

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS  
FACULTAD DE AGRONOMÍA  
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**



**TESIS DE GRADO**

**EVALUACIÓN DE DOS VARIEDADES DE PEREJIL (*Petroselinum sativum Hoffm.*)  
EN TRES DENSIDADES BAJO LA TÉCNICA HIDROPÓNICA RAÍZ FLOTANTE EN  
EL CENTRO EXPERIMENTAL DE COTA COTA**

**SILVIA EUGENIA HUAYHUA LIMACHI**

**LA PAZ, BOLIVIA**

**2023**

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS  
FACULTAD DE AGRONOMÍA  
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**

**EVALUACIÓN DE DOS VARIEDADES DE PEREJIL (*Petroselinum sativum Hoffm.*)  
EN TRES DENSIDADES BAJO LA TÉCNICA HIDROPÓNICA RAÍZ FLOTANTE EN  
EL CENTRO EXPERIMENTAL DE COTA COTA**

*Tesis de Grado presentada como requisito parcial  
para optar el título de Ingeniero Agrónomo*

**Silvia Eugenia Huayhua Limachi**

**Asesor:**

Ing. M. Sc Freddy Antonio Cadena Miranda .....

**Revisores:**

Ing. Williams Alex Murillo Oporto .....

Ing. Luis Humberto Ortuño Rojas .....

Ing. René Calatayud Valdez .....

**La Paz - Bolivia**

**2023**

## DEDICATORIA

*A mi hijo Yuan Gabiel quien es mi orgullo y mi gran motivación, por darme la fuerza para seguir adelante y no rendirme ante las adversidades.*

*A mi madre Eliza Limachi (Q.E.P.D.) por su apoyo constante y la confianza depositada a lo largo de mis estudios.*

*A mi hermano. Miguel Ángel (Q.E.P.D.) por su apoyo incondicional para lograr una meta más en mi vida.*

## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar Agradecer a Dios quien me ha dado la fortaleza y guiarme a lo largo de mi vida. Agradecer a mi familia, a mi padre Guillermo Huayhua y mi madre Eliza Limachi (Q.E.P.D.) por brindarme todo su cariño, dedicación y su apoyo incondicional a lo largo de mi formación personal y a mis hermanos Freddy Williams, Miguel Ángel (Q.E.P.D.) y Génesis.

A la Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía- Ingeniería Agronómica por haberme acogido y formado en sus aulas durante los años de estudio y al plantel docente por brindarme sus conocimientos en mi formación.

Al Centro Experimental de Cota Cota por permitirme la realización y proporcionarme las facilidades para la ejecución de este trabajo de investigación, a todos los compañeros(as), quienes me brindaron su amistad, su colaboración y compañerismo.

Agradecer a mi asesor Ing. M.Sc Freddy Antonio Cadena Miranda por todo el apoyo, conocimiento, orientación y sus correcciones para la culminación de mi tesis de grado.

Agradecer a mis revisores Ing. Williams Alex Murillo Oporto, Ing. Luis Humberto Ortuño Rojas e Ing. Rene Calatayud Valdés por la revisión y corrección que hicieron posible la conclusión del documento final.

A todos ellos mis más sinceros agradecimientos.

## CONTENIDO DE LA INVESTIGACIÓN

ÍNDICE GENERAL.....	VI
ÍNDICE DE TABLAS.....	XI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XIII
ÍNDICE DE ANEXOS.....	XIV
RESUMEN.....	XV
ABSTRAC.....	XVI

## INDICE GENERAL

ABSTRACT.....	XVI
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. OBJETIVOS.....	3
2.1    Objetivo General.....	3
2.2    Objetivos Específicos.....	3
3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	4
3.1. Importancia de los Cultivos de Hoja.....	4
3.2. Descripción del Cultivo de Perejil.....	4
3.2.1. Origen del Perejil.....	4
3.2.2 Clasificación Taxonómica.....	5
3.2.3 Características Botánicas.....	5
3.2.4. Variedades de perejil.....	9
3.2.4.1. Variedad Hoja Lisa Italian darkgreen.....	9
3.2.4.2. Variedad Hoja Crespa Forrets green.....	9
3.2.5. Características Nutricionales del Perejil.....	9
3.2.5.1. Valor Medicinal.....	10
3.2.6. Requerimientos del Cultivo del Perejil.....	10
3.2.6.1. Clima.....	10
3.2.7. Manejo del Cultivo.....	11
3.2.7.1. Geminación.....	11
3.2.7.2. Siembra.....	12
3.2.7.3. Densidad de Siembra.....	12
3.2.7.4. Época de Siembra.....	12
3.2.7.5. Cosecha.....	13

3.2.7.6. Post Cosecha .....	13
3.3. Rendimiento del Cultivo .....	14
3.4. Cultivo Sin Suelo .....	15
3.5. Origen de la Hidroponía .....	15
3.6. Cultivo Hidropónico.....	16
3.6.1. Ventajas y Desventajas del Cultivo Hidropónico. ....	17
3.6.1.1. Ventajas del Cultivo Hidropónico. ....	17
3.6.1.2. Desventajas del Cultivo Hidropónico. ....	18
3.7. Métodos Hidropónicos .....	18
3.8. Sistema de Raíz Flotante.....	19
3.8.1. Oscuridad.....	20
3.8.1. Oxigenación.....	20
3.8.2.1. Deficiencias de Oxígeno .....	21
3.8.2.2. Métodos de Oxigenación Hidropónica .....	22
3.8.2.3. Demanda Diferenciada de Oxígeno en los Cultivos.....	22
3.8.3. Circulación de la Solución .....	23
3.9. Nutrición de las Plantas. ....	23
3.9.1. Composición de las Plantas.....	23
3.9.2. Nutrientes .....	24
3.9.3. Solución Nutritiva .....	26
3.9.4. Requerimiento de Nutriente Para el Cultivo de Perejil .....	27
3.9.5. Manejo y Control de la Solución Nutritiva .....	27
3.9.6. Duración y Renovación de la Solución Nutritiva .....	27
3.10. Factores que Influyen en el Cultivo Hidropónico .....	28
3.10.1. Temperatura.....	28

3.10.2. pH.....	28
3.10.3. Conductividad Eléctrica .....	29
3.10.4. Agua .....	30
3.10.5. Luz .....	31
3.10.6. Contenedor.....	31
3.11. Invernadero.....	32
3.11.2. Ventajas y Desventajas del Invernadero .....	33
3.11.2.1. Ventajas .....	34
3.11.2.2. Desventajas.....	34
4. LOCALIZACIÓN.....	35
4.1. Ubicación.....	35
4.2 Descripción de la Zona de Estudio.....	36
4.2.1 Características Climáticas .....	36
4.2.2 Vegetación y Pecuaria.....	36
5. MATERIALES Y METODOS .....	37
5.1. Materiales .....	37
5.1.1. Material Biológico.....	37
5.1.2. Material Fertilizante .....	37
5.1.3. Material Químico .....	37
5.1.4. Material de Almacigo .....	38
5.1.5. Material de Almacigo Flotante.....	38
5.1.6. Material del Sistema de Raíz Flotante.....	38
5.1.7. Material de Laboratorio .....	39
5.1.8. Material de Gabinete.....	39
5.1.9. Material de Campo .....	40

5.2. Método.....	40
5.2.1. Almacigo de semilla .....	40
5.2.2. Armado del Sistema Raíz Flotante .....	41
5.2.3. Trasplante en el Sistema Raíz Flotante .....	41
5.2.4. Análisis del Agua.....	42
5.2.5. Formulación Nutricional del Cultivo de Perejil .....	42
5.2.5.1. Diseño Experimental .....	43
5.2.5.2. Factores de Estudio.....	43
5.2.5.3. Modelo Aditivo Lineal .....	44
5.2.5.4. Croquis Experimental .....	45
5.2.5.5. Distribución del Área Experimental.....	45
5.2.6 Variables de Respuesta .....	46
5.2.6.1. Altura de Planta (cm).....	46
5.2.6.2. Número de Hojas .....	46
5.2.6.3. Volumen de Raíz (c).....	46
5.2.6.4. Longitud de Raíz (cm) .....	46
5.2.6.5. Rendimiento (kg/m <sup>2</sup> ).....	46
5.2.7. Análisis Económico .....	46
5.2.7.1 Rendimiento Ajustado (RA) .....	47
5.2.7.2. Beneficio Bruto (BB) .....	47
5.2.7.3. Costos Fijos (CF) .....	47
5.2.7.4. Costos Variables (CV) .....	47
5.2.7.5. Costos Totales (CT) .....	47
5.2.7.6. Beneficio Neto (BN).....	47
5.2.7.7. Relación Beneficio y Costo (B/C) .....	48

6. RESULTADOS Y DISCUSIONES .....	49
6.1. Altura de la Planta Primer Corte (cm).....	49
6.2. Altura de la Planta Segundo Corte (cm).....	53
6.4. Numero de Hojas Segundo Corte .....	59
6.5. Rendimiento Primer Corte (Kg/m <sup>2</sup> ).....	62
6.6. Rendimiento Segundo Corte (kg).....	66
6.7. Volumen de la Raíz (cc).....	69
6.8. Largo de Raíz (cm) .....	70
6.10. Rendimiento Ajustado (RA).....	72
6.11. Beneficio Bruto (BB) .....	73
6.12. Costos Variables (CV) .....	74
6.13. Costos fijos (CF) .....	74
6.14. Costos Totales (CT).....	76
6.15. Beneficio Neto (BN) .....	76
6.16. Relación Beneficio Costo (Bs/año).....	77
7. CONCLUSIONES .....	79
8. RECOMENDACIONES .....	81
9. BIBLIOGRAFIA.....	82
ANEXOS.....	89

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b>	Clasificación taxonómica del perejil. ....	5
<b>Tabla 2</b>	Técnicas Hidropónicas.....	19
<b>Tabla 3</b>	Descripción de los Macronutrientes. ....	25
<b>Tabla 4</b>	Descripción de los micronutrientes. ....	25
<b>Tabla 5</b>	Requerimiento de nutriente del perejil.....	27
<b>Tabla 6</b>	Tolerancia de los cultivos a las sales. ....	30
<b>Tabla 7</b>	Formulación de nutrientes para el cultivo de perejil para 1700 L.....	42
<b>Tabla 8</b>	Descripción de los Factores de estudio.....	43
<b>Tabla 9</b>	Descripción de las combinaciones del tratamiento.....	44
<b>Tabla 10</b>	Análisis de varianza de la altura de planta, primer corte. ....	49
<b>Tabla 11</b>	Comparación de medias para Variedades, Duncan para la variable altura de planta primer corte. ....	50
<b>Tabla 12</b>	Comparación de medias Duncan densidades, variable altura de planta primer corte.....	51
<b>Tabla 13</b>	Comparaciones de medias de la interacción entre variedades y densidades del perejil para la variable altura de planta primer corte. ....	52
<b>Tabla 14</b>	Análisis de varianza altura de planta segundo corte. ....	53
<b>Tabla 15</b>	Comparación de medias para Variedades, Duncan para la variable altura de planta segundo corte. ....	54
<b>Tabla 16</b>	Comparación de medias Duncan densidades, variable altura de planta segundo corte. ....	55
<b>Tabla 17</b>	Análisis de varianza de número de hojas, primer corte.....	57
<b>Tabla 18</b>	Comparación de medias para Variedad, Duncan para la variable número de hojas primer corte. ....	58
<b>Tabla 19</b>	Análisis de varianza de número de hojas, segundo corte. ....	60
<b>Tabla 20</b>	Comparación de medias para Variedades, Duncan para la variable número de hojas segundo corte.....	61
<b>Tabla 21</b>	Análisis de varianza de Rendimiento, primer corte. ....	63

<b>Tabla 22</b> Comparación de medias para Variedades, Duncan para la variable rendimiento primer corte. ....	63
<b>Tabla 23</b> Comparación de medias Duncan densidades, variable rendimiento primer corte.....	64
<b>Tabla 24</b> Análisis de varianza de Rendimiento, segundo corte .....	66
<b>Tabla 25</b> Comparación de medias Duncan densidades, variable rendimiento segundo corte.....	67
<b>Tabla 26</b> Análisis de varianza del volumen de la raíz. ....	69
<b>Tabla 27</b> Análisis de varianza de lago de la raíz.....	70
<b>Tabla 28</b> Rendimiento ajustado para una campaña.....	72
<b>Tabla 29</b> Beneficio bruto anual. ....	73
<b>Tabla 30</b> Costos variables .....	74
<b>Tabla 31</b> Material para el Sistema de Raíz Flotante (piscina). ....	75
<b>Tabla 32</b> Material para la instalación del sistema de oxigenación.....	75
<b>Tabla 33</b> Costos totales. ....	76
<b>Tabla 34</b> Beneficios netos anuales. ....	76
<b>Tabla 35</b> Beneficio costo anual.....	77

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b>	Ubicación del área de estudio, Centro Experimental Cota Cota. ....	35
<b>Figura 2</b>	Distribución de los tratamientos y sus repeticiones. ....	45
<b>Figura 3</b>	Altura de planta primer corte – variedad. ....	50
<b>Figura 4</b>	Altura de planta primer corte – densidad. ....	51
<b>Figura 5</b>	Altura de planta segundo corte – variedad. ....	54
<b>Figura 6</b>	Altura de planta segundo corte – densidad. ....	55
<b>Figura7</b>	Promedio de altura de planta por variedad y densidad de siembra, primera y segunda cosecha. ....	56
<b>Figura 8</b>	Número de hojas primer corte – variedad. ....	59
<b>Figura 9</b>	Promedio de número de hojas por densidad de siembra, primer y segundo corte. ....	62
<b>Figura 10</b>	Rendimiento del cultivo de perejil primer corte – variedad. ....	64
<b>Figura 11</b>	Rendimiento del cultivo de perejil primer corte – densidad. ....	65
<b>Figura 12</b>	Número de hojas segundo corte – densidad. ....	67
<b>Figura 13</b>	Efecto de las diferentes cosechas sobre el rendimiento ....	68

## INDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1</b>	Detalles del análisis de varianza de la variable altura de planta .....	90
<b>Anexo 2</b>	Detalles del análisis de varianza de la variable número de hojas. ....	92
<b>Anexo 3</b>	Detalles del análisis de varianza de la variable Rendimiento.....	95
<b>Anexo 4</b>	Detalles del análisis de varianza de la variable Volumen de raíz.....	97
<b>Anexo 5</b>	Detalles del análisis de varianza de la variable largo de raíz.....	97
<b>Anexo 6</b>	Temperaturas máximas y mínimas tomadas todo el ciclo del cultivo.....	99
<b>Anexo 7</b>	Semilla de dos variedades de perejil .....	101
<b>Anexo 8</b>	Hojas de las variedades del perejil.....	102
<b>Anexo 9</b>	Estructuras del sistema raíz flotante.....	102
<b>Anexo 10</b>	Bandejas de almácigo en piscinas .....	103
<b>Anexo 11</b>	Trasplante y mar veteó del cultivo de perejil.....	104
<b>Anexo 12</b>	Crecimiento de las plantas de perejil .....	104
<b>Anexo 13</b>	Toma de datos de la temperatura y conductividad .....	105
<b>Anexo 14</b>	Raíces Flotantes del cultivo de perejil .....	105
<b>Anexo 15</b>	Altura de la planta y cosecha del cultivo de perejil .....	106
<b>Anexo 16</b>	Comercialización del perejil.....	106
<b>Anexo 17</b>	Material utilizado en todo el proceso de la investigación .....	107
<b>Anexo 18</b>	Análisis de agua.....	108

## RESUMEN

El presente trabajo se realizó en el Centro Experimental de Cota Cota de la Facultad de Agronomía, perteneciente a la Universidad Mayor de San Andrés. Se utilizó una superficie de 12 m<sup>2</sup> para la siembra en el sistema hidropónico de raíz flotante con dos variedades de perejil.

La finalidad de la investigación fue, evaluar dos variedades de perejil; *Italian darkgreen* y *Forrets green*, aplicando tres densidades D1= 10 cm x 10 cm; D2 = 15 cm x 15 cm; D3 = 20 cm x 20 cm entre plantas. Se empleó un diseño completamente al azar con un arreglo Bi factorial, la distribución se realizó en 6 tratamientos y 3 repeticiones habiendo en total 18 unidades experimentales y cada una de ellas con diferente número de plantas.

Las variables de respuesta fueron altura de planta, número de ramas por planta, rendimiento se evaluaron tanto en el primer como en el segundo corte. El volumen de raíz y largo de raíz son las variables que se tomaron solo en el segundo corte

Los resultados obtenidos son; altura de planta, primer corte se encontró la mayor altura promedio de 24,77cm; segundo corte de 27,83 cm, son superiores al resto de los demás tratamientos. Para la variable número de hojas por planta en el primer corte, se encontró el mayor promedio de 5,73 hojas; segundo corte obtuvo 5,17 hojas.

Para el rendimiento se obtuvo el mayor promedio en el primer corte de 2,12 kg/m<sup>2</sup>; segundo corte con 1.77 kg/m<sup>2</sup>. Concluyendo que hubo diferencias significativas entre los tratamientos en cuanto a las variables que se evaluaron. En beneficio costo, el tratamiento que logro el mejor beneficio costo y es teóricamente rentable fue la variedad *lisa* en combinación con D1 (10 cm \*10cm), teniendo una recuperación de 0,86 Bs por cada boliviano invertido.

## ABSTRACT

The present work is carried out in the Cota Cota Experimental Center of the Faculty of Agronomy, belonging to the Universidad Mayor de San Andrés. An area of 12 m<sup>2</sup> was obtained for sowing in the floating root hydroponic system with two varieties of parsley .

The purpose of the research it was, evaluate two varieties; *Italian darkgreen*, *Forrets Green*, applying three densities D1= 10 cm x 10 cm were evaluated; D2 = 15cm x 15cm; D3 = 20 cm x 20 cm between plants. A completely randomized design with a bifactorial arrangement was used, the distribution was made in 6 treatments and 3 repetitions, having a total of 18 experimental units and each one of them with a different number of plants.

The response variables were plant height, number of branches per plant, yield were evaluated both in the first and in the second cut. The root volume and root length are the variables that were taken only in the second cut.

The results obtained are; plant height, first cut the highest average height of 24.77cm was found; second cut of 27.83 cm, are superior to the rest of the other treatments. For the variable number of sheet per plant in the first cut, the highest average of 5.73 sheet was found; second cut obtained 5.17 sheet.

For yield, the highest average was obtained in the first cut of 2.12 kg/m<sup>2</sup>; second cut with 1.77 kg/m<sup>2</sup>. Concluding that there were significant differences between the treatments in terms of the variables that were evaluated. In cost benefit, the treatment that achieved the best cost benefit and is theoretically profitable was that of the smooth variety in combination with density 1 (10 cm \* 10 cm), having a recovery of 0,86 Bs per each Bolivian invested.

## 1. INTRODUCCIÓN

El perejil (*Petroselinum sativum*) es originario del Mediterráneo, siendo la hierba más conocida a nivel mundial. Es una de las plantas más sencillas y poco consideradas que existe en la alimentación humana de determinadas zonas del mundo. Es rica en vitaminas A y C más que cualquier otro vegetal, destacándose por su alto contenido de ácido fólico, además de tener propiedades aromáticas.

La producción en Bolivia de perejil es muy importante no solo por su uso en la cocina con preparación de platillos, sino también porque posee propiedades medicinales que sirven para eliminar la retención de líquidos y a depurar los riñones, purifica órganos vitales, ayuda a controlar la hipertensión, es un potente antioxidante, siendo un cultivo adaptable a cualquier clima.

Para el agricultor la producción de hortalizas, representa una importante fuente de beneficio económico por ser productos muy apetecidos; sin embargo la dieta alimenticia de las personas se considera deficiente en vitaminas y elementos minerales por lo que es de suma importancia producir hortalizas para complementar su alimentación y tener perspectivas de ingresos monetarios adicionales.

La hidroponía es vista como una de las más fascinantes ramas de la ciencia agronómica y es responsable de la alimentación y de la generación de ingresos para millones de personas alrededor del mundo. Se vislumbra como una solución a la creciente disminución de las zonas agrícolas producto de la contaminación, la desertificación, el cambio climático y el crecimiento desproporcionado de las ciudades y áreas urbanas.

En este sentido surge la necesidad de mejorar los sistemas de producción que puedan elevar los rendimientos con la adopción de nuevos y mejores sistemas de producción que aprovechen con mayor eficiencia el agua; con pequeñas obras físicas pero con mucha dedicación y constancia, y a costos relativamente más bajos que permitan producir hortalizas frescas y abundantes en pequeños espacios. (Marulanda 1993).

La producción hidropónica hoy en día es la técnica más usada en la producción de hortalizas, en regiones no aptas para su cultivo. Cultivos hidropónicos, término aplicado al cultivo de plantas en soluciones de nutrientes sin emplear la tierra como sustrato. La solución nutritiva que se suministra a las plantas debe de contener todos los nutrientes esenciales que necesita la planta para su desarrollo y producción. Se pueden conseguir soluciones nutritivas comerciales que indican como diluirla para aplicarlas. La solución usada en hidroponía aporta todos los elementos al cultivo estos elementos son: H, O, N, Ca, P, K, Zn, Mg, S, Fe, Cu, Mn, B y Mo.

El objetivo de este tipo de cultivo es obtener la mayor producción posible, en las mejores condiciones técnicas y económicas; igualmente, lo más adaptadas a lo que el mercado exige, haciendo una planificación de cultivo continuo, durante todo el año.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo General**

- Evaluar dos variedades de Perejil (*petroselinum sativum hoffm.*) bajo la técnica hidropónica raíz flotante en el Centro Experimental de Cota Cota.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- Determinar la variedad de perejil que obtuvo el mejor rendimiento en el sistema de raíz flotante.
- Determinar la densidad adecuada para la producción de perejil en el sistema de raíz flotante.
- Realizar un análisis económico (beneficio/costo) de cada tratamiento estudiado..

### **3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

#### **3.1. Importancia de los Cultivos de Hoja.**

Según Infoagro (2005), las hortalizas son una fuente muy rica en nutrientes, vitaminas y otros, los cuales aportan al cuerpo muchos beneficios como ser: reconstrucción de tejidos (proteínas), producir energías (carbohidratos), regular funciones corporales (vitaminas), tener buena digestión (fibras).

Por otro lado Pollock (2003), desde el punto de vista alimenticio, las hortalizas se consideran importantes para la dieta del ser humano por ser una fuente de vitaminas, minerales, carbohidratos y fibras; substancia vegetales indispensables para el desarrollo normal del individuo, sostenimiento de vida y prevención de muchas enfermedades.

#### **3.2. Descripción del Cultivo de Perejil.**

El perejil (*Petroselinum sativum*) de la familia apiaceae es una especie anual, las hojas constituyen el principal órgano de consumo hortícola de la especie. Estas hojas son de peciolo glabro, largo de 10 a 20 cm, y abrasador en la base, y presenta lamina tripinnatisecta, con segmentos ovalados o cuneiformes, en algunas variedades lisos y en otros crespos, de color verde ceniciento a verde oscuro (Souza y Egipsy, 2003).

Por otro lado Heredia (2008), nos dice que el perejil (*Petroselinum sativum*), originario del sur de Europa y el Oriente Medio, es una de las especies foliosas bien valorizada comercialmente y tiene gran aceptación por los consumidores como condimento.

##### **3.2.1. Origen del Perejil**

El perejil (*Petroselinum Sativum*), originario del sur de Europa y el Oriente Medio, es una de las especies foliosas bien valorizada comercialmente y tiene gran aceptación por los consumidores como condimento (Heredia et al., 2008).

Según Maroto (2002), se considera que esta planta es oriunda de la Isla de Cerdeña Italia. El cultivo de perejil por su parte, tuvo su origen en Europa meridional, Argelia y el Líbano, cultivándose desde tiempos remotos.

Morales (2003), nos habla que el perejil es una planta procedente de la región del mediterráneo. Antes del siglo XVI en España e Inglaterra se habían plantado cultivos de perejil, siendo trasladados al continente Americano, Africano y Asiático.

### 3.2.2 Clasificación Taxonómica

Según Morales (2003), indica que la clasificación taxonómica es la siguiente:

**Tabla 1**

Clasificación taxonómica del perejil.

<b>Taxonomía</b>	
<b>Orden:</b>	<i>Apiales</i>
<b>Familia:</b>	<i>Apiaceae</i>
<b>Subfamilia:</b>	<i>Apioideae</i>
<b>Género:</b>	<i>Petroselinum</i>
<b>Especie :</b>	<i>Petroselinum sativum</i>

### 3.2.3 Características Botánicas

La planta de perejil es una planta anual, herbácea y glabra perteneciente a la familia Apiaceae de 15 a 50 cm de altura. Posee 22 cromosomas 2n (Curioni & Mazzini, 2009).

- **Raíz**

Según Pollock (2003), la raíz es pivotante, carnosa, profunda, bien desarrollada, abultada y carnosa con abundantes vellosidades, tiene las raíces similares en gusto y apariencia a las de la zanahoria blanca.

También Maroto (2002), menciona que el sistema radical del perejil cumple con las funciones de amarre y absorción de agua y nutrientes. Esta se caracteriza por ser puntiaguda, larga, voluminosa, blanca, ramificada y aromática, es comestible y puede ser almacenada al ser deshidratada.

Por otro lado Diffloth (2004), nos dice que la variedad *Petroselinum tuberosum* más conocido como el perejil de raíz gruesa, en su desarrollo fenológico alcanza una longitud de 12 -15 cm con un diámetro de 4 – 5 cm. Su epidermis es gris pero el mesocarpio es blanco y con tendencia seca. Se conocen 2 variedades, la temprana de raíces cortas pero gruesas y la tardía de raíces largas pero delgadas.

- **Tallo**

Es firme, rayado, liso y muy ramificado, emerge del suelo en el segundo año de su periodo vegetativo, puesto que al principio es una roseta cerca del suelo. Las umbelas compuestas se derivan del tallo y sus ramas. Su altura es variable va de los 50 a 80cm. Al comenzar el desarrollo de la planta en la finalización del ciclo el tallo, las ramificaciones y botones florales tienden aparecer; permitiendo que la planta llegue a tener alturas superiores de 150cm, para la posterior cosecha de los frutos (Curioni & Mazzini, 2009).

Según Vigliola (2007), el tallo es erecto, estriado y glabro, se desarrolla en el segundo año del cultivo, con alturas variables entre 50 a 80 cm., tanto el tallo principal como las ramificaciones terminan en umbelas compuestas. Al final del ciclo las plantas llegan a alturas superiores a los 150 cm, procediéndose a cosechar los frutos.

La planta de perejil es provista de tallos erguidos, tubulares, el tallo del primer año es compacto, estriado, se desarrolla en el segundo año del cultivo con alturas variables entre 50 a 90 cm, terminando en umbelas compuestas, tanto en el tallo principal como ramificaciones laterales. De largos peciolos, son endentecidas y subdivididas en tres segmentos y de forma ligeramente triangular (Prezzemolo 2013).

- **Hoja**

Presentan peciolo alargados que pueden ser lisos o rizados, puede lograr alturas de 30 cm se caracteriza por presentar hojas alternas, recortadas, de color verde oscuro y ricas en principios aromáticos. El aceite esencial se encuentra en toda la planta pero el de mayor calidad se halla en el ápice de las hojas con un rendimiento mínimo del 0.05% (Morales, 1995).

Según Vigliola (2007), las hojas son 2-3 pinnatisectas con segmentos foliares aovado-cuneados, inciso-dentados, de 7-20 mm, las ubicadas en la parte inferior son pecioladas de 10 a 20 cm, el peciolo es glabro y abrazador en la base, las hojas superiores son similares pero subsesiles; el limbo es generalmente triangular, muy dividido (bipinnados, tripinnatisectos) con lóbulos cuneiformes dentados de color verde oscuro.

- **Flor e Inflorescencia**

El sistema floral del perejil está compuesto de umbelas y umbelulas, las umbelas son largamente pedunculadas, con 0-3 brácteas lineares y 8 a 25 radios, de 1-3cm; 4 a 6 bractéolas linear-lanceoladas y un diámetro de 2 a 5 cm. La polinización presente en el perejil es alogama (polinización cruzada), debido a este tipo de polinización el perejil es considerado una importante especie melífera (Curioni & Mazzini 2009).

- **Fruto**

El fruto es un esquizocarpo (diaquenio) ovalado, sub globoso y estriado de 2,5 a 4mm de longitud, formado por dos mericarpios (semillas) ovoides, comprimidos con cinco costillas filiformes, son de color café - grisáceo y aovadas en forma de hoz; el tegumento de las semillas contiene furanocumarina, que afecta la germinación de la simiente (Jett, 2004).

- **Semilla.**

Según Prezzemolo (2013), comparecen al segundo año de cultivo, llevados de los largos tallos florales, es reunido en umbelas, bastante pequeños y de color blanco verde que comparecen de verano y producen pequeñas semillas. Los frutos son diaquenios que se emplean como semilla, de 3-4 milímetros de diámetro, ovaladas, aplastados de color gris-moreno recorrido por estriaciones verticales comprimido y provisto de cinco costillas, aromáticos; la germinación es muy lenta, el poder germinativo de la semilla comienza a disminuir a partir de los 2 años; el peso de 1000 semillas es de 1,4 g.

La semilla es un esquizocarpo (diaquenio) oval, sub globoso y rayado de 2,5 a 4mm de longitud, formado por dos mericarpios (semillas) ovoides, comprimidos con cinco costillas filiformes, son de color café - grisáceo y aovadas en forma de hoz; las cubiertas de las semillas contiene furanocumarina, que dificulta la germinación de la semilla.

En un gramo de semillas hay aproximadamente 600 - 700 unidades, el poder germinativo se prolongan por un periodo de 2 a 3 años. Las semillas contienen un aceite denominado apiol, toda la planta desprende un olor estimulante y aromático, (Curioni & Mazzini, 2009).

Según Caicedo (1993), la cantidad necesaria para sembrar una hectárea es de 6 libras, recomendándose remojarlas en agua con el fin de obtener una emergencia rápida en campo.

- **Propagación**

Vigliola (2007), menciona que la propagación se realiza por siembra directa, empleándose de 15 a 20 kilogramos de semilla por hectárea. La siembra puede efectuarse desde fines de febrero hasta septiembre. El que tarde en germinar es debido a que en realidad lo que se siembra es el fruto, pequeños aquenios que cada uno contiene una diminuta semilla debiéndose podrir su cubierta por la humedad, hasta que llegue está a la semilla.

### **3.2.4. Variedades de perejil**

#### **3.2.4.1. Variedad Hoja *Lisa Italian darkgreen***

Perejil común de porte vigoroso y follaje verde intenso y abundante. Es una planta rustica, de tallos erectos, que suele alcanzar hasta 40 cm de altura. Las hojas, de color verde oscuro, poseen largos peciolo. Estas son anchas, lisas y con bordes dentados. Son aromáticas y poseen un sabor característico muy acentuado. Suele sembrarse durante todo el año, siendo una planta de crecimiento rápido, muy productiva y muy resistente al frío (Morales, 2003).

#### **3.2.4.2. Variedad Hoja *Crespa Forrets green***

Perejil rizado posee hojas muy hendidas, extremadamente rizadas y bastante aromáticas. Follaje verde claro y porte más bajo que el del perejil común. Tallo erguido y compacto. Conviene poner la semilla a macerar durante 24 horas antes de realizar la siembra. Esta puede realizarse durante todo el año. Se utiliza, al igual que el tipo anterior, en condimento y aderezo (Morales, 2003).

### **3.2.5. Características Nutricionales del Perejil**

Moazedi (2007), nos dicen que los componentes característicos del perejil son flavonoides (apiina, luteolina, apigenina y algunos glucosidos), aceite esencial (apiol y miristicina), cumarinas (bergapteno, imperatorina, xantotoxina, trioxaleno y angelicina), así como vitaminas C y E, mencionando además que es la fuente más rica en vitamina A.

Por otra parte Bursac (2005), afirman que el perejil además de contener las vitaminas C y E contienen algunas vitaminas del complejo B, calcio, hierro, fósforo y azufre.

Por otro lado, Mohammad (2010), reportó que el perejil tiene una alta concentración de ácido petroselinico (isomero del ácido oleico), furanocumarinas, oleorresinas, proteínas, carbohidratos y taninos. Otro compuesto presente en el perejil en cantidades moderadas es el ácido oxálico en forma de oxalatos.

El perejil contiene gran cantidad de vitaminas A, B1 y C y otras; así como sustancias minerales como el hierro, potasio, calcio y proteínas. Se emplea como condimento y también en preparados de ensaladas crudas. Elimina los gases y estimula el jugo gástrico (Morales 2008).

Por otro lado Prezzemolo (2013), nos dice que las propiedades aromáticas del perejil son derivadas por el hecho que contiene una esencia constituida por apiol y miristicina contenidos en todas las partes de la planta pero principalmente en las hojas.

La planta es fuente de vitamina A, C, niacina, riboflavina, calcio, hierro, potasio y fósforo, además de poseer antioxidantes y ayudar en el tratamiento de procesos inflamatorios (Jia et al., 2014).

#### **3.2.5.1. Valor Medicinal**

Puede utilizarse como: diurético y antioxidante. La medicina natural está recuperándolo contra algunas dolencias por la gran cantidad de vitaminas y minerales que presenta. Consumida cruda es muy rica en vitaminas A, B1, B2 y C. Las hojas contienen además algunos componentes como antioxidantes, aceites esenciales y flavonoides. La apína es un flavonoide que tiene efecto diurético, recomendado en casos de cistitis e hipertensión arterial. Como aceites esenciales el apiol y la miristicina también tienen efectos medicinales.

Actualmente los usos del perejil son fundamentalmente culinarios, se consumen las hojas frescas y secas, algunos productores se especializan en la producción de perejil deshidratado (Alonzo, 2004).

#### **3.2.6. Requerimientos del Cultivo del Perejil**

##### **3.2.6.1. Clima**

El perejil se adapta a la mayoría de climas, preferiblemente cálidos, pero es resistente al frío. El desarrollo vegetativo se ve afectado al presentarse temperaturas entre 0°C – 35°C, la temperatura óptima para un buen desarrollo está entre los 15°C y 18°C. Esta planta tiene una alta exigencia lumínica por ende no es recomendable sembrar en

sombrío aunque presenta buen rendimiento. La humedad relativa superior al 80% favorece la aparición de manchas y tizones causada por hongos (Morales, 1995).

Por otro lado Unterladstaetter (2000), menciona que el perejil es una especie que se produce muy bien en climas templados a fríos, ya que la temperatura ideal para su cultivo esta entre 6°C y 22°C. Temperaturas elevadas aceleran su floración y temperaturas por debajo de los 6°C retrasa su desarrollo, sin embargo existen variedades que están muy adaptadas a climas calientes.

Así mismo Vigliola (2007), indica que si bien los suelos gumíferos son los más indicados, se adaptan a cualquier tipo de terreno, prefiere los profundos, sueltos, provistos de materia orgánica muy descompuesta y limpia de malas hierbas. En tierras ligeramente ricas en materia orgánica, que se rieguen regularmente, puede producir buenos rendimientos.

Prezzemolo (2013), nos dice que Las temperaturas óptimas de desarrollo están entre 16-20°C. Temperaturas bajo 0°C y sobre 35 °C no son toleradas. Como crecen los tallos florales es oportuno eliminarlos de otro modo la planta ya no producirá nuevos tallos. Ligeramente ácido, es muy susceptible a suelos alcalinos.

Requiere de suelos con buena provisión de materia orgánica. Preparar convenientemente el suelo, agregar compost y a lo largo del ciclo puede agregarse lombrí compuesto o algún abono orgánico líquido. Las temperaturas óptimas se ubican entre los 15°C y 18°C Es exigente en el contenido de agua del suelo (se estima en 800 a 1000 milímetros en todo su ciclo) pero no tolera encharcamientos (Unterladstaetter, 2000).

### **3.2.7. Manejo del Cultivo**

#### **3.2.7.1. Geminación**

La germinación tiene lugar a las tres semanas de la siembra si durante este periodo se mantiene una temperatura en torno de 10°C a 15°C, ya que a medida que se incrementa la temperatura se inhibe la germinación. Si la temperatura es mayor de 26°C se produce la inhibición total de la germinación (Vigliola, 2007).

### **3.2.7.2. Siembra**

Vigliola (2007), dice que las plantas sembradas en invierno, en zonas cálidas, tardan un mes en nacer, y las sembradas en verano de 14 a 16 días aproximadamente.

Morales (2003) Esta hortaliza presenta uno de los periodos germinativos más largos debido a sustancias en las cubiertas de la semilla, las cuales inhiben el proceso aun estando en óptimas condiciones para iniciar la germinación.

### **3.2.7.3. Densidad de Siembra**

Vigliola (2007), argumenta que la siembra se puede realizar en líneas que estén separadas entre si de 15 a 20 cm, dejando de 10 a 20 cm entre plantas. Si la siembra se hace a voleo, deberá procederse a realizar un aclareo, con el fin de que las plantas queden separadas unas de otras en todos los sentidos y evitar competencia entre plantas. La cantidad de semilla a emplear es del orden de 1,5 a 2 gramos por metro cuadrado lo que equivale de 15 a 20 kg/h, para proceder posteriormente al aclareo.

Por otro lado Vigliola (2007), argumenta que el perejil se siembra principalmente en la región pampeana húmeda y en los últimos años han surgido emprendimientos en regiones sub-húmedas, semiáridas e incluso áridas. En las regiones donde la disponibilidad de agua es limitante, solo es posible producir bajo riego y cuando el sistema de riego es por surco, se siembra a chorrillo y entre hileras se dejan 20 a 30 cm y entre plantas de 15 a 20 cm para favorecer la circulación del agua.

### **3.2.7.4. Época de Siembra**

Vigliola (2007), afirma que la época de siembra dependerá de cuando se desea obtener las plantas. Aunque puede sembrarse todo el año, se suele realizar en invierno, enero o febrero, o bien en verano, agosto o septiembre. La semilla debe ponerse en maceración durante 24 horas, enterrándola después superficialmente. Si la siembra se hace al voleo, deberá procederse a realizar un aclareo, con fin de que las plantas queden separadas unas de otras, en todos los sentidos, alrededor de 8 cm.

Este cultivo se siembra todo el año, salvo las épocas de temperaturas extremas (enero y julio). La época más propicia es a fines de verano principio de otoño y la otra siembra posible es a fines de invierno principios de primavera. Para una producción sostenible las siembras son anuales, si se desea obtener semillas para nuevos cultivos deberá dejarse un lote para el segundo año que es cuando el perejil florece y fructifica (Maroto, 2002).

#### **3.2.7.5. Cosecha**

Se realiza mecánica o manualmente (arrancando, recolectando o cortando las hojas y tallos de cada planta). El periodo de cosecha después de la siembra es de 60 a 90 días cuando las hojas presentan un desarrollo a pleno según la variedad, para la producción destinada a la industria se realiza el corte con un cuchillo a ras de suelo a los 70-90 días, manejando un intervalo entre cosecha de 15-20 días (Maroto, 2002).

No existe una opinión uniforme acerca del número, momento y altura de corte, que esta es una decisión condicionada por las características edafoclimáticas y agro tecnológicas imperantes durante el desarrollo del cultivo y muy especialmente al acercarse la cosecha, lo que si está claro que estas variables situaciones determinan la calidad y cantidad de Fito masa fresca y que la decisión del momento de cosecha es clave a la hora de pensar en los requisitos que debe reunir el producto y por ende satisfacer las necesidades del cliente (Curioni & Mazzini, 2009).

#### **3.2.7.6. Post Cosecha**

Suquilanda (1995), sostiene que después de efectuada la cosecha de las partes pertinentes de las hortalizas, deben someterse a un prolijo proceso de post cosecha, que permita presentar a estos productos de manera adecuada en los mercados. Las labores de post-cosecha que se deben efectuar son las siguientes:

##### **a) Limpieza**

Manifiesta que tan pronto salga la cosecha del campo debe someterse a una labor de limpieza mediante un lavado con agua fresca y limpia.

### **b) Selección**

Sostiene que luego de la limpieza se eliminarán las partes vegetativas averiadas durante la cosecha o que presenten algún problema fitosanitario en alguno de sus órganos.

### **c) Secado**

Indica que el secado es uno de los procesos más importantes en la producción de las plantas. Esta operación debe hacerse sometiendo a escurrimiento o a la acción de corriente de aire. Nunca se debe secar al sol porque pueden sufrir alteraciones que afecten su calidad.

### **d) Empacado**

Indica que el empaque de los productos hortícolas tiene por objeto preservar y darles una mejor presentación en el mercado. Las hortalizas pueden empacarse en bolsas transparentes de polietileno, en cajas de madera o de cartón o en bandejas plásticas.

### **e) Almacenamiento y Conservación**

Sostiene que los productos hortícolas se almacenan o conservan para aumentar su utilidad por un periodo más largo. También puede dar como resultado en algunos casos una mejor calidad. Los tipos de almacenamiento pueden ser temporales, de corto plazo y de largo plazo. Muchas veces las hortalizas destinadas a su venta inmediata, se colocan en un almacenamiento temporal, este puede consistir en un refrigerador o en un cuarto refrigerado, que reduzca el calor del campo y del producto.

## **3.3. Rendimiento del Cultivo**

Vigliola (1985) que indica que el promedio obtenido en ambientes atemperados en cultivos de hoja es de 15 a 20 t/ha.

La producción del cultivo de perejil en invernaderos se ha obtenido un rendimiento de 13 t/ha, equivalente a 1.3 kg/m<sup>2</sup> y en lo hidropónico 3.5 kg/m<sup>2</sup> (Marulanda, 2003).

El promedio de peso fresco acumulado que se obtiene en el cultivo de perejil varía entre 20 y 36 t/ha variando el número de cortes por año (Karkleliene et. al, 2014).

La producción de perejil en invernaderos se ha obtenido un rendimiento de 21 t/ha equivalente a 2.1 kg/ m<sup>2</sup> la densidad de siembra utilizada fue 20 cm x 20cm en la variedad lisa con 70cc de fertilizante foliar en el Centro Experimental de Cota Cota (Pari, 2016).

### **3.4. Cultivo Sin Suelo**

El cultivo sin tierra, comenzó en la década de 1930 como resultado de las técnicas empleadas por los fisiólogos vegetales en experimentos de nutrición vegetal. Los métodos más recientes de cultivo sin tierra difieren en algunos detalles, pero tienen dos rasgos comunes: los nutrientes se aportan en soluciones líquidas y las plantas se sostienen sobre materiales porosos, como turba, arena, grava o fibra de vidrio, las cuales actúan como mecha y transportan la solución de nutrientes desde su lugar de almacenamiento hasta las raíces (Inia, 2000).

### **3.5. Origen de la Hidroponía**

La palabra Hidroponía deriva del griego Hydro (agua) y Ponos (labor o trabajo) lo cual significa literalmente trabajo en agua. Por lo tanto la hidroponía es un sistema de producción en el cual las raíces de las plantas no se encuentran establecidas en el suelo, sino en un sustrato o en la misma solución nutritiva donde se encuentran disueltos los elementos necesarios para el crecimiento de la planta (Lacarra & García, 2011).

La hidroponía, se ha desarrollado con una mayor velocidad a partir de experimentos para determinar los elementos que intervienen en el crecimiento de las plantas. Los primeros trabajos formales sobre este sistema de producción comenzaron en fechas cercanas al año 1600. No obstante, el crecimiento de las plantas sin suelo es conocido desde la antigua babilonia, en los famosos jardines colgantes, los cuales se alimentaban del agua que corría por medio de canales. Asimismo, hace más de 1000

años ya se practicaba la hidroponía en China, India y Egipto (orillas del río Nilo), misma que se realizaba mediante esquemas rústicos (Resh, 2001).

### **3.6. Cultivo Hidropónico**

Cabezas (2015), sustenta que la Hidroponía es una técnica de cultivar plantas en agua. Los nutrientes que necesita la planta para crecer, florecer y fructificar se añaden directamente en el agua en forma de sales minerales o fertilizantes, las cuales son formuladas y balanceadas en base al análisis químico del agua y de acuerdo al requerimiento y etapa de crecimiento de cada cultivo. Hidroponía, es un conjunto de técnicas que permite el cultivo de plantas en un medio libre de suelo.

La hidroponía permite en estructuras simples o complejas producir plantas principalmente de tipo herbáceo aprovechando sitios o áreas como azoteas, suelos infértiles, terrenos escabrosos, invernaderos climatizados o no, etc. A partir de este concepto se desarrollaron técnicas que se apoyan en sustratos (medios que sostienen a la planta), o en sistemas con aportes de soluciones de nutrientes estáticos o circulantes, sin perder de vista las necesidades de la planta como la temperatura, humedad, agua y nutrientes (Resh, 2001).

Un cultivo hidropónico es un sistema aislado del suelo, utilizado para cultivar plantas cuyo crecimiento es posible gracias al suministro adecuado de los requerimientos hídricos nutricionales, a través del agua y solución nutritiva. No es una metodología moderna para el cultivo de plantas, sino una técnica ancestral; en la antigüedad hubo culturas y civilizaciones que utilizaron esta metodología como medio de subsistencia (Beltrano & Gimenez, 2015).

La hidroponía resulta un concepto simple, la planta se coloca “suspendida” justo encima de la solución de nutrientes, mientras sus raíces cuelgan a través de agujeros y permanecen sumergidas todo el tiempo. Con la técnica de cultivo sin suelo es posible obtener hortalizas de excelente calidad y sanidad (Beltrano & Gimenez, 2015).

### **3.6.1. Ventajas y Desventajas del Cultivo Hidropónico.**

Para poder comenzar a trabajar bajo un sistema hidropónico es necesario tener en cuenta todas las ventajas y desventajas Sánchez (2004), menciona las siguientes ventajas y desventajas:

#### **3.6.1.1. Ventajas del Cultivo Hidropónico.**

En el sistema de producción hidropónica las pérdidas de agua por evapotranspiración, escurrimiento superficial e infiltración son mínimas al comparar con las condiciones de producción convencional en especies forrajeras (Sánchez, 1997).

Dentro de lo mencionado Tapia (2009), señala como el rasgo más importante, la regulación de la nutrición de las plantas, debido a que bajo este sistema es posible tener un control completo y del mismo modo asegurar un suministro homogéneo de nutrientes, ajustable según el estado fenológico.

Según Rodríguez, et al. (2002), las ventajas del cultivo hidropónico son:

- Cultivo libre de parásitos, bacterias hongos y contaminación.
- Reducción de costos de producción.
- Permite la producción de semilla certificada.
- Independencia de los fenómenos meteorológicos.
- Permite producir cosechas fuera de estación.
- Menos espacio y capital para una mejor producción.
- Ahorro del agua, porque el agua se puede reciclar.
- Ahorro de fertilizantes e insecticidas.
- Limpieza e higiene en el manejo del cultivo.
- Mayor precocidad de los cultivos.
- Alto porcentaje de automatización.
- Rápida recuperación de la inversión.
- Se puede cultivar en ciudades, zonas áridas o frías y bajo condiciones controladas.

- Ayuda a eliminar parte de la contaminación por que la hidroponía no utiliza maquinaria agrícola.

### **3.6.1.2. Desventajas del Cultivo Hidropónico.**

Según el Marulanda (2003), la hidroponía es una tecnología atractiva, frecuentemente sobre simplificada, la cual es más fácil de promover que de sostener. Entre las desventajas están:

- Costo inicial alto.
- Es necesario entrenamiento, así como conocimiento total de las plantas para operar este sistema.
- Es necesario contar con equipos indispensables para una producción continua.
- Las enfermedades y plagas pueden propagarse rápidamente.
- La materia orgánica y los animales benéficos del suelo están ausentes.
- Las plantas reaccionan rápidamente tanto a buenas como a malas condiciones.
- Las variedades de plantas disponibles no son siempre las mejores.
- Dependiente de mercado externo.

### **3.7. Métodos Hidropónicos**

Existen diferentes métodos o sistemas de producción hidropónica, desde los más simples, de trabajo manual, hasta los más sofisticados, donde un alto grado de tecnología y automatización son los protagonistas del funcionamiento, lo que se traduce también en una alta inversión. los métodos de cultivos más utilizados son: cultivos en agua como raíz flotante y el NFT, sistemas de columnas, aeroponía entre otros. En síntesis, el cultivo de plantas sin suelo, puede ser desarrollado de la manera más simple y económica, hasta la más compleja y costosa (Alvarado, 2001).

Duran (2000), agrega que dependiendo del medio en el que se desarrollan las raíces, los sistemas de cultivo sin suelo se pueden clasificar en tres grupos: cultivos en sustrato, cultivos en agua y cultivos en aire.

**Tabla 2**

*Técnicas Hidropónicas.*

<b>Técnica</b>	<b>Descripción</b>
<b>Recircularte</b>	NFT (técnica de película nutritiva)
<b>Recircularte</b>	DFT (técnica de flujo profundo)
<b>Estacionaria</b>	Raíz flotante
<b>Aérea</b>	Spray
<b>Con sustrato</b>	Orgánicas e Inorgánicas

*Nota.* Adaptado por Hidro Enviroment (2018).

### **3.8. Sistema de Raíz Flotante**

El Sistema de Raíz Flotante (SRF), es un método de producción hidropónica que consiste en desarrollar cultivos en agua con una solución nutritiva, sobre plumavit u otro material similar; excluyendo el uso de cualquier tipo de sustrato. La solución nutritiva es sales minerales solubles que aportan en forma balanceada todos los elementos nutritivos que las plantas necesitan para su crecimiento y desarrollo (Pizarro et. al, 2019).

La producción de hortalizas bajo este sistema consiste en que las raíces están sumergidas en solución nutritiva, las plantas se encuentran en planchas de poli estireno expandido que flotan sobre el agua con la solución nutritiva en donde la plancha actúa como soporte mecánico y cada una flota sosteniendo un determinado número de plantas, y muy importante para lograr una buena producción es airear la solución nutritiva en forma manual o mecánica (Duran, 2000).

Además, Carrasco e Izquierdo (1996) mencionan, el método utiliza un medio líquido que contiene agua y sales nutritivas. Este sistema ha sido denominado "cultivo de raíz

flotante", ya que las raíces flotan dentro de la solución nutritiva, pero las plantas están sostenidas sobre una lámina de plasto formo (poliuretano expandido) que se sostiene sobre la superficie del líquido.

Por otra parte, Gilsanz (2007) la oxigenación de la raíz es un factor muy importante para el buen funcionamiento del sistema y el ahorro en agua y fertilizantes son unas de sus principales ventajas; sus desventajas se deben principalmente al preciso y controlado manejo de la solución nutritiva. Aunque en este sistema de cultivo se puede usar con éxito un gran número de soluciones nutritivas, se debe resaltar que se trata de un sistema esencialmente carente de capacidad de amortiguamiento (Buffer). Por lo tanto, se requiere de un control muy exacto de la solución nutritiva, sobre todo en lo referente a los niveles de pH, fosfatos y hierro.

Según Guzmán (2004), para favorecer el crecimiento de las plantas bajo cultivo en solución se requiere manejar adecuadamente ciertas condiciones físicas como la oscuridad, oxigenación y circulación.

### **3.8.1. Oscuridad**

Para evitar el crecimiento de algas verdes y otras plantas acuáticas diminutas que pueden competir por el oxígeno y los nutrientes. La descomposición posterior de las algas puede llegar a ser tóxica para las raíces, interfiriendo con sus funciones y desarrollo (Guzmán, 2004).

### **3.8.1. Oxigenación**

El éxito que se obtenga con este sistema de cultivo hidropónico, depende en gran parte del suministro adecuado de oxígeno para las raíces de las plantas a través de la solución nutritiva. El suministro de oxígeno puede ser natural, o bien, forzado de diversas maneras.

Según Marulanda (2003), el método más común para oxigenar la solución, consiste en dejar un espacio de aire entre la superficie de la misma y la parte inferior del lecho que soporta a las raíces, de tal manera que, las raíces superiores estén rodeados por aire

húmedo mientras que las inferiores están sumergidas en la solución. El mismo autor indica, para aumentar el abastecimiento de aire a medida que crecen las raíces, hay que bajar el nivel de la solución hasta dejar un espacio máximo de 5 cm, un espacio mayor puede dañar por secamiento a las raíces superiores. También, es usual agregar oxígeno en la solución haciendo pasar burbujas de aire a través de ella mediante una bomba de aire conectada a un tubo con perforaciones de 1 mm de diámetro y 30 cm de separación, que recorre el fondo del tanque.

Además, Gilsanz (2007) menciona, el volumen de aire necesario depende principalmente del volumen de solución, de la temperatura y la clase de planta para tinas o recipientes caseros, las bombas de acuarios son adecuadas para oxigenar la solución. Otra forma de airear la solución consiste en hacerla caer al aire libre desde una altura suficiente para que pueda oxigenarse debidamente (efecto de cascada) sin embargo la circulación de la solución debe ser lenta para la absorción de nutrientes por las raíces.

### **3.8.2.1. Deficiencias de Oxígeno**

El sistema radicular requiere oxígeno para la respiración aeróbica, los ápices radiculares, tienen alta demanda de energía para el crecimiento celular y producción, por lo que tienen altas tasas de respiración y son muy vulnerables a la carencia de oxígeno. Si las raíces apicales en crecimiento sufren deficiencias de oxígeno, se produce un déficit de calcio lo cual no permite que las sustancias nutritivas puedan moverse eficientemente desde las partes viejas a las más jóvenes (Morgan, 2001).

Las regiones más sensibles son los puntos de crecimiento con bajas tasas de transpiración (ápices de hojas y frutos); produciendo desórdenes como la quemadura de puntas y pudrición apical que tienen incidencia más severa ante la falta de oxígeno (Armstrong y Kirby, 2005).

El efecto del déficit de oxígeno sobre el crecimiento de las plantas, está relacionado directamente con la inhibición del desarrollo radicular, produciendo una influencia

negativa en el suministro de agua y nutrimentos, lo cual trae como consecuencia, decremento en la tasa de transpiración (Kramer, 2000).

Una oxigenación inadecuada en la zona radicular disminuye la fotosíntesis y transferencia de carbohidratos, por lo tanto, el crecimiento de la planta disminuye y el rendimiento se ve afectado, llegando a morir las raíces, colapsándose las células y elevando la síntesis de hormonas del envejecimiento (Bradford y Yang, 2000).

Según Jackson, (2002), en estas condiciones los nutrientes no pueden ser absorbidos en cantidades suficientes para soportar el crecimiento de la planta particularmente durante las condiciones de estrés.

### **3.8.2.2. Métodos de Oxigenación Hidropónica**

Existen varios métodos que permiten una mayor aireación de la solución nutritiva (SN) con el ingreso de oxígeno a la solución, el más usado es el burbujeo de aire continuo mediante un compresor (Resh, 2001).

Otra forma es provocar una caída de la solución nutritiva en el tanque de retorno del sistema de al menos de 50 cm. También está la oxigenación manual muy común en pequeños sistemas familiares Sin embargo, en la práctica la falta de oxígeno es común en estos sistemas, en ellas la mayor parte de la raíz está sumergida y es la mayor barrera para el movimiento gaseoso entre las raíces y el aire (Carrasco e Izquierdo, 1996).

### **3.8.2.3. Demanda Diferenciada de Oxígeno en los Cultivos**

Las especies hortícolas en general demandan en forma diferenciada la concentración de oxígeno disuelto en la solución nutritiva, (Urrestarazu, 2004), como regla general se conoce que la demanda radicular de oxígeno esta en relación con el tamaño y área foliar de la planta, las plantas pequeñas, como la lechuga tienen requerimientos relativamente bajos de oxígeno, mientras que las plantas grandes, que producen fruto como el tomate o el pepino tienen demandas mayores en la zona radicular (Morgan, 2011).

### **3.8.3. Circulación de la Solución**

Según Gilsanz (2007), es una práctica comúnmente recomendada, ya que favorece una mejor distribución de los iones nutritivos y una mejor aireación. Es de suponerse que, el movimiento de la solución a través de las raíces ayuda a estabilizar su medio ambiente. Desde luego que el movimiento debe ser lo suficientemente lento como para no dañar a las raíces.

Según Ninancuro (2007), este sistema de cultivo muy utilizado en los proyectos de hidroponía social en diferentes países latinoamericanos, y agrega a lo anterior de que la aireación debe efectuarse por lo menos dos veces al día, independiente del método a utilizar, ya que esta acción permite redistribuir los elementos y oxigenar la solución.

Por otra parte el mismo autor indica, en este prototipo la solución nutritiva es recirculada a través de un tanque nutritivo allí se oxigena bombeando aire, se enfría con una unidad refrigeradora y después se impulsa de regreso al punto más lejano de cada cama. Durante el retorno de las camas, la solución nutritiva atraviesa un esterilizador ultra violeta, siendo efectivo durante muchas bacterias, hongos y algunos virus y protozoos tales como los nematodos.

Se tiene conocimiento que la infección de *Pythium*, de las raíces produce atrofia en las plantas. La esterilización ultravioleta de las soluciones nutritivas no combate este organismo. Solo se puede controlar por esterilización entre cosechas de todas las camas, tuberías, tanques, con una solución de cloro al 10 %, algunos investigadores observaron que los contenidos en boro y magnesio de una solución nutritiva se reducían en más de 20% durante un periodo de 24 horas (Ninancuro, 2007).

## **3.9. Nutrición de las Plantas.**

### **3.9.1. Composición de las Plantas**

De acuerdo a Resh (2001), de los 108 elementos naturales que se conocen, solamente 60 de ellos han sido encontrados en diversas plantas, no obstante, muchos de estos no se consideran esenciales para el crecimiento, solamente 16 elementos están

generalmente considerados como esenciales para el crecimiento de la mayoría de las plantas.

Según Rodríguez (2004), la composición de la materia fresca de las plantas incluye cerca de un 80 a 90% de agua. El exacto porcentaje de esta dependerá de su especie, así como de la turgencia de la planta en el momento de la toma de muestra, la cual será el resultado de la hora del día, de la cantidad de humedad existente en el suelo, de la temperatura, de la velocidad del viento y de otros factores, a causa de la variabilidad del peso en fresco de las plantas.

Aproximadamente el 90% del peso en seco de la mayoría de las plantas está formado por 3 elementos: carbono, oxígeno e hidrógeno. El agua proporciona hidrógeno y oxígeno, el cual también proviene del dióxido de carbono de la atmósfera, al igual que el carbono, si solamente el 15% del peso en fresco de una planta es la materia seca, y el 90% de ésta estará representado por carbono, oxígeno e hidrógeno, por lo tanto los otros elementos que existen en la planta serán aproximadamente por 1,5% del peso fresco de ella (Resh, 2001).

### **3.9.2. Nutrientes**

De acuerdo a Resh (2001), solamente 16 elementos están generalmente considerados como esenciales para el crecimiento de la mayoría de las plantas. Estos están divididos entre macro nutrientes (macro elementos), aquellos requeridos relativamente gran cantidad por las plantas, y los micro nutrientes (elementos menores), aquellos que son necesitados en menor cantidad.

Paye (2005), menciona que se requiere ciertos nutrientes minerales esenciales para el crecimiento y desarrollo del cultivo, los cuales son esenciales para la floración, fructificación y calidad del fruto, un elemento mineral es esencial, si la planta, ante la falta, no puede completar su ciclo de vida, porque el elemento faltante es parte del metabolismo de la planta.

El mismo autor menciona que son 16 elementos esenciales, de los cuales 14 son minerales, los elementos esenciales se clasifica macronutrientes y micronutrientes. A

pesar de que los micronutrientes se requieren en concentraciones muy bajas, estos desempeñan funciones vitales para el crecimiento y desarrollo de las plantas.

**Tabla 3**

*Descripción de los Macronutrientes.*

<b>Macronutrientes</b>		
<b>Elemento</b>	<b>Símbolo</b>	<b>Peso atómico</b>
Nitrógeno	N	14
Fosforo	P	39
Potasio	K	40
Calcio	Ca	24.3
Magnesio	Mg	31
Azufre	S	32.7

*Nota.* Adaptado por Resh (2001).

**Tabla 4**

*Descripción de los micronutrientes.*

<b>Micronutrientes</b>		
<b>Elemento</b>	<b>Símbolo</b>	<b>Peso atómico</b>
Cloro	Cl	35,46
Boro	B	10,8
Hierro	Fe	55,85
Manganeso	Mn	55
Zinc	Zn	65,4
Cobre	Cu	63,5
Molibdeno	Mo	96

*Nota.* Adaptada por Resh (2001).

### **3.9.3. Solución Nutritiva**

Según Corrales et al, (2018) la solución nutritiva contiene todos los nutrientes necesarios para que todas las plantas se desarrollen adecuadamente en un tiempo esperado, según las prácticas de cultivo y comercialización aceptadas en el mercado al que se destine. Partiendo del caso experimentado en el CPDIA, se recomienda dejar las plantas 24 horas en agua re circulante después del trasplante para evitar el estrés en el sistema radicular y luego iniciar la adición de la solución nutritiva en una concentración baja.

Izquierdo (2005) y Marulanda (2003), mencionan que la solución nutritiva como el producto que contiene todos los elementos que necesitan las plantas para crecer y desarrollarse como: nitrógeno, fósforo, potasio, azufre, calcio, magnesio, hierro, manganeso, cobre, molibdeno y zinc. Estos elementos vienen en forma de sales minerales. El nutriente hidropónico contiene y aporta en forma balanceada todos los elementos que una planta necesita para crecer sana, vigorosa y dar buenos frutos o cosecha.

No existe una solución teórica ideal para un cultivo en particular ya que la concentración óptima de elementos nutritivos para una especie vegetal en particular, depende de la parte de la planta que se va cosechar, la estación del año, el clima, la calidad del agua y el estado de desarrollo de la planta (Bautista, 2000).

Las soluciones nutritivas concentradas, contienen todos los elementos químicos que las plantas necesitan para su desarrollo y adecuada producción de raíces, tallos, hojas, flores, frutos o semillas. Si cualquiera de los elementos de las soluciones se agrega al medio en proporciones inadecuadas, estos efectos pueden ser tóxicos para la planta (Sánchez, 2004).

Estrada (2001), indica que la cantidad de cualquier mineral presente en una solución nutritiva es medida en partes por millón (ppm), es exactamente lo mismo que medir en mg/L o g/1000 L.

### 3.9.4 Requerimiento de Nutriente Para el Cultivo de Perejil

**Tabla 5**

*Requerimiento de nutriente del perejil.*

Autor	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	B	Cu	Zn	Mn	Mo
<b>Cabezas (2018)</b>	220	50	240	180	45	70	4	0,5	0,15	0,15	0,05	0,1
<b>Resh (2001)</b>	190	50	210	200	40	113	2,5	0,5	0,1	0,1	0,1	0,05

*Nota.* Adaptado por Cabezas 2018 y Resh 2001.

### 3.9.5. Manejo y Control de la Solución Nutritiva

Las cantidades de solución concentrada A y B que se agregan, dependerá del volumen de agua que almacena el tanque. Es necesario medir diariamente en la solución nutritiva el pH y la C.E. para cuidar las concentraciones de sales y la disponibilidad de nutrientes.

Estrada (2001), indica que la cantidad de cualquier mineral presente en una solución nutritiva es medida en partes por millón (ppm), es exactamente lo mismo que medir en mg/L o g/1000 L.

### 3.9.6. Duración y Renovación de la Solución Nutritiva

El tiempo de vida útil de la solución nutritiva dependerá principalmente de la cantidad de iones que nos son utilizados por las plantas. El tiempo de vida media de una solución nutritiva que haya sido ajustada por medio de los análisis semanales suele ser de dos meses. En caso de no efectuarse dichos análisis (C.E. y pH) se recomienda un cambio total de la solución nutritiva entre las 4 o 6 semanas (Lacarra, 2011).

La vida útil de la solución nutritiva dependerá de las correcciones oportunas que se hagan durante las lecturas de pH, CE y el nivel de agua, como también se tiene rangos de 10 a 15 días, según el suministro de nutrientes de un cultivo (Urey, 2007).

### **3.10. Factores que Influyen en el Cultivo Hidropónico**

Para un adecuado desarrollo del cultivo se requiere darle todas las condiciones ambientales con las que pudiese contar en la naturaleza, ya sea determinado grado de luz, temperatura, agua, humedad ambiental, aeración radicular y contenedor o lugar de desarrollo. Pero también deben de considerarse de forma conjunta frecuencia y técnica de riego con la composición y concentración de las soluciones nutritivas. Por último, tener en cuenta las condiciones climáticas y la época del año.

#### **3.10.1. Temperatura**

La temperatura de la solución es un punto crítico, si la solución es muy fría, la tasa metabólica de la raíz baja y la absorción de nutrientes también, esto tiene un efecto de retardo en el crecimiento de la planta por debajo de lo deseado, también existen problemas cuando la temperatura es muy alta lo cual afecta la absorción mineral, el mejor rango de temperatura está entre 18 a 25 °C para la mayoría de los cultivos (Barry, 1997).

Se recomienda llevar la solución a unos 20 °C, y que la temperatura misma no supere en mucho la del aire, una excesiva temperatura de la solución no supone ningún inconveniente para las plantas, pero provoca fenómenos no deseados de precipitación de sales minerales en la solución. Por otra parte, la capacidad de un líquido para retener y absorber el oxígeno disminuye con el aumento de temperatura. Esto puede tener efectos negativos, sobre todo en substratos pobres en aire (Fossati, 1986).

Según Barbado (2005), la temperatura óptima varía según las especies, pero casi siempre está comprendida entre 10 °C y 25 °C. Las plantas pueden tolerar temperaturas más bajas durante periodos cortos de tiempo, pero debe evitarse acercarse a este valor letal.

#### **3.10.2. pH**

El pH indica el grado de acidez o alcalinidad de una solución. Si una solución es acida su valor es menor a 7, si es alcalina su valor es mayor a 7 y si es neutra su valor es de

7. La disponibilidad de nutrientes varía de acuerdo al pH de la Solución Nutritiva, por ello es recomendable mantenerlo dentro de un rango que va de 5,5 a 6,5 (Ordoñez et al., 2018).

El pH de una solución es muy imprescindible para controlar la cantidad de sales presentes en los fertilizantes, se considera como un pH óptimo 5,8 para el crecimiento de la lechuga, aunque también son aceptables rangos de 5,6 a 6,0 (Carrasco, 2018).

Según Resh (2001), el nivel óptimo aconsejado para el manejo sin suelo de hortalizas en la disolución del sustrato se sitúa en valores comprendidos entre 5,5 y 6,8 que es el rango en el que se encuentran de forma asimilable la mayor parte de los nutrientes.

Los cambios de pH en la solución ocurren a medida que cambia el balance de nutrientes, debido a que algunos elementos minerales son mejor absorbidos por las plantas a diferentes rangos de pH, en un cultivo de espinaca en un sistema de raíz flotante, inicialmente el pH de la solución nutritiva tiende a elevarse (> 7.0), pero a medida que las plantas empiezan a establecerse y a absorber mayores cantidades de nutrientes, el pH tiende a bajar entre 5.0 - 6.5 (Rodríguez, 2002).

### **3.10.3. Conductividad Eléctrica**

Según Álvarez (2000), la conductividad eléctrica se define como la capacidad que tienen las sales inorgánicas en solución (electrolitos) para conducir la corriente eléctrica. El agua pura, prácticamente no conduce corriente, sin embargo, el agua con sales disueltas conduce la corriente eléctrica.

Según Resh (2001), la conductividad eléctrica es el indicador del contenido de sales totales que hay en la solución; a mayor contenido de sales mayor CE y viceversa. Las plantas van consumiendo los nutrientes proporcionados, lo cual significa que la conductividad eléctrica también irá descendiendo hasta que la solución ya no contenga la cantidad necesaria de sales necesaria para el crecimiento de las plantas, por lo tanto, será necesario el cambio o el aumento de nutrientes.

Por otro lado, Rodríguez. (2002) menciona que se pueden usar aguas salinas bajo ciertas restricciones sólo debe destinarse a cultivos tolerantes a sales. Si la CE está por encima del rango óptimo se debe adicionar solo agua para diluir la concentración de sales. Ya que una solución nutritiva es una mezcla de diferentes sales, donde cada sal contribuye al valor de CE de la solución. Algunas sales como el nitrato de potasio, incrementan más el valor de CE de una solución que otras sales como el nitrato de calcio o sulfato de magnesio.

En la siguiente tabla se anotan algunas especies hortícolas y su tolerancia a las sales.

**Tabla 6**

*Tolerancia de los cultivos a las sales.*

<b>Tolerantes</b>	<b>Semi – tolerantes</b>		<b>Sensible</b>
Espárragos	Acelga	Cebolla	Berro
Espinaca	Zanahoria	Coliflor	Fresa
Melón	Apio	Papa	Lechuga
Pepinillo	Pimiento	Beterraga	
Tomate	Rábano	Brócoli	

*Nota.* Adaptado de Rodríguez (2002).

### **3.10.4. Agua**

Según Huterwal (1991), el tipo ideal de agua, será el agua destilada, ninguna más pura, sin embargo, su empleo no es económico. Además, está totalmente despojada de los llamados oligoelementos. Por otro lado, el agua de lluvia es, sin duda, la más apropiada a nuestros fines, si algún elemento tiene agregado ello no perjudicaría, al contrario resulta útil.

Según Barros (1999), en cuanto a la calidad del agua, como regla general, si el agua que se utilizará es apta para el consumo humano, servirá para el cultivo hidropónico, también se podrán utilizar aguas con alto contenido de sales, pero habrá que tener en

cuenta el tipo de cultivo que se hará, ya que solo algunos de ellos (el tomate, el pepino, la lechuga o los claveles) son más tolerantes.

### **3.10.5. Luz**

La energía solar es el factor ambiental más influyente sobre el crecimiento de las plantas, pues de ella depende la mayoría de los procesos biológicos, incluyendo la fotosíntesis, que es proceso de conversión de la materia inorgánica en orgánica, constituyendo la base de todas las cadenas alimenticias de la tierra (Barbado, 2005).

Alvarado (2001), agrega que, para muchas semillas, la luz no es necesaria para la germinación, sin embargo, cuando aparecen los primeros cotiledones, ésta debe estar disponible, de lo contrario produciría un crecimiento débil de las plantas y un ahilamiento de éstas. Contrario a esto, una excesiva luz natural, podría provocar quemaduras, por lo que una luz natural indirecta sería recomendada.

La presencia de algas reduce la acidez de la solución, crea colores extraños, compite por el oxígeno durante la noche é introduce productos tóxicos a través de su descomposición, los cuales interferirán normalmente en el crecimiento del cultivo. Para evitar el crecimiento de las algas no se debe permitir que la solución de nutrientes este expuesto a la luz (Resh, 2001).

### **3.10.6. Contenedor**

Según Uribe (2000), el recipiente es el lugar en el que la raíz de la planta debe recibir protección de los agentes externos, el contenedor debe tener características como el tamaño suficiente para albergar las raíces del cultivo, asegurar el desarrollo normal de las raíces con un adecuado drenaje, oxigenación, protección a la radiación solar, contaminación y al acceso de plagas y enfermedades.

Así mismo el recipiente debe ser económico, durable, sin olor, químicamente inerte é impermeable y opaco (Inia, 2000).

### **3.11. Invernadero**

Los invernaderos implementados corresponden mayormente al tipo de invernaderos templados donde el fin principal de estos es cultivar hortalizas, flores y plantas ornamentales, la energía solar es la única fuente de energía para calentar estos ambientes, por lo que en la región también se los denomina carpas solares (Blanco, 2004).

Las estructuras de protección usados en cultivos hidropónicos deben ser especialmente diseñados para evitar daños por variación extrema de temperatura tanto máximas como mínimas, además deben atenuar la excesiva radiación solar especialmente en días despejados lo cual sumado al bajo contenido de humedad del ambiente pueden ocasionar daños a nivel de raíces, provocar la aparición de síntomas de deficiencias o quemaduras por radiación solar y evitar un desarrollo normal de la planta (Resh, 2001).

#### **3.11.1. Variables micro climáticas en un invernadero**

##### **a) Temperatura**

La temperatura óptima en un invernadero, estará en función del equipo calefactor, pero en términos generales se considera entre los 18 y 21°C, y la temperatura nocturna es la que condicionará las especies a cultivar, así mismo ésta variable es un ambiente atemperado no es uniforme, ya que naturalmente se presenta una variabilidad térmica vertical, (Hartmann, 2002).

Flores (2005), las variaciones más importantes de la temperatura que afectan al comportamiento de la planta son producidas por el ciclo anual diario de la temperatura, altitud del lugar, calor y contenido de humedad de los suelos y finalmente por la acción de la vegetación.

##### **b) Humedad Relativa**

Flores (2005) indica, la mayoría de las plantas desarrollan en un medio ambiente de humedad relativa del aire que oscila entre los 30 – 70 %. Una baja humedad relativa

en las plantas provoca marchitez y por un exceso invita a la proliferación de plagas y enfermedades.

Así mismo Hartman (2002) describe, la humedad relativa es la relación entre la masa de vapor de agua por m<sup>3</sup>, y la que existiría si el vapor estuviera saturado a la misma temperatura.

### **c) Luminosidad**

La luminosidad es considerada uno de los factores más importantes del medio, ya que es parte integrante del proceso de fotosíntesis de la clorofila en las plantas, el crecimiento, el fototropismo, la morfogénesis, fotoperiodismo, la formación de pigmentos y vitaminas. El anhídrido carbónico (CO<sub>2</sub>) junto a la luz más la temperatura 27 ayudan a la fotosíntesis, para obtener mayores resultados cuantitativos, precocidad y buena calidad (Flores, 2005).

### **d) Ventilación**

Una mala ventilación trae consigo problemas de asfixiamiento, debilitamiento de las plantas y como también la proliferación de plagas y enfermedades (Flores, 2005).

Al respecto Guzmán (2004) menciona que los sistemas de ventilación, en invernaderos, son muy necesarios por tres razones fundamentales:

- Para el abastecimiento de CO<sub>2</sub>.
- Para limitar y controlar la elevación de temperatura en el ambiente, utilizando por las plantas para la fotosíntesis.
- Para reducir la humedad procedente de la transpiración de las plantas.

### **3.11.2. Ventajas y Desventajas del Invernadero**

Garbi (1997), menciona que presenta las siguientes ventajas.

### **3.11.2.1. Ventajas**

- Intensificación de la producción
- Aumento de los rendimientos
- Mayor control de plagas, malezas y enfermedades
- Posibilidad de cultivar todo el año
- Uso más eficiente de insumos
- Obtención de productos fuera de temporada
- Obtención de productos en regiones con condiciones restrictivas
- Obtención de productos de alta calidad
- Mayor comodidad y seguridad
- Condiciones ideales para investigación

### **3.11.2.2. Desventajas**

- Inversión inicial elevada
- Altos costos de producción
- Alto nivel de capacitación
- Condiciones óptimas para el desarrollo de patógenos.

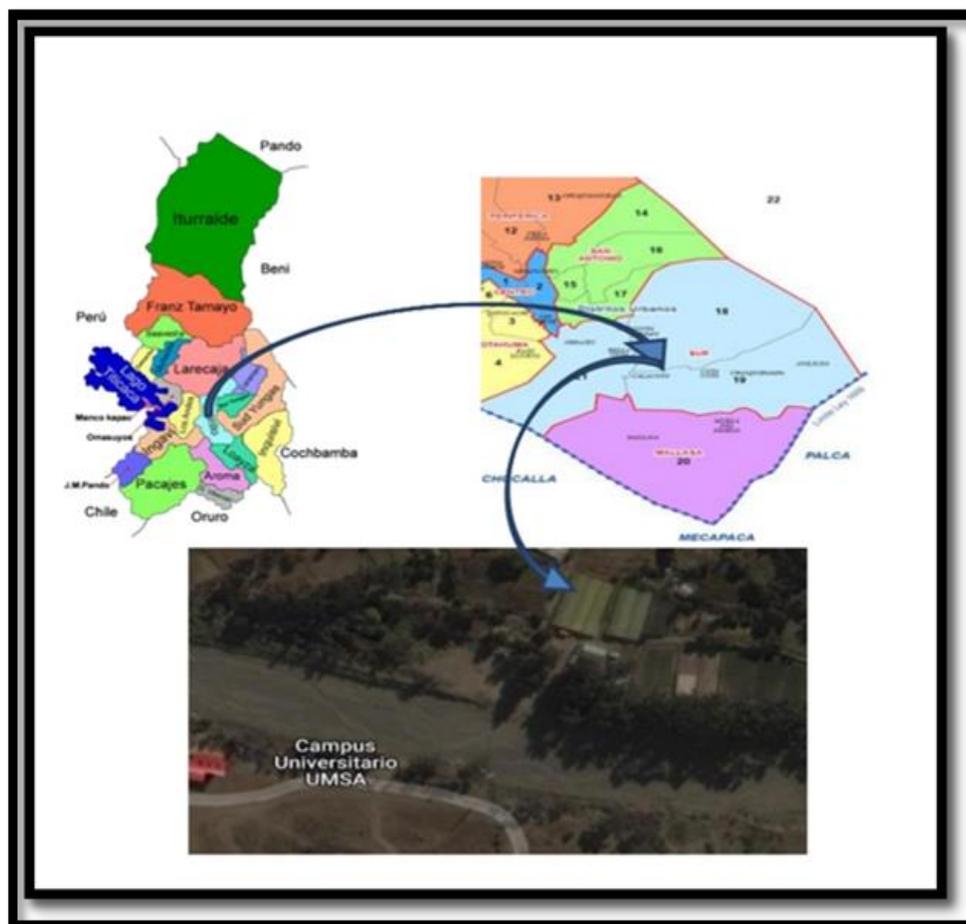
## 4. LOCALIZACIÓN

### 4.1. Ubicación

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en el Centro Experimental de Cota Cota, dependiente de la Facultad de Agronomía de la Universidad Mayor de San Andrés, ubicado en la zona sur de La Paz, geográficamente está localizada entre 16°32'09" de latitud Sur, y 68°03'48,7" de latitud Oeste, a una altitud de 3447 m.s.n.m. (Butrón, 2017).

#### Figura 1

*Ubicación del área de estudio, Centro Experimental Cota Cota.*



*Nota.* Extraído de Google earth (2020).

## **4.2 Descripción de la Zona de Estudio**

### **4.2.1 Características Climáticas**

Las condiciones agro climáticas son de cabecera de valle los veranos son calurosos y la temperatura es de 21°C, en la época invernal la temperatura puede bajar hasta 2 °C e incluso llegar a los 1 °C, en los meses de agosto y noviembre se presentan vientos fuertes con dirección Este, la temperatura media es de 13,5°C con una precipitación media de 400 mm, las heladas se manifiestan en 15 días de los años con temperaturas por debajo de 0°C, la humedad relativa media es 46. La diferencia en la precipitación entre el mes más seco y el mes más lluvioso es de 126 mm (Senami, 2019).

### **4.2.2 Vegetación y Pecuaria**

Está comprendida por arboles como ser eucaliptos, pinos, ciprés. arbustos: acacia, retama y chilca entre otros. El Centro Experimental se dedica a la producción agrícola, pecuaria (ganado menor) y apícola. La producción agrícola se realiza a campo abierto mediante la rotación de cultivos y comprende: maíz, papa, haba, arveja, cebolla, betarraga entre otros.

En ambiente protegido (invernadero) la producción es hortofrutícola: frutilla, pepinillo, tomate, lechuga y otros de acuerdo a los trabajos de investigación que se desarrollen.

La producción pecuaria comprende la crianza y manejo de aves (gallinas ponedoras, pollos de engorde y codorniz), cuyes, conejos.

## 5. MATERIALES Y METODOS

### 5.1. Materiales

#### 5.1.1. Material Biológico

Las semillas empleadas se detallan a continuación:

- Semilla variedad *Lisa Italian darkgreen*
- Semilla variedad *Crespa Forrets green*

#### 5.1.2. Material Fertilizante

Los fertilizantes empleados para la formulación son los siguientes:

- Nitrato de calcio  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$
- Nitrato de potasio  $\text{KNO}_3$
- Fosfato mono amoniac  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$
- Sulfato de magnesio  $\text{MgSO}_4$
- Quelato de hierro EDDHA  $\text{EDTA-Fe}$
- Cosmoquel menores S, B, Co, Cu, Mn, Mo, Zn

#### 5.1.3. Material Químico

Los reactivos químicos utilizados para el tratamiento del agua y calibrado del equipo pH metro se detalla a continuación:

- Ácido nítrico  $\text{H}_3\text{PO}_4$
- Agua destilada  $\text{HNO}_3$
- pH buffer poder pH 6.86 250°C
- pH buffer poder pH 4.00 250°C

#### **5.1.4. Material de Almacigo**

El material utilizado para implementado el área de almacigo de semilla de perejil se detalla a continuación:

- Poliuretano
- Bandejas de plasta formo
- Nylon negro
- Cautín
- Fluxómetro
- Escuadra

#### **5.1.5. Material de Almacigo Flotante**

El material utilizado para implementar el área de la piscina se detalla a continuación:

- Nylon negro
- Plasta formo de 4 cm de grosor
- Contenedores
- Oxigenador
- Mangueras
- Alambre

#### **5.1.6. Material del Sistema de Raíz Flotante**

El material utilizado para implementar el área del Sistema Raíz Flotante se detalla a continuación:

- Angulares
- Platino
- Pernos
- Carpa
- Oxigenador

- Pintura
- Gasolina
- Broca
- Electrodo
- Manguera
- Agrofil
- Cable
- Corta pico
- Enchufes

#### **5.1.7. Material de Laboratorio**

A continuación, se detalla los materiales de laboratorio que se utilizó en la investigación:

- Balanza analítica de 1kg
- ph metro
- Conductimetro
- Vaso precipitado

#### **5.1.8. Material de Gabinete**

Los materiales de gabinete que se utilizó durante el proceso de la investigación se detallan a continuación:

- Cuaderno de apuntes
- Calculadora
- Cámara fotográfica
- Planillas
- Computadora
- Bolígrafos
- Marcadores
- Cartulinas de color

### **5.1.9. Material de Campo**

Los materiales de campo que se utilizó son los siguientes:

- Regla
- Llave mixta
- Alicata
- Marbetes
- Agujas
- Hilo cáñamo
- Masquin
- Cinta aislante

### **5.2. Método**

Para el desarrollo de la investigación el Centro Experimental de Cota Cota proporciono un ambiente protegido o carpa solar en la cual utilizamos un espacio de 12 metros cuadrados, donde se llevó a cabo la elaboración de las estructuras del sistema de raíz flotante.

#### **5.2.1. Almacigo de semilla**

Para el área de almacigo de semilla de perejil:

- Se cortó las esponjas obteniéndose cubos de 3 x 3 x 3 cm. Se procedió a lavarlas con vinagre para eliminar los restos químicos propios de su fabricación, luego se enjuago con abundante agua para eliminar el vinagre quedando listo para la siembra.
- Se acomodaron los cubos de esponja en las bandejas hechas de plasta formo que median de 50 cm largo y 33 cm de ancho, de las cuales se acomodó 150 cubos de esponja en cada bandeja.
- En el sustrato ya húmedo se realizó la siembra dejando caer de 5 semillas en cada hoyo de cada cubo, el sustrato es poliuretano (esponja).

- Luego cubrimos con nylon negro durante 15 a 18 días hasta su emergencia, posteriormente se destapo el nylon y se llevó las bandejas a la en piscina.
- Se tenía una bandeja ya construida, que simula en una mesa contenedor dos piscinas con dimensiones 1.05m x 0.92m x 0,20 m., con forma rectangular, su interior se forró con nylon negro, en el cual se introdujo las plántulas desde el almacigo, donde el plasta formó permitió a las plántulas tener su raíz dentro del agua y las hojas fuera de ella. Por 3 días se vertió solo una lámina de agua a 6 cm.
- Al cuarto día se vertió en la piscina una lámina de solución nutritiva a 9 cm de altura y un PH de 6,8.
- En la segunda semana en la piscina se aumentó la solución nutritiva a un 10 %.
- Se procedió a la tomar el PH y conductividad de la solución nutritiva.
- Para el trasplante definitivo, las plántulas permanecieron 35 días, obteniendo de 2 a 3 hojas verdaderas y 5 cm a 7 cm de largo de la raíz.

### **5.2.2. Armado del Sistema Raíz Flotante**

Se armó una platabanda metálica con fierro angular de  $\frac{3}{4}$  plg con las siguientes medidas: Una altura de 0.3m y 2m de ancho x 6 m de largo, para la pared se colocó con una lona posteriormente se forro para evitar fugaz con agrofil toda la estructura y se instaló las mangueras para la respectiva oxigenación.

Para la parte superior se hizo perforaciones cuadradas de 3 x 3 en el plasta formo de 0,02 cm de ancho, a un marco de plantación de tres bolillos para el ingreso de las plántulas, este procedimiento se realizó en todos los tratamientos haciendo un total de 654 perforaciones distribuidas en las diferentes densidades de siembra propuestas en la investigación.

### **5.2.3. Trasplante en el Sistema Raíz Flotante**

Se realizó el trasplante después de 35 días de haber almacigado la semilla y que las plántulas tuvieron alrededor de 2 a 3 hojas verdaderas en piscina, se trasladó cada

plántula en los diferentes densidades con un marco de en los plasta formo, teniendo mucho cuidado de que toda la raíz entre y este en contacto con la solución nutritiva aquí permanecerá hasta la cosecha.

#### 5.2.4. Análisis del Agua

Según Resh (2001), se recomienda usar agua de consumo humano para cultivos hidropónicos, cuidando de que este no tenga concentraciones de hipoclorito de sodio que sean perjudicial para el cultivo. Para tal fin se realizó análisis químico del agua.

#### 5.2.5. Formulación Nutricional del Cultivo de Perejil

En el requerimiento del cultivo de perejil se utilizó una formula generalizada para cultivos de hoja de acuerdo a Murillo y Jaimes (2020) en base a Resh (2001) y Cabezas (2012).

En la siguiente tabla 7, se detalla la formulación nutricional en base al requerimiento del cultivo de perejil.

**Tabla 7**

*Formulación de nutrientes para el cultivo de perejil para 1700 L.*

Composición	Fertilizante	Requerimiento en g.
Solución Concentrada	Nitrato de potasio	1070
“A”	Fosfato mono amoniacó	320
	Sulfato de magnesio	720
Solución Concentrada		
“B”	Nitrato de calcio	1640
Solución Concentrada	Quelato de hierro	160
“C”	EDDDHA	
	Cosmoquel menores	61

Una vez realizado los cálculos, se procedió al preparado de la solución nutritiva, que se muestra a detalle a continuación:

- Se realizó el llenado de la piscina (2m x 6 m), hasta una capacidad de 1200 L.
- Se pesó los fertilizantes de la solución “A” como también los fertilizantes de la solución “B” y “C”
- Se disolvió la solución “A” y “B” en 10 L de agua y la solución “C” en 5 L de agua.
- Una vez ya disuelto las soluciones, en diferentes baldes, se pasó al cierre de las llaves de la pileta, se realizó los cálculos para 1200 litros de agua disolviendo de manera general ambas soluciones nutritivas.
- Para la solución A Y B se incorporó 7 litros (concentrado) y la solución C se incorporó 3,5 litros (concentrado).
- Una vez controlado el pH y tomada la conductividad eléctrica se pasó a encender los oxigenadores.

#### 5.2.5.1. Diseño Experimental

El diseño experimental empleado fue el diseño completo al azar (DCA) con arreglo bi factorial, en el que los factores de estudio son las variedades de perejil y las densidades de siembra.

#### 5.2.5.2. Factores de Estudio

**Tabla 8**

*Descripción de los Factores de estudio.*

<b>Variedades Factor “A”</b>	<b>Densidades Factor “B”</b>
<b>a<sub>1</sub>:</b> Variedad lisa <i>Italian darkgreen</i>	<b>b<sub>1</sub>:</b> 10 cm x 10 cm
<b>a<sub>2</sub>:</b> Variedad rizada <i>Forrets Green</i>	<b>b<sub>2</sub>:</b> 15cm x 15 cm
	<b>b<sub>3</sub>:</b> 20cm x 20 cm

En la tabla 8, se explica las combinaciones de los tratamientos de variedad y densidad del diseño experimental del trabajo de investigación.

**Tabla 9**

*Descripción de las combinaciones del tratamiento.*

<b>Tratamiento</b>	<b>Variedades</b>	<b>Densidades</b>
T <sub>1</sub>	<i>Italian darkgreen</i> (lisa)	d <sub>1</sub> (10cm x 10cm)
T <sub>2</sub>	<i>Italian darkgreen</i> (lisa)	d <sub>2</sub> (15cm x 15cm)
T <sub>3</sub>	<i>Italian darkgreen</i> (lisa)	d <sub>3</sub> (20cm x 20cm)
T <sub>4</sub>	<i>Forrets green</i> (Crespa)	d <sub>1</sub> (10cm x 10cm)
T <sub>5</sub>	<i>Forrets green</i> (Crespa)	d <sub>2</sub> (15cm x 15cm)
T <sub>6</sub>	<i>Forrets green</i> (Crespa)	d <sub>3</sub> (20cm x 20cm)

*Nota.* La distribución se realizó de acuerdo a un diseño completamente al azar DCA.

### 5.2.5.3. Modelo Aditivo Lineal

$$Y_{ij} = m + a_i + b_j + a \times b_{ij} + e_i$$

**Dónde:**

**y<sub>ij</sub>:** es una observación cualquiera

**m:** es la media general del experimento

**a<sub>i</sub>:** es el efecto de la i-ésima factor A

**b<sub>j</sub>:** es el efecto del j-ésimo factor B

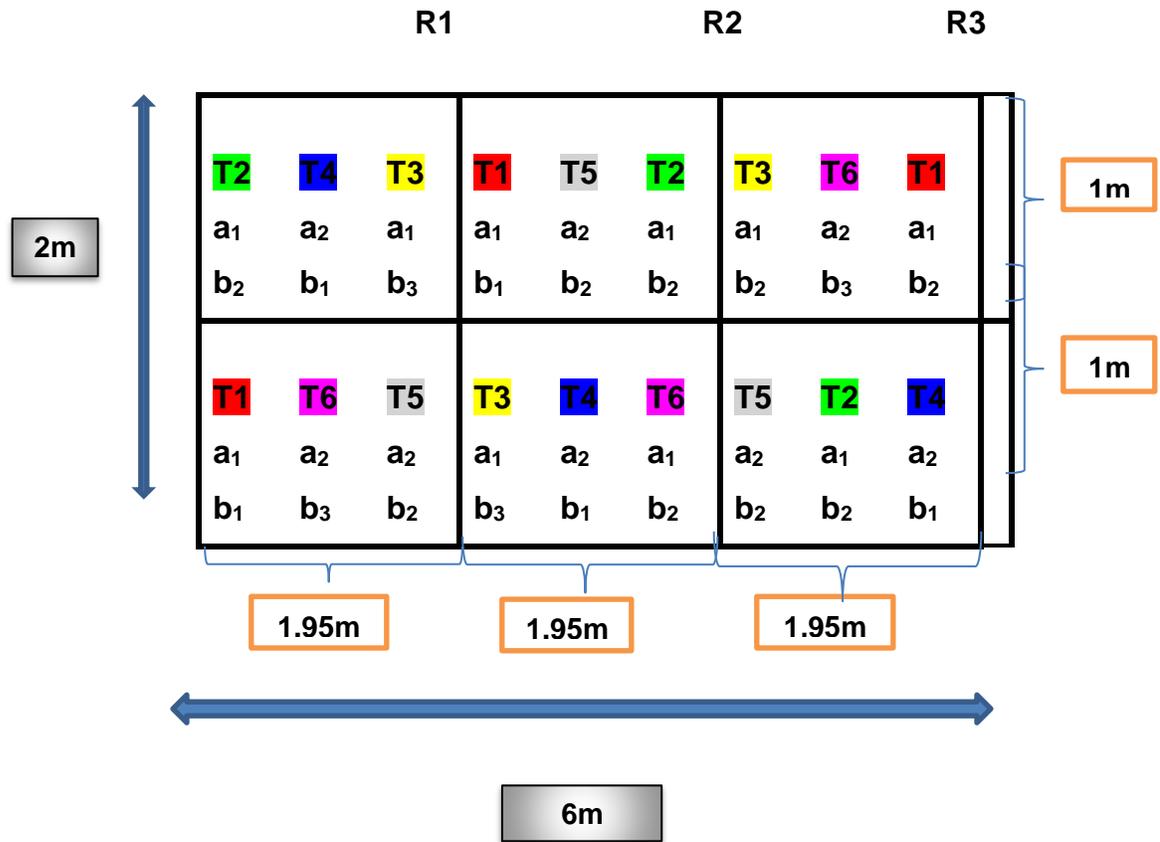
**ab<sub>ij</sub>:** es el efecto de la interacción de la i-ésima factor A y el j-ésimo factor B

**e<sub>ij</sub>:** es el error experimental

### 5.2.5.4. Croquis Experimental

Figura 2

Distribución de los tratamientos y sus repeticiones.



Nota. Elaboración propia

### 5.2.5.5. Distribución del Área Experimental

- Superficie total.....12 m<sup>2</sup>
- Superficie total aprovechable.....11.7 m<sup>2</sup>
- Superficie de la unidad experimental.....0.65 m<sup>2</sup>
- Nº Total de unidades experimentales.....18

## **5.2.6 Variables de Respuesta**

### **5.2.6.1. Altura de Planta (cm)**

Para el registro de esta variable se midió la parte basal desde el cuello hasta el ápice de la planta con la ayuda de una regla metálica, este dato se tomó una vez por semana.

### **5.2.6.2. Número de Hojas**

Se realizó un conteo manual y metódico de las ramas verdaderas por planta muestra, se llevó a cabo el conteo una vez por semana.

### **5.2.6.3. Volumen de Raíz (c)**

La obtención de este dato fue al final de la cosecha, utilizando una probeta con un volumen de agua con solución nutritiva conocida, se sumergió toda la raíz de la muestra y se registró este dato restando el volumen conocido al volumen total.

### **5.2.6.4. Longitud de Raíz (cm)**

Para medir esta variable se utilizó un flexometro, se midió desde el cuello superior de la raíz para abajo de cada muestra, la obtención del dato fue al final de la segunda cosecha.

### **5.2.6.5. Rendimiento (kg/m<sup>2</sup>)**

Para cuantificar el rendimiento se consideró el peso cosechado de plantas de perejil de 0,65 m<sup>2</sup> por unidad experimental, estos valores fueron evaluados en una balanza de precisión.

## **5.2.7. Análisis Económico**

La evaluación económica proporciona parámetros claros para determinar la rentabilidad de un determinado tratamiento, para realizar un cambio tecnológico en sistemas de producción, en este caso perejil producido a campo abierto. El análisis

económico consistió en el cálculo del Beneficio Neto y las relaciones Beneficio Costo (B/C) en base a los rendimientos y costos obtenidos por cada tratamiento.

#### **5.2.7.1 Rendimiento Ajustado (RA)**

El rendimiento ajustado de cada tratamiento es el rendimiento medio reducido en un cierto porcentaje con el fin de reflejar la diferencia entre el rendimiento experimental y el que el productor tradicional o en una producción comercial a pequeña escala podría lograr con ese tratamiento.

#### **5.2.7.2. Beneficio Bruto (BB)**

El beneficio bruto se calculó multiplicando el rendimiento ajustado por el precio promedio de manojo de perejil. Para el cálculo de beneficio bruto anual se multiplicó el beneficio bruto de una campaña, por el número de campañas al año.

#### **5.2.7.3. Costos Fijos (CF)**

Los costos fijos son aquellos costos que se incurren solo una vez durante varios ciclos de producción.

#### **5.2.7.4. Costos Variables (CV)**

Los costos variables son los costos relacionados con los insumos comprados para cada ciclo productivo, los cuales varían con los tratamientos de una variedad a otra.

#### **5.2.7.5. Costos Totales (CT)**

Es la suma del costo variable más el costo fijo, para conocer cuánto de dinero se utilizó en total en la producción de perejil hidropónico.

#### **5.2.7.6. Beneficio Neto (BN)**

Se consideró todos los tratamientos, el análisis de beneficios netos se realizó en función a los costos variables y al beneficio bruto que se obtuvo con las cantidades

producidas y la relación de las de insumo y mano de obra utilizados para cada tratamiento.

#### **5.2.7.7. Relación Beneficio y Costo (B/C)**

La relación de beneficio/costo, es la comparación sistemática entre el beneficio o resultado de una actividad y el costo de realizar esa actividad. La regla básica de beneficio/costo (B/C), es que una inversión será rentable, si los beneficios son mayores que la unidad ( $B/C > 1$ ), es aceptable cuando es igual a la unidad ( $B/C = 1$ ), y no es rentable si es menor a la unidad ( $B/C < 1$ ).

## 6. RESULTADOS Y DISCUSIONES

Los resultados que se muestran a continuación, reflejan el efecto de los factores estudiados en el presente trabajo de investigación.

### 6.1. Altura de la Planta Primer Corte (cm)

En la tabla 10, se detalla los resultados del análisis de varianza para la variable altura de planta del cultivo de perejil por efecto de dos variedades y tres densidades.

**Tabla 10**

*Análisis de varianza de la altura de planta, primer corte.*

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>GL</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>P-Valor</b>
<b>Variedad</b>	27,13	1	27,13	27,33	0,0002 **
<b>Densidad</b>	94,05	2	47,03	47,37	<0,0001**
<b>Variedad *densidad</b>	8,51	2	4,25	4,28	0,0394**
<b>Error</b>	11,91	12	0,99		
<b>Total</b>	141,61	17			

**CV= 4,98**

*Nota.* Los datos se procesaron en el programa estadístico INFOSTAT.

La tabla 10, nos muestra el Análisis de Varianza para la variable altura de planta primer corte, donde se observa una diferencia altamente significativa entre las variedades estudiadas lo que indica que la variedad afecta directamente en la variable altura de planta. Así mismo entre las densidades propuestas se muestra diferencias altamente significativas lo que indica que entre las densidades estudiadas hay diferencia estadísticas para la variable.

Del mismo modo se mostraron diferencias altamente significativas para la interacción (Variedad \* Densidad) por lo tanto son variables dependientes lo que significa que actúan dependientemente la una de la otra.

De acuerdo con el análisis de varianza ver (tabla 10) para la altura de planta del primer corte, se observa un coeficiente de variación es de 4,98 %, que indica que se ha tenido un adecuado manejo de las unidades experimentales y que los datos son confiables (Arteaga, 2010).

**Tabla 11**

*Comparación de medias para Variedades, Duncan para la variable altura de planta primer corte.*

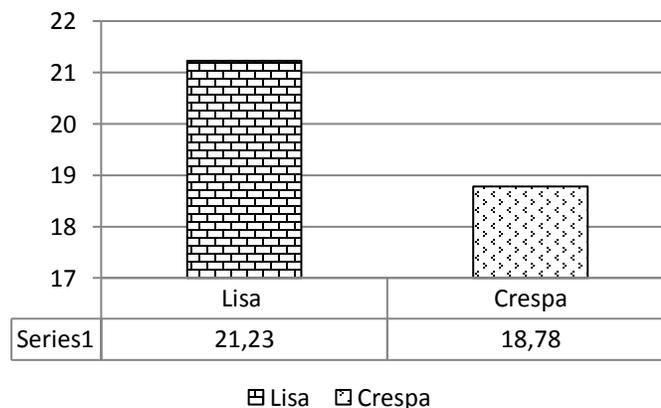
<b>Variedad</b>	<b>Medias</b>	<b>N</b>	<b>E.E.</b>	
<b>Liso</b>	21,23	9	0,33	A
<b>Crespo</b>	18,78	9	0,33	B

*Nota.* Los datos se procesaron en el programa estadístico INFOSTAT.

Debido a que se mostraron diferencias altamente significativas entre las variedades se realizó la prueba Duncan donde se muestra ( $p < 0,05$ ) ver (tabla 11) se pudo observar que la variedad que obtuvo mayores medidas de altura de planta es la variedad lisa con una altura promedio de 21,23 cm mientras que la variedad crespa solo obtuvo una altura promedio de 18,8cm.

**Figura 3**

*Altura de planta primer corte – variedad.*



*Nota.* Elaborado en Microsoft Excel.

**Tabla 12**

*Comparación de medias Duncan densidades, variable altura de planta primer corte.*

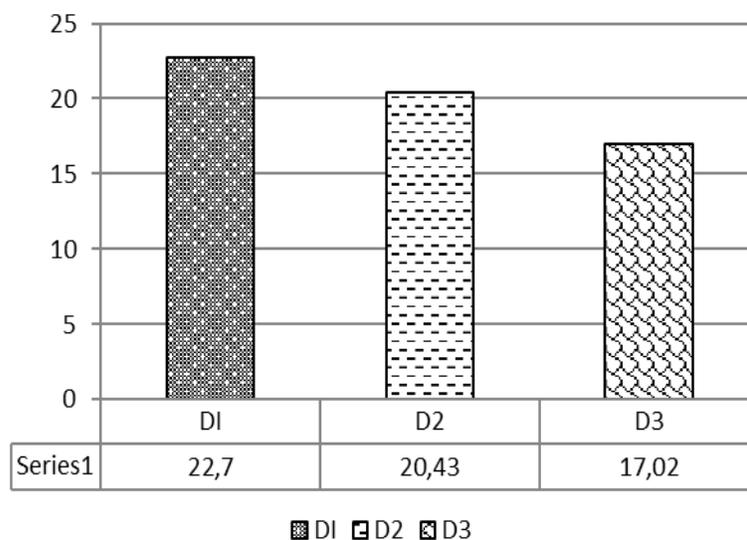
Densidad	Medias	N	E.E.	
D1 (10 cm x 10cm)	22,57	6	0,41	A
D2 (15 cm x 15 cm)	20,43	6	0,41	B
D3 (20 cm x 20 cm)	17,02	6	0,41	C

*Nota.* Los datos se procesaron en el programa estadístico INFOSTAT.

Como se puede observar en la tabla 12, se realizó el análisis Duncan para densidades debido a que en el análisis ANVA salió altamente significativo por lo que se pudo observar que la densidad con la que se obtuvo mayor altura de planta fue la D1 la cual obtuvo una altura promedio de 22,6 cm mientras que la D3 obtuvo una altura menor de 17,02cm.

**Figura 4**

*Altura de planta primer corte – densidad.*



*Nota.* Elaborado en Microsoft Excel.

**Tabla 13**

*Comparaciones de medias de la interacción entre variedades y densidades del perejil para la variable altura de planta primer corte.*

<b>Variedad</b>	<b>Densidad</b>	<b>Medias</b>	<b>n</b>	<b>E.E.</b>	
<b>Liso</b>	D1	24,77	3	0,58	A
<b>Liso</b>	D2	21,17	3	0,58	B
<b>Crespo</b>	D1	20,37	3	0,58	B
<b>Crespo</b>	D2	19,70	3	0,58	B
<b>Liso</b>	D3	17,77	3	0,58	C
<b>Crespo</b>	D3	16,27	3	0,58	C

*Nota.* Los datos se procesaron en el programa estadístico INFOSTAT.

De manera general se observó que la mayor altura la obtuvo el marco de plantación de 10 cm x 10 cm, debido a la competencia que se genera entre plantas, por lo cual la planta al no tener mucho espacio para desarrollarse horizontalmente, la planta va compitiendo con otras plantas en busca de luz, nutrientes disueltos en el agua y otros factores que aceleran su crecimiento verticalmente es por esta razón que tienen mayor altura con respecto a los demás tratamientos. Otro factor que se puede atribuir son las características genéticas de cada variedad de perejil.

Holle y Montes (1985), indican que entre plantas puede haber competencias intra específicas (entre cultivo y otras especies) e inter específicas (entre las plantas del mismo cultivo). La competencia intra específica (densidades), son las características de las plantas como rendimiento, calidad y otras variables que se ven afectadas por la densidad poblacional por lo que para el cultivo existe un tamaño ideal de población a partir del cual se establecen las relaciones de competencia en el caso hortícola.

FAO (1995), señala que la velocidad con que crece una planta y la morfología que adopta, son determinadas por factores internos y externos. Las variaciones de temperatura, suministro de humedad y otras condiciones ambientales puede acusar irregularidades en la curva de crecimiento.

## 6.2. Altura de la Planta Segundo Corte (cm)

En la tabla 14, se detalla los resultados del análisis de varianza para la variable altura de planta del cultivo de perejil por efecto de dos variedades y tres densidades.

**Tabla 14**

*Análisis de varianza altura de planta segundo corte.*

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>GL</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>P- valor</b>
<b>Variedad</b>	26,89	1	26,89	8,89	0,0114 **
<b>Densidad</b>	141,64	2	70,82	23,42	0,0001 **
<b>Variedad *densidad</b>	2,64	2	1,32	0,44	0,6560NS
<b>Error</b>	36,29	12	3,02		
<b>Total</b>	207,46	17			

**CV = 7,69%**

*Nota.* Los datos se procesaron en el programa estadístico INFOSTAT.

De acuerdo a la tabla 14. Donde se muestra el análisis de varianza se pudo observar que en el caso de las variedades la diferencia sale altamente significativa lo que nos indica que en la variable altura de planta en el segundo corte, la variedad si afecta directamente a la misma al igual que la densidad ya que también sale altamente significativa. En el caso de la interacción entre ambas variables sale no significativa lo que nos indica que no son variables dependientes entre sí.

De acuerdo con el análisis de varianza para la variable altura de planta en el segundo corte, se observa un coeficiente de variación es de 7,69 %, que indica que se ha tenido un adecuado manejo de las unidades experimentales y que los datos son confiables (Arteaga, 2010).

**Tabla 15**

*Comparación de medias para Variedades, Duncan para la variable altura de planta segundo corte.*

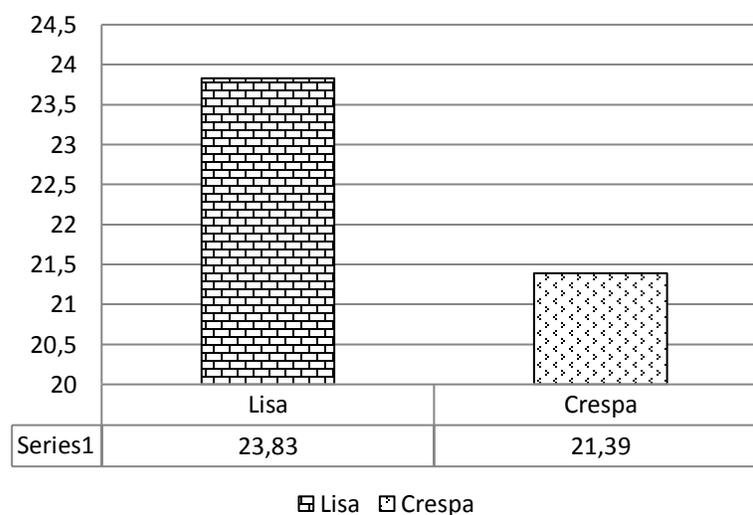
<b>Variedad</b>	<b>Medias</b>	<b>N</b>	<b>E.E.</b>	
<b>Liso</b>	23,83	9	0,58	A
<b>Crespo</b>	21,39	9	0,58	B

*Nota.* Los datos se procesaron en el programa estadístico INFOSTAT.

En la tabla 15. De la prueba Duncan se puede observar que la variedad *lisa* es la que muestra mayor altura alcanzando un promedio de 23,8cm de altura de planta mientras que la variedad *crespa* solo alcanza una altura promedio de 21,4cm.

**Figura 5**

*Altura de planta segundo corte – variedad.*



*Nota.* Elaborado en Microsoft Excel.

**Tabla 16**

*Comparación de medias Duncan densidades, variable altura de planta segundo corte.*

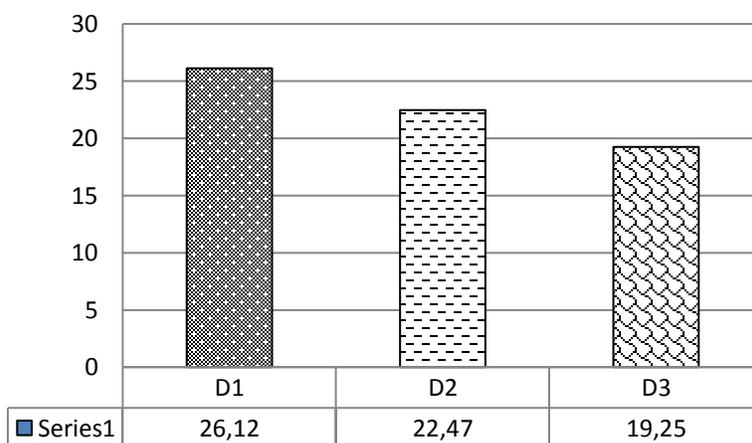
<i>Densidad</i>	<i>Medias</i>	<i>N</i>	<i>E.E.</i>	
<b>D1</b> <b>( 10 cm x 10 cm)</b>	26,12	6	0,71	A
<b>D2</b> <b>(15 cm x 15 cm)</b>	22,47	6	0,71	B
<b>D3</b> <b>(20 cm x 20 cm)</b>	19,25	6	0,71	C

*Nota.* Los datos se procesaron en el programa estadístico INFOSTAT

En la tabla 16. De la prueba Duncan se pudo observar que de las densidades en estudio la que mejor altura promedio obtuvo fue la D1 alcanzando una altura promedio de 26,12cm mientras que la D3 es la que menor altura obtuvo con un promedio de 19,2cm.

**Figura 6**

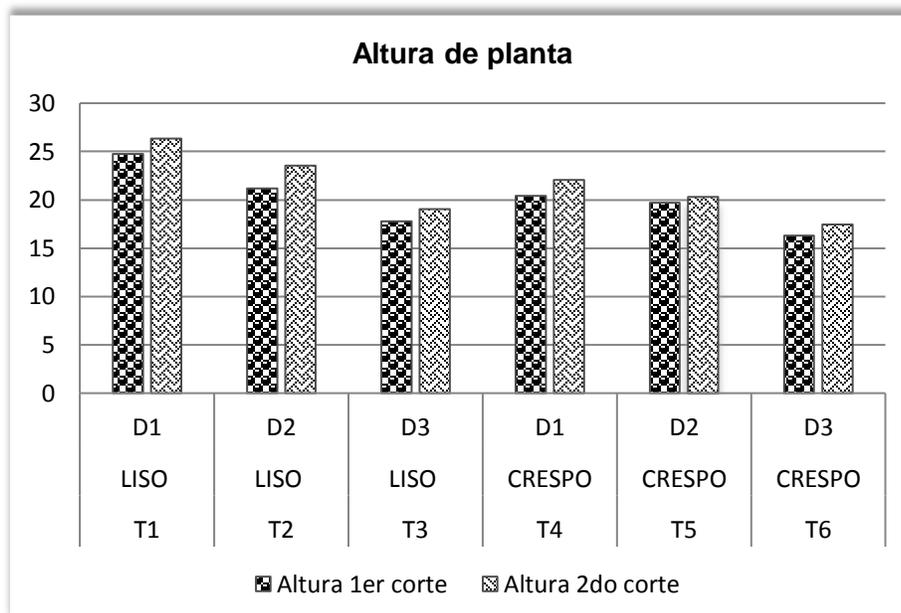
*Altura de planta segundo corte – densidad.*



*Nota.* Elaborado en Microsoft Excel.

### Figura7

Promedio de altura de planta por variedad y densidad de siembra, primera y segunda cosecha.



Nota. Elaborado en Microsoft Excel.

Para analizar el comportamiento del cultivo de perejil en las dos cosechas para la variable altura de planta. Tomando en cuenta los resultados obtenidos de dicha variable, se observó claramente que en la segunda cosecha hubo mejor altura del perejil, en el tratamiento  $T_1 = V1 * D1$  (10 cm \* 10cm) logrando un alcance de 26,12 cm, siendo estadísticamente significativo con relación a la primera cosecha. Por lo tanto podemos concluir que la mejor altura de planta del cultivo de perejil se presenta en la segunda cosecha.

Además, teniendo en cuenta los promedios de alturas encontradas se puede atribuir al buen desarrollo de altura de planta con respecto a los cultivos con sustrato a un buen volumen de solución y un buen control del pH y C.E. del mismo.

Se puede observar la diferencia de crecimiento entre las variedades de perejil de hoja *lisa* y *cresta*. Las variedades de hoja *lisa* siempre muestran una planta de mayor altura,

por lo tanto, de peciolos más largos y hojas más anchas. Sin embargo, el tipo *crespa* tiene una menor altura por la forma de sus hojas arrelladas y compactas.

Por otra parte, es importante recalcar la oxigenación ya que según Kramer (2000) una oxigenación inadecuada provoca una disminución de la fotosíntesis y la transferencia de carbohidratos el cual influye en el crecimiento y buen desarrollo de la planta.

Al respecto Vigliola (1993) señala que estos métodos de aplicación de nutrientes, puede reemplazarse del método convencional ya que la unidad de nutrientes aplicadas debe ser baja porque puede provocar quemaduras en las hojas en el caso de usar soluciones muy concentradas o con alta dosificación.

### 6.3. Número de Hojas Primer Corte

En la tabla 17, se detalla los resultados del análisis de varianza para la variable número de hojas por planta del cultivo de perejil por efecto de dos variedades y tres densidades.

**Tabla 17**

*Análisis de varianza de número de hojas, primer corte.*

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>GL</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>P- valor</b>
<b>Variedad</b>	0,47	1	0,47	5,83	0,0326 *
<b>Densidad</b>	0,60	2	0,30	3,70	0,0560 NS
<b>Variedad *densidad</b>	0,42	2	0,21	2,60	0,1150 NS
<b>Error</b>	0,97	12	0,08		
<b>Total</b>	2,46	17			

**CV= 5,50**

*Nota.* Los datos se procesaron en el programa estadístico INFOSTAT.

De acuerdo a la tabla 17. El Análisis de Varianza para el número de hojas nos muestra que la variedad sale significativo, esto indica que si influyo la variedad para obtener mayor o menor número de hojas. Con respecto a las densidades dio como resultado no significativo, esto indica que las densidades no tuvieron un efecto directo en el número de hojas.

Para la interacción de variedad \* densidad dio como resultado no significativo lo cual indica que cada factor actuó de manera independiente, no influye en la variable número de hojas.

El coeficiente de variación es de 5,50 %, lo cual indica que se ha tenido un adecuado manejo de las unidades experimentales y que los datos son confiables (Arteaga, 2010).

**Tabla 18**

*Comparación de medias para Variedad, Duncan para la variable número de hojas primer corte.*

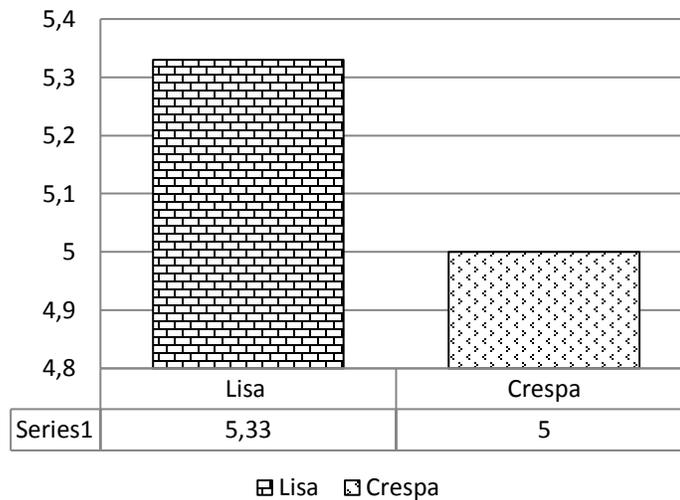
<b>Variedad</b>	<b>Medias</b>	<b>N</b>	<b>E.E.</b>	
<b><i>Liso</i></b>	5,33	9	0,09	A
<b><i>Crespo</i></b>	5,00	9	0,09	B

*Nota.* Los datos se procesaron en el programa estadístico INFOSTAT.

En la tabla 18 del test Duncan para variedades nos muestra que la variedad que mayor número de hojas obtuvo fue la variedad *Lisa* ya que mostro un promedio de 5,3 hojas mientras que la variedad *crespa* mostro menos número de hojas con un promedio de 5 hojas por planta.

## Figura 8

Número de hojas primer corte – variedad.



*Nota.* Elaborado en Microsoft Excel.

Gros (1996), citado por Pari (2018), menciona que una planta bien provista de nitrógeno adquiere un gran desarrollo de hojas y tallos además de que el fósforo es un elemento regulador de la vegetación es muy activa durante el periodo de máximo crecimiento.

Según Hodf (2018) informa que las plantas necesitan de luz solar para un excelente desarrollo y calidad de las plantas, la luz es un factor de gran importancia en estos cultivos en especial si es en un sistema hidropónico.

### 6.4. Número de Hojas Segundo Corte

En la tabla 17, se detalla los resultados del análisis de varianza para la variable número de hojas por planta del cultivo de perejil por efecto de dos variedades y tres densidades.

**Tabla 19***Análisis de varianza de número de hojas, segundo corte.*

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>GL</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>P-valor</b>
<b>Variedad</b>	0,78	1	0,78	6,95	0,0217 *
<b>Densidad</b>	0,70	2	0,35	3,12	0,0809 NS
<b>Variedad *densidad</b>	0,11	2	0,05	0,48	0,6311 NS
<b>Error</b>	1,35	12	0,11		
<b>Total</b>	2,94	17			

**CV = 7,08**

*Nota.* Los datos se procesaron en el programa estadístico INFOSTAT.

En la Tabla 19, El Análisis de Varianza para número de hojas segundo corte nos muestra como resultado significativo, lo que indica que la variedad si influyo la variedad en el número de hojas. Con respecto a las densidades este muestra un resultado no significativo, lo que indica que no influyo las densidades para obtener mayor o menor número de hojas.

Para la interacción entré los factores; variedad y densidad dio como resultado no significativo, lo cual indica que son factores que actúan de manera independiente.

De acuerdo con el análisis de varianza para el número de hojas segundo corte, se observa un coeficiente de variación es de 7,08 %, que indica que se ha tenido un adecuado manejo de las unidades experimentales y que los datos son confiables (Arteaga, 2010).

**Tabla 20**

*Comparación de medias para Variedades, Duncan para la variable número de hojas segundo corte.*

<b>Variedad</b>	<b>Medias</b>	<b>N</b>	<b>E.E.</b>	
<i><b>Liso</b></i>	4,94	9	0,11	A
<i><b>Crespo</b></i>	4,53	9	0,11	B

*Nota.* Los datos se procesaron en el programa estadístico INFOSTAT.

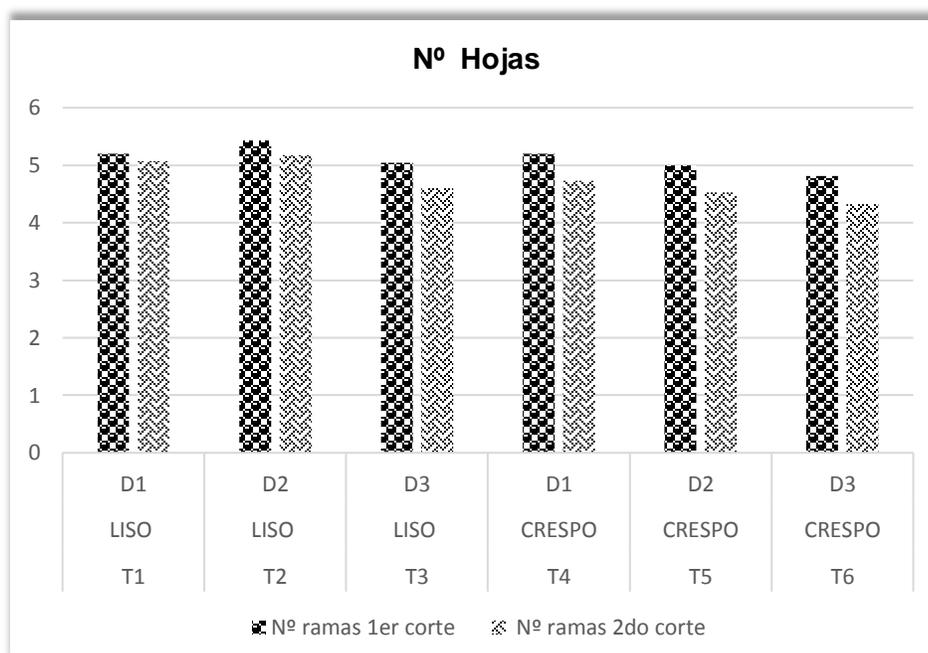
En la tabla 20, test Duncan para variedades nos muestra que la variedad que mayor número de hojas obtuvo fue la variedad Lisa ya que mostro un promedio de 4,94 hojas por planta, mientras que la variedad crespa mostro menos N° de ramas con un promedio de 4,53 hojas por planta.

Neuman (1997) citado por Hoyos (2009), menciona que la tasa de crecimiento las hojas depende de la continua e irreversible expansión de células jóvenes, las cuales producidas por la división celular en los tejidos meristemáticos. De este modo, el suministro sub óptimo de nutrientes podría afectar la tasa de crecimiento de las hojas por la inhibición de la tasa de producción y expansión de nuevas hojas.

Se afirma que cuando se suministra correctamente los nutrientes en una solución, indirectamente se sabe que el nitrógeno en cantidades exactas favorece a la planta para su alta velocidad de crecimiento, al contrario en una adición en menor cantidad de nutrientes en la solución el desarrollo es inferior en su desarrollo de la planta. (Chilon, 2016)

**Figura 9**

*Promedio de número de hojas por densidad de siembra, primer y segundo corte.*



*Nota.* Elaborado en Microsoft Excel.

Para analizar el comportamiento del cultivo de perejil en las dos cosechas con respecto al número de hojas por planta. Se tomó en cuenta los resultados promedios de los respectivos tratamientos de estudio, se observó claramente que la primera cosecha tuvo mejor efecto en el número de hojas por planta, obteniendo 5,37 hojas por planta. Logrando ser estadísticamente significativo a comparación de la segunda cosecha.

### **6.5. Rendimiento Primer Corte (Kg/m<sup>2</sup>)**

Los resultados obtenidos en campo en cuanto al rendimiento del cultivo de perejil se presentan en la tabla N° 21.

**Tabla 21***Análisis de varianza de Rendimiento, primer corte.*

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>GL</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>P-valor</b>
<b>Variedad</b>	0,41	1	0,41	13,69	0,0030 **
<b>Densidad</b>	3,63	2	1,81	60,81	<0,0001 **
<b>Variedad *densidad</b>	0,01	2	2,50	0,09	0,9189 NS
<b>Error</b>	0,36	12	0,03		
<b>Total</b>	4,40	17			

**CV=12,13**

*Nota.* Los datos se procesaron en el programa estadístico INFOSTAT.

En la tabla 21, análisis de varianza para el rendimiento del primer corte, la variedad dio como resultado altamente significativo esto indica que si influyo la variedad de perejil en el rendimiento. Con respecto a densidades de siembra dio como resultado altamente significativo, lo que indica que las densidades tuvieron un efecto directo en el rendimiento del perejil hidropónico. A diferencia de la interacción de variedad y densidad dio como resultado no significativo, lo cual indica que cada factor actuó de manera independiente. De acuerdo con el análisis de varianza ver (tabla 21), para el número de hojas segundo corte, se observa un coeficiente de variación es de 12,13 %, que indica que se ha tenido un adecuado manejo de las unidades experimentales y que los datos son confiables (Arteaga, 2010).

**Tabla 22**

*Comparación de medias para Variedades, Duncan para la variable rendimiento primer corte.*

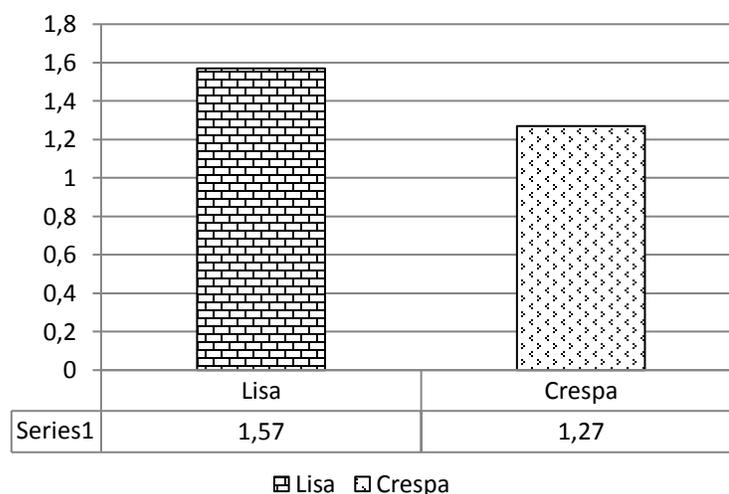
<b>Variedad</b>	<b>Medias</b>	<b>N</b>	<b>E.E.</b>	
<b>Liso</b>	1,57	9	0,06	A
<b>Crespo</b>	1,27	9	0,06	B

*Nota.* Los datos se procesaron en el programa estadístico INFOSTAT.

Tabla 22, del test Duncan nos muestra que la variedad que mejor rendimiento saco fue; la variedad *lisa* con un rendimiento de 1,57 kg mientras que la variedad *crespa* solo obtuvo 1.27 kg.

**Figura 10**

*Rendimiento del cultivo de perejil primer corte – variedad.*



*Nota.* Elaborado en Microsoft Excel

**Tabla 23**

*Comparación de medias Duncan densidades, variable rendimiento primer corte.*

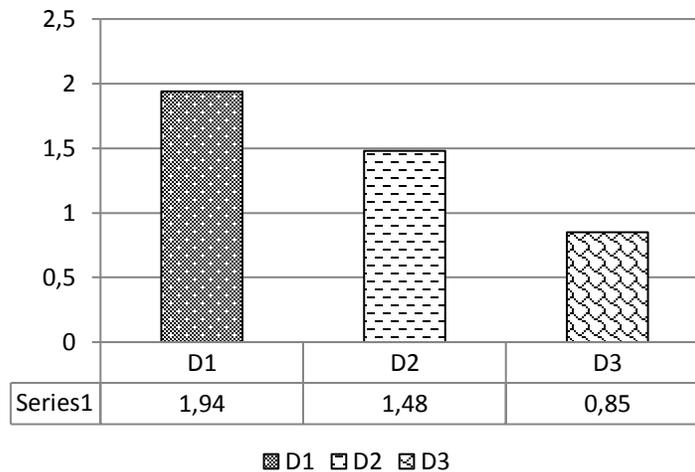
Densidad	Medias	N	E.E.	
<b>D1</b> <b>(10 cm x 10 cm)</b>	1,94	6	0,07	A
<b>D2</b> <b>( 15 cm x 15 cm)</b>	1,48	6	0,07	B
<b>D3</b> <b>(20 cm x 20 cm)</b>	0,85	6	0,07	C

*Nota.* Los datos se procesaron en el programa estadístico INFOSTAT.

En el caso de las densidades en la tabla 23, test Duncan muestra que la densidad que mejor rendimiento obtuvo fue la D1 (10 cm X 10 cm) con un promedio de 1.94 kg.

**Figura 11**

*Rendimiento del cultivo de perejil primer corte – densidad.*



*Nota.* Elaborado en Microsoft Excel

El rendimiento en el primer corte refleja, que la variedad *lisa Italian darkgreen* obtuvo los mejores rendimientos, en cambio en la variedad *cresta Forrets Green* fue la que presentó resultados inferiores. Esto debido a que la variedad lisa siempre muestra plantas de mayor altura y por ende peciolo más largos y las hojas más anchas, cualidades que influyen al momento de la toma de datos en la variable de rendimiento.

Filippetti (2008) indica que la solución nutritiva es quizá la parte más importante de toda la técnica hidropónica. Se trata nada menos que de la alimentación de la planta, que al estar exclusivamente a su merced de nuestro acierto de la elección y preparación de los nutrientes que le suministraremos y poder obtener mejores rendimientos con la técnica hidropónica a comparación del cultivo de tierra, ya que no disponen de la posibilidad de proporcionarse los alimentos y el agua por sus propios medios.

## 6.6. Rendimiento Segundo Corte (kg)

**Tabla 24**

*Análisis de varianza de Rendimiento, segundo corte*

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>GL</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>P- valor</b>
<b>Variedad</b>	0,11	1	0,11	3,60	0,0823NS
<b>Densidad</b>	3,89	2	1,94	66,04	<0,0001**
<b>Variedad *densidad</b>	0,11	2	0,06	1,92	0,1885NS
<b>Error</b>	0,35	12	0,03		
<b>Total</b>	4,46	17			

**CV= 13,09**

*Nota.* Los datos se procesaron en el programa estadístico INFOSTAT.

De acuerdo con la tabla 24, nos indica que la variedad es no significativa lo que significa que la variedad no afecta en el rendimiento. En cuanto a la densidad sale altamente significativo lo que indica que la densidad si afecta directamente en el rendimiento. Mientras que la interacción (variedad\*densidad) nos da como resultado no significativo esto nos indica que no son variables dependientes entre sí.

De acuerdo con la tabla número 25, el análisis de varianza para el número de hojas segundo corte, se observa un coeficiente de variación de 13,09 %, que indica que se ha tenido un adecuado manejo de las unidades experimentales ya que se encuentra dentro del rango del 15 %, entonces los datos obtenidos son considerados confiables (Arteaga 2010).

**Tabla 25**

*Comparación de medias Duncan densidades, variable rendimiento segundo corte.*

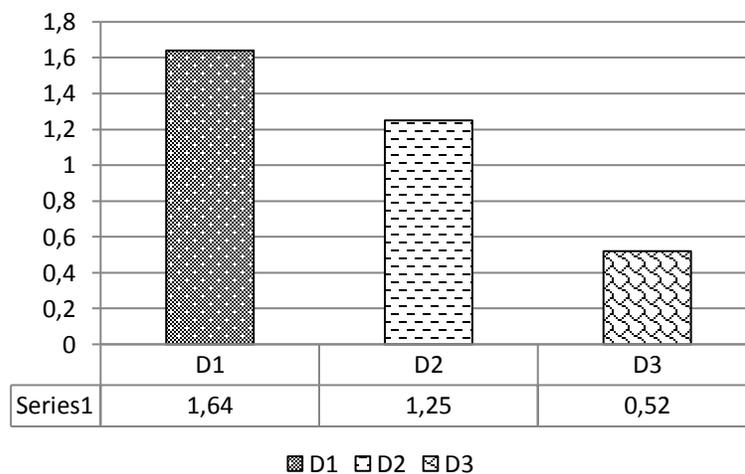
Densidad	Medias	N	E.E.	
<b>D1</b> <b>( 10 cm x 10 cm)</b>	1,64	6	0,7	A
<b>D2</b> <b>(15 cm x 15 cm)</b>	1,25	6	0,7	B
<b>D3</b> <b>(20 cm x 20 cm)</b>	0,52	6	0,7	C

*Nota.* Los datos se procesaron en el programa estadístico INFOSTAT.

En la tabla 25, test Duncan para densidad se puede observar que la densidad que mejores rendimientos mostro fue la D1 con un promedio de 1.6kg mientras que la D3 obtuvo el rendimiento promedio más bajo con 0.52 kg.

**Figura 12**

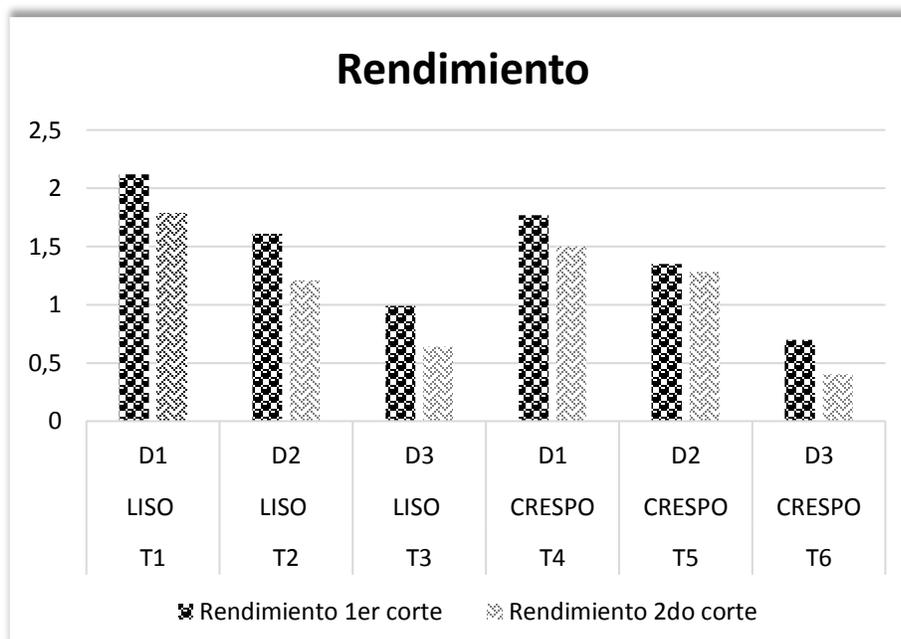
*Número de hojas segundo corte – densidad.*



*Nota.* Elaborado en Microsoft Excel.

**Figura 13**

*Efecto de las diferentes cosechas sobre el rendimiento*



*Nota.* Elaborado en Microsoft Excel.

Para analizar el comportamiento del cultivo de perejil en las dos cosechas (figura 13), tomando en cuenta los resultados de los rendimientos, se observó claramente que la primera cosecha tuvo mejor efecto en el rendimiento, logrando 2,12 Kg/m<sup>2</sup>, siendo estadísticamente significativo con relación a la primera cosecha. Por lo tanto podemos concluir que el mejor rendimiento del cultivo de perejil se presenta en la primera cosecha.

Según Agrosad (2018), los rendimientos obtenidos del cultivo de la hortaliza en ambientes atemperados son de 22t/ha, similares a lo señalado por Vigliola (1985) que indica que el promedio obtenido en ambientes atemperados es de 15 a 20 t/ha. Valores que se pudo superar con el T<sub>1</sub> con un rendimiento de 21,2 t/ha caso contrario con lo sucedido con los tratamientos T<sub>3</sub> con un rendimiento de 9,9 t/ha y el T<sub>6</sub> con un rendimiento de 7 t/ha, donde no se obtuvo un rendimiento esperado.

En los tratamientos estudiados la mayor parte obtuvieron óptimos rendimientos, lo que concuerda con el manifestado por Sánchez y Escalante (sf), indican que la hidroponía es una técnica de producción agrícola muy intensiva, teniendo como medio de cultivo un sustrato diferente al suelo agrícola que proporciona las condiciones físicas, químicas y sanitarias más adecuadas para el desarrollo de las plantas obteniendo mayor precocidad en los cultivos, ahorro de agua, se puede obtener varias cosechas al año pero sobre todo posibilidad de cultivar económicamente donde no hay suelo agrícola.

### 6.7. Volumen de la Raíz (cc)

En relación al variable volumen de raíz del cultivo de perejil bajo el efecto de dos factores: variedad y densidad. Con el fin de evaluar de manera precisa la variable volumen de raíz por planta se realizó el respectivo análisis de varianza.

**Tabla 26**

*Análisis de varianza del volumen de la raíz.*

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>GL</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>P-valor</b>
<b>Variedad</b>	6,85	1	6,85	1.61	0,2290NS
<b>Densidad</b>	1,34	2	0,67	0,16	0,8564NS
<b>Variedad * densidad</b>	7,05	2	3,53	0,83	0,4605 NS
<b>Error</b>	51,12	12	4,26		
<b>Total</b>	66,36	17			

**CV= 8,87%**

*Nota.* Los datos se procesaron en el programa estadístico INFOSTAT.

En el análisis de varianza presentado en la tabla 26, se observan los siguientes resultados: nos da no significativo en el caso del variedad y densidad lo que indica que estas variables no afectan en el volumen de raíz. Al igual que en la interacción entre variedad\*densidad sale no significativo lo que indica que no son variables dependientes entre sí.

El coeficiente de variación (CV) de 8,87 % expresa un buen manejo de las unidades experimentales y que los datos son confiables (Arteaga, 2010).

Según Resh (2001), cuando la solución está muy diluida en nutrientes las raíces tienden a crecer en busca de ellos y aumenta su volumen a causa de ello. El mismo autor indica que cuando hay un buen suministro de nutrientes las raíces tienden a ser cortas o están en relación con el área foliar, aunque también una fuerte radiación también provoca una disminución del tamaño de raíces.

### 6.8. Largo de Raíz (cm)

En relación al variable largo de raíz del cultivo de perejil bajo el efecto de dos factores: variedad y densidad. Con el fin de evaluar de manera precisa la variable largo de raíz por planta se realizó el respectivo análisis de varianza.

**Tabla 27**

*Análisis de varianza de largo de la raíz.*

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>GL</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>P-valor</b>
<b>Variedad</b>	5,28	1	5,28	0,96	0,3474NS
<b>Densidad</b>	3,36	2	1,68	0,30	0,7431NS
<b>Variedad *densidad</b>	1,76	2	0,88	0,16	0,8547NS
<b>Error</b>	66,27	12	5,52		
<b>Total</b>	76,67	17			

**CV= 6,69**

*Nota.* Los datos se procesaron en el programa estadístico INFOSTAT.

En la tabla 27, se presentan los resultados para la variable largo de raíz donde se puede ver que no se encontraron diferencias significativas entre variedades ni densidades por lo tanto en ambos casos el largo de raíz no tendrá diferencia.

Tampoco se evidencio diferencias significativas entre la interacción (variedad \* densidad) lo que indica que son variables totalmente independientes la una de la otra.

El coeficiente de variación (CV) de 6,69 % expresa un buen manejo de las unidades experimentales y que los datos son confiables (Arteaga, 2010).

El crecimiento de la raíz también se atribuye al oxígeno que es un componente vital de la fisiología de las raíces. La oxigenación superior de la zona radicular y la solución nutritiva que la hidroponía proporciona ayuda a mejorar la salud de las raíces, pues sin oxígeno suficiente para completar el proceso de respiración, las raíces se sofocan. Las plantas exhibir una estrategia llamada oxitropismo, en la que las raíces evitarán el crecimiento en áreas carentes de oxígeno (Groho, 2020).

El mismo autor indica, aunque las investigaciones en curso sobre sistemas sin suelo continúen revelando descubrimientos nuevos y excitantes, todavía necesitamos entender cómo aprovechar totalmente el poder del sistema radicular hidropónico. Con una amplia gama de procesos bioquímicos, desde la absorción de nutrientes y agua hasta la producción de hormonas de crecimiento de plantas esenciales e interacción con microbios, la fisiología de las raíces es algo que todo productor necesita considerar al diseñar y operar un sistema hidropónico.

Bidwel (1979); citado por Gutiérrez (2013), afirma que la formación de las raíces, son procesos controlados principalmente por factores internos, se determinan aparentemente por los niveles o el gradiente de las sustancias de crecimiento en los meristemos de la raíz. Así mismo indica, una vez que todos los nutrientes, agua y oxígeno requeridos por una planta se suministran a través de la solución nutritiva, el sistema radicular no necesita crecer y expandirse rápidamente.

De la misma manera Gallegos (1997) menciona, la importancia de la absorción, depende especialmente de las necesidades creadas por el crecimiento de las partes aéreas, de la concentración de elementos minerales al contacto de la raíz.

## **6.9. Análisis Económico.**

A partir de los resultados obtenidos en el proceso de la experimentación y el respectivo análisis estadístico, es esencial, la realización del análisis económico de los resultados, para realizar recomendaciones más adecuadas, combinados los aspectos

agronómicos y económicos más favorables de la investigación. La evaluación económica nos permite proporcionar parámetros claros para determinar la rentabilidad o no de un tratamiento, para realizar un cambio tecnológico en nuestro sistema de producción.

El análisis económico se efectuó con el único propósito de analizar los beneficios que puede otorgar el cultivo de perejil, para tal efecto los datos del precio de comercialización, insumos y mano de obra, están de acuerdo a los precios actuales en mercados de la ciudad de La Paz.

### 6.10. Rendimiento Ajustado (RA)

El rendimiento ajustado de cada tratamiento es el beneficio medio reducido en un cierto porcentaje, con el fin de reflejar la diferencia entre la ventaja experimental controlada y la producción comercial de los productores de perejil que se podría lograr con estos tratamientos.

**Tabla 28**

*Rendimiento ajustado para una campaña.*

Rendimiento	Variedad <i>lisa</i>			Variedad <i>crespa</i>		
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
<b>Rendimiento promedio (kg/</b>	1,95	1,45	0,82	1,64	1,32	0,55
<b>Rendimiento ajustado (-10%)</b>	1,76	1,30	0,74	1,47	1,28	0,49

*Nota.* Elaboración propia

En este caso se tomó la recomendación del manual de Evaluación Económica del centro internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), donde se establece una diferencia de 10% del rendimiento entre condiciones experimentales y de producción comercial normal, Este descuento se justifica desde el punto de vista que durante la realización del experimento se tuvo una especial atención y cuidado con las

parcelas experimentales, lo que no ocurre normalmente en una producción a gran escala.

### 6.11. Beneficio Bruto (BB)

El beneficio bruto se calcula multiplicando el rendimiento, por el precio promedio de kilogramo de manojo de perejil, para el cálculo de beneficio bruto anual se multiplicó el beneficio bruto de una campaña, por el número de campañas al año.

**Tabla 29**

*Beneficio bruto anual.*

Item	Variedad <i>Lisa</i>			Variedad <i>crespa</i>		
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
<b>Rendimiento promedio</b>	1,95	1,45	0,82	1,64	1,36	0,55
<b>Rendimiento ajustado (-10%)</b>	1,76	1,30	0,74	1,50	1,22	0,50
<b>Precio (Bs/kg)</b>	8	8	8	8	8	8
<b>Beneficio bruto (Bs/m<sup>2</sup>)</b>	14,08	10,44	6	12	9,70	4
<b>Nº de campañas</b>	12	12	12	12	12	12
<b>Beneficio Bruto Año (Bs/m<sup>2</sup>)</b>	169	125	72	144	116,40	48
<b>Beneficio Bruto por año (Bs/12m<sup>2</sup>)</b>	2028	1500	864	1728	1397	576

*Nota.* Elaboración propia

Según la tabla 29, los tratamientos que presentaron mejores ingresos brutos por año, fue el T<sub>1</sub> con 2028 Bs/año/m<sup>2</sup> seguida del T<sub>4</sub> 1728 Bs/año/m<sup>2</sup> respectivamente y el que menos beneficio costo obtuvo fue el T<sub>6</sub> con 576 Bs/año/m<sup>2</sup>, a estos resultados se atribuye que cada factor estudiado en los tratamientos influye en el beneficio bruto.

## 6.12. Costos Variables (CV)

En la siguiente tabla se detalla todos los gastos realizados en cuanto a costos variables se refiere, para cada ciclo de cultivo de 654 plantas de perejil.

**Tabla 30**

*Costos variables*

<b>Material</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio</b>	<b>Subtotal</b>
<b>Semilla variedad liso</b>	Onza	0,25	18	4,50
<b>Semilla Variedad crespo</b>	Onza	0,25	25	6,25
<b>Nitrato de calcio</b>	Kg	1,645	12	19,74
<b>Nitrato de potasio</b>	Kg	1,072	12	12,86
<b>Fosfato monoamoniaco</b>	Kg	0,320	20	6,40
<b>Sulfato de magnesio</b>	Kg	0,766	10	7,66
<b>Quelato de hierro</b>	Kg	0,016	180	2,88
<b>EDDDHA</b>				
<b>Cosmoquel menores</b>	Kg	0,061	90	5,49
<b>Plasta formo 4cm</b>	Pieza	2	8	16
<b>Plasta formo 1,5 cm</b>	Pieza	26	3,5	91
<b>Esponja</b>	M	1	6	6
<b>Mano de obra</b>	Jornal	3	100	300
	½ Jornal	30	50	1500
<b>Total</b>				<b>1979</b>

*Nota.* Elaboración propia

## 6.13. Costos fijos (CF)

Los costos fijos son aquellos costos que se mantienen para cada campaña de producción y que no están relacionados con la producción final.

**Tabla 31***Material para el Sistema de Raíz Flotante (piscina).*

<b>Material</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Subtotal</b>
<b>Angular <math>\frac{3}{4}</math></b>	Barra	7 $\frac{1}{2}$	23	173
<b>Platino <math>\frac{3}{4}</math></b>	Barra	1	15	15
<b>Electrodo</b>	Kg	$\frac{1}{2}$	7	7
<b>Pintura</b>	L	$\frac{1}{2}$	15	15
<b>Pernos</b>	Pieza	12	1	12
<b>Mano de obra</b>	Jornal	2	150	300
<b>Agrofil</b>	M	7	25	175
<b>Lona</b>	Pieza	1	180	180
<b>Servicio de luz</b>	Mensual	60	60	60
<b>Servicio de agua</b>	Mensual	15	15	15
<b>Total</b>				<b>952</b>

*Nota.* Elaboración propia**Tabla 32***Material para la instalación del sistema de oxigenación.*

<b>Material</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Subtotal</b>
<b>Oxigenadores</b>	Pieza	6	85	510
<b>Enchufe</b>	Pieza	6	3	18
<b>Corta pico</b>	Pieza	1	25	25
<b>Cinta aislante</b>	Pieza	1	2,5	2,5
<b>Cable</b>	M	30	2.5	75
<b>Manguera 0,5cm</b>	M	25	1,5	37,5
<b>Manguera 1,5 cm</b>	M	2	10	20
<b>Total</b>				<b>688</b>

*Nota.* Elaboración propia

#### 6.14. Costos Totales (CT)

Son las sumas de los costos de producción o variables y los costos fijos. Presentados en la siguiente tabla.

**Tabla 33**

*Costos totales.*

<b>Costos fijos</b>	<b>Costos variables</b>	<b>Total</b>
<b>CF</b>	<b>CV</b>	<b>CT= VF+CV</b>
<b>1640 Bs</b>	1979 Bs	3619 Bs

*Nota.* Elaboración propia

#### 6.15. Beneficio Neto (BN)

Los beneficios netos nos reflejan ingresos obtenidos luego de restar los costos totales. A continuación, en la tabla 34, se detallan los beneficios netos anuales.

**Tabla 34**

*Beneficios netos anuales.*

<b>Ítem</b>	<b>Tratamientos</b>					
	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>	<b>T5</b>	<b>T6</b>
<b>Beneficio Bruto</b>	2028	1500	864	1728	1397	576
<b>Costos Totales</b>	708	583	516	710	585	518
<b>Beneficios Netos</b>	1320	917	348	1018	812	58

*Nota.* Elaboración propia

Realizando un análisis entre los tratamientos estudiados podemos indicar los siguientes resultados. El caso del T<sub>1</sub> el beneficio neto es de 1320 Bs/año fue el que presenta mayor beneficio neto, seguida del tratamiento T<sub>4</sub> con 1018 Bs/año y el que se encuentra con un menor número de beneficio neto es el T<sub>6</sub> con 58 Bs/año esto

significa que los factores de estudio en cada tratamiento afectan directamente en estos resultados.

### 6.16. Relación Beneficio Costo (Bs/año)

Es la relación que existe entre los beneficios neto sobre los costos de producción, en la siguiente tabla se detallan la relación beneficio costo anuales.

**Tabla 35**

*Beneficio costo anual.*

Ítem	Variedad <i>lisa</i>			Variedad <i>crespa</i>		
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
<b>Beneficio Neto</b>	1320	917	348	1018	812	58
<b>Total costos</b>	708	583	516	710	585	518
<b>Beneficio /costo</b>	1,86	1,57	0,67	1,43	1,38	0,11

*Nota.* Elaboración propia

Realizado el análisis de relación de beneficio/costo, en base a los costos fijos y variables de producción por año y por tratamientos. Dicho análisis demuestra que; la relación Beneficio/costo es mayor que uno para la mayoría de los tratamientos ( $B/C > 1$ ), en consecuencia, estos son económicamente rentables.

Según al análisis económico realizado que se muestra en la tabla 35, indica que el T<sub>1</sub> Variedad *lisa Italian darkgreen* D1 (10 cm x 10 cm) logró un 1,86 Bs/año, lo cual significa que por cada boliviano invertido se logra tener de ganancia 0.86 Bs. adicional del capital invertido, seguida del T<sub>2</sub>; Variedad *lisa Italian darkgreen* D2 (15 cm x 15 cm) que obtuvo un 1,57 Bs/año lo cual significa que por cada boliviano invertido se logra tener una ganancia de 0,57 Bs/año, pasando a ser rentable, seguidamente los tratamientos T<sub>4</sub> y T<sub>5</sub> de la variedad *crespa Forrets Green*, resulto estar por detrás del T<sub>2</sub> pasando también a ser rentables.

En cambio, el T<sub>3</sub> Variedad *lisa Italian darkgreen* D3 (20 cm x 20 cm) resulto no ser rentable y el T<sub>6</sub> variedad *cresta Forrets Green* D3 (20 cm X 20 cm) alcanzó un beneficio/costo de 0,11 Bs/año lo que indica que por cada boliviano invertido se pierde 0,89 Bs resultando ser el peor tratamiento.

Sin embargo, es conveniente realizar cultivos hidropónicos en sistema raíz flotante con perejil variedad *lisa* D1 (10 cm x 10 cm), que resulto obtener las mejores características en las variables de respuesta y a la vez un beneficio costo por encima de 1 Bs de ganancia.

En cambio Palomino (2021), quien investigo el comportamiento agronómico de dos variedades de apio en el sistema de raíz flotante, menciona que obtuvo un beneficio/costo menor a 1 Bs en la mayoría de sus tratamientos, significando que no es rentable producir apio en este tipo de sistema. En el estudio realizado se demostró que, si se puede lograr producción en el sistema raíz flotante con rentabilidad y ganancia, siempre y cuando la producción sea continua y se tenga mercado.

## 7. CONCLUSIONES

De acuerdo con los objetivos propuestos y los resultados obtenidos durante la investigación, después de haber hecho el respectivo análisis e interpretación de los resultados se pudo llegar a las siguientes conclusiones:

- De acuerdo a los resultados obtenidos la variedad *Italian darkgreen lisa* alcanza el mejor rendimiento promedio en los dos cortes, en el primer corte el mayor promedio registrado fue en el tratamiento T<sub>1</sub>; variedad *lisa* en combinación con la densidad 1 (10 cm x 10 cm) con 2,12 kg/m<sup>2</sup>. En el segundo corte se obtuvo un mayor rendimiento en el tratamiento T<sub>1</sub>; variedad *lisa* en combinación con la densidad D1 (10 cm x 10 cm) con 1,77 kg/m<sup>2</sup>, y la que dio un menor rendimiento fue la *variedad crespa*.
- Con respecto a la densidad adecuada para la producción de perejil bajo la técnica hidropónica raíz flotante se concluye que la densidad D1 (10 cm x 10 cm) es la que en los dos cortes alcanzo el mayor desarrollo; en la altura de planta con un promedio en el un promedio de 26,12 cm y para la variable número de hojas se obtuvo el mayor promedio de 5,73 hojas por planta. Así también para el rendimiento el mayor promedio que alcanzo es de 2,12 kg/m<sup>2</sup>.
- Al realizar el análisis económico de la producción del cultivo de perejil en el sistema hidropónico raíz flotante se pudo determinar que el T<sub>1</sub> (variedad *lisa* D1(10 cm x 10 cm) logro el mejor beneficio/costo con un 1,86 Bs/año, lo cual significa que por cada Boliviano invertido se logra tener de ganancia 0.86 Bs. adicional del capital invertido, seguidamente del T<sub>2</sub>; Variedad *lisa Italian darkgreen* D2 (15 cm x 15 cm) que logro tener un beneficio costo de 1,57Bs, a diferencia de la variedad *crespa Forrets green* D3 (20 cm x 20 cm) resulto tener un 0,11 Bs donde se explica que se tiene perdida.

- Los valores obtenidos del beneficio/costo en la mayoría de los tratamientos fueron mayor a 1 Bs, por lo que hace al sistema hidropónico raíz flotante uno de los más rentables con relación a otros sistemas de producción, porque se aprovechó un menor espacio del invernadero, como también poder realizar la cosecha en menor tiempo de lo que habitualmente dura el ciclo productivo del cultivo de perejil.

## 8. RECOMENDACIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos; en el presente trabajo de investigación se hacen las siguientes recomendaciones:

- Se recomienda tener mucho cuidado en el control de los factores ambientales como la temperatura, pH, conductividad eléctrica, la humedad relativa, etc. Puesto que el mal manejo de alguna puede ocasionar la pérdida del cultivo.
- Se debe tener mucho cuidado en el momento del trasplante del almacigo al sistema raíz flotante, puesto que los tallos son muy frágiles en esta etapa y pueden dañarse fácilmente. Es importante tener en cuenta el golpe de sol durante el trasplante para evitar la muerte temprana de las plántulas. Es por eso que se recomienda usar malla semi sombra.
- Producir la variedad *lisa Italian darkgreen* como primera opción porque se obtuvo mejores resultados en la mayoría de las variables de respuesta en combinación con la D 1 (10 cm x 10 cm) entre plantas.
- Se propone promover a productores de hortalizas a realizar este tipo de producción sistema de raíz flotante, para que puedan ver las facilidad con la que se desarrolla al momento de cultivar hortalizas hidropónicas y poder demostrar las ventajas que este sistema de producción ofrece.
- Se recomienda realizar investigaciones aplicando otras dosis de soluciones nutritivas para ver cuál es la más aceptable o existan diferencias en cuanto al rendimiento para el cultivo hidropónico del perejil.

## 9. BIBLIOGRAFIA

- Alvarado. 2001. Seminario de Agronegocios: Lechugas Hidropónicas. Universidad del Pacífico. Consultado 13 de mayo 2020 Disponible en: <http://www.upbusiness.net/upbusiness/docs/mercados/11.pdf>.
- Alvarez, G. J. 2000. Hidroponía, principios y métodos de cultivo., Alta Vista. Consultado 12 de septiembre del 2021. Disponible en Alvarezg@hotmail.com.
- Armstrong, M. J., Kirkby, E. A. 2005. The influence of humidity on the mineral composition of tomato plants with special reference to calcium distribution. *Plant and Soil* 52, 427- 435
- Baixauli, C.; Aguilar, J., 2002. Cultivo sin suelo de hortalizas. Aspectos prácticos y experiencias. Generalitat Valenciana, Consejería de agricultura pesca y alimentación. Valencia, España: pp. 110.
- Barros, P., 1999. Hidroponía. Alta Vista. Consultado 02 febrero 2020. Disponible en: [www.Barros@hotmail.com](http://www.Barros@hotmail.com).
- Barbado., 2005. Producción hidropónica de lechuga (*Lactuca sativa* L.) en sistema re circulante. Atlántica de Costa Rica. Universidad EARTH. pp. 39.
- Beltrano y Giménez, 2015.  
[http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/46752/Documento\\_completo.pdf?sequence=1](http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/46752/Documento_completo.pdf?sequence=1)
- Bursac, M.; Popovic, M.; Mitic, R.; Kaurinovic, B.; Jakovljevic, V. (2005). "Effects of parsley (*Petroselinum crispum*) and celery (*Apium graveolens*) extracts on induction and sleeping time in mice". *Pharm Biol.* 43(9): 780-783.
- BRADFORD, K., YANG, F. S. 2000. Physiological responses of plants. HortScience, California-EEUU.
- Cabezas Albarracín, R. (2012). Soluciones Nutritivas.
- Caicedo, L. A. 1993 Horticultura Universidad Nacional de Colombia Palmira Pp.536

- Carrasco, G., Izquierdo, J. 1996. Manual Técnico La Empresa Hidropónica de Mediana Escala, La Técnica De La Solución Nutritiva Recirculante "NFT". Universidad de Talca, Chile. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe.
- Castañeda, F. 1997. Instituto de nutrición de centro america y panamá (INCAP. Manual de cultivos hidropónicos populares: producción de verduras sin usar tierra: Guatemala.p.5.
- Corrales, N. (2018). Soluciones nutritivas para para el germinado hidropónico de hordeum vulgare. Revista de investigaciones veterinarias del peru 29(2),389. <https://doi.org/10.15381/revip.v29i2.14477>.
- Copari, A. 2015. Evaluación del efecto de diferentes concentraciones de biol en dos variedades del cultivo de brócoli (Brassica oleracea v. itálica) bajo el sistema de riego por goteo en carpa solar (en línea). Consultado el 11 de octubre del 2021. Disponible en: <https://repositorio.umsa.bo/handle/123456789/5643>
- Curioni, A. O., & Mazzini, M. 2009. Maestria en Ingenieria en Calidad. "Calidad y control de gestion de una empresa Pymes dedicada a la produccion de perejil deshidratado".
- Diffloth, P. (1927). Agricultura general. Enciclopedia Agricola, bajo la dirección de G. Wery.
- Duran, J., 2000. El proyecto Aeroponia. Aeroponic Research. Consultado el 15 enero. 2019, Disponible en <http://www.aeroponic.it/esp/progetto.htm>
- Estrada Ligorria, L., 2001. Fertilizantes líquidos STOLLER. In Curso Taller: La hidroponía, una alternativa de cultivo ecológico y rentable, Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 1 CD.
- Flores, 2005. El cultivo del apio (en línea). Biblioteca técnica Servicios y Almacigos S.A. Chile. Consultado 23 agosto 2021. Formato PDF. Disponible en: [http://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/38770/mod\\_folder/content/0/APIO2018.pdf?forcedownload=1](http://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/38770/mod_folder/content/0/APIO2018.pdf?forcedownload=1)
- Filippetti, V. 2008. Consultora ambiental (GCA)HIDROPONIA- nuestra empresa y la hidroponía.

- Gajon. 1996, El cultivo de acelga. Fundacion Caja Rural Valencia. Ediciones Mundiprensa. Madrid, España. 322 p.
- Garbi, M. 1997. Cultivo protegido (en línea) Universidad Nacional de Lujan, Departamento de Tecnología Producción Vegetal III. Disponible en <http://www.hor.unlu.edu.ar/cultivos%20protegidos.zip>. Gordon, H.; Barden, JA. 1984.
- Gassi. 2008. Yield and gross income of arracacha in monocrop and intercropping with the Japanese bunching onion and parsley. *Hortic. Bras.* 26, 287-291. Doi: 10.1590/S0102-05362008000200032.
- Giaconi, V. 2004. Cultivo de hortalizas. Coleccion nueva tecnica. Editorial Universitaria Novena Edicion. Barcelona, Espana. 334 p.
- Gilsanz, J., 2007. Hidroponía. Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. Montevideo, Uruguay: Unidad de Comunicación - Transferencia Tecnológica. pp. 31.
- Goites E. 2008. Aromáticas de condimento en la Huerta Familiar Organica, INTA Pro Huerta.
- Gutierrez, S; Hernández, J; Silvano, P. 2009. Protocolo de Investigación: Diseño y Construcción de un Sistema Nutrient Film Technique para la Producción de Lechugas (*Lactuca spp*). México. Universidad Politécnica de Chiapas. 39 p.
- Guzmán, G., 2004. Hidroponía en Casa, una actividad familiar. Ministerio de Agricultura y Ganadería, Sistema Unificado de Información Institucional. Costa Rica: pp. 25.
- Hartman, C. 2002. Programa de apoyo agrícola y agroindustrial Vicepresidencia de fortalecimiento empresarial Cámara de Comercio Bogotá. Pag. 11.
- Holle, M. Y Montes, A., 1985. Manual de Enseñanza Práctica de Producción De Hortalizas. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. Ediciones IICA. 1ra Edición. San José, CR.

- Hidroponía Bolivia, 2016. Cultivos hidropónicos en Bolivia. (Disponible en línea en: [http://www.hidroponiabol.com/index.php?option=com\\_content&view=article&id=70:i-que-es-la-hidroponia-&catid=39:noticiapublicaciones&Itemid=181](http://www.hidroponiabol.com/index.php?option=com_content&view=article&id=70:i-que-es-la-hidroponia-&catid=39:noticiapublicaciones&Itemid=181)). (Consultado: 15 de octubre , 2020).
- Hoyos, V., 2009. Análisis del crecimiento de espinaca (*Spinacea oleracea* L.) bajo el efecto de diferentes fuentes y dosis de nitrógeno. Colombia. 175 – 186 pp.
- Huterwal, G. O., 1991. Hidroponía. Editorial Albatro. Buenos Aires Argentina. pp. 40 53.
- INIA, Instituto Nacional de Investigación Agraria., 2000. Guía del huerto hidropónico. Primera edición. Lima Perú. Pp. 106.
- Infoagro., 2005. Hortalizas de Hoja, Revisado el 25 de enero. 2019. Disponible en: [www.infoagro.com/hortalizas.\(2005\)](http://www.infoagro.com/hortalizas.(2005))
- Infojardin 2011 (en línea). Consultado: enero 2019. Disponible en: [infojardin.com/.../petroselinum-hortense-petroselinum-crispum](http://infojardin.com/.../petroselinum-hortense-petroselinum-crispum).
- Intagri. (2017). La hidroponía: cultivos sin suelo. Obtenido de la hidroponía: cultivos sin suelo: <https://www.intagri.com/articulos/horticultura-protegida/la-hidroponia-cultivos-sin-suelo>.
- Izquierdo. J., 2005. Hidroponia Popular, Oficina Regional de la FAO, Santiago – Chile. Pp 50
- Jackson, M. B., 2002. Aeration in the nutrient film technique of glasshouse crop production and the importante of oxigen, ethylene and carbon dioxide. Acta Horticultura Pp 61-78
- Jett, J. 2004. That Devilish Parsley. West Virginia University. Extension Service. <<http://ww.wvu.edu/~agexten/hortcult/herbs/parsley.htm>>.
- Jia, H., W. Aw, M. Hanate, S. Takahashi, K. Saito, H. Tanaka, M. Tomita Y H. Kato. 2014. Multi-faceted integrated omics analysis revealed parsley (*Petroselinum*

- crispum) as a novel dietary intervention in dextran sodiumsulphate induced colitic mice. *J. Funct. Foods* 11, 438-448. Doi: 10.1016/j.jff.2014.09.018.
- Kohl, 1990. *Manual Agropecuario; Tecnologías orgánicas de la Granja* Edit. EROS Colombia 325 p
- Kramer, P., 2000. Causes of injury to plants resulting from flooding of the soil. *Plant Physiol.* Pp. 722-736.
- Mangaravite, J.C., R. Passos, F. Andrade, D. Burak Y E. Mendonça. 2014. Phytomass production and nutrient accumulation by green manure species. *Rev. Ceres* 61(5), 732-739. Doi: 10.1590/0034-737X201461050017
- Maroto, J. 2002. Perejil. *Horticultura herbacea especial*. Editorial Mundi Prensa. España. p. 342-345.
- Marulanda, C. 2003. *Hidroponía Familiar en Colombia Desde el Eje Cafetalero, Armenia – Colombia*, Editorial Optigraf. p. 41- 50.
- Morales, J. P. (2003). Cultivo de Cilantro, Cilantro Ancho y Perejil. *Fundacion de Desarrollo Agropecuario. Boletin Tecnico*, (25).
- Moazedi, A. A.; Mirzaie, D. N.; Seyyednejad, S. M.; Zadkarami, M. R.; Amirzargar, A. (2007). "Spasmolytic effect of *Petroselinum crispum* (parsley) on rat's ileum at different calcium chloride concentrations". *Pak J Biol Sci.* 10(22):4036-4042.
- Mohammad, B. H. (2010). "GC/EI-MS investigation of cultivated *Petroselinum hortense* Hoffm. fruit volatile oil from Northwest Iran". *Chemija* 21(2,4): 123– 126.
- Morgan, L., 2001. La importancia del oxígeno en hidroponía. El oxígeno disuelto es algunas veces el ingrediente que olvidamos en la solución nutritiva (en línea). Lima,
- Murillo, W.A., (2010). Optimización de la producción de tres especies de hortalizas bajo producción hidropónica en el sistema NFT en los invernaderos —La - 82 - Huertall en la localidad de Chicani. Trabajo dirigido. UMSA. Facultad de Agronomía. La Paz – Bolivia.

- Ninancuro, A. 2007. Producción de planta y establecimiento de plantaciones de teca en el estado de tabasco. pp 23-29.
- Ortega, R. M.; Basabe, B.; López, A. M. (2006). "Frutas, hortalizas y verduras, pp. 1-18. In: Frutas, Verduras y Salud". Aranceta, J.; Serra, Ll.; Ortega, R.M.; Perez, C. (eds.). Elsevier-Masson. Barcelona, Espana.
- Palomino (2021) Comportamiento agronómico de dos variedades de apio (*apium graveolens* L.) en sistema hidropónico de raíces flotantes bajo diferentes dosis de solución nutritiva. Tesis de grado; Facultad de Agronomía. Universidad Mayor de San Andrés
- Pari, B. (2016). Evaluación del fertilizante foliar orgánico (nutrigrow) y la densidad de siembra en el cultivo de perejil (*petroselinum sativum hoffm.*) en el Centro Experimental de Cota Cota. Tesis de grado; Facultad de Agronomía. Universidad Mayor de San Andrés
- Pizarro et al. 2019. Efecto de soluciones nutritivas en 2 variedades de apio (*apium graveolens*) sembrado. 46-62.
- Pollock M (2003) Enciclopedia del cultivo de frutas y hortalizas consultado en Enero del 2014.
- Prezzemolo 2013, las plantas medicinales [http://www.elicriso.it/es/plantas\\_aromaticas/perejil/](http://www.elicriso.it/es/plantas_aromaticas/perejil/) consultado el 21 de noviembre del 2013.
- Resh, H. (1997). Cultivos hidropónicos nuevas técnicas de producción . En h. Resh, nutrición de las plantas (págs. 39-42). Barcelona: mundi-prensa aedos, s. A.
- Resh, H. M., (2001). Cultivos hidropónicos. 5ta Edición. Editorial Mundi — Prensa. Madrid.
- Rodríguez, A., Hoyos M., Chang., (2002). Manual práctico de hidroponía. Tercera edición. Centro de Investigación de Hidroponía Universidad Agraria La Molina. Lima, Perú.

- Sánchez, F; Escalante, E., 2004. Un sistema de producción de plantas; hidroponía, principios y métodos de cultivo. 3 ed. México, Universidad Autónoma de Chapingo. 193 p.
- Senamhi, Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología 2006. Boletín climatológico.
- Souza – Egipsy, V. 2003. La huerta fértil; Guía de verduras y hortalizas con raíces, tallos y hojas comestibles. Editorial Libsa, Madrid, España. 48 – 49 pp.
- Soil Improvement Committee California Fertilizer Association, US. 2004. Manual de fertilizantes para horticultura. Trad. Manuel Guzmán. México, Limusa. 297 p.
- Suquilanda, V. M. agricultura orgánica 1995. Quito – Ecuador. 654 p.
- Unterladstaetter, R. 2000. La Horticultura en el sub trópico húmedo y sub húmedo de Bolivia. UAGRM, Santa Cruz – Bolivia, 310 p.
- Uribe P. 2001. Guía de huerto hidropónico. Serie Manual técnico. Instituto de investigación agraria (INIA). Argentina.
- Vigliola, M. 2007. Manual de Horticultura. Editorial Hemisferio Sur. p. 130-131.

# ANEXOS

## Anexo 1 Detalles del análisis de varianza de la variable altura de planta

### Altura 1er corte

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Altura 1er corte	18	0,92	0,88	4,98

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	129,70	5	25,94	26,13	<0,0001
variedad	27,13	1	27,13	27,33	0,0002
densidad	94,05	2	47,03	47,37	<0,0001
variedad*densidad	8,51	2	4,25	4,28	0,0394
Error	11,91	12	0,99		
Total	141,61	17			

#### Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 0,9928 gl: 12

#### variedad Medias n E.E.

liso	21,23	9	0,33	A
crespo	18,78	9	0,33	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

#### Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 0,9928 gl: 12

#### densidad Medias n E.E.

D1	22,57	6	0,41	A
D2	20,43	6	0,41	B
D3	17,02	6	0,41	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

**Test:Duncan Alfa=0,05**

Error: 0,9928 gl: 12

<u>variedad</u>	<u>densidad</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>	
liso	D1	24,77	3	0,58	A
liso	D2	21,17	3	0,58	B
crespo	D1	20,37	3	0,58	B
crespo	D2	19,70	3	0,58	B
liso	D3	17,77	3	0,58	C
crespo	D3	16,27	3	0,58	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

**Altura 2do corte**

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> Aj</u>	<u>CV</u>
Altura 2do corte	18	0,83	0,75	7,69

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo.	171,17	5	34,23	11,32	0,0003
variedad	26,89	1	26,89	8,89	0,0114
densidad	141,64	2	70,82	23,42	0,0001
variedad*densidad	2,64	2	1,32	0,44	0,6560
Error	36,29	12	3,02		
Total	207,46	17			

**Test:Duncan Alfa=0,05**

Error: 3,0239 gl: 12

<u>variedad</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>	
liso	23,83	9	0,58	A
crespo	21,39	9	0,58	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

**Test:Duncan Alfa=0,05**

Error: 3,0239 gl: 12

densidad Medias n E.E.

D1	26,12	6	0,71	A
D2	22,47	6	0,71	B
D3	19,25	6	0,71	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

**Test:Duncan Alfa=0,05**

Error: 3,0239 gl: 12

variedad densidad Medias n E.E.

liso	D1	27,83	3	1,00	A
crespo	D1	24,40	3	1,00	B
liso	D2	23,63	3	1,00	B
crespo	D2	21,30	3	1,00	B C
liso	D3	20,03	3	1,00	C
crespo	D3	18,47	3	1,00	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

**Anexo 2** Detalles del análisis de varianza de la variable número de hojas.

**N° hojas 1er corte**

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> Aj</u>	<u>CV</u>
N° ramas	18	0,61	0,44	5,50

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo.	1,49	5	0,30	3,69	0,0297
variedad	0,47	1	0,47	5,83	0,0326
densidad	0,60	2	0,30	3,70	0,0560
variedad*densidad	0,42	2	0,21	2,60	0,1150
Error	0,97	12	0,08		
Total	2,46	17			

**Test:Duncan Alfa=0,05**

Error: 0,0807 gl: 12

variedad Medias n E.E.

liso 5,33 9 0,09 A

crespo 5,00 9 0,09 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

**Test:Duncan Alfa=0,05**

Error: 0,0807 gl: 12

densidad Medias n E.E.

D2 5,37 6 0,12 A

D1 5,20 6 0,12 A B

D3 4,93 6 0,12 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

**Test:Duncan Alfa=0,05**

Error: 0,0807 gl: 12

variedad densidad Medias n E.E.

liso D2 5,73 3 0,16 A

crespo D1 5,20 3 0,16 B

liso D1 5,20 3 0,16 B

liso D3 5,04 3 0,16 B

crespo D2 5,00 3 0,16 B

crespo D3 4,81 3 0,16 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

## Nº de hojas 2do corte

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
N de ramas	18	0,54	0,35	7,08

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1,59	5	0,32	2,83	0,0648
variedad	0,78	1	0,78	6,95	0,0217
densidad	0,70	2	0,35	3,12	0,0809
variedad*densidad	0,11	2	0,05	0,48	0,6311
Error	1,35	12	0,11		
Total	2,94	17			

#### Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 0,1124 gl: 12

variedad Medias n E.E.

liso 4,94 9 0,11 A

crespo 4,53 9 0,11 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

#### Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 0,1124 gl: 12

densidad Medias n E.E.

D1 4,90 6 0,14 A

D2 4,85 6 0,14 A B

D3 4,46 6 0,14 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

#### Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 0,1124 gl: 12

variedad densidad Medias n E.E.

liso D2 5,17 3 0,19 A

liso D1 5,07 3 0,19 A

crespo D1 4,73 3 0,19 A B

liso D3 4,60 3 0,19 A B

crespo D2 4,53 3 0,19 A B

crespo D3 4,32 3 0,19 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

### Anexo 3 Detalles del análisis de varianza de la variable Rendimiento.

#### Rendimiento 1er corte

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> Aj</u>	<u>CV</u>
rend 1er corte	18	0,92	0,88	12,13

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo.	4,04	5	0,81	27,09	<0,0001
variedad	0,41	1	0,41	13,69	0,0030
densidad	3,63	2	1,81	60,81	<0,0001
variedad*densidad	0,01	2	2,5E-03	0,09	0,9189
Error	0,36	12	0,03		
Total	4,40	17			

#### Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 0,0298 gl: 12

variedad Medias n E.E.

liso 1,57 9 0,06 A

crespo 1,27 9 0,06 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

#### Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 0,0298 gl: 12

densidad Medias n E.E.

D1 1,94 6 0,07 A

D2 1,48 6 0,07 B

D3 0,85 6 0,07 C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

**Test:Duncan Alfa=0,05**

Error: 0,0298 gl: 12

<u>variedad</u>	<u>densidad</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>	
liso	D1	2,12	3	0,10	A
crespo	D1	1,77	3	0,10	B
liso	D2	1,61	3	0,10	B C
crespo	D2	1,35	3	0,10	C
liso	D3	0,99	3	0,10	D
crespo	D3	0,70	3	0,10	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

### Rendimiento 2do corte

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> Aj</u>	<u>CV</u>
rend 2do corte	18	0,92	0,89	15,09

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo.	4,11	5	0,82	27,90	<0,0001
variedad	0,11	1	0,11	3,60	0,0823
densidad	3,89	2	1,94	66,04	<0,0001
variedad*densidad	0,11	2	0,06	1,92	0,1885
Error	0,35	12	0,03		
Total	4,46	17			

**Test:Duncan Alfa=0,05**

Error: 0,0294 gl: 12

<u>variedad</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>	
liso	1,21	9	0,06	A
crespo	1,06	9	0,06	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

**Test:Duncan Alfa=0,05**

Error: 0,0294 gl: 12

densidad Medias n E.E.

D1	1,64	6	0,07	A
D2	1,25	6	0,07	B
D3	0,52	6	0,07	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p &gt; 0,05)

**Test:Duncan Alfa=0,05**

Error: 0,0294 gl: 12

variedad densidad Medias n E.E.

liso	D1	1,78	3	0,10	A
crespo	D1	1,50	3	0,10	A B
crespo	D2	1,28	3	0,10	B
liso	D2	1,21	3	0,10	B
liso	D3	0,64	3	0,10	C
crespo	D3	0,40	3	0,10	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p &gt; 0,05)

**Anexo 4** Detalles del análisis de varianza de la variable Volumen de raíz**Vol. De raíz**

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> Aj</u>	<u>CV</u>
vol. De raíz	18	0,23	0,00	8,87

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo.	15,24	5	3,05	0,72	0,6240
variedad	6,85	1	6,85	1,61	0,2290
densidad	1,34	2	0,67	0,16	0,8564
variedad*densidad	7,05	2	3,53	0,83	0,4605
Error	51,12	12	4,26		
Total	66,36	17			

## Anexo 5 Detalles del análisis de varianza de la variable largo de raíz

### Largo de raíz

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> Aj</u>	<u>CV</u>
largo raiz	18	0,14	0,00	6,69

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo.	10,40	5	2,08	0,38	0,8552
variedad	5,28	1	5,28	0,96	0,3474
densidad	3,36	2	1,68	0,30	0,7431
variedad*densidad	1,76	2	0,88	0,16	0,8547
Error	66,27	12	5,52		
<u>Total</u>	<u>76,67</u>	<u>17</u>			

**Anexo 6** Temperaturas máximas y mínimas tomadas todo el ciclo del cultivo

<b>Temperatura en carpa</b>			
<b>Fecha</b>	<b>T ° Máximas</b>	<b>T ° Mínimas</b>	<b>T ° Promedio</b>
<b>16 /11 /2020</b>	42	1	21,5
<b>18 /11/2020</b>	37	3	20
<b>20 /11/2020</b>	33	2	17,5
<b>23/11/ 2020</b>	33	2	17,5
<b>25/11 /2020</b>	38	3	20,5
<b>27/11 /2020</b>	48	5	26,5
<b>30/11 /2020</b>	39	6	22,5
<b>2/12/2020</b>	38	4	21
<b>4/12 /2020</b>	37	7	22
<b>6/12 /2020</b>	30	6	18
<b>7/12 /2020</b>	31	5	18
<b>9/12 /2020</b>	30	3	16,5
<b>11/12/2020</b>	48	4	26
<b>12/12/2020</b>	30	2	16
<b>14/12/2020</b>	30,5	5	17,75
<b>16/12/2020</b>	35,5	4	19,75
<b>18/12/2020</b>	32	4	18
<b>19/12/2020</b>	33,5	3	18,25
<b>21/12/2020</b>	42	5	23,5
<b>23/12/2020</b>	30	5	17,5
<b>26/12/2020</b>	33	6	19,5
<b>28/12/2020</b>	31	7	19
<b>30/12/2020</b>	32	3	17,5
<b>1/01/2021</b>	33	6	19,5
<b>2/01/2021</b>	30	6	18
<b>4/01/2021</b>	42	6	24
<b>6/01/2021</b>	33	8	20,5

<b>Fecha</b>	<b>T ° Máximas</b>	<b>T ° Mínimas</b>	<b>T ° Promedio</b>
<b>8/01/2021</b>	45	7	26
<b>11/01/2021</b>	33	5	19
<b>13/01/2021</b>	47	6	26
<b>15/01/2021</b>	32	6	19
<b>18/01/2021</b>	35	6	20,5
<b>20/01/2021</b>	33	6	19,5
<b>22/01/2021</b>	35	5	20
<b>25/01/2021</b>	32	4	18,5
<b>27/01/2021</b>	42	5	23,5
<b>29/01/2021</b>	30	5	17,5
<b>31/01/2021</b>	31	7	19
<b>02/02/2021</b>	33	6	19,5
<b>04/02/2021</b>	42	6	24
<b>06/02/2021</b>	45	7	26
<b>08/02/2021</b>	35	6	20,5
<b>10/02/2021</b>	47	6	26
<b>12/02/2021</b>	33	6	20,5
<b>14/02/2021</b>	46	7	26,5
<b>16/02/2021</b>	32	3	17,5
<b>18/02/2021</b>	33	8	20,5
<b>20/02/2021</b>	4	6	24,5

**Anexo 7** Semilla de dos variedades de perejil



**Semilla de perejil variedad  
lisa**



**Semilla de perejil  
variedad crespa**

**Anexo 8** Hojas de las variedades del perejil



**Hoja de Perejil  
variedad lisa**



**Hoja de perejil  
variedad crespa**

**Anexo 9** Estructuras del sistema raíz flotante



**Estructuras de las piscinas  
(sistema Raíz Flotante)**

**Anexo 10** Bandejas de almacigo en piscinas



**Variedad lisa**



**Variedad crespa**

**Anexo 11** Trasplante y mar veteó del cultivo de perejil



**Trasplante de las dos variedades de perejil**



**Mar veteó y toma de datos**

**Anexo 12** Crecimiento de las plantas de perejil



**Crecimiento con diferencia entre semana del cultivo de perejil**

**Anexo 13** Toma de datos de la temperatura y conductividad



**Toma del conductividad de las almacigueras**



**Toma de datos de la temperatura**

**Anexo 14** Raíces Flotantes del cultivo de perejil



**Raíces flotante del cultivo de perejil**

**Anexo 15** Altura de la planta y cosecha del cultivo de perejil



**Altura de la planta**



**Cosecha del cultivo de perejil  
(lisa y crespá)**

**Anexo 16** Comercialización del perejil



**Comercialización del cultivo de  
perejil**

**Anexo 17** Material utilizado en todo el proceso de la investigación



**pH metro**



**Balanza analítica**



**Termómetro**



**Conductímetro**

## Anexo 18 Análisis de agua

Universidad Mayor de San Andrés  
Facultad de Ciencias Puras y Naturales  
Instituto de Ecología  
Laboratorio de Calidad Ambiental



Informe de Ensayo: A 75/15

Página 1 de 1

### INFORME DE ENSAYO DE AGUAS A75/15

Cliente: FACULTAD DE AGRONOMÍA - UMSA  
 Solicitante: Sr. Rivera Arredondo Nano Martín  
 Dirección del cliente: Calle 16 de julio # 214, Zona Kupini  
 Procedencia de la muestra: Centro Experimental de Cota Cota  
 Provincia: Murillo  
 Departamento: La Paz  
 Punto de muestreo: Grifo de Carpa de Horticultura - Fac. Agronomía  
 Responsable del muestreo: Sr. Rivera Arredondo Nano Martín  
 Fecha de muestreo: 10 de junio de 2015  
 Hora de muestreo: 10:15  
 Fecha de recepción de la muestra: 10 de junio de 2015  
 Fecha de ejecución del ensayo: Del 10 al 26 de junio, 2015  
 Caracterización de la muestra: agua de grifo  
 Tipo de muestra: Simple  
 Envase: Botella PET  
 Código LCA: 75 - 1  
 Código original: A - 1

### Resultado de Análisis

Parámetro	Método	Unidad	Limite de determinación	A - 1 75 - 1
pH	EPA 150.1		1 - 14	8.3
Conductividad eléctrica	EPA 120.1	µS/cm	1.0	88
Cloruros	SM-4500-Cl--B	mg Cl/l	0.020	1.1
Sulfatos	SM 4500-SO4=E	mg/l	1.0	16
Sodio	EPA 273.1	mg/l	0.019	2.7
Potasio	EPA 258.1	mg/l	0.21	0.65
Calcio	EPA 215.1	mg/l	0.32	11
Magnesio	EPA 242.1	mg/l	0.18	2.5
Dureza total	SM 2340 - B	mg CaCO <sub>3</sub> /l	2.0	38
Fósforo total	EPA 365.2	P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> mg/l	0.010	< 0,010
Nitrógeno total	EPA 351.1	mg/l	0.30	< 0,30

SM = Standard Methods (For the Examination of Water and Wastewater)  
EPA = Environmental Protection Agency ( Sampling and Analysis Methods)

Los resultados de este informe no deben ser modificados sin la autorización del LCA.  
La difusión de los resultados debe ser en su integridad.

La Paz, julio 14 de 2015

  
 Ing. Jaime Chincheros Paniagua  
 Responsable Laboratorio de Calidad Ambiental



c.c. Arch:  
JCH/LCA

Campus Universitario: Calle 27 de Cota Cota, La Paz, Telf./Fax: 2772522  
Casilla Correo Central 10077, La Paz - Bolivia