN / CP Utilidad Neta / Costo de Producción

Fuente: Briceño, (2012).

Si el IR es igual a 1 no existe RENTABILIDAD

Si el IR es mayor a 1 existe RENTABILIDAD

Si el IR es menor a 1 existe PERDIDA

## 2.2. ANTECEDENTES

Benavides y Barraza (2017), en su trabajo de investigación evaluaron el “efecto de los sistemas de riego por goteo y exudación sobre el rendimiento de lechuga, col y brócoli”; cuyos resultados indican que, con el sistema de riego por goteo se obtuvo el mayor rendimiento en las 3 especies, los rendimientos obtenidos puede estar relacionada con la aplicación constante de agua que se logra con el sistema de riego por goteo, y en la medida que la aplicación de agua fue localizada cerca de la zona radicular, presentó más eficiencia en la actividad fisiológica de la planta, lo que influye en el crecimiento y desarrollo.



Para lechuga se obtuvieron 20t/ha y presento una disminución de 13% y 18% para el tratamiento testigo y riego por exudación, respectivamente. En col el rendimiento fue de 53t/ha y presentó disminución del 35% en los tratamientos testigo y riego por exudación. En brócoli se obtuvieron 13t/ha, donde el tratamiento testigo se redujo en un 59%, mientras que en el sistema de riego por exudación fue de 40%.

Rivadeneira *et al.* (1993), en su investigación compararon seis láminas de riego por goteo en el cultivo de col y lechuga, cuyos tratamientos coeficientes fueron los siguientes:  $K_1 = 1,1$ ;  $K_2 = 0,8$ ;  $K_3 = 1,0$ ;  $K_4 = 0,9$ ;  $K_5 = 0,6$ ;  $K_6 = 0,7$  y un testigo que tenía como fuente de agua la precipitación pluvial. Los mejores tratamientos para la lechuga presentaron un coeficiente de evaporación  $K_1 = 1,0$  y una producción de 24,85 t/ha; y para el col un coeficiente de evaporación  $K = 1,1$  y una producción de 63,53 t/ha. Mientras la producción en el testigo para la lechuga fue 15t/ha y para el col 19,49 t/ha. Cuando realizaron el análisis de varianza, encontraron diferencias altamente significativas entre los tratamientos, lo cual confirma que la producción en cada tratamiento muestra la respuesta del efecto de la lámina de riego.

Gomez, (2015) en su investigación evaluó densidades de siembra en el cultivo de col, donde la aportación de agua al cultivo fue por riego por gravedad y como resultado obtuvo: para el peso de pellas por área neta experimental un promedio de 30.72 kg, el cual expresado en hectáreas es de 20 tn.

Illatopa, (2012) en su trabajo de tesis investigó el efecto de abonos orgánicos en el rendimiento de brócoli, en donde dotó de agua a su cultivo a través de riego por gravedad y obtuvo como resultado un rendimiento de 4 tn/ha.

## **2.3. HIPOTESIS**

### **a. Hipótesis general**

- Al emplear láminas de riego para los cultivos de col (*Brassica oleracea* var. capitata.) y brócoli (*Brassica oleracea* var. italica), se incrementará el rendimiento.

### **b. Hipótesis específicos**

- La mayor lámina de riego permitirá un mejor desarrollo vegetativo y por ende mayor rendimiento de las pellas en los cultivos de col (*Brassica oleracea* var. capitata.) y brócoli (*Brassica oleracea* var. italica), bajo las condiciones edafoclimáticas de Cayhuayna - CIFO - 2019.
- El requerimiento hídrico será la misma proporción para el cultivo de col y brócoli.
- Al emplear un sistema de riego por goteo en la producción de col y brócoli la relación Beneficio/Costo será positivo.

## **2.4. VARIABLES Y OPERACIONALIZACION DE VARIABLES**

### **2.4.1. Variable independiente**

- Caudales de riego.

### **2.4.2. Variable dependiente**

- Desarrollo vegetativo
- Rendimiento

### **2.4.3. Variable interviniente**

- Condiciones edafoclimáticas de Cayhuayna.

**Cuadro 02:** Operacionalización de variables.

<b>VARIABLES</b>		<b>INDICADORES</b>
Independiente	Caudales de riego	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Q1 (483.96 mm/ciclo -120%)</li> <li>- Q2 (403.3 mm/ciclo - 100%)</li> <li>- Q3 (322.64 mm/ciclo - 80%)</li> </ul>
Dependiente	Desarrollo vegetativo	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Altura de planta</li> <li>- Número de hojas</li> </ul>
	Rendimiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Peso de la pella</li> <li>- Diámetro ecuatorial de la pella</li> <li>- Rendimiento por área neta experimental</li> <li>- Rendimiento por hectárea</li> <li>- Rentabilidad del cultivo</li> </ul>
Interviniente	Condiciones edafoclimáticas de Cayhuayna	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Suelo</li> <li>- Clima</li> </ul>

Fuente: Datos de la investigación.

### III. MATERIALES Y METODOS

#### 3.1. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN

##### 3.1.1. Tipo de investigación

El tipo de investigación es aplicada; porque genera conocimientos previos para solucionar el problema de la falta de información sobre el caudal óptimo en los cultivos de col (*Brassica oleracea* var. capitata.) y brócoli (*Brassica oleracea* var. italica), bajo las condiciones edafoclimáticas de Cayhuayna - CIFO - 2019.

##### 3.1.2. Nivel de investigación

El nivel de investigación es nivel experimental; porque se manipula la variable independiente (caudal de riego), y se mide las variables dependientes (rendimiento en los cultivos de col (*Brassica oleracea* var. capitata.) y brócoli (*Brassica oleracea* var. italica)), y se compara entre ellas.

#### 3.2. LUGAR DE EJECUCIÓN

El proyecto se ejecutó en la parcela del Centro de Investigación Frutícola Olerícola de la Universidad Nacional Hermilio Valdizán -Cayhuayna.

##### 3.2.1. Ubicación geográfica

Latitud sur : 9° 57" 03"  
Longitud oeste : 76° 14" 79"  
Altitud : 1947 msnm

##### 3.2.2. Ubicación política

Región : Huánuco  
Provincia : Huánuco  
Distrito : Pillko Marca  
Lugar : Centro de Investigación Frutícola Olerícola, Cayhuayna

### 3.2.3. Características agroecológicas del Centro de Investigación Frutícola Olerícola (CIFO)

Según el mapa ecológico del Perú, Cayhuayna se encuentra en la zona de vida monte espinoso - Pre Montano Tropical (mte – PT), cuyas características son las siguientes: temperatura anual media máxima de 24,5 °C y la mínima de 16,6 °C, el promedio de la precipitación total anual de 532,6 mm y el promedio mínimo 226,0 mm y promedio de Humedad Relativa de 60 a 70 %.

#### 3.2.3.1. Condiciones climáticas

**Cuadro 03:** Promedio de temperaturas (°C) Máximas mensuales 2019.

FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO
26.1	26.1	26.9	27.2	26.8

Fuente: SENAMI – 2019

**Cuadro 04:** Promedio de temperaturas (°C) Mínimas mensuales 2019.

FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO
15.7	15.5	15.1	14.5	13.0

Fuente: SENAMI – 2019

**Cuadro 05:** Promedio de precipitación acumulado mes (mm) 2019.

FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO
62.6	83.0	39.5	12.6	4.7

Fuente: SENAMI – 2019

**Cuadro 06:** Promedio de precipitación efectiva mes (mm) 2019.

FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO
27.6	42.4	13.7	0.0	0.0

Fuente: SENAMI – 2019

**Cuadro 07:** Humedad relativa promedio mensual (%) 2019.

FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO
69	70	67	64	62

Fuente: SENAMI – 2019

**Cuadro 08:** Horas de sol promedio mensual (hrs/mes) 2019.

FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO
6.7	7.1	8.1	9.0	9.9

Fuente: SENAMI – 2019

**Cuadro 09:** Viento mensual (km/mes) 2019.

FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO
302	268	285	337	354

Fuente: SENAMI – 2019

**Cuadro 10:** Evapotranspiración promedio mensual (mm/día) 2019.

FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO
4.12	4.38	5.03	5.58	5.78

Fuente: SENAMI – 2019

**Cuadro 11:** Radiación promedio mensual (MJ/m<sup>2</sup>/día) 2019.

FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO
17.5	19.3	21.9	23.4	24.6

Fuente: SENAMI – 2019

### 3.2.3.2. Condiciones edáficas

**Cuadro 12:** Análisis de suelo.

ANÁLISIS	Métodos analíticos	
<b>Mecánico</b>	<b>Resultados</b>	<b>Método</b>
Arena (Ar)	63 %	Hidrómetro
Arcilla (Ao)	18 %	
Limo (Lo)	19 %	
Clase textural	Franco Arenoso (FrAo)	
<b>Químico</b>	<b>Resultados</b>	<b>Método</b>
Ph	7.92      1:1	Potenciómetro
Materia orgánica	2.37 %	Walkey y Black
Nitrógeno total	0.11 %	Micro Kjeldahl
<b>Elementos disponibles</b>	<b>Resultados</b>	<b>Método</b>
P	8.23 ppm	Olsen modificado
K	88.96 ppm	Acetato de amonio
<b>CICe</b>	15.30	Acetato de amonio
Calcio (Ca)	12.86	Absorción atómica

Magnesio (Mg)	2.08
Potasio (K)	0.13
Sodio (Na)	0.23

Fuente: Universidad Nacional Agraria de la Selva – Laboratorio de Suelos (2019).

- **Interpretación de resultados del análisis de suelos**

El suelo pertenece a la clase textural Franco Arenoso (FrAo), presenta pH neutro, nivel medio de materia orgánica y nitrógeno total. Los elementos disponibles como el fósforo ( $P_2O_5$ ) se encuentra en el nivel bajo, potasio ( $K_2O$ ) está en el nivel bajo y la capacidad de intercambio catiónico efectivo se encuentra en el nivel medio.

### 3.2.3.3. Condiciones hídricas

**Cuadro 13:** Análisis de agua.

N° Laboratorio		156
No. Campo		Muestra AR-02
AGUA DE RIEGO DEL CIFO		
pH		6.61
C.E.	dS/m	0.17
Calcio	meq/L	1.02
Magnesio	meq/L	0.35
Potasio	meq/L	0.10
Sodio	meq/L	0.35
SUMA DE CATIONES		1.82
Nitratos	meq/L	0.01
Carbonatos	meq/L	0.00
Bicarbonatos	meq/L	1.14
Sulfatos	meq/L	0.40
Cloruros	meq/L	0.30
SUMA DE ANIONES		1.85
Sodio	%	19.22
RAS		0.42
Boro	ppm	0.08
Clasificación		C3-S1

Fuente: Universidad Nacional Agraria de la Selva – Laboratorio de Suelos (2019).

### 3.3. POBLACION, MUESTRA Y UNIDAD DE ANALISIS

#### 3.3.1. Población

La población estuvo conformada por 1716 plantas, entre ellas los cultivos de col y brócoli trasplantadas en la parcela de investigación (Universo de muestra).

#### 3.3.2. Muestra

La muestra estuvo conformada por 35 plantas por cada área neta experimental.

#### 3.3.3. Unidad de análisis

El muestreo empleado fue probabilístico en su forma de Muestreo Aleatorio Simple (MAS) porque al momento del muestreo todas las plantas tuvieron la misma probabilidad de ser tomadas para ser evaluadas.

### 3.4. TRATAMIENTOS EN ESTUDIO

En esta investigación se determinó la influencia de caudales de riego en el rendimiento en los cultivos de col (*Brassica oleracea* var. capitata.) y brócoli (*Brassica oleracea* var. italica) durante el desarrollo vegetativo y reproductivo del cultivo, estuvo constituido por seis tratamientos y dos repeticiones (bloques) que a continuación se detallará en el cuadro.

**Cuadro 14:** Tratamientos en estudio.

CLAVE	TRATAMIENTO	PARAMETRO DE EVALUACION
T1	Q1 (483.96 mm/ciclo -120%) + brócoli	Desarrollo vegetativo y rendimiento
T2	Q1 (483.96 mm/ciclo -120%) + col	Desarrollo vegetativo y rendimiento
T3	Q2 (403.3 mm/ciclo - 100%) + brócoli	Desarrollo vegetativo y rendimiento
T4	Q2 (403.3 mm/ciclo - 100%) + col	Desarrollo vegetativo y rendimiento
T5	Q3 (322.64 mm/ciclo - 80%) + brócoli	Desarrollo vegetativo y rendimiento
T6	Q3 (322.64 mm/ciclo - 80%) + col	Desarrollo vegetativo y rendimiento

Fuente: Datos de la investigación.



### 3.5. PRUEBA DE HIPOTESIS

#### 3.5.1. Diseño de investigación

El diseño fue experimental, en su forma de Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA), con 6 tratamientos y 2 repeticiones, haciendo un total de 12 áreas experimentales.

El análisis se ajustó al modelo aditivo lineal, cuya ecuación es:

$$Y_{ij} = u + T_i + B_j + E_{ij}$$

**Donde:**

$i = 1,2,3,4,5,6 \dots t$  ( N° de tratamientos)

$J = 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10 \dots r$  (N° de repeticiones, bloques)

$Y_{ij}$  = Observación de la unidad experimental

$U$  = Media general

$T_i$  = Efecto de  $i$  – ésimo tratamiento

$B_j$  = Efecto del  $j$  – ésimo repetición

$E_{ij}$  = Error aleatorio

##### 3.5.1.1. Técnicas estadísticas

ANDEVA al nivel de significancia al 5% y 1% entre repeticiones y tratamientos.

DUNCAN al nivel de significancia al 5% y 1% entre tratamientos.

**Cuadro 15:** Esquema de análisis de variancia para el Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA).

Fuente de variabilidad (FV)	Grados de libertad (GL)	Cuadrado medio (CM)
Repeticiones	$(r - 1)$	$a^2 e + t a^2 r$
Tratamientos	$(t - 1)$	$a^2 e + r a^2 t$

Error experimental	$(r - 1) (t - 1)$	$a^2 e$
TOTAL	$(rt - 1)$	

Fuente: Salinas Jacobo, S, Gonzales Pariona, F, *et al* (2013).

### Características del campo experimental

#### a. Características del campo experimental

Longitud del campo experimental	:	64.80 m
Ancho del campo experimental	:	9.60 m
Área total del campo experimental	:	622.08 m <sup>2</sup>

#### b. Características de los bloques

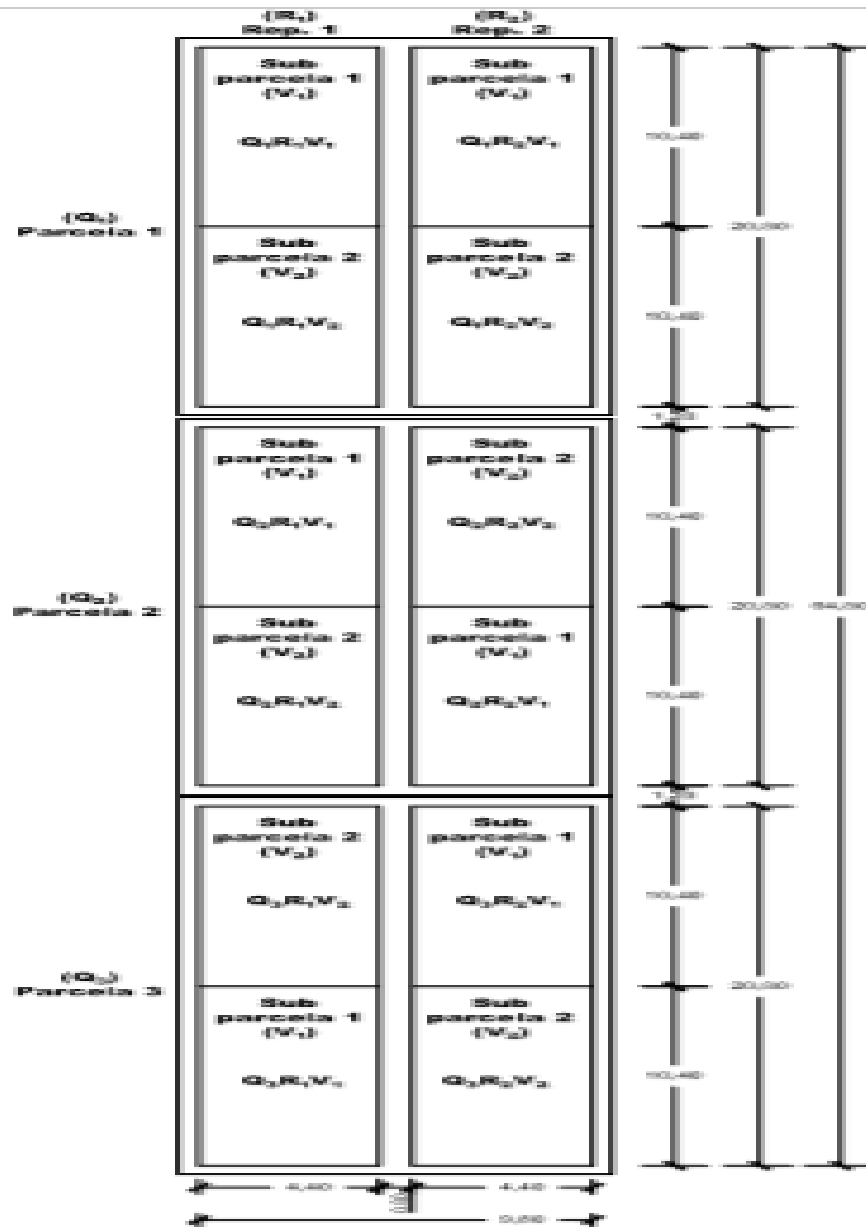
Número de bloques	:	2
Tratamiento por bloque	:	6
Longitud de bloque	:	64.80
Ancho de bloque	:	4.4 m
Área total de bloque	:	285.12 m <sup>2</sup>
Ancho de las calles	:	0.80 y 1.20 m

#### c. Características parcela experimental

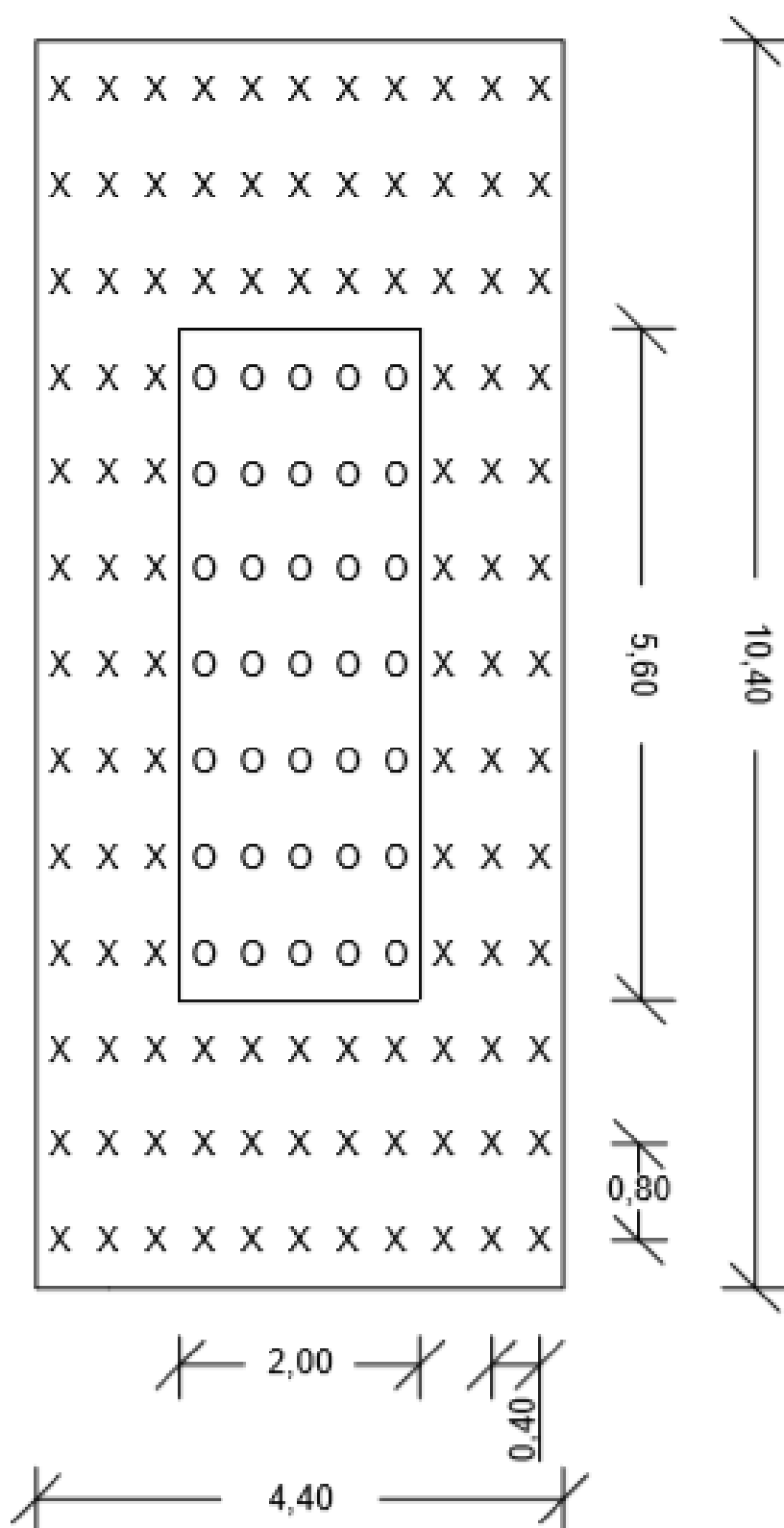
Número de parcela	:	12
Longitud de parcela	:	10.40 m
Ancho de parcela	:	4.40 m
Área total de parcela	:	45.76 m <sup>2</sup>
Área neta de parcela	:	11.20 m <sup>2</sup>
Total de plantas por parcela	:	143 plantas

#### d. Características de surcos

Longitud de los surcos por parcela	:	4.40 m
Distanciamiento entre surcos	:	0.80 m
Distanciamiento entre plantas	:	0.40 m
Número de plantas por área neta experimental	:	35 plantas



**Figura 1:** Croquis del campo experimental.  
Fuente: Datos de la investigación.



**Figura 2:** Croquis de la parcela experimental.  
Fuente: Datos de la investigación.

### **3.5.2. Datos registrados**

#### **a. Desarrollo vegetativo**

- **Altura de planta**

Se realizó en la cosecha y consistió en medir la altura de 35 plantas del área neta experimental, desde el cuello de la planta hasta el ápice vegetativo del tallo principal; se sumaron los datos obtenidos y se obtuvo el promedio; expresados los resultados en centímetros.

- **Numero de hojas**

Se realizó en la cosecha; se basó en contar la cantidad de hojas de 35 plantas del área neta experimental, se sumaron los datos obtenidos y se obtuvo el promedio; expresados en unidades.

#### **b. Rendimiento**

- **Peso de la pella**

Se registró en el momento de la cosecha; consistió en pesar las pellas de 35 plantas del área neta experimental, los resultados se sumaron y se obtuvo el promedio del peso de pellas, expresados en gramos.

- **Diámetro ecuatorial de la pella**

Se evaluó en el momento de la cosecha; midiéndose el diámetro ecuatorial de las pellas de 35 plantas del área neta experimental. Los resultados se sumaron y se obtuvo el promedio, expresados en centímetros.

- **Rendimiento por área neta experimental**

Se registró en el momento de la cosecha; consistió en pesar las pellas de 35 plantas del área neta experimental. Los resultados se sumaron y se obtuvo el promedio de rendimiento por área neta experimental, expresados en gramos.

- **Rendimiento por hectárea**

Del peso de pellas obtenidos por área neta experimental se transformó a hectárea (10 000 m<sup>2</sup>) y los resultados se expresaron en kilogramos.

**c. Rentabilidad del cultivo**

- **Costo/Beneficio**

Se realizó la venta de las pellas a precio de mercado para elaborar el análisis económico.

**d. Requerimiento hídrico**

- **Lamina de riego**

En cuanto a las láminas de riego, se tuvo en cuenta las condiciones de clima, suelo y Kc del cultivo para determinar la cantidad hídrica requerida; en lo cual se empleó el programa software Cropwat 8.0.

Kc del cultivo empleado: Kc inicial: 0.7; Kc media: 1.05 y Kc final: 0.95

**3.5.3. Técnicas e instrumentos de recolección y procesamiento de información**

**3.5.3.1. Técnicas de recolección de información**

**a. Técnicas para obtener información científica**

- **Fichaje**

Nos permitió registrar los elementos bibliográficos de los materiales leídos.

- **Análisis de contenido**

Nos permitió registrar aspectos esenciales de los materiales leídos y que ordenados sistemáticamente nos servirán de valiosa fuente para formular el marco teórico.

Formato de gestión de información que se empleará para elaborar el fundamento teórico.

**b. Técnicas para obtener datos de campo**

- **Observación**

Nos permitió obtener información sobre las observaciones a realizadas directamente y para registrar los datos sobre las variables de comportamiento.

**3.5.3.2. Instrumentos de recolección de información**

**a. Instrumentos bibliográficos**

- Fichas de localización, bibliográficas y hemerográficas.

- Fichas de investigación: Textuales, resumen y comentarios.
- Se empleará los programas de Microsoft para adjuntar la información obtenida del internet.

**b. Instrumentos de campo**

- Libreta de campo.
- Guías de evaluación.

**3.6. MATERIALES, EQUIPOS E INSUMOS**

**3.6.1. Materiales**

**3.6.1.1. Materiales de escritorio**

- Lápiz.
- Libreta de campo.
- Evaluaciones.
- Hojas bond.
- Regla.

**3.6.1.2. Materiales de campo**

- Traje de protección.
- Botas.
- Azadón.
- Wincha.
- Cinta de embalaje.
- Cordel.
- Balde.

**3.6.2. Equipos**

- Laptop.
- Cámara fotográfica.
- Calculadora.
- Manómetro
- Balanza.
- Celular.
- Cronómetro.
- Mochila pulverizadora.

### **3.6.3. Insumos**

- Plantines de col.
- Plantines de brócoli.
- Insecticidas.
- Fungicidas.
- Fertilizantes.
- Fertilizante foliar.
- Yeso.

### **3.7. CONDUCCION DE LA INVESTIGACION**

La investigación se ejecutó durante el periodo comprendido de los meses marzo y junio del 2019.

#### **a. Elección del terreno**

El terreno donde se instaló el sistema de riego por goteo y posteriormente el cultivo, presenta una topografía plana, con buen drenaje, con disponibilidad de agua y con acceso para transportar materiales e insumos.

#### **b. Toma de muestras de suelo y agua**

Se tomó sub muestras del campo experimental y al juntarlas se tuvo la muestra de suelo para ser enviado a laboratorio para ser analizado.

En un riego por goteo la calidad del agua es fundamental, es por ello que se tomó muestras de agua, mínimamente para conocer el pH y la conductividad eléctrica (CE).

#### **c. Preparación del terreno**

Posterior a la elección del terreno se realizó un riego machaco para lograr la humedad necesaria para roturar, mullir, nivelar y surcar, todo esto se realizó empleando un tractor agrícola. Esta actividad se realizó el 08 de marzo del 2019.

#### **d. Tendido de las cintas de riego**

El riego por goteo, durante la preparación del campo y antes de la siembra se instaló a lo largo de los surcos, donde las cintas de riego tenía un distanciamiento de 0.80 m entre cintas y las cintas presentarón emisores cada 0.40 m. Se realizó el mismo día después de terminado la preparación del terreno.



**e. Delimitación del área experimental**

Consistió en demarcar las parcelas y subparcelas experimentales, para realizar esta actividad se empleó estacas, cordel, wincha y yeso. Se realizó el 11 de marzo un día antes del trasplante.

**f. Trasplante**

El trasplante se realizó en forma manual a los 30 días después de haberse hecho el almácigo, por golpe se plantó una sola planta a un distanciamiento de 0.40 m entre golpe. El trasplante consistió en colocar los plantines en los hoyos presionándolos con un poco de tierra hasta que queden fijos en el terreno. Se trasplantó un 12 de marzo. Al cuarto día después se hizo el repique.

**g. Control de maleza**

Se realizó de forma manual, para favorecer el desarrollo normal de las plantas y evitar competencia por agua, luz, espacio y nutrientes.

En el cultivo a través de riego por goteo la incidencia de malezas es muy reducido debido a que el agua es suministrada en puntos específicos, evitando humedecer zonas donde no hay cultivo. En toda la campaña de cultivo se realizó el desmalezado una sola vez que fue el 29 de marzo.

**h. Fertilización**

La dosis de fertilización fue 150N – 120 P – 50 K, la cual se fraccionó en dos etapas, donde la primera se realizó 7 días después del trasplante, y la segunda 15 días después de la primera fertilización.

**i. Aporque**

Esta actividad se realizó a los 20 días después de la segunda fertilización.

**j. Riego**

La frecuencia de riego aplicado, fue basada de acuerdo a los caudales que se empleó en cada parcela. El requerimiento hídrico y lámina de riego se obtuvo empleando el software CROPWAT 8.0 .

**k. Control fitosanitario**

Durante la campaña de los cultivos se presentó la polilla (*Plutella sylostella*) la cual se controló empleando productos químicos.

**l. Cosecha**

Se realizó manualmente a partir de los 80 días de trasplantando, cuando las pellas formadas estuvieron compactas.

**m. Evaluaciones**

Se realizó en la etapa vegetativa y en la cosecha; con la ayuda de una balanza y cinta métrica.

## IV. RESULTADOS

Los resultados expresados en promedios se presentan en cuadros y figuras; interpretados estadísticamente con la técnica de Análisis de Varianza (ANDEVA) a los niveles de significación del 5 y 1 % ; a fin de establecer las diferencias significativas entre bloques y tratamientos, donde los parámetros que son iguales se denota con (ns), quienes tienen significación (\*) y altamente significativo (\*\*).

Para la comparación de los promedios, se aplicó la prueba de significación de Duncan a los niveles de significación del 5 y 1 % donde los tratamientos representados con la misma letra (aa) indican que no existe diferencia estadística significativa, mientras los tratamientos representados con diferentes letras (ab) indican diferencias estadística significativas.

### 4.1. LÁMINA DE RIEGO

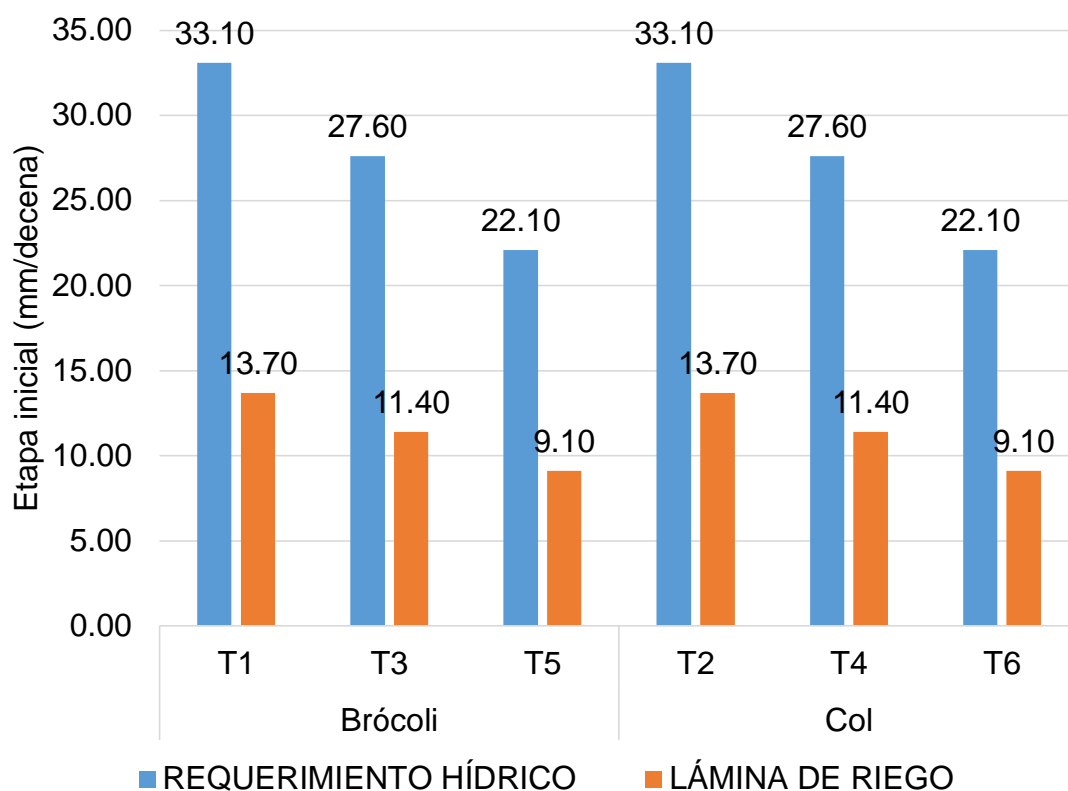
En los cuadros N° 16, 17, 18 y 17 se muestran los valores de las láminas de riego aplicadas a cada tratamiento en cada etapa de los cultivos de brócoli y col. Se observa que se ha tenido mayor consumo de agua en la etapa intermedia y final de los cultivos. El suministro de agua a cada uno de los tratamientos se aplicó en todas las etapas de los cultivos.

#### a. Etapa inicial de los cultivos de brócoli y col

Los promedios obtenidos se indican en el cuadro N° 01 y 05 del anexo y a continuación el establecimiento de la lámina de riego con su representación gráfica respectiva.

**Cuadro 16:** Requerimiento hídrico y lámina de riego en la etapa inicial del cultivo de brócoli y col (mm/decena).

TRATAMIENTOS		REQUERIMIENTO HÍDRICO	LÁMINA DE RIEGO
T1	Q1 (483.96 mm/ciclo -120%) brócoli	33.10	13.70
T3	Q2 (403.3 mm/ciclo - 100%) brócoli	27.60	11.40
T5	Q3 (322.64 mm/ciclo - 80%) brócoli	22.10	9.10
T2	Q1 (483.96 mm/ciclo -120%) col	33.10	13.70
T4	Q2 (403.3 mm/ciclo - 100%) col	27.60	11.40
T6	Q3 (322.64 mm/ciclo - 80%) col	22.10	9.10



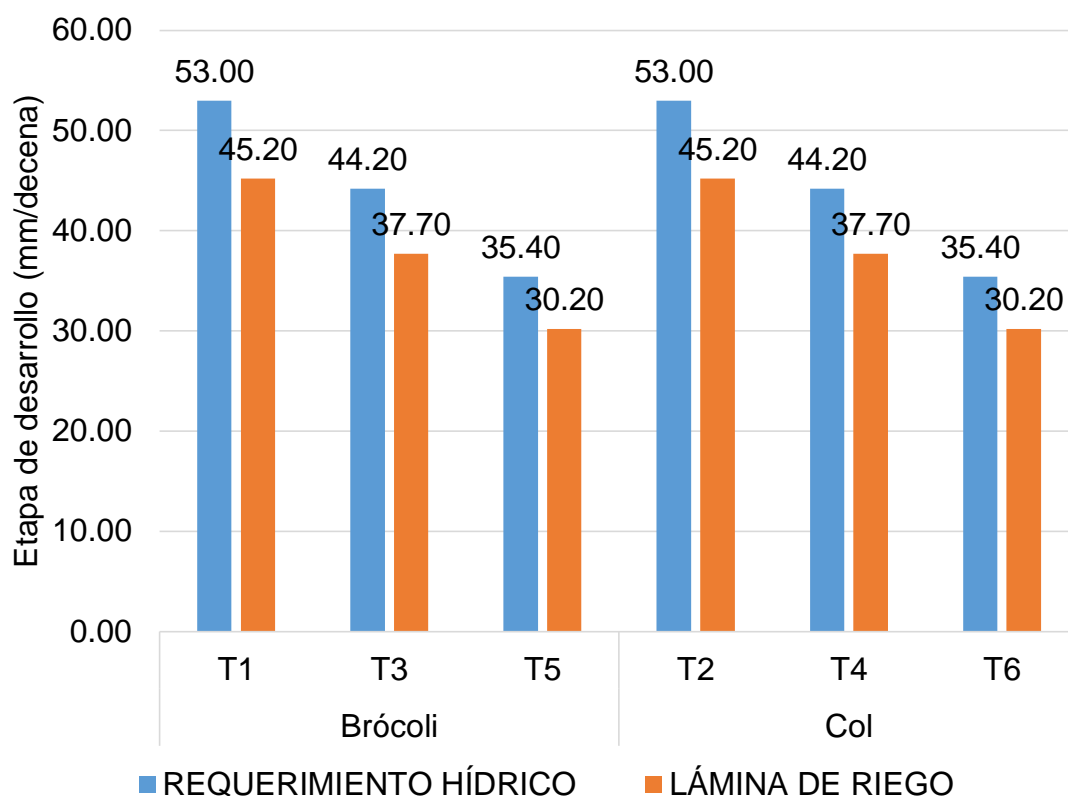
**Figura 3:** Promedios de requerimiento hídrico y lámina de riego por cultivo en la etapa inicial (mm/decena).

**b. Etapa de desarrollo de los cultivos de brócoli y col**

Los promedios obtenidos se indican en el cuadro N° 02 y 06 del anexo y a continuación el establecimiento de la lámina de riego con su representación gráfica respectiva.

**Cuadro 17:** Requerimiento hídrico y lámina de riego en la etapa de desarrollo del cultivo de brócoli y col (mm/decena).

TRATAMIENTOS		REQUERIMIENTO HÍDRICO	LÁMINA DE RIEGO
T1	Q1 (483.96 mm/ciclo -120%) brócoli	53.00	45.20
T3	Q2 (403.3 mm/ciclo - 100%) brócoli	44.20	37.70
T5	Q3 (322.64 mm/ciclo - 80%) brócoli	35.40	30.20
T2	Q1 (483.96 mm/ciclo -120%) col	53.00	45.20
T4	Q2 (403.3 mm/ciclo - 100%) col	44.20	37.70
T6	Q3 (322.64 mm/ciclo - 80%) col	35.40	30.20



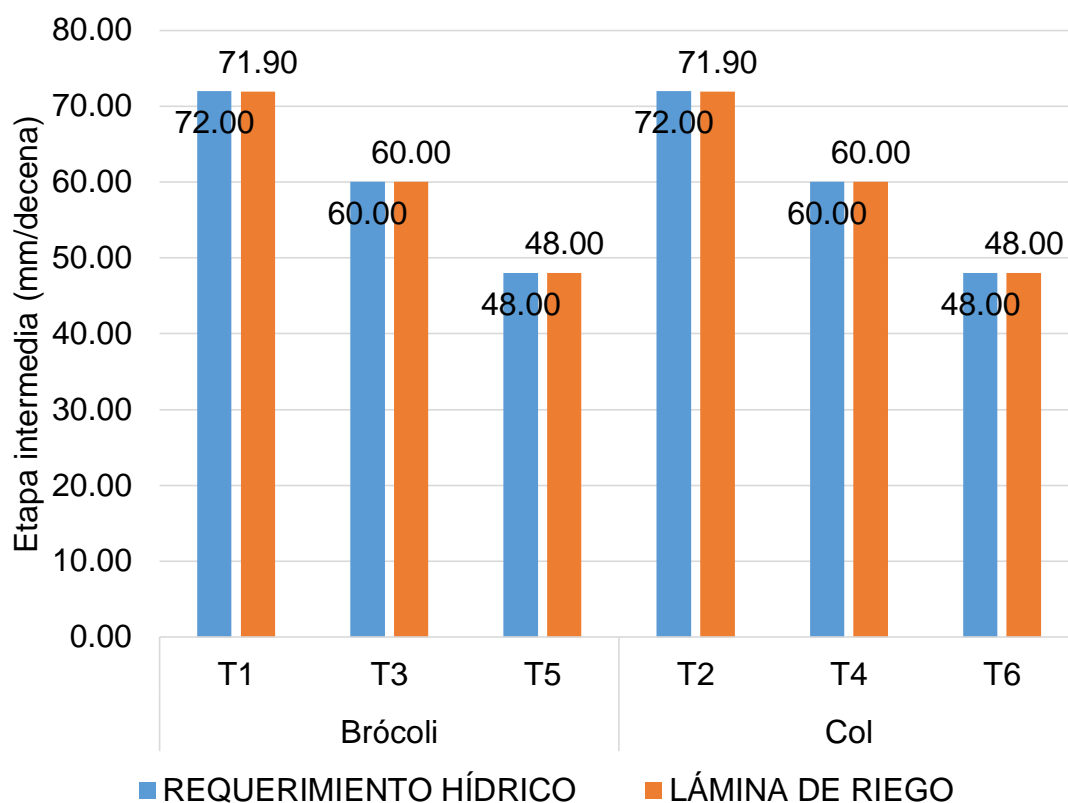
**Figura 4:** Promedios de requerimiento hídrico y lámina de riego por cultivo en la etapa de desarrollo (mm/decena).

### c. Etapa intermedia de los cultivos de brócoli y col

Los promedios obtenidos se indican en el cuadro N° 03 y 07 del anexo y a continuación el establecimiento de la lámina de riego con su representación gráfica respectiva.

**Cuadro 18:** Requerimiento hídrico y lámina de riego en la etapa intermedia del cultivo de brócoli y col (mm/decena).

TRATAMIENTOS		REQUERIMIENTO HÍDRICO	LÁMINA DE RIEGO
T1	Q1 (483.96 mm/ciclo -120%) brócoli	72.00	71.90
T3	Q2 (403.3 mm/ciclo - 100%) brócoli	60.00	60.00
T5	Q3 (322.64 mm/ciclo - 80%) brócoli	48.00	48.00
T2	Q1 (483.96 mm/ciclo -120%) col	72.00	71.90
T4	Q2 (403.3 mm/ciclo - 100%) col	60.00	60.00
T6	Q3 (322.64 mm/ciclo - 80%) col	48.00	48.00



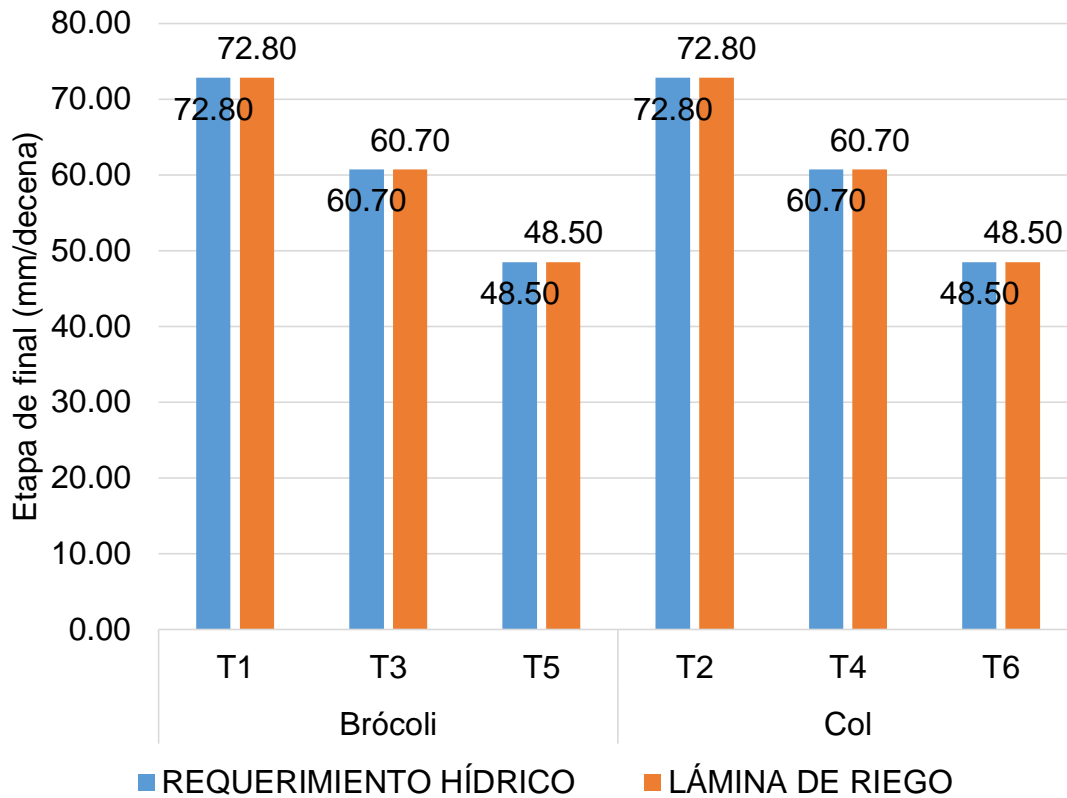
**Figura 5:** Promedios de requerimiento hídrico y lámina de riego por cultivo en la etapa intermedia (mm/decena).

#### d. Etapa final de los cultivos de brócoli y col

Los promedios obtenidos se indican en el cuadro N° 04 y 08 del anexo y a continuación el establecimiento de la lámina de riego con su representación gráfica respectiva.

**Cuadro 19:** Requerimiento hídrico y lámina de riego en la etapa final del cultivo de brócoli y col (mm/decena).

TRATAMIENTOS		REQUERIMIENTO HÍDRICO	LÁMINA DE RIEGO
T1	Q1 (483.96 mm/ciclo -120%) brócoli	72.80	72.80
T3	Q2 (403.3 mm/ciclo - 100%) brócoli	60.70	60.70
T5	Q3 (322.64 mm/ciclo - 80%) brócoli	48.50	48.50
T2	Q1 (483.96 mm/ciclo -120%) col	72.80	72.80
T4	Q2 (403.3 mm/ciclo - 100%) col	60.70	60.70
T6	Q3 (322.64 mm/ciclo - 80%) col	48.50	48.50



**Figura 6:** Promedios de requerimiento hídrico y lámina de riego por cultivo en la etapa final (mm/decena).

## 4.2. DESARROLLO VEGETATIVO

### a. Número de hojas

Los promedios obtenidos se indican en el cuadro N° 10 del anexo y a continuación el Análisis de Varianza y prueba de significación de Duncan interpretados estadísticamente con su representación gráfica respectiva.

**Cuadro 20:** Análisis de Varianza para número de hojas por planta.

F.V.	SC	GL.	CM.	Fc.	Ft.	
					0.05	0.01
BLOQUES	0.19	1	0.19	4.52 ns	6.61	16.26
TRATAMIENTOS	12.01	5	2.4	57.9**	5.05	10.97
ERROR EXP.	0.21	5	0.04			
TOTAL	12.41	11				

CV = 0.99%       $S_x = \pm 0.14$

Realizado el análisis de varianza para el efecto de bloques nos indica que no existe diferencia estadística y entre tratamientos estadísticamente hay

diferencia altamente significativa. Teniendo como coeficiente de variabilidad 0.99% lo cual nos indica que la toma de datos fue confiable y la desviación estándar fue  $\pm 0.14$  unidades respectivamente que dan confiabilidad a los resultados.

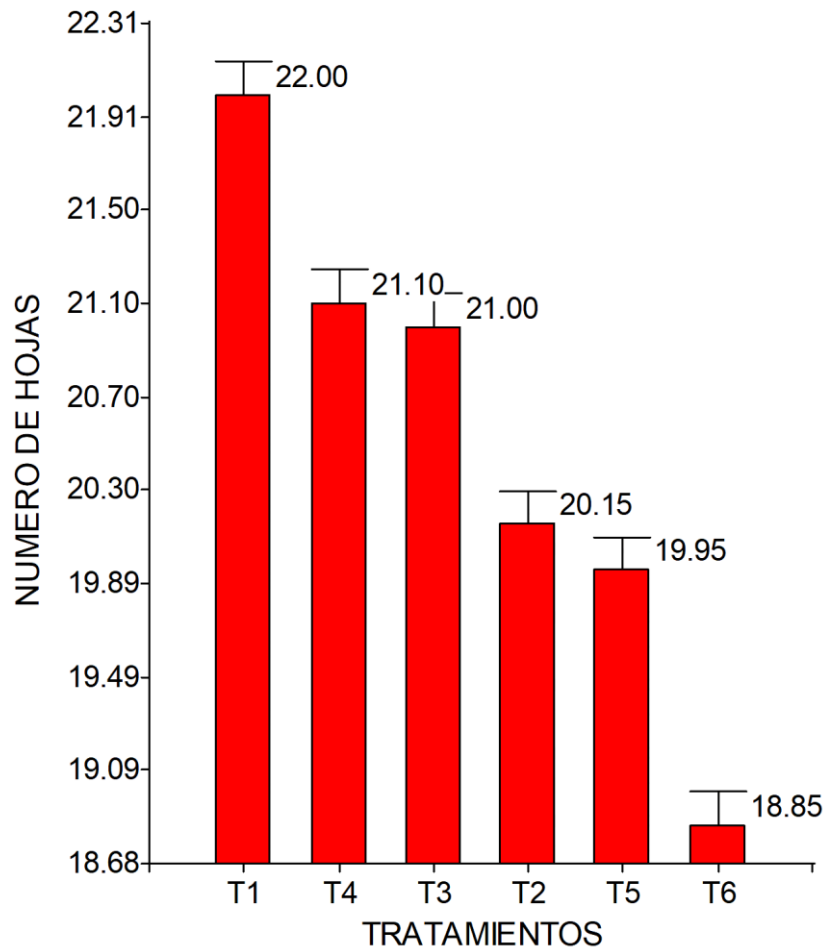
**Cuadro 21:** Prueba de significación de Duncan para número de hojas, para los tratamientos.

O.M.	TRATAMIENTOS		PROMEDIOS	NIVEL DE SIGNIFICACION	
			NUMERO DE HOJAS	0.05	0.01
1	T1	Q1 (483.96 mm/ciclo -120%) + brócoli	22.00	a	a
2	T4	Q2 (403.3 mm/ciclo - 100%) + col	21.10	b	b
3	T3	Q2 (403.3 mm/ciclo - 100%) + brócoli	21.00	b	b
4	T2	Q1 (483.96 mm/ciclo -120%) + col	20.15	c	c
5	T5	Q3 (322.64 mm/ciclo - 80%) + brócoli	19.95	c	c
6	T6	Q3 (322.64 mm/ciclo - 80%) + col	18.85	d	d

La prueba de significación Duncan al nivel 5 y 1 %, para el número de hojas por planta en el cultivo de brócoli el tratamiento T1 con un promedio de 22.00 supera estadísticamente a los demás tratamientos y quedando en último lugar el T5 con un promedio de 19.95 . Y en el cultivo de col el tratamiento T4 y T2 con un promedio de 21.10 y 20.15 superan estadísticamente al tratamiento T6 con un promedio de 18.85 quedando en último lugar.

Pero entre el cultivo de brócoli y col al nivel 5 y 1 % hay diferencia estadística entre caudales.





**Figura 7:** Promedios de número de hojas para los tratamientos en unidades.

### 4.3. RENDIMIENTO

#### a. Peso de pellas

Los promedios obtenidos se indican en el cuadro N° 11 del anexo y a continuación el Análisis de Varianza y prueba de significación de Duncan interpretados estadísticamente con su representación gráfica respectiva.

**Cuadro 22:** Análisis de Varianza para peso de pellas en gramos.

F.V.	SC	GL.	CM.	Fc.	Ft.	
					0.05	0.01
BLOQUES	11.60	1	11.60	0.28 ns	6.61	16.26
TRATAMIENTOS	4357162.24	5	871432.45	20674.88**	5.05	10.97
ERROR EXP.	210.75	5	42.15			
TOTAL	4357384.59	11				

CV = 0.71%

Sx = ± 4.59

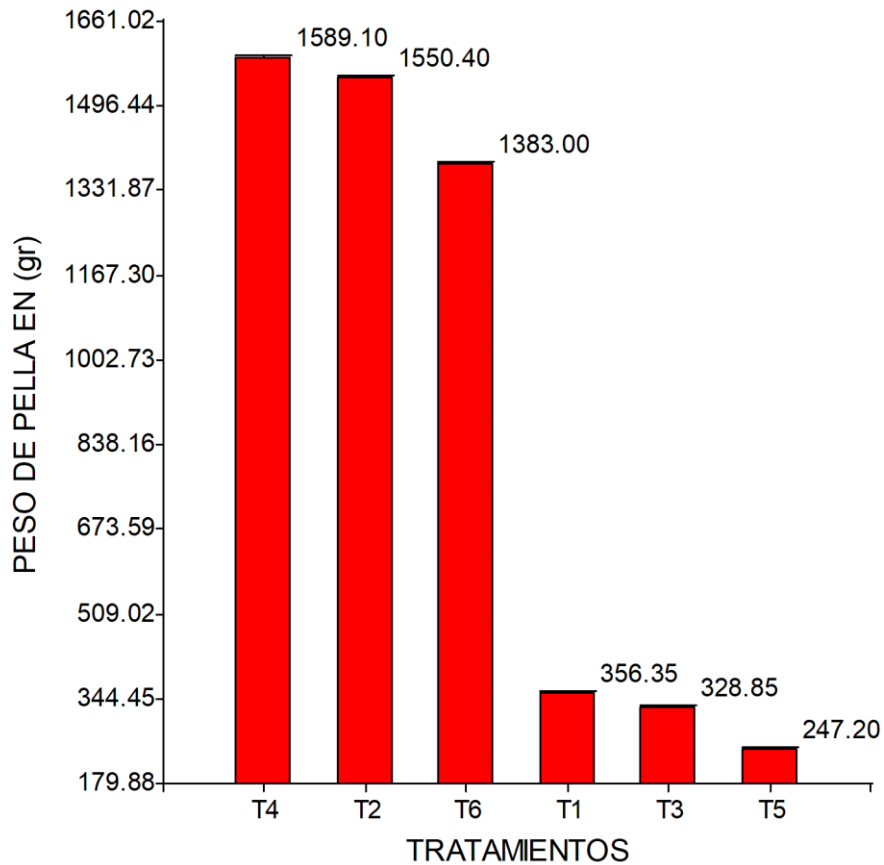
Realizado el análisis de varianza para el efecto de bloques nos indica que no existe diferencia estadística y entre tratamientos estadísticamente hay diferencia altamente significativa. Teniendo como coeficiente de variabilidad 0.71% lo cual nos indica que la toma de datos fue confiable y la desviación estándar fue  $\pm 4.59$  gramos respectivamente que dan confiabilidad a los resultados.

**Cuadro 23:** Prueba de significación de Duncan para peso de pellas en gramos, para los tratamientos.

O.M.	TRATAMIENTOS		PROMEDIOS	NIVEL DE SIGNIFICACION	
			PESO DE PELLA EN (gr)	0.05	0.01
1	T4	Q2 (403.3 mm/ciclo - 100%) + col	1589.10	a	a
2	T2	Q1 (483.96 mm/ciclo -120%) + col	1550.40	b	b
3	T6	Q3 (322.64 mm/ciclo - 80%) + col	1383.00	c	c
4	T1	Q1 (483.96 mm/ciclo -120%) + brócoli	356.35	d	d
5	T3	Q2 (403.3 mm/ciclo - 100%) + brócoli	328.85	e	e
6	T5	Q3 (322.64 mm/ciclo - 80%) + brócoli	247.20	f	f

La prueba de significación Duncan al nivel 5 y 1 %, para peso de pellas en gramos en el cultivo de brócoli el tratamiento T1 con un promedio de 356.35 supera estadísticamente a los demás tratamientos y quedando en último lugar el T5 con un promedio de 247.20 . Y en el cultivo de col el tratamiento T4 con un promedio de 1589.10 supera estadísticamente a los demás tratamientos y quedando en último lugar el T6 con un promedio de 1383.00 .

Pero entre el cultivo de brócoli y col al nivel 5 y 1 % hay diferencia estadística entre caudales.



**Figura 8:** Promedios de peso de pellas para los tratamientos en gramos.

**b. Diámetro ecuatorial de pellas**

Los promedios obtenidos se indican en el cuadro N° 12 del anexo y a continuación el Análisis de Varianza y prueba de significación de Duncan interpretados estadísticamente con su representación gráfica respectiva.

**Cuadro 24:** Análisis de Varianza para el diámetro ecuatorial de pellas en centímetros.

F.V.	SC	GL.	CM.	Fc.	Ft.	
					0.05	0.01
BLOQUES	0.08	1	0.08	0.45 ns	6.61	16.26
TRATAMIENTOS	683.45	5	136.69	780.34**	5.05	10.97
ERROR EXP.	0.88	5	0.18			
TOTAL	684.41	11				

CV = 0.95%      Sx = ± 0.30

Realizado el análisis de varianza para el efecto de bloques nos indica que no existe diferencia estadística y entre tratamientos estadísticamente hay diferencia altamente significativa. Teniendo como coeficiente de variabilidad

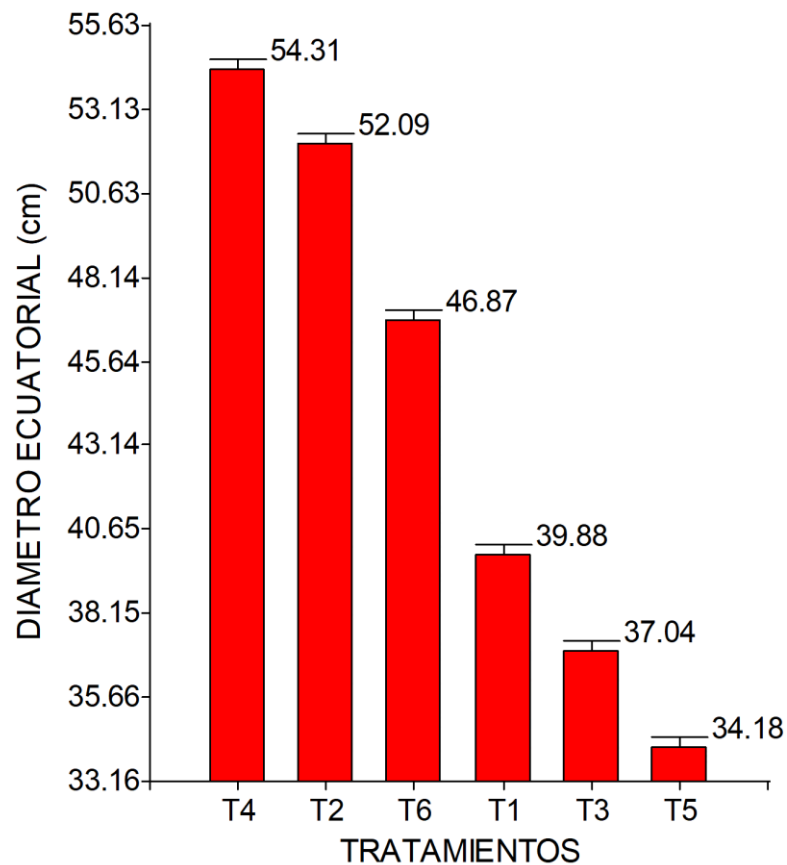
0.95% lo cual nos indica que la toma de datos fue confiable y la desviación estándar fue  $\pm 0.30$  cm respectivamente que dan confiabilidad a los resultados.

**Cuadro 25:** Prueba de significación de Duncan para diámetro ecuatorial de pellas en centímetros, para los tratamientos.

O.M.	TRATAMIENTOS		PROMEDIOS	NIVEL DE SIGNIFICACION	
			DIAMETRO ECUATORIAL (cm)	0.05	0.01
1	T4	Q2 (403.3 mm/ciclo - 100%) + col	54.31	a	a
2	T2	Q1 (483.96 mm/ciclo -120%) + col	52.09	b	b
3	T6	Q3 (322.64 mm/ciclo - 80%) + col	46.87	c	c
4	T1	Q1 (483.96 mm/ciclo -120%) + brócoli	39.88	d	d
5	T3	Q2 (403.3 mm/ciclo - 100%) + brócoli	37.04	e	e
6	T5	Q3 (322.64 mm/ciclo - 80%) + brócoli	34.18	f	f

La prueba de significación Duncan al nivel 5 y 1 %, para el diámetro ecuatorial en cm. en el cultivo de brócoli el tratamiento T1 con un promedio de 39.88 supera estadísticamente a los demás tratamientos y quedando en último lugar el T5 con un promedio de 34.18 . Y en el cultivo de col el tratamiento T4 con un promedio de 54.31 supera estadísticamente a los demás tratamientos y quedando en último lugar el T6 con un promedio de 46.87 .

Pero entre el cultivo de brócoli y col al nivel 5 y 1 % hay diferencia estadística entre caudales.



**Figura 9:** Promedios de diámetro ecuatorial de pellas para los tratamientos en centímetros.

**c. Rendimiento por área neta experimental**

Los promedios obtenidos se indican en el cuadro N° 13 del anexo y a continuación el Análisis de Varianza y prueba de significación de Duncan interpretados estadísticamente con su representación gráfica respectiva.

**Cuadro 26:** Análisis de Varianza para rendimiento por área neta experimental en kilogramo.

F.V.	SC	GL.	CM.	Fc.	Ft.	
					0.05	0.01
BLOQUES	0.01	1	0.01	0.29 ns	6.61	16.26
TRATAMIENTOS	5337.17	5	1067.43	20718.83**	5.05	10.97
ERROR EXP.	0.26	5	0.05			
TOTAL	5337.44	11				

CV = 0.71%

Sx = ± 0.16

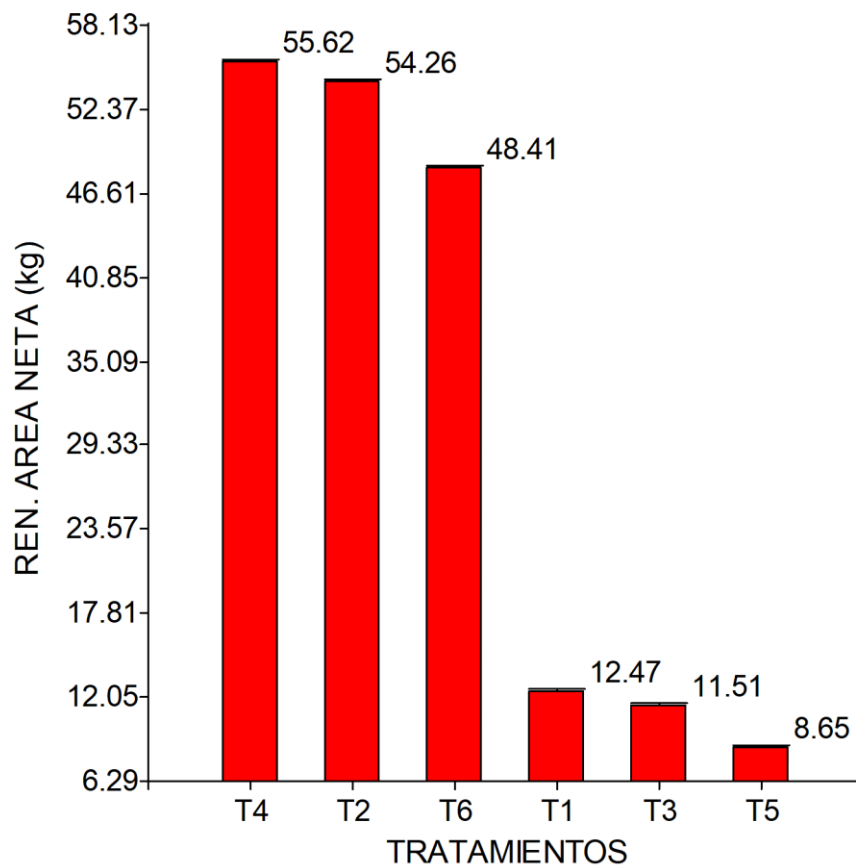
Realizado el análisis de varianza para el efecto de bloques nos indica que no existe diferencia estadística y entre tratamientos estadísticamente hay diferencia altamente significativa. Teniendo como coeficiente de variabilidad 0.71% lo cual nos indica que la toma de datos fue confiable y la desviación estándar fue  $\pm 0.16$  kg respectivamente que dan confiabilidad a los resultados.

**Cuadro 27:** Prueba de significación de Duncan para rendimiento por área neta experimental en kilogramos, para los tratamientos.

O.M.	TRATAMIENTOS		PROMEDIOS	NIVEL DE SIGNIFICACION	
			REN. AREA NETA (kg)	0.05	0.01
1	T4	Q2 (403.3 mm/ciclo - 100%) + col	55.62	a	a
2	T2	Q1 (483.96 mm/ciclo -120%) + col	54.26	b	b
3	T6	Q3 (322.64 mm/ciclo - 80%) + col	48.41	c	c
4	T1	Q1 (483.96 mm/ciclo -120%) + brócoli	12.47	d	d
5	T3	Q2 (403.3 mm/ciclo - 100%) + brócoli	11.51	e	e
6	T5	Q3 (322.64 mm/ciclo - 80%) + brócoli	8.65	f	f

La prueba de significación Duncan al nivel 5 y 1 %, para rendimiento por área neta en kg. en el cultivo de brócoli el tratamiento T1 con un promedio de 12.47 supera estadísticamente a los demás tratamientos y quedando en último lugar el T5 con un promedio de 8.65 . Y en el cultivo de col el tratamiento T4 con un promedio de 55.62 supera estadísticamente a los demás tratamientos y quedando en último lugar el T6 con un promedio de 48.41 .

Pero entre el cultivo de brócoli y col al nivel 5 y 1 % hay diferencia estadística entre caudales.



**Figura 10:** Promedios de rendimiento por área neta experimental para los tratamientos en kg.

**d. Rendimiento por Hectárea**

Los promedios obtenidos se indican en el cuadro N° 14 del anexo y a continuación el Análisis de Varianza y prueba de significación de Duncan interpretados estadísticamente con su representación gráfica respectiva.

**Cuadro 28:** Análisis de Varianza para rendimiento por hectárea en toneladas.

F.V.	SC	GL.	CM.	Fc.	Ft.	
					0.05	0.01
BLOQUES	0.01	1	0.01	0.31	6.61	16.26
TRATAMIENTOS	4255.35	5	851.07	20872.33	5.05	10.97
ERROR EXP.	0.20	5	0.04			
TOTAL	4255.56	11				

CV = 0.71%

Sx = ± 0.14

Realizado el análisis de varianza para el efecto de bloques nos indica que no existe diferencia estadística y entre tratamientos estadísticamente hay diferencia altamente significativa. Teniendo como coeficiente de variabilidad 0.71% lo cual nos indica que la toma de datos fue confiable y la desviación estándar fue  $\pm 0.14$  tn respectivamente que dan confiabilidad a los resultados.

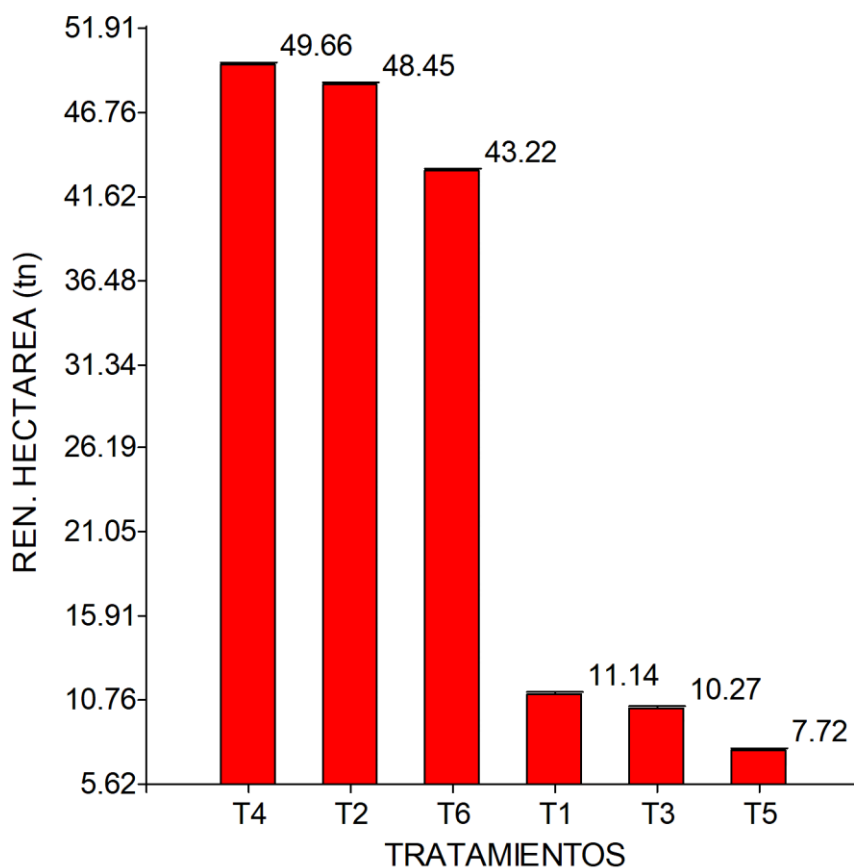
**Cuadro 29:** Prueba de significación de Duncan para rendimiento por hectárea en toneladas, para tratamientos.

O.M.	TRATAMIENTOS		PROMEDIOS	NIVEL DE SIGNIFICACION	
			REN. HECTAREA (tn)	0.05	0.01
1	T4	Q2 (403.3 mm/ciclo - 100%) + col	49.66	a	a
2	T2	Q1 (483.96 mm/ciclo -120%) + col	48.45	b	b
3	T6	Q3 (322.64 mm/ciclo - 80%) + col	43.22	c	c
4	T1	Q1 (483.96 mm/ciclo -120%) + brócoli	11.14	d	d
5	T3	Q2 (403.3 mm/ciclo - 100%) + brócoli	10.28	e	e
6	T5	Q3 (322.64 mm/ciclo - 80%) + brócoli	7.73	f	f

La prueba de significación Duncan al nivel 5 y 1 %, para rendimiento por área neta en tn. en el cultivo de brócoli el tratamiento T1 con un promedio de 11.14 supera estadísticamente a los demás tratamientos y quedando en último lugar el T5 con un promedio de 7.73 . Y en el cultivo de col el tratamiento T4 con un promedio de 49.66 supera estadísticamente a los demás tratamientos y quedando en último lugar el T6 con un promedio de 43.22 .

Pero entre el cultivo de brócoli y col al nivel 5 y 1 % hay diferencia estadística entre caudales.





**Figura 11:** Promedios de rendimiento por hectárea para los tratamientos en tn.

#### 4.4. RENTABILIDAD

##### a. Análisis costo – beneficio para el T1 y T2

Los datos obtenidos se indican en el cuadro N° 15 y 16 del anexo y a continuación el Análisis de Costo – Beneficio con su representación gráfica respectiva.

**Cuadro 30:** Análisis de costo – beneficio para el T1 y T2.

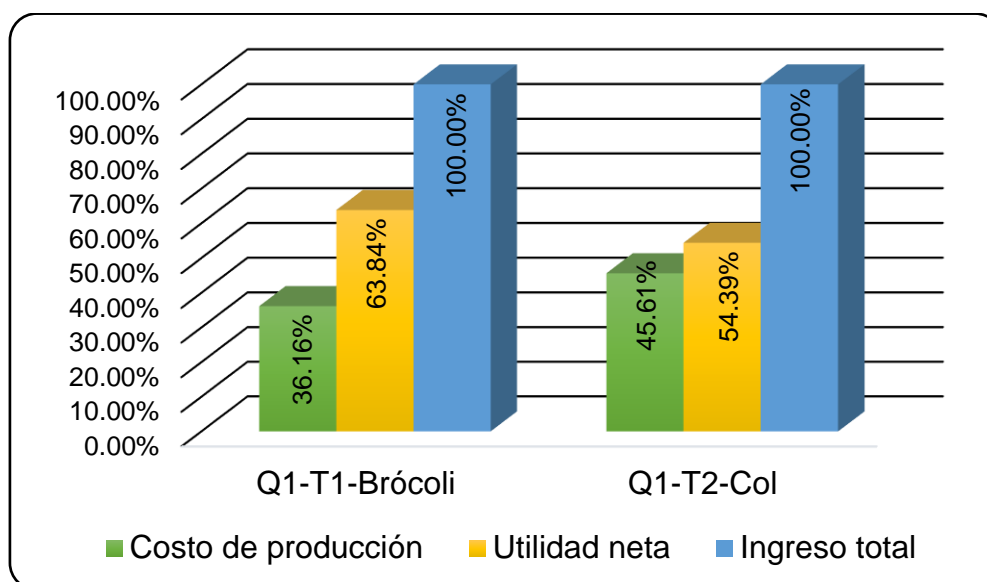
Q1	T1	T2
<b>ANALISIS COSTO - BENEFICIO</b>	<b>BRÓCOLI</b>	<b>COL</b>
Costo Producción CP	S/8,456.86	S/7,292.96
Costo Venta x Kg (CVKg)	S/2.10	S/0.33
Ingresos Total (IT)	S/23,385.47	S/15,988.50
<b>COSTO VENTA PROMEDIO</b>	<b>S/2.10</b>	<b>S/0.33</b>
Costo prod. x Kg (CPKg)	S/0.76	S/0.15
Utilidad x Kg (UKg)	S/1.34	S/0.18
Utilidad Neta (UN)	S/14,928.62	S/8,695.54
Indice Rentabilidad	1.77	1.19

Relación Beneficio/Costo	1.77	1.19
Rendimiento Kg/Ha	11135.94	48450.00

Posterior a realizar el análisis costo – beneficio; resultó que el índice de rentabilidad para el brócoli T1 (1.77) y para el col T2 (1.19) en ambos casos es mayor a 1 garantizando una rentabilidad para ambos cultivos.

**Cuadro 31:** Análisis de costo – beneficio para el T1 y T2.

CULTIVOS	COSTO DE PRODUCCIÓN		UTILIDAD NETA		INGRESO TOTAL	
	S/.	%	S/.	%	S/.	%
Q1-T1-Brócoli	8456.86	36.16%	14928.62	63.84%	23385.47	100.00%
Q1-T2-Col	7292.96	45.61%	8695.54	54.39%	15988.50	100.00%



**Figura 12:** Análisis costo – beneficio para el T1 y T2.

**b. Análisis costo – beneficio para el T3 y T4**

Los datos obtenidos se indican en el cuadro N° 15 y 16 del anexo y a continuación el Análisis de Costo – Beneficio con su representación gráfica respectiva.

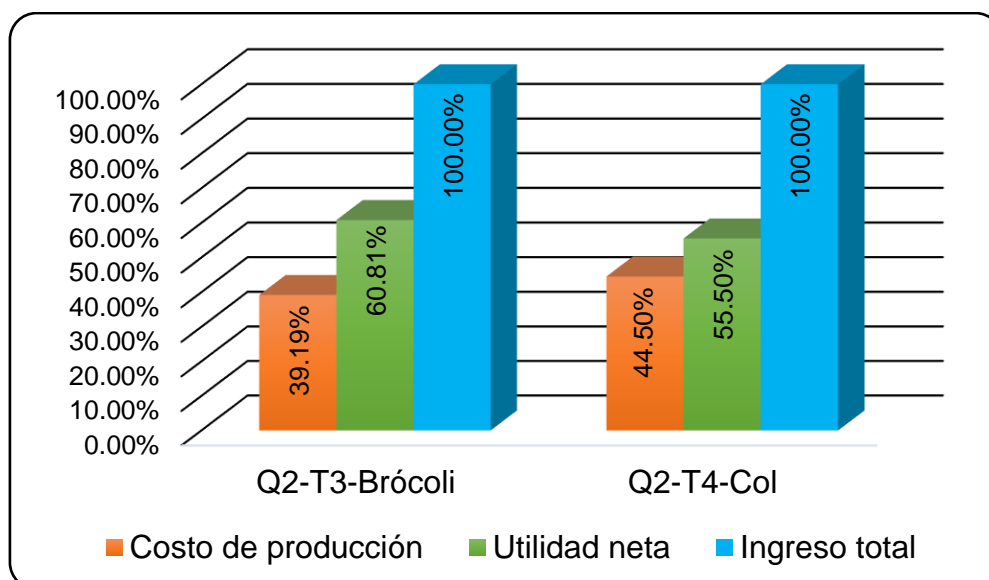
**Cuadro 32:** Análisis de costo – beneficio para el T3 y T4.

<b>Q2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>
<b>ANALISIS COSTO - BENEFICIO</b>	<b>BRÓCOLI</b>	<b>COL</b>
Costo Producción CP	S/8,456.86	S/7,292.96
Costo Venta x Kg (CVKg)	S/2.10	S/0.33
Ingresos Total (IT)	S/21,580.78	S/16,387.60
<b>COSTO VENTA PROMEDIO</b>	<b>S/2.10</b>	<b>S/0.33</b>
Costo prod. x Kg (CPKg)	S/0.82	S/0.15
Utilidad x Kg (UKg)	S/1.28	S/0.18
Utilidad Neta (UN)	S/13,123.92	S/9,094.64
Índice Rentabilidad	1.55	1.25
Relación Beneficio/Costo	1.55	1.25
Rendimiento Kg/Ha	10276.56	49659.38

Posterior a realizar el análisis costo – beneficio; resultó que el índice de rentabilidad para el brócoli T3 (1.55) y para el col T4 (1.25) en ambos casos es mayor a 1 garantizando una rentabilidad para ambos cultivos.

**Cuadro 33:** Análisis de costo – beneficio para el T3 y T4.

<b>CULTIVOS</b>	<b>COSTO DE PRODUCCIÓN</b>		<b>UTILIDAD NETA</b>		<b>INGRESO TOTAL</b>	
	<b>S/.</b>	<b>%</b>	<b>S/.</b>	<b>%</b>	<b>S/.</b>	<b>%</b>
Q2-T3-Brócoli	8456.86	39.19%	13123.92	60.81%	21580.78	100.00%
Q2-T4-Col	7292.96	44.50%	9094.64	55.50%	16387.60	100.00%



**Figura 13:** Análisis costo – beneficio para el T3 y T4.

**c. Análisis costo – beneficio para el T5 y T6**

Los datos obtenidos se indican en el cuadro N° 15 y 16 del anexo y a continuación el Análisis de Costo – Beneficio con su representación gráfica respectiva.

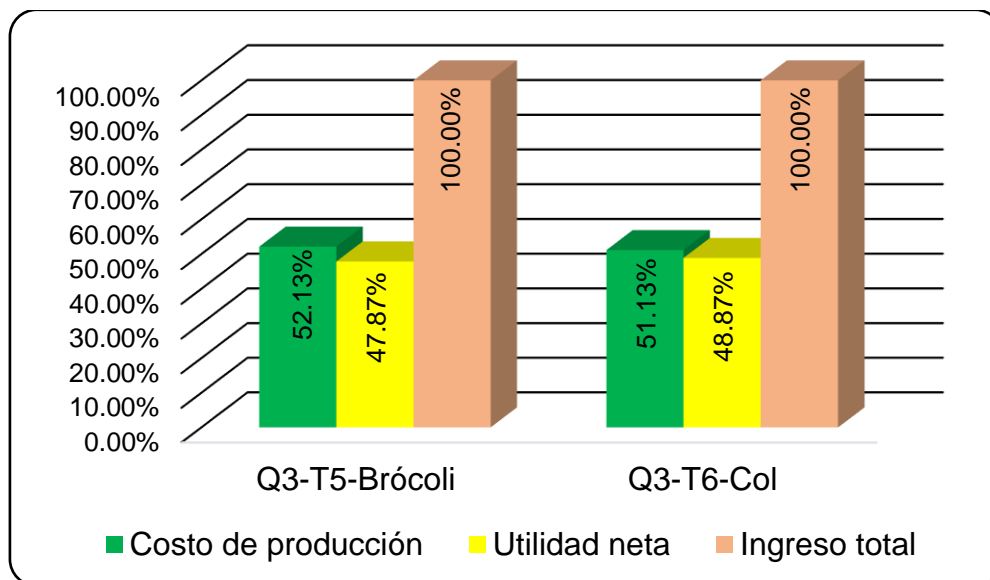
**Cuadro 34:** Análisis de costo – beneficio para el T5 y T6.

Q3	T5	T6
<b>ANALISIS COSTO - BENEFICIO</b>	<b>BRÓCOLI</b>	<b>COL</b>
Costo Producción CP	S/8,456.86	S/7,292.96
Costo Venta x Kg (CVKg)	S/2.10	S/0.33
Ingresos Total (IT)	S/16,222.50	S/14,262.19
<b>COSTO VENTA PROMEDIO</b>	<b>S/2.10</b>	<b>S/0.33</b>
Costo prod. x Kg (CPKg)	S/1.09	S/0.17
Utilidad x Kg (UKg)	S/1.01	S/0.16
Utilidad Neta (UN)	S/7,765.64	S/6,969.23
Índice Rentabilidad	0.92	0.96
Relación Beneficio/Costo	0.92	0.96
Rendimiento Kg/Ha	7725.00	43218.75

Posterior a realizar el análisis costo – beneficio; resultó que el índice de rentabilidad para el brócoli T5 (0.92) y para el col T6 (0.96) en ambos casos es menor a 1 y no garantiza rentabilidad para ambos cultivos.

**Cuadro 35:** Análisis de costo – beneficio para el T5 y T6.

CULTIVOS	COSTO DE PRODUCCIÓN		UTILIDAD NETA		INGRESO TOTAL	
	S/.	%	S/.	%	S/.	%
Q3-T5-Brócoli	8456.86	52.13%	7765.64	47.87%	16222.50	100.00%
Q3-T6-Col	7292.96	51.13%	6969.23	48.87%	14262.19	100.00%

**Figura 14:** Análisis costo – beneficio para el T5 y T6.

## **V. DISCUSION**

### **5.1. LÁMINA DE RIEGO**

Según los resultados obtenidos en cuanto a la lámina de riego de acuerdo a los 3 caudales aplicados y el Kc de los cultivos (2.7) distribuidos en las diferentes etapas de desarrollo. Se obtuvo en el cultivo de col 49.66 tn por hectárea con la lámina de riego (403.3 mm/ciclo - 100%) y en cuanto al cultivo de brócoli se obtuvo 11.14 tn por hectárea con la lámina de riego (483.96 mm/ciclo - 120%); Mientras que en lo indicado por Rivadeneira *et al.* (1993), en su investigación compararon seis láminas de riego por goteo en el cultivo de col y lechuga en Colombia, cuyos tratamientos coeficientes fueron los siguientes: K<sub>1</sub> =1.1; K<sub>2</sub> =0.8; K<sub>3</sub> =1.0; K<sub>4</sub> =0.9; K<sub>5</sub> =0.6; K<sub>6</sub> =0.7. Los mejores tratamientos para la lechuga se obtuvo una producción de 24.85 t/ha; y para el col un Kc = 1.1 y una producción de 63,53 t/ha; éstos resultados superaron a lo obtenido a que la investigación se realizó en diferentes condiciones edafoclimáticas y con aplicaciones distintas de caudales.

### **5.2. DESARROLLO VEGETATIVO**

#### **a. Número de hojas**

En la investigación realizada los resultados en el cultivo de col el mayor número de hojas es de 21.10 con la lámina de riego (403.3 mm/ciclo - 100%) y en el cultivo de brócoli el mayor promedio es 22.00 hojas por planta respectivamente con la lámina de riego (483.96 mm/ciclo - 120%); éstos resultados varían debido a que se manejaron diferentes caudales de riego con diferentes cultivos, pero sin embargo las condiciones edafoclimáticas del Centro de Investigación Frutícola Olerícola (CIFO) fueron óptimos de acuerdo a lo recomendado en la bibliografía.

### **5.3. RENDIMIENTO**

#### **a. Peso de pellas**

Según los resultados de la investigación sobre el peso de pellas; para el cultivo de col resultó 1589.10 gramos con la lámina de riego (403.3 mm/ciclo - 100%) y mientras que para el cultivo de brócoli se obtuvo 356.35 gramos con la

lámina de riego (483.96 mm/ciclo - 120%); los datos obtenidos difieren debido a que se aplicaron diferentes caudales de riego distribuidos correctamente en la etapa vegetativa y reproductiva en dos cultivos diferentes, donde las condiciones edafoclimáticas del Centro de Investigación Frutícola Olerícola (CIFO) fueron óptimos de acuerdo a lo recomendado en la bibliografía.

#### **b. Diámetro ecuatorial de pellas**

En la presente investigación sobre el diámetro ecuatorial de pellas; para el cultivo de col resultó 54.31 centímetros con la lámina de riego (403.3 mm/ciclo - 100%) y mientras que para el cultivo de brócoli se obtuvo 39.88 centímetros con la lámina de riego (483.96 mm/ciclo -120%); éstos resultados varían debido a que se aplicaron diferentes caudales de riego distribuidos correctamente en la etapa vegetativa y reproductiva en dos cultivos diferentes, donde las condiciones edafoclimáticas del Centro de Investigación Frutícola Olerícola (CIFO) fueron óptimos de acuerdo a lo recomendado en la bibliografía.

#### **c. Rendimiento por hectárea**

En la investigación realizada los datos en cuanto al rendimiento estimado por hectárea el mayor promedio que se obtuvo en el cultivo de col fue de 49.66 tn por hectárea con la lámina de riego (403.3 mm/ciclo - 100%) y en cuanto al cultivo de brócoli se obtuvo 11.14 tn por hectárea con la lámina de riego (483.96 mm/ciclo -120%); Mientras que en lo señalado por Benavides y Barraza (2017), en su trabajo de investigación evaluaron el “efecto de los sistemas de riego por goteo y exudación sobre el rendimiento de lechuga, col y brócoli” cuyos resultados para el cultivo de col y brócoli indican que obtuvieron 53 y 13 toneladas por hectárea respectivamente; estos resultados superaron a lo obtenido en la investigación debido a que se empleó el sistema de riego por exudación; conocido como el sistema más eficiente debido a que el agua emitida depende de la necesidad del suelo y el cultivo, además el hecho que esté enterrado aporta el agua directamente a la raíz y se disminuye la pérdida de agua por evaporación.

El mayor resultado en promedios para el caso de rendimiento en hectárea para brócoli fue de 11.14 toneladas y para col 49,66 toneladas; mientras que

Illatopa (2012) obtiene un rendimiento de 4 toneladas por hectárea en el cultivo de brócoli; y Gomez (2015) obtuvo un rendimiento de 20 toneladas por hectárea en el cultivo de col; las diferencias de rendimiento en comparación con Illatopa y Gomez fue que ellos regaron por gravedad lo cual hizo que la planta no se desarrolle de manera óptima; pero en esta investigación el riego fue por goteo es decir que al aportar el agua gota a gota, en el momento y condiciones climáticas que la planta requiere hizo que estas se desarrollen de manera óptima y superara en rendimiento.

#### **5.4. RENTABILIDAD**

##### **a. Análisis costo – beneficio**

Según los resultados de la investigación sobre la rentabilidad; para el cultivo de col con la lámina de riego (403.3 mm/ciclo - 100%); los costos de producción alcanzó el 44.50% y la utilidad neta 55.5%; llegando a alcanzar 1.25 de índice de rentabilidad (existe rentabilidad) y mientras que para el cultivo de brócoli con la lámina de riego (483.96 mm/ciclo -120%); los costos de producción alcanzó el 36.16% y la utilidad neta 63.84%; llegando a alcanzar 1.77 de índice de rentabilidad (existe rentabilidad). Deducimos que en ambos casos existe rentabilidad; con la diferencia que el cultivo de brócoli tiene mayor rentabilidad, debido a la mayor demanda en el mercado interno.



## VI. CONCLUSIONES

- En la investigación realizada se calculó el requerimiento hídrico de ambos cultivos al 100 % que es el óptimo y a partir de ese requerimiento se calculó a un 120 y 80 %; y los resultados demostraron para el cultivo de brócoli que el mejor resultado obtenido fue empleándose un requerimiento de 120% y para el cultivo de col un requerimiento de un 100%; en conclusión es beneficioso trabajar con un 20 % más de requerimiento en el cultivo de brócoli, pero en el cultivo de col basta con mantener su requerimiento en un 100%.
- El cultivo de brócoli incrementa su rendimiento a mayor lámina de agua aplicada, es decir que el T1 con un 120% más de agua superó en rendimiento al T3 (con un 100% de lámina de agua que se aplicó) y T5 (con un 80% de lámina de agua que se aplicó); pero mientras en el cultivo de col a mayor lámina de riego su rendimiento no se ve influenciado por lo tanto el T4 con una lámina de agua al 100 % superó incluso al T2 (con un 120% de lámina de agua que se aplicó), pero si la lámina se reduce por debajo del 100 % su rendimiento se ve afectado. Dando como rendimiento en tn/ha para brócoli 11.14 y para col 49.66 tn/ha respectivamente.
- Se realizó el análisis de rentabilidad donde observamos que en el T1 que es el cultivo de brócoli con 120% de lámina de riego permite obtener s/. 14928.62 (63.84%) de utilidad neta y T4 que es el cultivo de col con 100% de lámina de riego permite obtener 9094.64 (55.50%) de utilidad neta.

## **VII. RECOMENDACIONES**

- Según los resultados obtenidos recomiendo emplear el riego tecnificado con una lámina de agua (403.3 mm/ciclo - 100%) para el cultivo de col y (483.96 mm/ciclo - 120%) para el cultivo de brócoli; donde se obtiene mejores rendimientos y rentabilidad aceptable.
- De acuerdo a los resultados obtenidos de la investigación, se recomienda emplear las mismas láminas (80%, 100% y 120%) con el mismo sistema de riego pero en diferentes cultivos de importancia económica.
- Impulsar la implementación y el uso de riego tecnificado en el Centro de Investigación Frutícola Olerícola y en los pequeños – medianos centros de producción.

## VIII. LITERATURA CITADA

- Banco Mundial. 2013. Agricultura para la Nutrición en América Latina y El Caribe: de la Cantidad a la Calidad (en línea). Washington, EEUU. Consultado 4 oct. 2018. Disponible en <http://www19.iadb.org/intal/icom/notas/39-38/>
- Benavides, OE; Barraza, FV. 2017. Efecto del riego por goteo y exudación sobre el rendimiento de hortalizas en clima frío. *Ciencias agrícolas*, 34(1):108-116. <http://dx.doi.org/10.22267/rcia.173401.67>
- Borrego, JV. 2000. Horticultura herbácea y especial (en línea). Madrid, España. Mundi-prensa. Consultado 1 oct. 2018. Disponible en <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/5478/1/tag304.pdf>
- Bravo Verástegui, CR y Ramirez Domingues, F. 2018. Riego y fertirriego (en línea). Perú. INIA. Consultado 18 set. 2019. Disponible en <https://www.inia.gob.pe/cursos-virtuales-2018/>
- Briceño y, H. 2012. El maíz (*Zea mays* L.). Una planta de todos los tiempos. Editorial Universal – Luis Augusto Llanos Agüero. Huánuco – Perú.
- Condori Condori, Y. 2010. Efecto de la fertilización foliar en el cultivo de dos variedades de brócoli, bajo diferentes concentraciones en el Altiplano Central (en línea). Tesis Ing. Agrónomo. La Paz, Bolivia. Consultado 26 set. 2018. Disponible en <http://bibliotecadigital.umsa.bo:8080/rddu/bitstream/123456789/5204/1/T-1430.pdf>
- Escobar, H. 2003. Análisis de costos para hortalizas ecológicas (en línea). Bogotá – Colombia. Consultado 15 ago. 2019. Disponible en [file:///E:/pdf-\\_analisis\\_de\\_costos\\_para\\_hortalizas-\\_pag.-\\_web-10-15.pdf](file:///E:/pdf-_analisis_de_costos_para_hortalizas-_pag.-_web-10-15.pdf).
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2006. Evapotranspiración del cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. FAO: Riego y drenaje N° 56. Roma, FAO.

- FAO. 1990. Evapotranspiración del cultivo: guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos (en línea). Consultado 14 ago. 2019. Disponible en <http://www.fao.org/3/a-x0490s.pdf>.
- FAO. 2000. Criterios de selección del método de riego (en línea). Consultado 14 jun. 2019. Disponible en <http://WWW.FAO.ORG/OLD/MR-CAP2.PDF>
- FAO. 2002. El agua y la agricultura (en línea). Consultado 12 jun. 2019. Disponible en <http://www.fao.org/WorldFoodSummit/sideevents/papers/y6899s.htm>
- Fernández, D; Martínez, M; Tavarez, C; Castillo, R y Salas, R. (2010). Estimación de las Demandas de consumo de Agua (en línea). Consultado 12 jun. 2019. Disponible en [http://www.sagarpa.gob.mx/desarrollorural/noticias/2012/documents/fichas%20tecnicas%20e%20instructivos%20nava/instructivo\\_demandas%20de%20agua.pdf](http://www.sagarpa.gob.mx/desarrollorural/noticias/2012/documents/fichas%20tecnicas%20e%20instructivos%20nava/instructivo_demandas%20de%20agua.pdf)
- Fuentes, J. (2003). Técnicas de riego. 4 ed. Madrid, España. Editorial Mundiprensa. 483 p.
- Gomez Atero, M. 2015. Efecto de la densidad de siembra de la col corazón de buey (*Brassica oleraces* L.) en el rendimiento en condiciones edafoclimáticas de San Nicolás-Ancash-2014. Tesis Ing. Agrónomo. San Nicolás, Ancash. 53 p.
- González Lucero, EE. 2010. Evaluación de la productividad de tres cultivares de repollo (*Brassica oleracea* L. var. capitata) al aire libre, en Valdivia (en línea). Chile. Consultado 1 oct. 2018. Disponible en <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2010/fag643e/doc/fag643e.pdf>
- Huertas Zapana, MC. 2016. Evaluación de rendimiento de quinua orgánica (*Chenopodium quinoa* L.) C.v. Real, bajo sistemas de riego por gravedad y goteo en las condiciones edafoclimáticas de Huambo, provincia de Caylloma, región Arequipa (en línea). Tesis Ing. Agrónomo. Arequipa, Perú. Consultado 4 oct. 2018. Disponible en

<http://tesis.ucsm.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/UCSM/5917/4I.0277.AG.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Illatopa Espinoza, Dalila. 2012. Efecto de los abonos orgánicos en el rendimiento del cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* L.) var. Itálica en condiciones edafoclimáticas en el instituto de investigación frutícola olerícola de Cayhuayna-Huánuco 2012. Tesis Ing. Agrónomo. Cayhuayna, Huánuco. 60 p.

Infoagro (Sistema de Información del Sector Agropecuario). 2002. Cultivo de brócoli (en línea). Consultado 26 set. 2018. Disponible en <http://www.infoagro.com/hortalizas/brócoli.htm>.

Intagri (Instituto para la Innovación Tecnológica en la Agricultura). (2017). La evapotranspiración de los cultivos (en línea). Consultado 12 jun. 2019. Disponible en <https://www.intagri.com/articulos/agua-riego/laevapotranspiracion-de-los-cultivos>

Jaramillo, J; Díaz, C. 2006. El cultivo de las crucíferas Brocoli, Coliflor, Repollo y Col china (en línea). Colombia. Consultado 1 oct. 2018. Disponible en <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/5478/1/tag304.pdf>

Jiménez García, RJ. 2016. Determinación de los requerimientos hídricos del cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* L. Var. Avenger) bajo condiciones edafoclimáticas del Cantón Riobamba provincia de Chimborazo (en línea). Riobamba, Ecuador. Consultado 4 oct. 2018. Disponible en <https://bit.ly/2PbrLEn>

Martínez Cob, A. 2004. Necesidades hídricas en cultivos hortícolas (en línea). España. Consultado 10 agos. 2019. Disponible en <http://www.horticom.com?56341>.

Pagalo-Tacuri, HM. 2014. Efectos del humus de lombriz y bocashi en tres híbridos de col (*Brássica olerácea*), en la parroquia Calpi, provincia de Chimborazo (en línea). Tesis Ing. Agrónomo. Ecuador. Consultado 1 dic. 2018.

- Pazmiño Galeas, JA. 2014. Evaluación de tres métodos de fertilización orgánica para el mejoramiento de la producción en el cultivo de col (*Brassica oleracea*) en la Granja del Colegio Técnico Agropecuario Chunchi (en línea). Tesis Mg Sc en Agroecología y Ambiente. Ambato, Ecuador. Consultado 4 oct. 2018. Disponible en <http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/7693/1/tesis->
- Porrás Jorge, ZR. 2015. Evaluación del sistema de riego por goteo y exudación en el cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa* willd) en el INIA, La Molina (en línea). Tesis Ing. Agrónomo. Lima, Perú. Consultado 4 oct. 2018. Disponible en <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/1841/F06-P6-T.pdf?sequence=6&isAllowed=y>
- Rivadeneira, YE; Muñoz, EC; Burbano, LL; Benavides, O. 1993. Evaluación de seis láminas de riego por goteo en el cultivo de repollo *Brassica oleracea* var. Capitata y lechuga *Lactuca sativa* en la granja de Botana, Pasto, Nariño. Revista Ciencias Agrícolas, 12. <https://bit.ly/2PbrLEn>
- Smit, M. 1993. Cropwat: Programa de ordenador para planificar y manejar el riego. FAO (en línea). Roma, Italia. 133 p. Consultado 14 set. 2019. Disponible en <http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=MIAGRO.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=003598>
- Ticona Apaza, Y. 2013. Determinación del bulbo húmedo con goteros de diferente caudal en dos suelos, La Molina, Lima y Virú, Trujillo (en línea). Tesis Ing. Agrónomo. Lima, Perú. Consultado 4 oct. 2018. Disponible en <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/1845/F06.T5-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Trezza, R. 2015. Cropwat para Windows (en línea). Consultado 15 set. 2019. Disponible en [http://webdelprofesor.ula.ve/nucleotrujillo/rtrezza/CROPWAT\\_MANUAL.pdf](http://webdelprofesor.ula.ve/nucleotrujillo/rtrezza/CROPWAT_MANUAL.pdf)
- Vallejo López, ZE. 2013. Evaluación de siete variedades de brócoli (*Brassica oleracea* var. Itálica) en dos localidades de Pichincha (en línea). Tesis Ing.

Agrónomo. Quito, Ecuador. Consultado 26 set. 2018. Disponible en <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/1386/1/T-UCE-0004-28.pdf>

Vásquez, L. 1997. Cambio climático, incidencia de plagas y prácticas agroecológicas resilientes. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA).

Yumbo Grefa, Jailli. 2019. Evaluación de tres métodos para determinar los requerimientos hídricos en el cultivo de zanahoria (*Daucus carota* L.) Var. Chantenay en Macají, Cantón Riobamba, provincia de Chimborazo (en línea). Tesis Ing. Agrónomo. Riobamba, Ecuador. Consultado 4 oct. 2018. Disponible en <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/10353>

**ANEXO**



**Cuadro N° 01:** Requerimiento hídrico en la etapa inicial según los cultivos mm/decena.

CULTIVOS	TRATAMIENTOS	BLOQUES		Σ T
		I	II	
BROCOLI	T1	33.12	33.12	66.24
COL	T2	33.12	33.12	66.24
BROCOLI	T3	27.6	27.6	55.20
COL	T4	27.6	27.6	55.20
BROCOLI	T5	22.08	22.08	44.16
COL	T6	22.08	22.08	44.16
Σ R		165.60	165.60	331.20

**Cuadro N° 02:** Requerimiento hídrico en la etapa de desarrollo según los cultivos mm/decena.

CULTIVOS	TRATAMIENTOS	BLOQUES		Σ T
		I	II	
BROCOLI	T1	53.04	53.04	106.08
COL	T2	53.04	53.04	106.08
BROCOLI	T3	44.2	44.2	88.40
COL	T4	44.2	44.2	88.40
BROCOLI	T5	35.36	35.36	70.72
COL	T6	35.36	35.36	70.72
Σ R		265.20	265.20	530.40

**Cuadro N° 03:** Requerimiento hídrico en la etapa intermedia según los cultivos mm/decena.

CULTIVOS	TRATAMIENTOS	BLOQUES		Σ T
		I	II	
BROCOLI	T1	72.00	72.00	144.00
COL	T2	72.00	72.00	144.00
BROCOLI	T3	60.00	60.00	120.00
COL	T4	60.00	60.00	120.00
BROCOLI	T5	48.00	48.00	96.00
COL	T6	48.00	48.00	96.00
Σ R		360.00	360.00	720.00

**Cuadro N° 04:** Requerimiento hídrico en la etapa final según los cultivos mm/decena.

CULTIVOS	TRATAMIENTOS	BLOQUES		Σ T
		I	II	
BROCOLI	T1	72.78	72.78	145.56
COL	T2	72.78	72.78	145.56
BROCOLI	T3	60.65	60.65	121.30
COL	T4	60.65	60.65	121.30
BROCOLI	T5	48.52	48.52	97.04
COL	T6	48.52	48.52	97.04
Σ R		363.90	363.90	727.80

**Cuadro N° 05:** Lámina de riego en la etapa inicial (mm/decena).

CULTIVOS	TRATAMIENTOS	BLOQUES		Σ T
		I	II	
BROCOLI	T1	13.68	13.68	27.36
COL	T2	13.68	13.68	27.36
BROCOLI	T3	11.4	11.4	22.80
COL	T4	11.4	11.4	22.80
BROCOLI	T5	9.12	9.12	18.24
COL	T6	9.12	9.12	18.24
Σ R		68.40	68.40	136.80

**Cuadro N° 06:** Lámina de riego en la etapa de desarrollo (mm/decena).

CULTIVOS	TRATAMIENTOS	BLOQUES		Σ T
		I	II	
BROCOLI	T1	45.24	45.24	90.48
COL	T2	45.24	45.24	90.48
BROCOLI	T3	37.7	37.7	75.40
COL	T4	37.7	37.7	75.40
BROCOLI	T5	30.16	30.16	60.32
COL	T6	30.16	30.16	60.32
Σ R		226.20	226.20	452.40

**Cuadro N° 07:** Lámina de riego en la etapa intermedia (mm/decena).

CULTIVOS	TRATAMIENTOS	BLOQUES		Σ T
		I	II	
BROCOLI	T1	71.94	71.94	<b>143.88</b>
COL	T2	71.94	71.94	<b>143.88</b>
BROCOLI	T3	59.95	59.95	<b>119.90</b>
COL	T4	59.95	59.95	<b>119.90</b>
BROCOLI	T5	47.96	47.96	<b>95.92</b>
COL	T6	47.96	47.96	<b>95.92</b>
Σ R		<b>359.70</b>	<b>359.70</b>	<b>719.40</b>

**Cuadro N° 08:** Lámina de riego en la etapa final (mm/decena).

CULTIVOS	TRATAMIENTOS	BLOQUES		Σ T
		I	II	
BROCOLI	T1	72.78	72.78	<b>145.56</b>
COL	T2	72.78	72.78	<b>145.56</b>
BROCOLI	T3	60.65	60.65	<b>121.30</b>
COL	T4	60.65	60.65	<b>121.30</b>
BROCOLI	T5	48.52	48.52	<b>97.04</b>
COL	T6	48.52	48.52	<b>97.04</b>
Σ R		<b>363.90</b>	<b>363.90</b>	<b>727.80</b>

**Cuadro N° 09:** Número de hojas por planta.

CULTIVOS	TRATAMIENTOS	BLOQUES		Σ T
		I	II	
BROCOLI	T1	21.70	22.30	<b>44.00</b>
COL	T2	20.20	20.10	<b>40.30</b>
BROCOLI	T3	20.80	21.20	<b>42.00</b>
COL	T4	20.90	21.30	<b>42.20</b>
BROCOLI	T5	20.00	19.90	<b>39.90</b>
COL	T6	18.70	19.00	<b>37.70</b>
Σ R		<b>122.30</b>	<b>123.80</b>	<b>246.10</b>

**Cuadro N° 10:** Peso de pellas por planta.

CULTIVOS	TRATAMIENTOS	BLOQUES		Σ T
		I	II	
BROCOLI	T1	359.50	353.20	<b>712.70</b>
COL	T2	1542.70	1558.10	<b>3100.80</b>
BROCOLI	T3	330.30	327.40	<b>657.70</b>
COL	T4	1584.70	1593.50	<b>3178.20</b>
BROCOLI	T5	244.90	249.50	<b>494.40</b>
COL	T6	1386.90	1379.10	<b>2766.00</b>
Σ R		<b>5449.00</b>	<b>5460.80</b>	<b>10909.80</b>

**Cuadro N° 11:** Diámetro ecuatorial de pellas por planta.

CULTIVOS	TRATAMIENTOS	BLOQUES		Σ T
		I	II	
BROCOLI	T1	40.20	39.56	<b>79.76</b>
COL	T2	52.32	51.85	<b>104.17</b>
BROCOLI	T3	36.71	37.37	<b>74.08</b>
COL	T4	54.47	54.15	<b>108.62</b>
BROCOLI	T5	34.53	33.83	<b>68.36</b>
COL	T6	46.62	47.12	<b>93.74</b>
Σ R		<b>264.85</b>	<b>263.88</b>	<b>528.73</b>

**Cuadro N° 12:** Rendimiento por área neta experimental.

CULTIVOS	TRATAMIENTOS	BLOQUES		Σ T
		I	II	
BROCOLI	T1	12.58	12.36	<b>24.94</b>
COL	T2	53.99	54.53	<b>108.53</b>
BROCOLI	T3	11.56	11.46	<b>23.02</b>
COL	T4	55.46	55.77	<b>111.24</b>
BROCOLI	T5	8.57	8.73	<b>17.30</b>
COL	T6	48.54	48.27	<b>96.81</b>
Σ R		<b>190.72</b>	<b>191.13</b>	<b>381.84</b>

**Cuadro N° 13:** Rendimiento por hectárea.

CULTIVOS	TRATAMIENTOS	BLOQUES		Σ T
		I	II	
BROCOLI	T1	11.23	11.04	22.27
COL	T2	48.21	48.69	96.90
BROCOLI	T3	10.32	10.23	20.55
COL	T4	49.52	49.80	99.32
BROCOLI	T5	7.65	7.80	15.45
COL	T6	43.34	43.10	86.44
Σ R		170.28	170.65	340.93

**Cuadro N° 14:** Costos de producción por hectárea - brócoli.

Lugar: Cayhuayna - CIFO - Huánuco	Área 10000 m <sup>2</sup>			
Cultivo: Brócoli var. Avenger	Ciclo de cultivo 80 a 85 días			
Actividades	Unidad de medida	Cantidad	Costo unitario (s/.)	Costo total (s/.)
<b>A. COSTOS DIRECTOS (C.D)</b>				
<b>1. Preparación de terreno</b>				
Roturación	Horas	3.5	75.00	262.50
Mullido	Horas	1.5	75.00	112.50
Nivelado	Horas	1.5	75.00	112.50
Surcado	Horas	1.5	75.00	112.50
Subtotal				600.00
<b>2. Mano de obra en labores agronómicas</b>				
Trasplante	Jornal	5	20.00	100.00
Repique	Jornal	1	20.00	20.00
Subtotal				120.00
<b>3. Mano de obra en labor cultural</b>				
Riegos	Jornal	40	20.00	800.00
Deshierbo	Jornal	20	20.00	400.00
Nutrición	Jornal	10	20.00	200.00
Aporque	Jornal	16	20.00	320.00
Cosecha	Jornal	10	20.00	200.00
Control fitosanitario	Jornal	10	20.00	200.00
Subtotal				2120.00
<b>4. Insumos y materiales</b>				

° Planta				
Brócoli	Millar	31.25	110.00	3437.50
° Fertilizante				
Fosfato Monoamónico	Bolsa 50 Kg.	4.6	85.00	391.00
Sulfato de Potasio	Bolsa 50 Kg.	4.54	120.00	544.80
Urea	Bolsa 50 Kg.	5.42	72.00	390.24
° Fungicida				
Protexin	Lt.	1/2	60.00	30.00
° Insecticida				
Cigarral	Gr.	200	70.00	70.00
Famos	Lt.	1	165.00	165.00
Karate Zeon	Lt.	1/2	216.00	108.00
° Cebo				
Khalizon	Kg.	1	54.00	54.00
° Bolsa	Unidad	600	0.30	180.00
Subtotal				5370.54
1+2+3+4= Total de Costos Directos				<b>8210.54</b>
<b>B. COSTOS INDIRECTOS (C.I)</b>				
1. Imprevistos 3 % C.D		0.03	%	246.32
1. Subtotal				246.32
1= Total Costo Indirecto				<b>246.32</b>
<b>Costo total= C.D+C.I</b>				<b>8457</b>

**Cuadro N° 15:** Costos de producción por hectárea - col.

Lugar: Cayhuayna - CIFO - Huánuco		Área 10000 m2		
Cultivo: Col var. Fuyotoyo		Ciclo de cultivo 85 días		
Actividades	Unidad de medida	Cantidad	Costo unitario (s/.)	Costo total (s/.)
<b>A. COSTOS DIRECTOS (C.D)</b>				
<b>1. Preparación de terreno</b>				
Roturación	Horas	3.5	75.00	262.50
Mullido	Horas	1.5	75.00	112.50
Nivelado	Horas	1.5	75.00	112.50
Surcado	Horas	1.5	75.00	112.50
Subtotal				600.00

<b>2. Mano de obra en labores agronómicas</b>				
Trasplante	Jornal	5	20.00	100.00
Repique	Jornal	1	20.00	20.00
Subtotal				120.00
<b>3. Mano de obra en labor cultural</b>				
Riegos	Jornal	40	20.00	800.00
Deshierbo	Jornal	20	20.00	400.00
Nutrición	Jornal	10	20.00	200.00
Aporque	Jornal	16	20.00	320.00
Cosecha	Jornal	10	20.00	200.00
Control fitosanitario	Jornal	10	20.00	200.00
Subtotal				2120.00
<b>4. Insumos y materiales</b>				
° Planta				
Col	Millar	31.25	70.00	2187.50
° Fertilizante				
Fosfato Monoamónico	Bolsa 50 Kg.	4.6	85.00	391.00
Sulfato de Potasio	Bolsa 50 Kg.	4.54	120.00	544.80
Urea	Bolsa 50 Kg.	5.42	72.00	390.24
° Fungicida				
Protexin	Lt.	1/2	60.00	30.00
° Insecticida				
Cigarral	Gr.	200	70.00	70.00
Famos	Lt.	1	165.00	165.00
Karate Zeon	Lt.	1/2	216.00	108.00
° Cebo				
Khalizon	Kg.	1	54.00	54.00
Costal	Unidad	300	1.00	300.00
Hilos				
Subtotal				4240.54
1+2+3+4= Total de Costos Directos				<b>7080.54</b>
<b>B. COSTOS INDIRECTOS (C.I)</b>				
1. Imprevistos 3 % C.D		0.03	%	212.42
1. Subtotal				212.42
1= Total Costo Indirecto				<b>212.42</b>
<b>Costo total= C.D+C.I</b>				<b>7293</b>



**Figura N°01:** Muestreo de suelo.



**Figura N°02:** Muestreo de suelo.



**Figura N° 03:** Preparación del terreno.



**Figura N° 04:** Preparación del terreno.



**Figura N° 05:** Surcado.



**Figura N° 06:** Delimitación de las sub parcelas.





**Figura N° 07:** Trasplante de plantines de col y brócoli.



**Figura N° 08:** Fertilización.



**Figura N° 09:** Desarrollo vegetativo de los cultivos.



**Figura N° 10:** Desarrollo vegetativo de los cultivos.



**Figura N° 11:** Riego por goteo.



**Figura N° 12:** Riego por goteo.



**Figura N° 13:** Desarrollo vegetativo de los cultivos.



**Figura N° 14:** Control fitosanitario (aplicación y trampas)



**Figura N° 15:** Producción – brócoli.



**Figura N° 16:** Producción – col.



**Figura N° 17:** cosecha.



**Figura N° 18:** Cosecha.



**Figura N° 19:** Toma de datos.



**Figura N° 20:** Evaluaciones.



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**  
**FACULTAD DE AGRONOMÍA**  
 LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELO Y PLANTAS



## ANÁLISIS DE AGUA

SOLICITANTE : NIDIO MILK JORGE AQUINO  
 PROCEDENCIA : HUANUCO/ HUANUCO/ CAYHUAYNA  
 REFERENCIA : H.R. 67458  
 BOLETA : 2721

No. Laboratorio		156
No. Campo		Muestra AR-02
AGUA DE RIEGO DEL CIFO		
pH		6.61
C.E.	dS/m	0.17
Calcio	meq/L	1.02
Magnesio	meq/L	0.35
Potasio	meq/L	0.10
Sodio	meq/L	0.35
SUMA DE CATIONES		1.82
Nitratos	meq/L	0.01
Carbonatos	meq/L	0.00
Bicarbonatos	meq/L	1.14
Sulfatos	meq/L	0.40
Cloruros	meq/L	0.30
SUMA DE ANIONES		1.85
Sodio	%	19.22
RAS		0.42
Boro	ppm	0.08
Clasificación		C3-S1



Av. La Molina s/n-La Molina, Lima-Perú  
 Teléfono: 614 7800 Anexo:222 Teléfono Directo: 349 5622  
 e.mail: labsuelo@la.molina.edu.pe

Figura N° 21: Análisis de agua.



## UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

AV. UNIVERSITARIA S/N - CARRETERA CENTRAL KM 1.21 - TINGO MARIA - CELULAR 941531359

Facultad de Agronomía - Laboratorio de Análisis de Suelos

[analisisdesuelos@unhnu.edu.pe](mailto:analisisdesuelos@unhnu.edu.pe)



# ANALISIS DE SUELOS

SOLICITANTE:		NIDIO MILIK JORGE AQUINO						PROCEDENCIA				CIFO - UNHEVAL HUANUCO										
N°	COD. LAB.	DATOS	ANÁLISIS MECÁNICO				pH	M.O.	N	P	K	C/C	CAMBIABLES Cmol(-)/kg									
			Arena	Arcilla	Limo	Textura							Ca	Mg	K	Na	Al	H	C/Ce	%	%	%
CULTIVO ANTERIOR	%	%	%	1:1	%	%	ppm	ppm	Bas. Camb.	Ac. Camb.	Sat. Al											
12	S4534	MAIZ	63	18	19	Franco Arenoso	7.92	2.37	0.11	8.23	88.96	15.30	12.86	2.08	0.13	0.23	-	-	-	100.00	0.00	0.00

MUESTREADO POR EL SOLICITANTE  
RECIBO N° 001-0561172  
TINGO MARIA 11 DE DICIEMBRE 2018

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA  
LAB. ANALISIS DE SUELOS

*Luis G. Mansilla*  
Ing. Luis G. Mansilla Mireya  
JEFE



Figura N° 22: Análisis de suelo.



## MÉTODOS ANALÍTICOS

01. Análisis Mecánico. Textura por el método del hidrómetro
02. pH método del potenciómetro (SARTORIUS-Alemania), relación suelo - agua 1:1
03. C.E: Conductímetro – Extracto Acuoso 1:1
04. Materia orgánica: Método de Walkey y Black
05. Nitrógeno Total: Micro Kjeldahl
06. Fosforo disponible: Método de Olsen modificado. Extracto de  $\text{NHCO}_3$  0.5M, pH 8.5
07. Potasio Disponible: Método de acetato de amonio 1N. pH 7.0
08. Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC): Método de acetato de amonio 1N. pH 7.0  
 Ca: Absorción atómica  
 Mg: Absorción atómica  
 K : Absorción atómica  
 Na: Absorción atómica
09. C.I.C efectiva: Desplazamiento con KCl 1N (Suelos en pH < 5.6)  
 Aluminio más Hidrógeno: Método de Yuan.
10. Plomo y Cadmio disponible: Absorción Atómica
11. Extracción de cadmio total: Vía Húmeda, determinación de Cd: EAA



Figura N° 23: Análisis de suelo.