



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES**  
**CARRERA AGRONOMÍA**

**EVALUACIÓN DE DIFERENTES DÓISIS DE FERTIRIEGO EN EL  
CULTIVO DE TUNA (*Opuntia ficusindica* L.) YA ESTABLECIDO,  
BASADAS EN LA EXPORTACION DE NUTRIENTES, EN LA  
ESTACIÓN EXPERIMENTAL TUNSHI**

**Trabajo de Integración Curricular**

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**AUTOR: HENRY GUSTAVO PILCO YUCAILLA**

Riobamba – Ecuador

2022



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES**  
**CARRERA AGRONOMÍA**

**EVALUACIÓN DE DIFERENTES DÓISIS DE FERTIRIEGO EN EL  
CULTIVO DE TUNA (*Opuntia ficusindica* L.) YA ESTABLECIDO,  
BASADAS EN LA EXPORTACION DE NUTRIENTES, EN LA  
ESTACIÓN EXPERIMENTAL TUNSHI**

**Trabajo de Integración Curricular**

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar el grado académico de:

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**AUTOR: HENRY GUSTAVO PILCO YUCAILLA**

**DIRECTOR: Ing. ALFONSO LEONEL SUÁREZ TAPIA PhD.**

Riobamba – Ecuador

2022

© 2022, **Henry Gustavo Pilco Yucailla**

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho del Autor.

Yo, HENRY GUSTAVO PILCO YUCAILLA, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 08 de junio de 2022



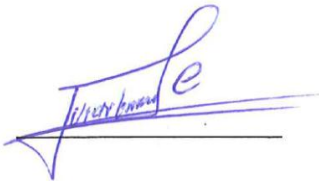
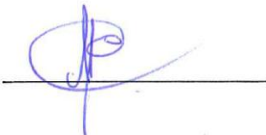

---

**Henry Gustavo Pilco Yucailla**

**060454613-5**

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES**  
**CARRERA AGRONOMÍA**

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Proyecto de investigación, **EVALUACIÓN DIFERENTES DÓISIS DE FERTIRIEGO EN EL CULTIVO DE TUNA (*Opuntia ficusindia L.*) YA ESTABLECIDO, BASADAS EN LA EXPORTACION DE NUTRIENTES, EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL TUNSHI**, realizado por el señor: **HENRY GUSTAVO PILCO YUCAILLA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>
Ing. Víctor Alberto Lindao Córdova PhD. <b>PRESIDENTE DEL TRIBUNAL</b>		2022-06-08
Ing. Alfonso Leonel Suárez Tapia PhD. <b>DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR</b>		2022-06-08
Ing. Juan Eduardo León Ruiz. PhD. <b>MIEMBRO DEL TRIBUNAL</b>		2022-06-08

## **DEDICATORIA**

A, Dios por darme Salud y Vida, por las bendiciones puestas en mi familia y en mi persona, por guiar mi camino. A Nelson Gustavo Pilco Pucha y María Esther Yucailla Moyón, mis padres a quienes amo, quienes son mi ejemplo de superación, de lucha y esfuerzo cada día, que, gracias a su apoyo incondicional, sus cuidados en todo momento, su sacrificio por darme todo lo necesario para formarme como persona de bien, y que gracias a su apoyo hoy culmina una etapa de mi vida que es el fruto de ese esfuerzo en conjunto. A mi hermano Jonathan Alexander Pilco Yucailla, quien es motor y motivo en mi vida para alcanzar mis metas, que espero y aspiro ser guía en su vida.

*Henry*

## TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiv
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT.....	xvi
INTRODUCCIÓN.....	1

## CAPÍTULO I

<b>1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....</b>	<b>4</b>
<b>1.1 Fertirriego.....</b>	<b>4</b>
<i>1.1.1. Fertirriego.....</i>	<i>4</i>
<i>1.1.1.1. Ventajas y desventajas del Fertirriego.....</i>	<i>4</i>
<b>1.1.2 Soluciones Nutritivas.....</b>	<b>5</b>
<i>1.1.1.2. Extracción de nutrientes del cultivo de tuna.....</i>	<i>5</i>
<b>1.1.3 Control de la solución Nutritiva.....</b>	<b>6</b>
<i>1.1.1.3. Temperatura.....</i>	<i>6</i>
<i>1.1.1.4. pH.....</i>	<i>7</i>
<i>1.1.1.5. Conductividad eléctrica.....</i>	<i>7</i>
<i>1.1.1.6. Dureza.....</i>	<i>7</i>
<i>1.1.1.7. Solubilidad.....</i>	<i>8</i>
<i>1.1.1.8. Compatibilidad.....</i>	<i>8</i>
<b>1.3. Suelos sódicos.....</b>	<b>9</b>
<b>1.4. Yeso Agrícola.....</b>	<b>9</b>
<i>1.3.1 Dosis y aplicación de yeso agrícola.....</i>	<i>10</i>
<i>1.3.2 Beneficios de la aplicación yeso agrícola.....</i>	<i>10</i>
<b>1.5. Generalidades agronómicas del cultivo de Tuna.....</b>	<b>11</b>

<b>1.5.1.</b>	<b>Origen y distribución</b> .....	11
<b>1.5.2.</b>	<b>Clasificación taxonómica</b> .....	11
<b>1.5.3.</b>	<b>Fenología</b> .....	11
<b>1.5.4.</b>	<b>Características botánicas del cultivo</b> .....	12
1.5.4.1.	Raíz.....	12
1.5.4.2.	Tallo.....	12
1.5.4.3.	Cladodios.....	12
1.5.4.4.	Hojas.....	12
1.5.4.5.	Flores y frutos.....	12
<b>1.5.5.</b>	<b>Variedades</b> .....	13
<b>1.5.6.</b>	<b>Requerimientos edafoclimáticos</b> .....	14
1.5.6.1.	Suelo.....	14
1.5.6.2.	Agua.....	14
1.5.6.3.	Condiciones Climáticas.....	14
<b>1.5.7.</b>	<b>Manejo agronómico del cultivo</b> .....	14
1.5.7.1.	Riego.....	14
1.5.7.2.	Fertilización.....	15
1.5.7.3.	Control de malezas .....	15
1.5.7.4.	Podas.....	15
<b>1.5.8.</b>	<b>Principales plagas</b> .....	16
<b>1.5.9.</b>	<b>Principales enfermedades</b> .....	17
<b>1.5.10.</b>	<b>Cosecha</b> .....	17
<b>1.5.11.</b>	<b>Producción del cultivo de Tuna</b> .....	18
<b>1.5.12.</b>	<b>Principales parámetros de calidad del fruto</b> .....	18
1.5.12.1.	Tamaño.....	18
1.5.12.2.	Color de la Cascara .....	19

## **CAPÍTULO II**

<b>2.</b>	<b>MARCO METODOLÓGICO</b> .....	20
-----------	---------------------------------	----



<b>2.1.</b>	<b>Características del lugar .....</b>	<b>20</b>
<b>2.1.1.</b>	<b><i>Localización .....</i></b>	<b>20</b>
<b>2.1.2.</b>	<b><i>Ubicación geográfica .....</i></b>	<b>20</b>
<b>2.2.</b>	<b>Materiales y equipos .....</b>	<b>20</b>
<b>2.2.1.</b>	<b><i>Material Experimental.....</i></b>	<b>20</b>
<b>2.2.2.</b>	<b><i>Material de campo .....</i></b>	<b>20</b>
<b>2.2.3.</b>	<b><i>Material de oficina.....</i></b>	<b>21</b>
<b>1.7.13</b>	<b><i>Materiales y equipos de laboratorio .....</i></b>	<b>21</b>
<b>2.3.</b>	<b>Metodología.....</b>	<b>21</b>
<b>2.3.1.</b>	<b><i>Diseño experimental .....</i></b>	<b>21</b>
<b>2.3.2.</b>	<b><i>Factores en estudio .....</i></b>	<b>21</b>
<b>2.3.3.</b>	<b><i>Tratamientos en estudio .....</i></b>	<b>21</b>
<b>2.3.4.</b>	<b><i>Especificaciones del campo experimental .....</i></b>	<b>22</b>
<b>2.3.5.</b>	<b><i>Esquema de análisis de varianza.....</i></b>	<b>23</b>
<b>2.3.6.</b>	<b><i>Análisis funcional.....</i></b>	<b>23</b>
<b>2.4.</b>	<b>Métodos de evaluación y datos registrados .....</b>	<b>23</b>
<b>2.4.1.</b>	<b><i>Análisis foliar de frutos .....</i></b>	<b>23</b>
<b>2.4.2.</b>	<b><i>Dureza de la corteza.....</i></b>	<b>24</b>
<b>2.4.3.</b>	<b><i>Para el diámetro del fruto.....</i></b>	<b>24</b>
<b>2.4.4.</b>	<b><i>Peso de la corteza .....</i></b>	<b>24</b>
<b>2.4.5.</b>	<b><i>Volumen de la pulpa .....</i></b>	<b>24</b>
<b>2.4.6.</b>	<b><i>Solidos Solubles .....</i></b>	<b>24</b>
<b>2.4.7.</b>	<b><i>Acidez de la pulpa .....</i></b>	<b>25</b>
<b>2.4.8.</b>	<b><i>Altura de la planta .....</i></b>	<b>25</b>
<b>2.4.9.</b>	<b><i>Rendimiento .....</i></b>	<b>25</b>
<b>2.4.10.</b>	<b><i>Análisis económico .....</i></b>	<b>25</b>
<b>2.5.</b>	<b>Manejo del ensayo .....</b>	<b>26</b>
<b>2.5.1.</b>	<b><i>Labores pre-culturales .....</i></b>	<b>26</b>
<b>2.5.2.</b>	<b><i>Labores culturales .....</i></b>	<b>26</b>

### CAPÍTULO III

<b>3.</b>	<b>MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.....</b>	<b>28</b>
<b>3.1.</b>	<b>Resultados.....</b>	<b>28</b>
<b>3.1.1.</b>	<b><i>Rendimiento</i> .....</b>	<b>28</b>
<b>3.1.2.</b>	<b><i>Dureza de la corteza</i>.....</b>	<b>29</b>
<b>3.1.3.</b>	<b><i>Diámetro del fruto</i>.....</b>	<b>31</b>
<b>3.1.3.1.</b>	<b><i>Diámetro polar</i> .....</b>	<b>31</b>
<b>3.1.3.2.</b>	<b><i>Diámetro ecuatorial</i> .....</b>	<b>32</b>
<b>3.1.4.</b>	<b><i>Peso de la corteza</i> .....</b>	<b>33</b>
<b>3.1.5.</b>	<b><i>Volumen de la pulpa</i> .....</b>	<b>33</b>
<b>3.1.6.</b>	<b><i>Sólidos solubles</i> .....</b>	<b>35</b>
<b>3.1.7.</b>	<b><i>Acidez de la pulpa</i> .....</b>	<b>37</b>
<b>3.1.8.</b>	<b><i>Altura de la planta</i> .....</b>	<b>39</b>
<b>3.1.9.</b>	<b><i>Requerimientos nutricionales de Tuna basado en la extracción de nutrientes (BEN) en kg/ha.</i>.....</b>	<b>41</b>
<b>3.1.10.</b>	<b><i>Análisis de Correlación y Regresión</i> .....</b>	<b>41</b>
<b>3.1.11.</b>	<b><i>Análisis económico</i> .....</b>	<b>42</b>
<b>3.2.</b>	<b>Discusión.....</b>	<b>43</b>
<b>3.2.1</b>	<b><i>Rendimiento en función de la dosis de fertirriego</i>.....</b>	<b>43</b>
<b>3.2.2</b>	<b><i>Parámetros Bromatológicos del fruto</i> .....</b>	<b>43</b>
<b>3.2.1.1.</b>	<b><i>Dureza Corteza</i>.....</b>	<b>43</b>
<b>3.2.1.2.</b>	<b><i>Diámetro polar y ecuatorial del Fruto</i> .....</b>	<b>44</b>
<b>3.2.1.3.</b>	<b><i>Volumen de la pulpa</i> .....</b>	<b>45</b>
<b>3.2.1.4.</b>	<b><i>Sólidos solubles</i> .....</b>	<b>45</b>
<b>3.2.1.5.</b>	<b><i>Acidez de la pulpa</i>.....</b>	<b>46</b>
<b>3.2.3</b>	<b><i>Altura de la planta</i> .....</b>	<b>46</b>
	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>49</b>
	<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>49</b>

**GLOSARIO**  
**BIBLIOGRAFÍA**  
**ANEXOS**

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-1:</b>	Extracción de Nutrientes de cactáceas, en ppm y kg/ha.....	6
<b>Tabla 2-1:</b>	Solubilidad de la mayoría de fertilizantes de acuerdo a la temperatura.....	8
<b>Tabla 3-1:</b>	Clasificación taxonómica de la Tuna.....	11
<b>Tabla 4-1:</b>	Variedades de Cultivo de tuna en Ecuador.....	13
<b>Tabla 5-1:</b>	Principales plagas que atacan a la Tuna.....	17
<b>Tabla 6-1:</b>	Principales enfermedades que atacan a la Tuna.....	18
<b>Tabla 1-2:</b>	Tratamientos en estudio.....	23
<b>Tabla 2-2:</b>	Esquema de análisis de varianza (ADEVA).....	24
<b>Tabla 1-3:</b>	Análisis de varianza para el rendimiento.....	29
<b>Tabla 2-3:</b>	Prueba de LSD Fisher al 10% para el rendimiento según la dosis de fertirriego. .	29
<b>Tabla 3-3:</b>	Análisis de varianza para dureza de la corteza.....	30
<b>Tabla 4-3:</b>	Prueba de LSD Fisher al 10% para la dureza de la corteza según la dosis de Yeso Agrícola .....	31
<b>Tabla 5-3:</b>	Análisis de varianza para el diámetro polar del fruto.....	32
<b>Tabla 6-3:</b>	Prueba de LSD Fisher al 10% para el diámetro polar según la dosis de Yeso Agrícola .....	32
<b>Tabla 7-3:</b>	Análisis de varianza para el diámetro ecuatorial del fruto .....	33
<b>Tabla 8-3:</b>	Análisis de varianza para el peso de la corteza .....	34
<b>Tabla 9-3:</b>	Análisis de varianza para el volumen de la pulpa .....	34
<b>Tabla 10-3:</b>	Prueba de LSD Fisher al 10% para el volumen de la pulpa según la dosis de fertirriego * Yeso Agrícola .....	35
<b>Tabla 11-3:</b>	Análisis de varianza para los sólidos solubles.....	36
<b>Tabla 12-3:</b>	Prueba de LSD Fisher al 10% para los sólidos solubles según dosis de fertirriego × Yeso Agrícola .....	36
<b>Tabla 13-3:</b>	Análisis de varianza para la acidez de la pulpa.....	37
<b>Tabla 14-3:</b>	Prueba de LSD Fisher al 10% para la acidez de la pulpa según dosis de fertirriego × Yeso Agrícola .....	38
<b>Tabla 15-3:</b>	Análisis de varianza para la altura de la planta .....	39

<b>Tabla 16-3:</b> Prueba de LSD Fisher al 10% para la altura de la planta según la dosis de fertirriego. .....	39
<b>Tabla 18-3:</b> Análisis de correlación y regresión lineal de los componentes parámetros bromatológicos (Variables independientes) en relación al rendimiento kg/ha. ...	41
<b>Tabla 19-3:</b> Relación Beneficio/Costo de los tratamientos.....	41
<b>Tabla 20-3:</b> Resumen resultado Análisis de Varianza entre tratamientos.....	47

## ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1-1:** Compatibilidad química para mezclar fertilizantes en seco y estanke..... 9
- Figura 2-2:** El índice de madurez para la cosecha de tunas basada en el color del fruto..... 25

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1-3:</b>	Rendimiento según la dosis de fertirriego .....	29
<b>Gráfico 2-3:</b>	Dureza de la corteza según la dosis de Yeso Agrícola .....	30
<b>Gráfico 3-3:</b>	Diámetro polar según la dosis de Yeso Agrícola .....	32
<b>Gráfico 4-3:</b>	Volumen de la pulpa según la dosis de Fertirriego * Yeso Agrícola .....	35
<b>Gráfico 5-3:</b>	Sólidos solubles según la dosis de Fertirriego * Yeso Agrícola.....	37
<b>Gráfico 6-3:</b>	Acidez de la pulpa según la dosis de Fertirriego*Yeso Agrícola.....	39
<b>Gráfico 7-3:</b>	Altura de la planta según la dosis de fertirriego .....	40
<b>Gráfico 8-3:</b>	Relación Beneficio / Costo de los tratamientos.....	42

## ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** DISTRIBUCIÓN DE LAS UNIDADES EXPERIMENTALES.
- ANEXO B:** ANÁLISIS DE AGUA.
- ANEXO C:** ANÁLISIS DEL SUELO.
- ANEXO D:** ANÁLISIS FOLIAR DE FRUTOS DE TUNA.
- ANEXO E:** RENDIMIENTO DE LA COSECHA EN KG/HA
- ANEXO F:** DUREZA DE LA CORTEZA
- ANEXO G:** DIÁMETRO POLAR DEL FRUTO
- ANEXO H:** PESO DE LA CORTEZA DEL FRUTO
- ANEXO I:** VOLUMEN DE LA PULPA
- ANEXO J:** SÓLIDOS SOLUBLES
- ANEXO K:** ACIDEZ DE LA PULPA
- ANEXO L:** ALTURA DE LA PLANTA
- ANEXO M:** REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES EN BASE A TRATAMIENTOS
- ANEXO N:** CANTIDAD DE FERTILIZANTES PARA CULTIVO DE TUNA EN KG/HA
- ANEXO Ñ:** COSTOS DE PRODUCCIÓN TRATAMIENTO 1 (A1B2)
- ANEXO O:** COSTOS DE PRODUCCIÓN TRATAMIENTO 2 (A2B2)
- ANEXO P:** COSTOS DE PRODUCCIÓN TRATAMIENTO 3 (A3B2)
- ANEXO Q:** PREPARACIÓN DE FRUTOS PARA ANÁLISIS DE NUTRIENTES.
- ANEXO R:** PODA PARA UNIFORMIZAR LA ESTRUCTURA DE LAS PLANTAS
- ANEXO S:** INSTALACIÓN DE LA TUBERÍA PRINCIPAL DEL SISTEMA DE RIEGO.
- ANEXO T:** INSTALACIÓN DEL SISTEMA DE FERTIRRIEGO (VENTURI)
- ANEXO U:** TRAZADO E IDENTIFICACIÓN DE LOS TRATAMIENTOS
- ANEXO V:** INCORPORACIÓN DE YESO AGRÍCOLA EN BASE A TRATAMIENTOS
- ANEXO W:** CONTROL DE MALEZAS EN TUNA
- ANEXO X:** PREPARACIÓN DE LAS SOLUCIONES NUTRITIVAS (SN)
- ANEXO Y:** RENDIMIENTO DEL CULTIVO
- ANEXO Z:** PARÁMETROS BROMATOLÓGICOS



## RESUMEN

El objetivo de la investigación fue evaluar diferentes dosis de fertirriego en el cultivo de Tuna (*Opuntia ficus-indica L.*), ya establecido, basadas en la exportación de nutrientes, en la Estación Experimental Tunshi. Se realizó un diseño de bloques completos al azar (DBCA) con arreglo de parcelas divididas, con tres tratamientos y un testigo y tres repeticiones. Para ello, se procedió a muestrear aleatoriamente frutos de plantas de Tuna en una superficie de una hectárea, en la Estación Experimental Tunshi, en el cantón Licto, provincia de Chimborazo, luego enviados para realizar el análisis basado en la extracción de nutrientes (BEN), con estos resultados se plantearon las respectivas dosis para el Fertirriego, siendo A1 (BEN), A2 (+50% BEN), A3 (-50% BEN) y A4 Testigo y las dosis de yeso agrícola siendo Testigo (B1), 250 kg/ha (B2) y 500 kg/ha (B3). En cuanto a los resultados, obteniéndose los mejores resultados en volumen de pulpa, acidez de la pulpa y sólidos solubles con la dosis BEN más 250 kg/ha de yeso agrícola con medias de 46,71 ml, 6,33 pH y 12,78 °Brix. Para diámetro polar del fruto y dureza de la corteza influyo directamente la dosis de yeso agrícola, testigo con una media de 7,02 cm y la de 500 kg/ha con una media de 27,69 N respectivamente. En cuanto a peso de la corteza y diámetro ecuatorial no mostraron diferencias significativas. Para el rendimiento la dosis -50% BEN con la que se obtuvo una media de 1381,97 kg/ha. Para la altura de la planta la dosis BEN con la que se obtuvo una media de 22,06 cm. Se llegó a concluir que los resultados obtenidos en este estudio fueron favorables, sugiriendo la utilización de la dosis BEN más 250 kg/ha de yeso agrícola, con una relación beneficio costo de \$1,11 dólares.

**Palabras clave:** <FERTIRRIEGO>, <FERTIIZANTES>, <OPUNTIA FICUS-INDICA>, <RENDIMIENTO>, <PARAMETROS BROMATOLÓGICOS>, <YESO AGRÍCOLA>.



Handwritten signature in blue ink over a faint stamp.

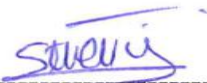


1290-DBRA-UTP-2022

## ABSTRACT

The objective of this research work was to evaluate different fertigation doses in the established prickly pear (*Opuntia ficus-indica L.*) crop, based on nutrient export, at the Tunshi Experimental Station. A randomized complete block design (RCBD) with a split-plot arrangement was used, with three treatments, a control, and three replicates. For this purpose, fruits of prickly pear plants were randomly sampled in one hectare, at the Tunshi Experimental Station, in Licto canton, Chimborazo province, then sent for analysis based on nutrient extraction (BEN). With these results, the respective doses for fertigation were proposed, being A1 (BEN), A2 (+50% BEN), A3 (-50% BEN), and A4 Control, and the doses of agricultural gypsum were Control (B1), 250 kg/ha (B2), and 500 kg/ha (B3). The best results in pulp volume, pulp acidity, and soluble solids were obtained, with the BEN dose plus 250 kg/ha of agricultural gypsum with averages of 46.71 ml, 6.33 pH, and 12.78 (°Brix). For fruit polar diameter and rind hardness, the dose of agricultural gypsum, control with a mean of 7.02 cm and 500 kg/ha with a mean of 27.69 N, respectively, had a direct influence. In terms of bark weight and equatorial diameter, there were no significant differences. For yield, the dose -50% BEN yielded an average of 1381.97 kg/ha. For plant height, the BEN dose obtained an average of 22.06 cm. It was concluded that the results obtained in this study were favorable, suggesting the use of the BEN dose plus 250 kg/ha of agricultural gypsum, with a benefit-cost ratio of 1.11 dollars.

**Keywords:** <FERTIGATION>, <FERTILIZERS>, <*Opuntia ficus-indica L.*>, <YIELD>, <BROMATOLOGICAL PARAMETERS>, <AGRICULTURAL GYPSUM>.



---

**Silvana Patricia Céleri Quinde**

**C.C. 0602669830**

## **INTRODUCCIÓN**

En Ecuador el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), en su estudio realizado, el cultivo de tuna representa aproximadamente 180 hectáreas. Encontrándose con mayor presencia en las provincias de Imbabura, Loja, Santa Elena y Tungurahua, y en donde se encuentran variedades como: amarilla sin espina, la amarilla con espina, la blanca y la silvestre (Maggi, 2017, p. 1).

En la provincia de Chimborazo, el cantón Guano posee suelos de textura arenosa, teniendo un clima tropical seco, suelos fértiles, aptas para cultivar frutas tropicales, primordialmente para el cultivo de la tuna (*Opuntia Ficus-indica L.*), una planta que tiene la capacidad de soportar sequías, el fruto se lo puede consumir como fruta de mesa y para la industrialización.

Según Diario El Telégrafo, en su publicación menciona que en el cantón Guano, el cultivo de tuna se la encuentra en las siguientes comunidades: Chingazo Alto, Chingazo Bajo, Hela, Carrera Ambato, Santa Rosa de Guano, Miraflores, San José de Juntuz, Alacao, San José de Chocón y Pungal San Pedro, siendo aproximadamente 600 agricultores quienes la cultivan (Maggi, 2017, p. 1).

En el cantón Guano, las comunidades anteriormente mencionadas, el desconocimiento de información útil, manejo inadecuado del cultivo de tuna, estos representan bajos rendimientos. La tuna al ser un frutal requiere ser fertilizada y regada como cualquier otro cultivo frutal para obtener buenos rendimientos, esta especie se adapta muy bien al riego por goteo, con el fin de lograr una distribución uniforme del agua en el suelo para favorecer la absorción. Por lo cual, este estudio ayudará a encaminar más trabajos para la implementación y manejo de fertirrigación de este cultivo.

Por tal motivo en este trabajo investigativo se pretende evaluar diferentes dosis de fertirriego, basadas en la extracción de nutrientes y dos dosis de fondo, para demostrar si las dosificaciones planteadas influyen en la producción, rendimiento y calidad del fruto en el cultivo.

## **IMPORTANCIA**

La tuna es una especie frutal que se adapta a condiciones áridas y semiáridas, para ello la tecnificación en el manejo mediante la incorporación de técnicas simples y con un bajo costo en las siguientes labores: plantación, podas, raleo, riego, fertilización y cosecha, así como seleccionar variedades adecuadas, permiten altos rendimientos y calidad de fruta. Con las técnicas de manejo mencionadas, la tuna se convierte en una alternativa de negocio atractivo dentro del mercado local como de exportación (Portal Fruticola, 2018, p. 1).

Según el INEC, 2000, citado en Erazo (2021, p. 2), en el Ecuador es de poco interés el cultivo de tuna, ya sea el ámbito de producción, industrialización y comercialización (MAG, IICA), siendo considerado dentro de los frutos no tradicionales, la tuna ocupado el lugar 26, ya que en el país se hallan 102 ha de este cultivo, alcanzando una producción de 40 tn con un rendimiento de 400 kg/ha.

La importancia del cultivo de tuna en las zonas productoras se debe a que es una planta que no es muy exigente en cuanto al cuidado, al adaptarse a zonas de condiciones no tan favorables para otros cultivos. En los últimos años la demanda del cultivo de tuna ha aumentado ya que se puede consumirla como fruta de mesa gracias a sus beneficios nutricionales como medicinales o se puede utilizar como materia prima en la industria. Históricamente la identificación de la baja producción y rendimientos del cultivo han sido asociadas a las escasas prácticas de manejo. Por este motivo la importancia de implementar técnicas de manejo como el fertirriego con el fin de mejorar los rendimientos del cultivo en la provincia de Chimborazo.

## **JUSTIFICACIÓN**

En la provincia de Chimborazo, en el cantone Guano, existen parroquias rurales, las mismas que se caracterizan por la cultura y producción de una gama de productos entre ellos la tuna, en los últimos años al cultivo, se ha dado poca importancia en los aspectos de producción y rendimiento. Los bajos rendimientos, la falta de información sobre extracción de nutrientes y la falta de tecnificación en el manejo del cultivo, representan un serio problema para los productores que tienen el emprendimiento, por lo cual las nuevas técnicas de producción agrícola, como evaluar diferentes dosis de fertirriego y proponer una dosis adecuada para el cultivo, son importantes para obtener mejores rendimientos. Por tal motivo los resultados obtenidos en esta investigación será un aporte para futuras investigaciones relacionadas con el manejo, producción y rendimientos de este cultivo.

## **OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **General**

Evaluar diferentes dosis de fertirriego en el cultivo de Tuna (*Opuntia ficus-indica L.*) ya establecido, basadas en la exportación de nutrientes, en la Estación Experimental Tunshi.

### **Específicos**

- Determinar la mejor dosis de fertirriego en base al análisis foliar de frutos.
- Definir las curvas de calibración de la exportación de nutrientes.
- Determinar los requerimientos nutricionales.
- Realizar el análisis económico de los tratamientos.

## CAPÍTULO I

### 1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

#### 1.1. Fertirriego

##### 1.1.1. *Fertirriego*

Según Pizarro, 1990, citado en Hernández (2004, p. 26) menciona que la palabra fertiirrigación hace referencia a la incorporación de los fertilizantes disueltos en el agua de riego. El fertirriego es un método que brinda la posibilidad de efectuar una fertilización día a día, de acuerdo del proceso fotosintético y precisamente a los requerimientos de un cultivo, un sustrato y un agua de riego determinados y para ciertas condiciones ambientales específicas. La incorporación debe ejecutarse de manera fraccionada, dados que las raíces exploran el suelo de manera superficial, lo que se obtiene de manera económica por medio de la fertilización a través del agua de riego.

##### 1.1.1.1. *Ventajas y desventajas del fertirriego*

Según BURT et al, 1998, citado en Lamiña (2013, p. 9) el fertirriego permite racionar la dosis y concentración de los nutrientes conforme a las necesidades de elementos nutritivos en todo el ciclo de crecimiento del cultivo. El suministro de nutrientes a los cultivos en relación a la etapa fisiológica, teniendo en cuenta las condiciones climáticas y del suelo, representan altos rendimientos y de cultivos de muy buena calidad.

Según, BURT et al, 1998, citado en Lamiña (2013, p. 9) cuando se aplican métodos de riego a presión (goteo, aspersion, micro aspersion), el fertirriego es parte una fundamental y necesaria. Con riego por goteo el suelo es humedecido en un 20% por los goteros, y si los fertilizantes son incorporados al suelo de manera individual, los beneficios del riego no se ven reflejados en el cultivo. Esto se debe a que los fertilizantes no se disuelven en zonas donde no hay presencia de humedad y eso provoca que no sea muy eficiente. El fertirriego la única técnica adecuada en la dotación de nutrientes a los cultivos que cuentan con riego.

Las ventajas de fertirriego son (Infoagro 2021, p. 1):

- Aplicación exacta y homogénea de nutrientes al área radicular.
- Mayor control de la dosis y concentración de nutrientes.
- Aplicación de nutrientes en cualquier fase del cultivo.

- Los costos de mano de obra reducen.
- Aumenta la eficiencia del fertilizante.
- Mayores rendimientos, calidad e inocuidad de la cosecha.

Las desventajas o inconvenientes son (Peña y Montiel 1998, p. 6):

- Alta inversión inicial.
- Mal diseño del Sistemas o con fugas disminuye su eficiencia.
- Se necesita capacitación de personal para su operación.
- Taponamiento de emisores.
- Inadecuado uso de mezclas de fertilizantes.

### **1.1.2. Soluciones nutritivas**

Según Steiner, 1968, una solución nutritiva está constituida por agua con oxígeno y de todos los nutrientes indispensables en forma iónica y, casualmente, de ciertos compuestos orgánicos como los quelatos de fierro y de algún otro micro elemento que puede estar presente. Una solución nutritiva ideal es aquella que contiene nutrientes indicados en la solución, por lo cual tienen que coincidir con las que se establecen por medio del análisis de laboratorio respectivo.

La absorción de nutrientes no se produce en la misma cantidad durante el ciclo de desarrollo, ya que lo realizan de acuerdo con la etapa fenológica y las condiciones climáticas, porque el balance iónico de la solución nutritiva se adecua al ritmo de absorción de la planta (Favella, *et al.* (2016, p. 32).

#### **1.1.2.1. Extracción de nutrientes del cultivo de tuna**

En la Tabla 1-1, se muestran la extracción de nutrientes, para elaborar soluciones nutritivas para cactáceas.

**Tabla 1-1:** Extracción de Nutrientes de pencas de cactáceas considerados “normales”.

<b>Análisis</b>	<b>Unidades</b>	<b>Promedio</b>
<b>Nitrógeno Total (N)</b>	%	1,18
<b>Fósforo (P)</b>	%	0,18
<b>Potasio (K)</b>	%	2,14
<b>Magnesio (Mg)</b>	%	0,28

<b>Calcio (Ca)</b>	%	0,83
<b>Azufre (S)</b>	%	0,10
<b>Sodio (Na)</b>	%	0,01
<b>Hierro (Fe)</b>	ppm	128,67
<b>Manganeso (Mn)</b>	ppm	104,33
<b>Cobre (Cu)</b>	ppm	6,60
<b>Zinc (Zn)</b>	ppm	21,10
<b>Boro (B)</b>	ppm	27,87

Fuente: (AGRARPROJEKT, 2020)

Según Arcos (2013, p. 98) el procedimiento para preparar SN es la siguiente:

- Elegir o establecer las fuentes.
- Conocer el grado o concentración de las fuentes.
- Establecer la concentración deseada o el requerimiento del cultivo.
- Dosificar primero los elementos limitantes.
- Control de la solución nutritiva.

### ***1.1.3. Control de la solución Nutritiva***

Como efecto de las diferencias de absorción de los distintos elementos, la composición de la solución de nutrientes varía frecuentemente siendo necesario realizar un control sobre ella. Así:

#### ***1.1.3.1. Temperatura***

La temperatura interviene en la absorción de agua y nutrientes por parte de las plantas. Temperaturas demasiado altas o demasiado bajas ocasionan un menor desarrollo de las raíces, la asimilación de iones por las raíces de los cultivos se ve muy reducido con temperaturas menores a los 12 °C, y sobre los 29 °C, la asimilación vuelve a reducirse. En cultivos susceptibles como el pepino, temperaturas menores 8°C de la raíz impiden incluso el movimiento de agua hacia el resto de la planta (Santos & Ríos, 2016, p. 30).

Según Moorby & Graves, 1980, citado en Favella, *et al.* (2016, p. 31) la baja temperatura coopera a la falta de calcio y esto influye en la pudrición apical de los frutos. Las bajas temperaturas ocasionan que la endodermis de la raíz se suberiza, y por lo tanto disminuye la permeabilidad y limita la asimilación de agua y nutrientes, Con temperaturas por debajo de 15 °C se puede evidenciar deficiencias fundamentalmente de calcio, fósforo y hierro.



### *1.1.3.2. pH*

El pH adecuado de la solución nutritiva para el crecimiento de las plantas oscila entre los valores 5.5 y 6.5; sin embargo, el pH de la solución nutritiva es variable, ya que necesita CO<sub>2</sub> en el ambiente, de que la solución nutritiva este en un contenedor tapado o descubierto, de la velocidad de absorción nutrimental, de la fuente de nitrógeno utilizado, etc. A razón de que aumenta el pH, los iones son menos solubles, como es el caso del Ca, P y el Fe, por lo que es favorable la acidificación del agua con la que se prepare la solución nutritiva; de esta manera se previene posibles precipitaciones y más adelante sistemas de riego taponados, si es por goteo (Favella, *et al.*, 2016, p. 32).

### *1.1.3.3. Conductividad eléctrica*

La dosificación de la solución nutritiva puede conocerse midiendo la conductividad eléctrica de la misma por medio de un conductímetro. Las sales nutritivas guían la corriente eléctrica y así a mayor concentración de sales nutritivas existe mayor conductividad eléctrica. En climas secos, con mucho sol y presencia de vientos la planta asimila mayor cantidad de agua, que en un clima húmedo y sombrío. Así pues la dosis de la solución nutritiva deberá estar de acuerdo con las condiciones climáticas del sector (Calderón, 2004).

### *1.1.3.4. Dureza*

El agua dura muestra inconvenientes cuando se le utiliza para preparar soluciones nutritivas; para empezar, la concentración de calcio y magnesio son muy altos para el cultivo. Si se emplea una concentración ideal de elementos nutritivos con agua dura, la concentración de calcio y magnesio serán muy altos que el elemento estará des balanceado (Arcos, 2013, p. 99).

Según Neira (2006, p. 6) el calcio es el elemento fundamental de la dureza en el agua y regularmente se halla en un rango de 5 a 500 mg/L en la forma de CaCO<sub>3</sub>, siendo (2-200 mg/L, como Ca). Este ion se encuentra en muchos minerales, ante todo en la piedra caliza y en el yeso.

Además, cabe mencionar que cuando la dureza del agua sea mayor a 150 ppm, se necesita verificar que la relación entre calcio y magnesio sea de 3-5 ppm de calcio por 1 ppm de magnesio. Si hubiese una relación distinta, podría obstaculizar la asimilación de uno u otro elemento (Bojórquez, 2008).

### 1.1.3.5. Solubilidad

La solubilidad de un fertilizante se entiende como la técnica de las sales para disolverse en agua en un tiempo definido; si dicha sal presenta poca solubilidad, solamente una mínima cantidad de ésta se disolverá en el agua. En el momento de preparar fertilizantes líquidos, las sales fertilizantes tendrán que poseer una alta solubilidad, ya que deben mantenerse en solución para ser asimiladas por las plantas (Smart-fertilizer, 2020, p. 1).

**Tabla 2-1:** Solubilidad de la mayoría de fertilizantes de acuerdo a la temperatura.

Fertilizante/ Temperatura °C	Solubilidad (g/L)					
	5°C	10°C	20°C	25°C	30°C	40°C
Nitrato de potasio	133	170	209	316	370	458
Nitrato de amonio	1183	1510	1920	-	-	-
Sulfato de amonio	710	730	750	-	-	-
Nitrato de calcio	1020	1130	1290	-	-	-
Nitrato de magnesio	680	690	710	720	-	-
Fosfato mono amónico	250	295	374	410	464	567
Fosfato mono potasio	110	180	230	250	300	340
Cloruro de potasio	229	238	255	264	275	-
Sulfato de potasio	80	90	111	120	-	-
Urea	780	850	1060	1200	-	-

**Fuente:** (Smart-fertilizer, 2020, p. 1)

**Realizado por:** Pilco, Henry, 2022.

### 1.1.3.6. Compatibilidad

Ciertamente deberá mantener mucho cuidado de no añadir en una formulación elementos incompatibles o que suelen producir efectos adversos en las plantas, ya que, en hidroponía en relación de los cultivos en el suelo, este tipo de efectos es inmediata. La incompatibilidad de los fertilizantes ya sea por calor y/o humedad, por producción de gas. La compactación e higroscopicidad, etc. (Arcos, 2013, p. 104).



soluble que la cal agrícola. Mencionada propiedad mejora la movilidad del calcio en el suelo. Puede utilizarse en ocasiones el yeso como opción para disminuir la toxicidad por aluminio (El Productor, 2017, p. 1).

El aporte del sulfato de calcio como enmienda en cultivos son: Aumentar la conductividad hidráulica en suelos con subsuelo arcilloso, colabora en el transcurso de flocculación de las arcillas; el aporte de calcio por parte del yeso ayuda a la agregación de las arcillas a la materia orgánica, otorgándole firmeza a las estructuras; se utiliza en la recuperación de suelos salino sódicos, remplazando al sodio por calcio en el complejo de intercambio para posteriormente lixiviarlo mediante el riego (Andreau et al., 2012, p. 113).

### ***1.6.1. Dosis y aplicación de yeso agrícola***

Las dosis a aplicar dependerán de los objetivos que se desee obtener y respecto al retorno de la inversión mediante la apreciación de los productores.

La meta es disminuir el PSI a un nivel de 5, siempre que sobrepase este valor. Esta acción mejora la condición física del suelo y un aumento en la productividad y rendimiento de los cultivos, así también una mejor asimilación de los nutrientes aportados (INTAGRI, 2014, p. 7).

La cantidad de yeso en terrenos en producción se encuentra entre 1 a 5 tn/ha, y a la vez en suelos improductivos o francamente sódicos, suelen llegar a varias decenas de toneladas de yeso/ha. Es necesario el análisis del suelo de un laboratorio, para definir la cantidad correcta de yeso a incorporar (INTAGRI, 2014, p. 7).

### ***1.6.2. Beneficios de la aplicación yeso agrícola***

Según Lapporto (2016, p. 1-6) los beneficios son los siguientes:

- Ayuda en la absorción de nutrientes, activa la vida microbiana del suelo y estimula el crecimiento de las raíces.
- Previene la formación de costras en el suelo ayudando a la germinación de la semilla.
- Aporta azufre en forma de sulfato ( $\text{SO}_4$ ) y Calcio ( $\text{CaO}$ ) asimilables por las plantas consolidando las células de las mismas.
- Genera aumentos en la producción de los rubros por ser de absorción inmediata y cosechas más sanas por su efecto residual.

- Mejora la compactación de suelo, promoviendo la infiltración y movimiento del agua y oxígeno en el suelo.

## **1.10. Generalidades agronómicas del cultivo de Tuna**

### **1.10.1. Origen y distribución**

Según Reyes & Lavin (2004, p. 106) la Tuna es originaria de América y fue distribuida a Europa, África, México y Chile.

### **1.10.2. Clasificación taxonómica**

Según Sáenz et al. (2006, p. 2) la clasificación taxonómica de la planta de Tuna es la siguiente:

**Tabla 3-1:** Clasificación taxonómica de la Tuna

<b>TAXONOMÍA</b>	
<i>Reino:</i>	Plantae
<i>División:</i>	Magnoliopsida
<i>Clase:</i>	Magnoliophyta
<i>Orden:</i>	Caryophyllales
<i>Familia:</i>	Cactaceae
<i>Género:</i>	Opuntia
<i>Especie:</i>	Opuntia ficus-indica L.

**Realizado por:** Pilco, Henry, 2022.

### **1.10.3. Fenología**

Según Ríos & Quintana (2004, p. 12) la tuna, es una planta de tipo arbóreo pudiendo llegar de 3 a 5 m. de alto, presenta tronco leñoso que mide entre 20 y 50 cm. de diámetro, sus ramas están formadas por cladodios (Pencas) de color verde opaco que exhiben varias espinas, produce flores de 7 a 10 cm de largo y su fruto es ovalado, creciendo en zonas de habitat árido y semiáridos.

#### ***1.10.4. Características botánicas del cultivo***

##### *1.10.4.1. Raíz*

Según Snyman, 2005; citado en FAO & ICARDA (2018, p. 22) el nopal presenta un sistema radicular superficial, que se distribuye horizontalmente, depende del tipo de suelo y del manejo del cultivo. Bajo condiciones favorables de suelo se desarrolla una raíz pivotante, que penetra el suelo hasta alrededor 30 cm. A la escasez de agua, comunes en zonas áridas y semiáridas, se desarrollan raíces suculentas derivadas de la raíz pivotante, las mismas tienen la posibilidad de absorber agua de mayores profundidades.

##### *1.10.4.2. Tallo*

La tuna es una planta de tipo arbóreo que puede llegar a medir de 3 a 5 m de alto, posee un tronco leñoso de diámetro que mide de 20 a 50 cm. El tallo, en comparación de otras especies de cactáceas, está formado por un tronco y ramas (Pencas o Cladodios) que presenta cutícula gruesa de color verde que cumple con la función fotosintética y de almacenamiento de agua en los tejidos (Amaya, 2009, p. 8).

##### *1.10.4.3. Cladodios*

Forman pencas denominadas cladodios que miden de 30 a 60cm. de largo x 20 a 40cm de ancho y de 2 a 3cm de grosor, de color verde opaco con areolas que presentan espinas numerosas. La cutícula del cladodio evita la pérdida de agua causados por las altas temperaturas. La hidratación normal del cladodio alcanza hasta un 95% de agua en peso (Amaya, 2009, p. 9).

##### *1.10.4.4. Hojas*

Según CESA (2011) las hojas solo se visualizan en los tallos tiernos las cuales posteriormente caen en la renovación de cladodios, en cuyas axilas se presentan las aereolas de las cuales brotan las espinas, de entre 4 a 5 mm de longitud. Las hojas desaparecen cuando los cladodios se han desarrollado lo suficiente y en su lugar permanecen las espinas (Paucara, 2017, p. 16).

##### *1.10.4.5. Flores y frutos*

Las flores son hermafroditas que carecen de pedúnculo, con un ovario ínfero, poseen polinización cruzada, se abren durante el día y permanecen cerradas durante la noche, presentan un tamaño de

6 a 7 cm de longitud, encontrándose en el borde del cladodio. Su apertura sucede entre los 35 a 45 días después de la brotación. Presentan pétalos de colores llamativos siendo los más comunes: amarillo, anaranjado, rojo o rosa (Fischer & Almanza, 2012, p. 10-16).

El fruto es una baya de forma ovoide, en el ápice posee un hundimiento lugar en el cual se inserta la flor, presenta un diámetro de 5,7 a 6,8 cm, con longitudes desde 5,2 hasta 12 cm, y un peso variable entre 45 y 280 g; alcanzando su madurez entre los 3 y 4 meses (Fischer & Almanza, 2012, p. 10-16).

### **1.10.5. Variedades**

Según El Comercio (2011, p. 1) en el país se cultivan las siguientes variedades, de la cual en la Estación Experimental Tunshi (ESPOCH), se encuentra la variedad Tuna Blanca.

**Tabla 4-1:** Variedades de Cultivo de tuna en Ecuador

<b>VARIEDAD</b>	<b>CARACTERÍSTICAS</b>
<b>Tuna Silvestre</b>	Estas plantas presentan hojas y frutas más pequeños en comparación con las demás variedades, las mismas que presentan plagas como la cochinilla, el cual es utilizado en la industria para la extracción de colorante natural. Cabe mencionar que estas plantas crecen libremente en el campo.
<b>Amarilla con espinas</b>	Esta es una variedad resultado suscitado mediante la polinización cruzada por acción de los insectos entre la tuna silvestre y la tuna amarilla sin espinas. Su fruto se caracteriza por ser grande y redondo. Siendo muy apetecida por su comida amarillenta que la hace atractiva.
<b>Amarilla sin espinas</b>	La planta tiende hacer delicada, las hojas y los frutos prácticamente carecen de espinas, presentan un color que la vuelve apetitosa a la vista de los consumidores. Siendo la más apreciada por los campesinos y apetecida en los mercados.
<b>Blanca</b>	Esta variedad se caracteriza por ser más resistente al ataque de enfermedades y fácil manejo, presentan un fruto alargado, de pulpa con un sabor más dulce que el resto de tunas.

**Realizado por:** Pilco, Henry, 2022,

### ***1.10.6. Requerimientos edafoclimáticos***

#### *1.11.6.1. Suelo*

Los suelos indicados para el cultivo de tuna son los de textura arenosa, suelos francos, franco arcillo arenosos, franco arenosos, deben contar con un buen drenaje, y con un pH neutro o de preferencia alcalino, siendo entre 6,5 a 8,5. Para un desarrollo óptimo de las plantas se debe contar con suelos de buena fertilidad y una profundidad de 30 cm (Ríos & Quintana, 2004, p. 14).

#### *1.11.6.2. Agua*

Pese a la baja demanda de agua en el cultivo de Tuna, si se dispone instalar una plantación para la producción de nopal verdura es indispensable disponer de una fuente de agua accesible, con el fin de dotar su requerimiento hídrico, y de esa manera obtener buenos rendimientos. Cabe destacar que la producción de nopal verdura y fruto, depende de la cantidad y calidad de riego implementado al cultivo (Ríos & Quintana, 2004, p. 14).

#### *1.11.6.3. Condiciones Climáticas*

Para el desarrollo adecuado de una plantación de Tuna, es indispensable contar con 14-26° C de temperatura media anual; una precipitación de 500 mm/año., encontrándola en los valles interandinos desde los 1200 a 2800 msnm. También se adapta muy bien encontrándola desde los 0 a 3000 msnm (Villagómez, 2000, p. 7).

Según Nobel et al., 1986; Inglese (1995) destacan que el nopal puede tolerar altas temperaturas sin presentar efectos adversos, pero se debe tomar en cuenta que el descenso de temperaturas menores a los 5° C, la mayoría de las cultivares no soportan dichas temperaturas (FAO & ICARDA, 2018, p. 54).

### ***1.11.7. Manejo agronómico del cultivo***

#### *1.11.7.1. Riego*

El cultivo de tuna requiere de un 20 a 30% de agua, de lo que requiere la uva de mesa. Una plantación de tunas requiere de 2000 a 3000 m<sup>3</sup> de agua/ha, lo cual va a depender de la zona donde se encuentra, el Kc de la tuna es de 0,45 (Muñoz A, et al, 2017, p. 54).



Según Le Houerou (1992-1994) pese a que la planta de tuna puede sobrevivir en zonas con 200 mm/año, para la producción de fruta de nopal, el rango óptimo de lluvia debe estar entre 400 a 600 mm/año, teniendo en cuenta que el tipo de suelo forma parte importante en el requerimiento real de agua (FAO & ICARDA, 2018, p. 63).

#### *1.11.7.2. Fertilización*

En suelos superficiales, se recomienda aplicar 5 ton/ha de estiércol vacuno, que representa a 8 kg/planta. En momentos de lluvias se puede aportar 100 g de sulfato de amonio por planta, de igual manera el segundo año del cultivo. A inicios de la etapa de fructificación en adelante, cada tercer año, aportar cantidades similares de estiércol junto con 50 g de superfosfato de calcio simple por planta (Amaya, 2009, p. 19).

Según García y Graneja (1991) manifiesta que el cultivo de nopal, responde muy bien al aportar 120 kg de N que representa a 585 kg de sulfato de amonio y 100 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> que representa a 217 kg de super fosfato de calcio triple. (Fierro et al., 2003) Se recomienda completar el calcio ya que es altamente requerido por el cultivo. Si los suelos son bajos en calcio se puede aplicar cal apagada (CaCO<sub>3</sub>) o Yeso (CaSO<sub>4</sub>) (Vázquez, *et al.*, 2008, p. 22).

#### *1.11.7.3. Control de malezas*

Según Felker y Rusell, 1998; Snyman (2005) la planta de Tuna es muy susceptible a la competencia de malezas que se debe al sistema radicular que se encuentra de manera superficial, ya que compiten por nutrientes y agua en el mismo nivel del suelo. De acuerdo con (Inglese, 1995), existe diversas prácticas de control de malezas, de las cuales esta remover el suelo, pero se debe tener mucho cuidado para no afectar las raíces de la planta. Por otro lado tenemos el control químico mediante herbicidas, siempre y cuando se realicen aplicaciones sin presencia de vientos fuertes, ya que el cultivo es muy sensible a estos productos (FAO & ICARDA, 2018, p. 60).

#### *1.11.7.4. Podas*

Según Aguilar, 2005, citado en, Espino, *et al.* (2012, p. 11) la poda es una labor de mucha importancia en el manejo de la tuna, esta labor permite dar forma a las plantas, mejorar la calidad de los frutos y favorecer las labores tales como la cosecha y el control de plagas y enfermedades del cultivo.

La poda de formación consiste en cortar los cladodios que estén muy juntos o suelen entrecruzarse, los cladodios situados horizontalmente o las que se hallan de manera perpendicular a la hilera, dejando comúnmente 2 pencas por cladodio madre. Una vez que empieza la producción de fruta, deberá llevarse a cabo tanto la poda de formación como la poda de producción. (Espino, *et al.* 2012, p. 12).

La poda de producción se aplica con la finalidad de conseguir el mayor número de cladodios posibles expuestos a la luz, dejando solamente 2 brotes por penca. Se debe retirar la cantidad necesaria de cladodios viejos o que ya produjeron fruta la cosecha anterior para incentivar la aparición de brotes jóvenes, ya que la mayor cantidad de los frutos se encuentran en pencas de un año. (Espino, *et al.* 2012, p. 12).

### 1.11.8. Principales plagas

**Tabla 5-1:** Principales plagas que atacan a la Tuna.

Plaga	Daño en la planta	Manejo y Control
<b>Grana cochinilla</b> ( <i>Dactylopius opuntiae</i> )	Se presentan como pequeñas bolas de Algodón. Su agresividad suele ocasionar la caída progresiva de frutos, marchitamiento de la planta y por último con su muerte.	Para su control, se puede implementar enemigos naturales como: <i>Chilocorus cacti</i> (coccinélidos), <i>Laetilia coccidivora</i> , <i>Criptolaemus mosnruozier</i> Muls.
<b>Mosca de la fruta</b> ( <i>Ceratitis capitata</i> )	La ovoposición causada por la picadura de la hembra al fruto, crea una vía de acceso de hongos y bacterias que provoca pudrición de la pulpa.	Para su Control biológico: - <i>Pachycreppoideus vindemmiae</i> - <i>Spalangia cameroni</i> Perkins
<b>Barrenador del nopal</b> ( <i>Moneilema variolare Thom</i> )	Se presentan perforación en los tallos lo que generalmente causa muerte de la planta y un agotamiento muy notorio.	Un buen manejo de la plantación de nopal, en casos severos es necesario destruir las plantas afectadas, y recolectar adultos.
<b>Gusano de alambre</b> ( <i>Melanotus sp.</i> )	Las raíces y partes superiores de la planta son destruidas gravemente, la irrupción es provocada por la marchitez presente en la parte aérea de la planta.	Utilización de hongos entomopatógenos como: <i>Metarhizium anisopliae</i> y <i>Beauveria spp.</i> en control de larvas y <i>Entomophthora elateridiphaga</i> sobre adultos.

**Fuente:** (Hernandez, 1993, p. 8-24)

**Realizado por:** Pilco, Henry, 2022.

### 1.11.9. Principales enfermedades

**Tabla 6-1:** Principales enfermedades que atacan a la Tuna.

Enfermedad	Daño en la planta	Manejo y Control
<b>Lágrima de espelma</b> ( <i>Fusarium sp.</i> )	Los cladodios presentan una mancha acuosa de forma circular de color café oscuro, la secreción es de color blanquecino que cuando gotean se endurecen dándole esa forma.	Aplicación de fungicidas sistémicos como el Carbendazim, tiabendazol, tiofanato y benomil.
<b>Pudrición seca</b> ( <i>Alternaria spp.</i> )	En las pencas junto a las espinas se observan áreas cloróticas circulares o heridas en pencas y frutos, los mismos que posterior se tornan oscuros y con necrosis.	Aplicaciones de fungicidas con contengan cobre, mancozeb e iprodione.
<b>Pudrición de raíces y tallos</b> ( <i>Armillaria mellea</i> )	Expulsan un exudado viscoso, los troncos muestran un borde rojizo reluciente.	En lo posible no plantar en suelos que presentan este hongo por u aproximado 2 a 3 años y retirar las raíces o tallos infectados.
<b>Roya</b> ( <i>Puccinia opuntiae</i> )	Se observan pústulas anaranjadas sobre el área de los cladodios y frutas.	Podar y desechar los cladodios infectados.
<b>Pudrición suave negra</b> ( <i>Erwinia carotovora</i> )	Los cladodios presencia de manchas aguosas de color café y al unirse los tejidos externos se vuelven secos y generalmente se parten; los tejidos internos presentan un color café a casi negro.	Aplicar prontamente con compuestos de cobre.

**Fuente:** (FAO & ICARDA, 2018, p. 119-127)

**Realizado por:** Pilco, Henry, 2022.

### 1.11.10. Cosecha

La cosecha se debe llevar a cabo en horas donde se pueda evitar el vuelo de las espinas. Se recomienda usar guantes y luego cortar el fruto en la base cortando un poco del cladodio y mas no el fruto. Posterior a ello se deben retirar las espinas, para esto se depositan los frutos en espacios en donde se puedan utilizar ramas con las que se retiran las espinas. De igual manera se puede frotar con sacos mojados, e incluso maquinas que retiran las espinas sin estropear e fruto (Reyes & Lavin, 2004, p. 109-110).

Según Amaya (2009, p. 28) la calidad en el cultivo de fruto de tuna es un factor fundamental, ya que los consumidores desean fruta llamativa con agradable sabor y alta calidad nutricional. La calidad en general es muy alta al instante de la cosecha y va disminuyendo de acuerdo a la variedad, a los tratamientos antes de la cosecha, a las condiciones ambientales, al grado de madurez de la fruta en la cosecha, el proceso y manejo, los tratamientos post-cosecha y las condiciones de almacenamiento y distribución.

#### ***1.11.11. Producción del cultivo de Tuna***

De acuerdo con (INEC, 2000) en el Ecuador al cultivo de tuna, se ha dado poca importancia en los aspectos de producción, industrialización y comercialización (MAG, IICA), sin embargo, se ha considerado dentro de los frutos no tradicionales ocupado el lugar 26, debido a que existe 102 ha de este cultivo, de las cuales se obtiene una producción de 40 Tn con un rendimiento de 400 kg por ha (Erazo *et al.*, 2021, p. 156).

En el Ecuador las plantaciones del cultivo de Tuna se hallan en los valles del callejón interandino siendo provincias como: Imbabura, Cotopaxi, Pichincha, Tungurahua, Azuay, Loja y Chimborazo. De una planta adulta se puede cosechar un aproximado de 200 frutos por año, haciendo referencia a un área de 1ha, con un buen manejo, con una densidad de plantación de 1.000 plantas/ha, obteniendo una producción de 300.000 frutos/ha, de plantas de 2 a 3 años de haber instalado el cultivo (Gallegos, 2011, p. 7).

#### ***1.11.12. Principales parámetros de calidad del fruto***

##### ***1.11.12.1. Tamaño***

Según Amaya (2009, p. 28) el fruto para exportación debe tener como mínimo 120 g. de peso y se clasifican en:

- Frutos extra grandes: mayor de 160 gr.
- Frutos primera clase: 120-160 gr.
- Frutos segunda clase: 80-100 gr.
- Frutos de tercera clase: menor de 80 gr.

#### *1.11.12.2. Color de la Cascara*

El fruto más apropiado para el mercado internacional es el amarillo-anaranjado. Los cultivares verde claro o blanco, así como también el rosa-naranja, sólo son relevantes en los mercados locales y tienen mayores problemas de manejo y almacenamiento (Amaya, 2009, p. 29).

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO METODOLÓGICO

#### 2.1. Características del lugar

##### 2.1.1. Localización

La investigación se llevó a cabo a campo abierto en la localidad de la Facultad de Recursos Naturales, Estación Experimental Tunshi, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, ubicada en el cantón Licto, provincia de Chimborazo.

##### 2.1.2. Ubicación geográfica

- Latitud: 1750106 UTM
- Longitud: 78628752 UTM
- Altitud: 2708 msnm

#### 2.2. Materiales y equipos

##### 2.2.1. Material experimental

En la investigación se utilizó los siguientes materiales:

Cultivo de Tuna

Tres dosis de fertirriego: Basadas Extracción de Nutrientes (BEN), +50% (BEN), -50% (BEN) y el Testigo.

Dos dosis de Fondo: 250 kg/ha yeso agrícola, 500 kg/ha Yeso agrícola y el Testigo.

##### 2.2.2. Material de campo

Azadón, Rastrillo, serrucho de podar de mano, guantes de cuero, carretilla, martillo, tiras de madera, etiquetas de identificación, cinta, bidones de 200 litros, baldes de 20 litros, fertilizantes, bomba de fumigar, fungicidas, herbicidas, cámara digital, equipo de protección, fundas ciploc, probeta, jarra de 1 litro tubería pvc, llaves 6 mm y libreta de campo.

### **2.2.3. *Material de oficina***

Computadora, flash memory, calculadora, esfero, marcador permanente, perforadora, libreta de apuntes e impresora.

### **2.2.4. *Materiales y equipos de laboratorio***

Balanza de precisión, estufas, pH metro, molino, Refractómetro manual, Penetrómetro, Calibrador (Pie de rey), cuchillo, guantes de látex, fundas de papel, vasos de precipitación y agua destilada

## **2.3. Metodología**

### **2.3.1. *Diseño experimental***

Se empleó un diseño de bloques completos al azar en arreglo de parcelas divididas, con tres repeticiones.

### **2.3.2. *Factores en estudio***

Los factores que se estudiaron fueron: tres dosis de fertirriego y un testigo, por otra parte, dos dosis de fondo con yeso agrícola y un testigo.

### **2.3.3. *Tratamientos en estudio***

- **Factor A: Dosis de Fertirriego (Parcela grande)**

- A1: Basada extracción de Nutrientes (BEN).
- A2: +50 % de (BEN).
- A3: -50 % de (BEN).
- A4: Testigo

- **Factor B: Dosis de fondo (Sub-parcela)**

- B1: Testigo
- B2: 250 kg/ha Yeso Agrícola
- B3: 500 kg/ha Yeso Agrícola

**Tabla 1-2:** Tratamientos en estudio

TRATAMIENTO	CÓDIGO	ESPECIFICACIÓN
T1	A1B1	Basadas Extracción Nutrientes (BEN) + Testigo
T2	A1B2	(BEN) + 250 kg Yeso Agrícola
T3	A1B3	(BEN) + 500 kg Yeso Agrícola
T4	A2B1	50 % más de (BEN) + Testigo
T5	A2B2	50 % más de (BEN) + 250 kg Yeso Agrícola
T6	A2B3	50 % más de (BEN) + 500 kg Yeso Agrícola
T7	A3B1	50 % menos de (BEN) + Testigo
T8	A3B2	50 % menos de (BEN) + 250 kg Yeso Agrícola
T9	A3B3	50 % menos de (BEN) + 500 kg Yeso Agrícola
T10	A4B1	Testigo + Testigo
T11	A4B2	Testigo + 250 kg Yeso Agrícola
T12	A4B3	Testigo + 500 kg Yeso Agrícola

Realizado por: Pilco, Henry, 2022.

#### 2.3.4. Especificaciones del campo experimental

- Número de tratamientos 4
- Número de repeticiones 3
- Número de Bloques 3
- Numero de unidades experimentales 36
  
- **ÁREA DE INVESTIGACIÓN**
  - Forma Rectangular
  - Longitud 30 m
  - Ancho 2,50 m
  - Área total del Tratamiento 75 m<sup>2</sup>
  - Número de Plantas por Tratamiento 12
  
- **Densidad de plantación**
  - Entre Hileras 2,50
  - Entre Plantas 2,50
  - Número total de plantas en el ensayo 144
  - Número total de plantas a evaluarse 108
  - Número de plantas por Tratamiento 4
  - Número de plantas evaluadas por tratamiento 3
  - Área total del ensayo 900 m<sup>2</sup>



### 2.3.5. Esquema de análisis de varianza

El esquema de análisis de varianza (ADEVA) que se empleó para cada tratamiento en estudio es la que se presenta en la tabla:

**Tabla 2-2:** Esquema de análisis de varianza (ADEVA)

<b>FUENTE DE VARIACIÓN</b>	<b>FORMULA</b>	<b>GL</b>
Total	$a*b*c-1$	35
Bloques	$r-1$	2
A (Dosis Fertirriego)	$a-1$	3
ERROR A	$(a-1)(r-1)$	6
B (Dosis Fondo)	$b-1$	2
A x B	$(a-1)(b-1)$	6
ERROR B	diferencia	16

Realizado por: Pilco, Henry, 2022.

### 2.3.6. Análisis funcional

- Se utilizó la prueba LSD Fisher al 10% cuando existió diferencias significativas entre los tratamientos
- Se determinó el coeficiente de variación y se expresó en porcentaje.
- Se realizó el análisis económico mediante la relación Costo/Beneficio.

## 2.4. Métodos de evaluación y datos registrados

### 2.4.1. Análisis foliar de frutos

Se realizó el respectivo muestreo aleatorio de frutos que se encontró ya de cosecha en un área de 1 ha y se los llevó al laboratorio, se procedió al pesado y picado en trocitos pequeños y colocarlo en la funda de papel y llevarla a la estufa a 60° C. Posteriormente ya seco se procede a la trituration mediante el cual se obtiene una especie de polvo (harina), y se pesa lo necesario para enviar al laboratorio para el respectivo análisis de extracción de nutrientes.

Para las variables a evaluar se tomaron en cuenta frutos cosechados después de aplicación de los tratamientos.

#### ***2.4.2. Dureza de la corteza***

Las mediciones se realizaron con la ayuda de un penetrómetro, efectuando lecturas al momento de la cosecha, para tal efecto, se tomó un fruto y se puso la parte de la punta del penetrómetro (8 mm) y se realizó la respectiva presión hasta que la corteza pueda ser atravesada por el instrumento. Los valores obtenidos se expresaron en Newton (N).

#### ***2.4.3. Para el diámetro del fruto***

Con la ayuda de un pie de rey o calibrador, en donde se procedió a tomar la medida del diámetro polar y diámetro ecuatorial del fruto y se expresó en centímetros.

#### ***2.4.4. Peso de la corteza***

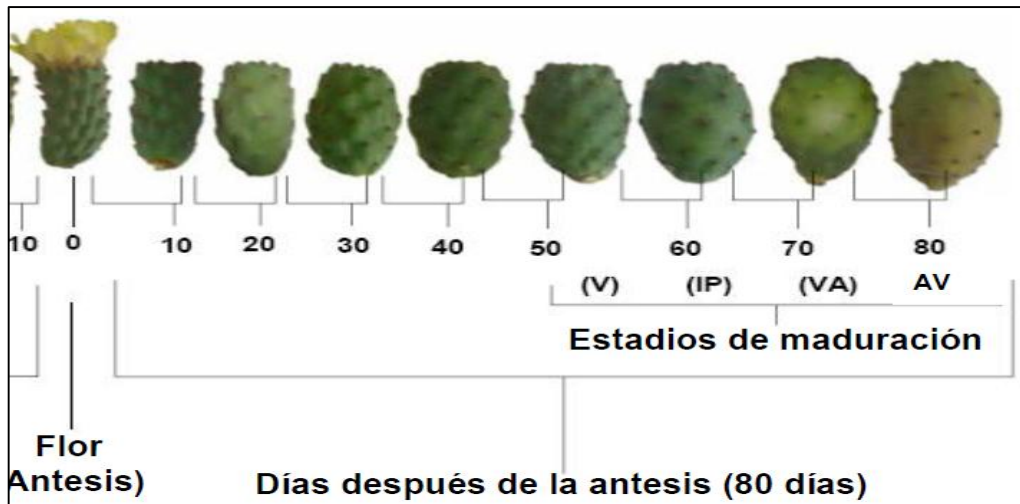
Con la ayuda de un cuchillo se realizó la separación de la corteza y la pulpa, ya extraído la corteza procedemos a colocarlo sobre una balanza digital de precisión y a registrar los valores respectivos.

#### ***2.4.5. Volumen de la pulpa***

Se aplicó el método volumétrico manual, el cual consistió en colocar la pulpa del fruto en un recipiente con un volumen de agua conocido y ver la cantidad que incremento en volumen de agua, entonces dicho aumento de volumen viene a ser la de la pulpa.

#### ***2.4.6. Sólidos Solubles***

Se colocó dos gotas de pulpa sobre el prisma de la superficie de un brixómetro o refractómetro manual, ésta ocasiona una desviación proporcional a la cantidad de sólidos disueltos, conocida también como °Brix. Los frutos cosechados en madurez (VA) verde amarillo y (AV) amarillo verdoso como se puede observar en la figura 2. El índice de madurez para la cosecha de tuna basada en el color del fruto.



**Figura 2-2.** El índice de madurez para la cosecha de tunas basada en el color del fruto.

Fuente: (Amaya, 2009, p. 27)

#### **2.4.7. Acidez de la pulpa**

Con la ayuda de una licuadora trituramos la pulpa obteniendo una sustancia semilíquida, posterior a ello con una relación 1:1 (de pulpa y agua destilada) se procedió mediante un pH metro a la lectura y registro de los datos obtenidos.

#### **2.4.8. Altura de la planta**

Con la ayuda de pintura blanca se realizó una señal en la base del cladodio semilla a nivel del suelo y con la cinta métrica se procedió a tomar la medida de la planta, desde la señal hasta el cladodio más alto, al inicio de la aplicación de las dosis del fertirriego y su posterior lectura al final de la investigación, de la misma manera siendo el resultado la diferencia de estas lecturas.

#### **2.4.9. Rendimiento**

Para el rendimiento se realizó una cosecha de frutos en su madurez respectiva de acuerdo con los tratamientos y los mismos se expresaron en Kg/Ha.

#### **2.4.10. Análisis económico**

Se realizó con los datos obtenidos de cada uno de los tratamientos mediante la relación Beneficio/ Costo.

## **2.5. Manejo del ensayo**

### **2.5.1. Labores pre-culturales**

- **Muestreo del Agua**

Se tomó una muestra de agua utilizado en riego, y se envió al laboratorio AGRARPROJECK SA para su respectivo análisis químico.

- **Muestreo del suelo**

Se tomó la muestra de suelo, y se envió al laboratorio AGRARPROJECK SA para su respectivo análisis.

- **Instalación del sistema de riego y Venturi**

Se colocó una tubería principal de PVC (40 mm) al costado del cultivo, del cual se adaptó a la instalación de la manguera de goteo que ya se encontraba instalada con su respectiva llave de 6 mm, esta vez de acuerdo a los tratamientos establecidos para la investigación. Posterior se instaló un Venturi de  $\frac{3}{4}$  en el mismo acoplado con una montura, en la entrada del sistema de riego y al mismo se lo realiza la instalación a los 3 taques con las dosis de fertirriego respectivo.

### **2.5.2. Labores culturales**

- **Yeso Agrícola**

La incorporación de yeso agrícola se lo realizo al inicio de la investigación con el fin de corregir el exceso de sodio del suelo, se utilizó la hoja de cálculo de INTAGRI para fertirriego el cual nos permite introducir datos tanto del análisis de agua, como el análisis de suelo, consecuentemente en base al análisis de suelo la hoja de cálculo nos recomienda aplicar yeso agrícola en una cantidad de 250 kg/ ha, siendo esta cantidad utilizada como dosis de fondo para la repetición 2 (B2) y sumándole un cincuenta por ciento para la repetición 3 (B3) que es de 500 kg/ha, y la repetición 1 (B1) siendo el testigo.

- **Fertirriego**

Se lo realizo mediante la hoja de cálculo de INTAGRI, el cual nos ayuda a calcular la cantidad de nutrientes basados en el análisis de suelo y agua, la dotación de fertirriego al cultivo se lo dividió en 10 etapas de aplicación de acuerdo al porcentaje de desarrollo en el transcurso de 150 días, siendo de 15 días cada etapa, la preparación se realizó en 50 L de agua con la respectiva concentración de acuerdo con cada tratamiento, el cual se dotará al cultivo en el transcurso de 15 días por preparación (etapa), con una lámina de riego de 3 mm por riego.

- **Podas**

La eliminación de los cladodios del 4 piso se realizó una semana antes de iniciar con la aplicación de los tratamientos de fertirriego, con el fin de uniformizar las plantas en sus respectivos tratamientos y repeticiones. Por otra parte, en el transcurso de la investigación se realizaron podas de los cladodios que se entrecruzaban y/o colgaban, con el fin de dar forma a la planta.

- **Control de malezas**

Se realizó de forma manual de dos maneras, la primera arrancado con la mano malezas que se encontraban junto o pegados a la planta, la segunda con la ayuda de una azada rascadillos las malezas alrededor de la planta con mucho cuidado para evitar romper las raíces ya que son superficiales y de la misma manera el espacio entre plantas.

Por otra parte, se utilizó un motocultor para remover el suelo e ir retirando malezas que se encontraban entre las hileras.

- **Control de plagas y enfermedades**

Se llevó a cabo monitoreos constantes y se verificó el umbral de daño económico, se realizó controles preventivos.

## CAPÍTULO III

### 3. MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

#### 3.1. Resultados

##### 3.1.1. Rendimiento

En el análisis de varianza para el rendimiento, los resultados mostraron diferencias significativas para la dosis de fertirriego (Tabla 1-3), con un coeficiente de variación de 46,05%; y un p-valor de 0,3365 asociado a la prueba de normalidad de los residuos del modelo realizado con el test de Shapiro-Wilk.

**Tabla 1-3:** Análisis de varianza para el rendimiento.

Fuentes de variación	Grados de libertad	p-valor	Significancia
Bloque	2	0,30	ns
Factor A: Dosis Fertirriego	3	0,10	†
Error A	6	0,97	ns
Factor B: Yeso Agrícola	2	0,78	ns
A*B	6	0,94	ns
Error B	16		
Total	35		
CV	46,05%		

**p-valor:** >0,10= ns No Significativo  
**p-valor:** >0,05 a <0,10 = †: Significativo  
**p-valor:** >0,01 y <0,05= \*: Significativo  
**p-valor:** <0,001 y <0,01= \*\*: Altamente significativo

**Realizado por:** Pilco, Henry, 2022.

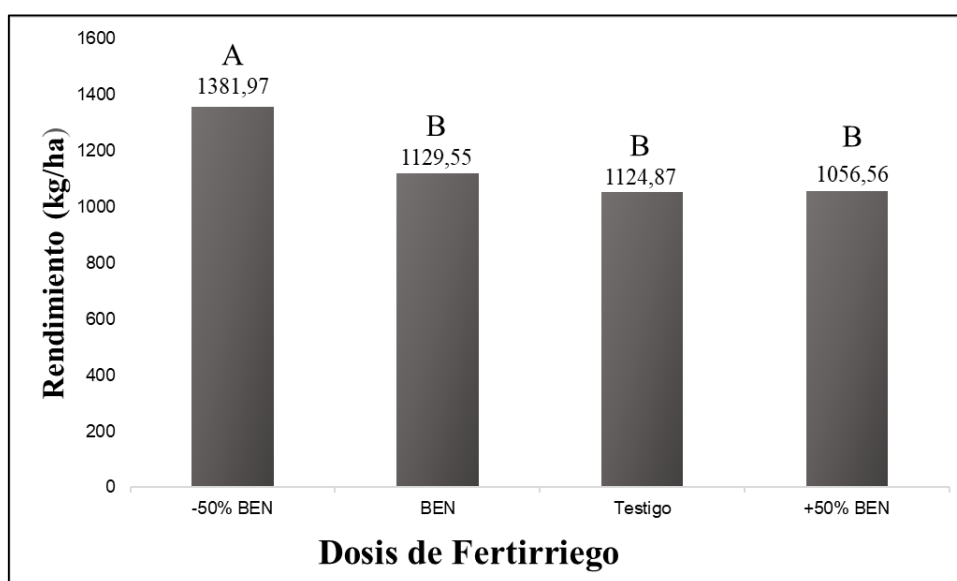
En la prueba LSD Fisher al 10% para el rendimiento según la dosis de fertirriego (Factor A) presenta dos rangos (Tabla 2-3). En el grupo “A” se ubican el tratamiento -50% BEN (A3) con un rendimiento promedio de 1381,97 Kg/h. Por su parte, en el grupo “B” se ubican los tratamientos de aplicación BEN (A1), Testigo (A4) y +50% BEN (A2), con un rendimiento medio de 1129,55 Kg/ha, 1124,87 kg/ha y 1056,56 kg/ha. respectivamente. En este sentido se puede ver que el tratamiento con la dosis -50% BEN difiere significativamente del tratamiento testigo.

**Tabla 2-3:** Prueba de LSD Fisher al 10% para el rendimiento según la dosis

Fertirriego	Medias (kg/ha)	n	E.E.	Grupo
-50% BEN	1381,97	9	79,18	A
BEN	1129,55	9	79,18	B
Testigo	1124,87	9	79,18	B
+50% BEN	1056,56	9	79,18	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ )

Realizado por: Pilco, Henry, 2022.



**Gráfico 1-3.** Rendimiento según la dosis de fertirriego

Realizado por: Pilco, Henry, 2022.

### 3.1.2. Dureza de la corteza

En el análisis de varianza para la dureza de la corteza presentó diferencias significativas para la dosis de yeso agrícola (Tabla 3-3), con un coeficiente de variación de 10,38%; además, la prueba de norma

**Tabla 3-3:** Análisis de varianza para dureza de la corteza

Fuentes de variación	Grados de libertad	p-valor	Significancia
Bloque	2	0,2932	ns
Factor A: Dosis Fertirriego	3	0,2800	ns
Error A	6	0,0075	**
Factor B: Yeso Agrícola	2	0,0333	*

A*B	6	0,9003	ns
Error B	490		
Total	509		
CV	10,38 %		

**p-valor:** >0,10= ns No Significativo

**p-valor:** >0,05 a <0,10 = †: Significativo

**p-valor:** >0,01 y <0,05= \*: Significativo

**p-valor:** <0,001 y <0,01= \*\*: Altamente significativo

**Realizado por:** Pilco, Henry, 2022.

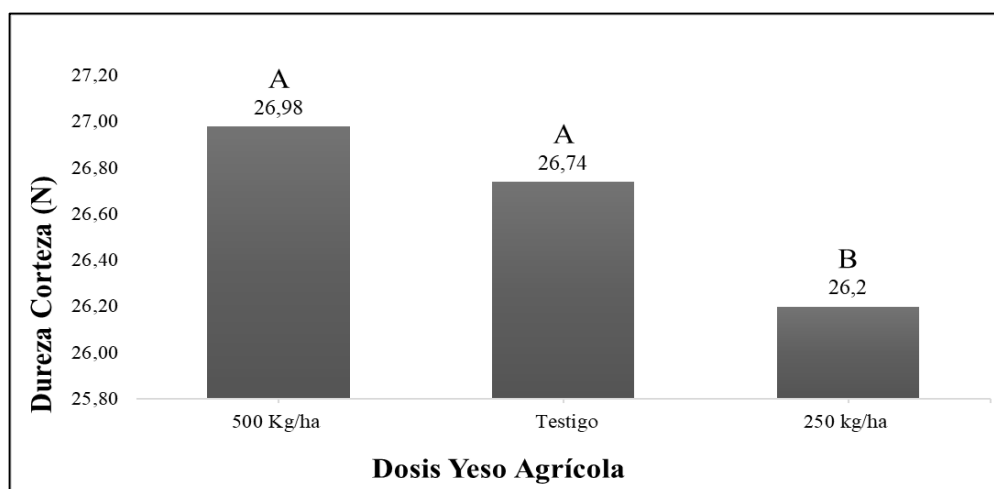
En la prueba LSD Fisher al 10% para la dureza de la corteza según la dosis de yeso agrícola (Factor B) presenta dos rangos (Tabla 4-3). En el grupo “A” se ubica la aportación de 500 Kg/ha de yeso agrícola (B2) y el tratamiento testigo, con una media de 26,98 N y 26,74 N respectivamente. Por su parte en el grupo “B”, se encuentra el tratamiento de 250 kg/ha de yeso agrícola (B2) con una media de 26,20 N. En este sentido el tratamiento B3 y Testigo resultan ser estadísticamente diferentes.

**Tabla 4-3:** Prueba de LSD Fisher al 10% para la dureza de la corteza según la dosis de Yeso

Yeso Agrícola	Medias (N)	n	E.E.	Grupo
500 kg/ha	26,98	154	0,23	A
Testigo	26,74	173	0,22	A
250 kg/ha	26,20	183	0,21	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ )

**Realizado por:** Pilco, Henry, 2022.



**Gráfico 2-3.** Dureza de la corteza según la dosis de Yeso Agrícola

**Realizado por:** Pilco, Henry, 2022.



### 3.1.3. Diámetro del fruto

#### 3.1.3.1. Diámetro polar

En el análisis de varianza para el diámetro polar del fruto presentó diferencias significativas para la dosis de fondo (Tabla 5-3), con un coeficiente de variación de 13,24%.

**Tabla 5-3:** Análisis de varianza para el diámetro polar del fruto

Fuentes de variación	Grados de libertad	p-valor	Significancia
Bloque	2	0,7798	Ns
Factor A: Dosis Fertirriego	3	0,5027	Ns
Error A	6	0,0033	**
Factor B: Yeso Agrícola	2	0,0167	*
A*B	6	0,9163	Ns
Error B	490		
Total	509		
CV	13,24 %		

**p-valor:** >0,10= ns No Significativo

**p-valor:** >0,05 a <0,10 = †: Significativo

**p-valor:** >0,01 y <0,05= \*: Significativo

**p-valor:** <0,001 y <0,01= \*\*: Altamente significativo

**Realizado por:** Pilco, Henry, 2022.

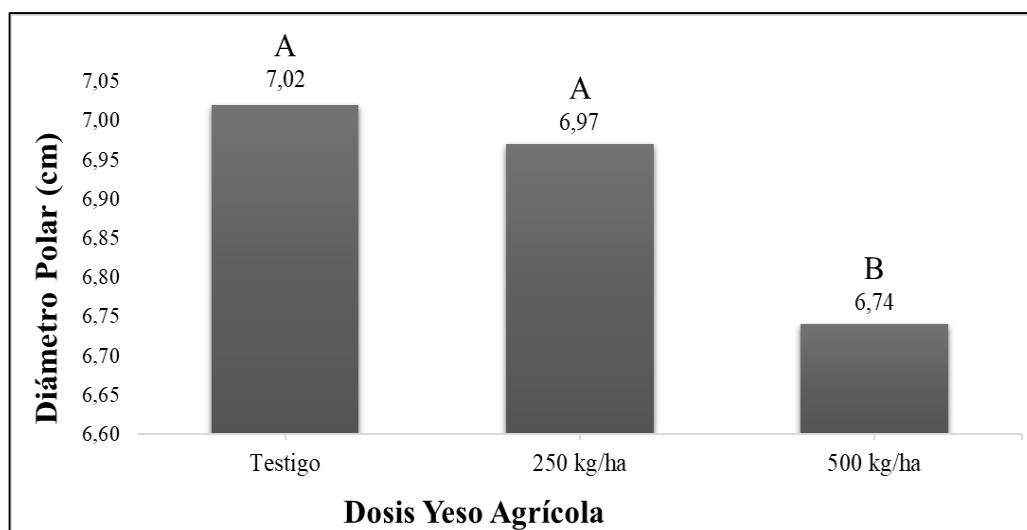
En la prueba de LSD Fisher al 10% para el diámetro polar según la dosis de fondo (Factor B) presenta dos rangos (Tabla 6-3). En el grupo “A” se ubica el tratamiento testigo y la aportación de 250 Kg/ha de yeso agrícola (B2) con medias de 7,02 cm y 6,97 cm respectivamente. Por su parte, en el grupo “B” se ubican la aplicación de 500 Kg/ha de yeso agrícola (B3) con una media de 6,74 cm. En este sentido el tratamiento testigo (B1) y (B2) resulta ser estadísticamente mayor a los tratamientos B3.

**Tabla 6-3:** Prueba de LSD Fisher al 10% para el diámetro polar según la dosis de Yeso

Yeso Agrícola	Medias (cm)	n	E.E.	Grupo
Testigo	7,02	173	0,07	A
250 kg/ha	6,97	183	0,07	A
500 kg/ha	6,74	154	0,08	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,10)

**Realizado por:** Pilco, Henry, 2022.



**Gráfico 3-3.** Diámetro polar según la dosis de Yeso Agrícola

Realizado por: Pilco, Henry, 2022.

### 3.1.3.2. Diámetro ecuatorial

En el análisis de varianza para el diámetro ecuatorial no presentó diferencias significativas para ninguno de los factores analizados (Tabla 7-3), con un coeficiente de variación de 9,84%; no obstante, el p-valor asociado a la prueba de Shapiro-Wilk fue igual a 0,0070.

**Tabla 7-3:** Análisis de varianza para el diámetro ecuatorial del fruto

Fuentes de variación	Grados de libertad	p-valor	Significancia
Bloque	2	0,9451	Ns
Factor A: Dosis Fertirriego	3	0,9070	Ns
Error A	6	<0,0001	**
Factor B: Yeso Agrícola	2	0,8368	Ns
A*B	6	0,2534	Ns
Error B	490		
Total	509		
CV	9,84%		

**p-valor:** >0,10= ns No Significativo

**p-valor:** >0,05 a <0,10 = †: Significativo

**p-valor:** >0,01 y <0,05= \*: Significativo

**p-valor:** <0,001 y <0,01= \*\*: Altamente significativo

Realizado por: Pilco, Henry, 2022.

### 3.1.4. *Peso de la corteza*

En el análisis de varianza para el peso de la corteza no presentó diferencias significativas para ninguno de los factores analizados (Tabla 8-3), con un coeficiente de variación de 24,00%; además, el p-valor asociado a la prueba de normalidad de los residuos fue de 0,5318.

**Tabla 8-3:** Análisis de varianza para el peso de la corteza

<b>Fuentes de variación</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>p-valor</b>	<b>Significancia</b>
Bloque	2	0,9235	ns
Factor A: Dosis Fertirriego	3	0,8206	ns
Error A	6	<0,0001	**
Factor B: Yeso Agrícola	2	0,2221	ns
A*B	6	0,9923	ns
Error B	490		
Total	509		
CV	24,00 %		

**p-valor:** >0,10= ns No Significativo  
**p-valor:** >0,05 a <0,10 = †: Significativo  
**p-valor:** >0,01 y <0,05= \*: Significativo  
**p-valor:** <0,001 y <0,01= \*\*: Altamente significativo

**Realizado por:** Pilco, Henry, 2022.

### 3.1.5. *Volumen de la pulpa*

En el análisis de varianza para el volumen de la pulpa presentó diferencias significativas para la dosis de fondo (Tabla 9-3), con un coeficiente de variación de 31,37%; y un p-valor de 0,5169 asociado a la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk aplicado a los residuos del modelo.

**Tabla 9-3:** Análisis de varianza para el volumen de la pulpa

<b>Fuentes de variación</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>p-valor</b>	<b>Significancia</b>
Bloque	2	0,8872	Ns
Factor A: Dosis Fertirriego	3	0,4237	Ns
Error A	6	0,0198	**
Factor B: Yeso Agrícola	2	0,0601	†
A*B	6	0,098	†

Error B	490
Total	509
CV	31,37 %

**p-valor:** >0,10= ns No Significativo

**p-valor:** >0,05 a <0,10 = †: Significativo

**p-valor:** >0,01 y <0,05= \*: Significativo

**p-valor:** <0,001 y <0,01= \*\*: Altamente significativo

**Realizado por:** Pilco, Henry, 2022.

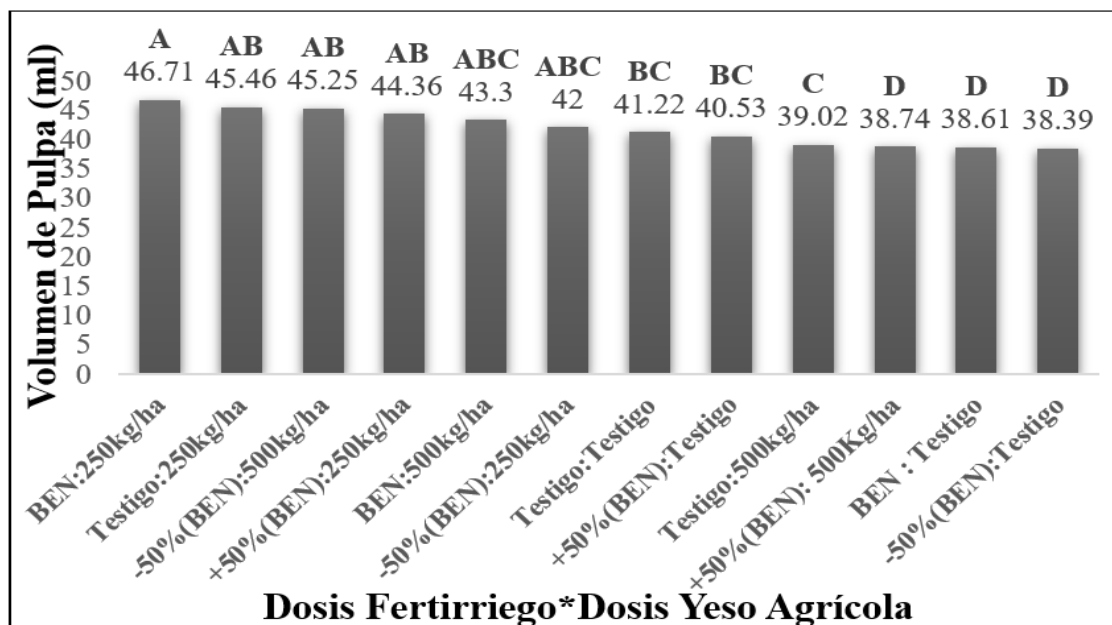
En la prueba LSD Fisher al 10% para el volumen de la pulpa según la dosis de fondo (Factor B) presenta tres rangos (Tabla 10-3). En el grupo “E” la interacción A3:B1 correspondiente al tratamiento -50% BEN más testigo, y la interacción A1:B1 que consiste en el uso de la dosis BEN más testigo de yeso agrícola, tienen una media de 38,39 ml y 38,61 ml, respectivamente, siendo estadísticamente inferiores al resto de interacciones. Por otro lado, la interacción A1:B2 que corresponde a la dosis BEN más 250 kg/ha yeso agrícola con una media de 46,71 ml, resulta ser estadísticamente mayor al resto de interacciones encontrándose en el grupo “A”.

**Tabla 10-3:** LSD Fisher al 10% para el volumen según la dosis de fertirriego \* Yeso

Fertirriego	Yeso Agrícola	Medias (ml)	n	E.E.	Grupo
BEN	250 kg/ha	46,71	36	2,25	A
Testigo	250 kg/ha	45,46	43	2,02	A B
-50% BEN	500 kg/ha	45,25	42	2,04	A B
+50% BEN	250 kg/ha	44,36	38	2,18	A B C
BEN	500 kg/ha	43,3	49	1,88	A B C D
-50% BEN	250 kg/ha	42	53	1,81	B C D E
Testigo	Testigo	41,22	34	2,27	B C D E
+50% BEN	Testigo	40,53	44	2,00	C D E
Testigo	500 kg/ha	39,02	41	2,08	D E
+50% BEN	500 kg/ha	38,74	30	2,54	D E
BEN	Testigo	38,61	59	1,7	E
-50% BEN	Testigo	38,39	41	2,04	E

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ )

**Realizado por:** Pilco, Henry, 2022.



**Gráfico 4-3.** Volumen de la pulpa según la dosis de Fertirriego \* Yeso Agrícola

Realizado por: Pilco, Henry, 2022.

### 3.1.6. Sólidos solubles

En el análisis de varianza para los sólidos solubles presentó diferencias significativas para la dosis de fondo y para la interacción entre la dosis de fertirriego y dosis de fondo (Tabla 11-3), con un coeficiente de variación de 10,35%; no obstante, el p-valor asociado a los residuos del modelo es 0,1917.

**Tabla 11-3:** Análisis de varianza para los sólidos solubles

Fuentes de variación	Grados de libertad	p-valor	Significancia
Bloque	2	0,0355	*
Factor A: Dosis Fertirriego	3	0,6008	Ns
Error A	6	0,1494	Ns
Factor B: Yeso Agrícola	2	0,0008	**
A*B	6	0,001	**
Error B	490		
Total	509		
CV	10,35%		

**p-valor:** >0,10= ns No Significativo  
**p-valor:** >0,05 a <0,10 = +: Significativo  
**p-valor:** >0,01 y <0,05= \*: Significativo  
**p-valor:** <0,001 y <0,01= \*\*: Altamente significativo

Realizado por: Pilco, Henry, 2022.

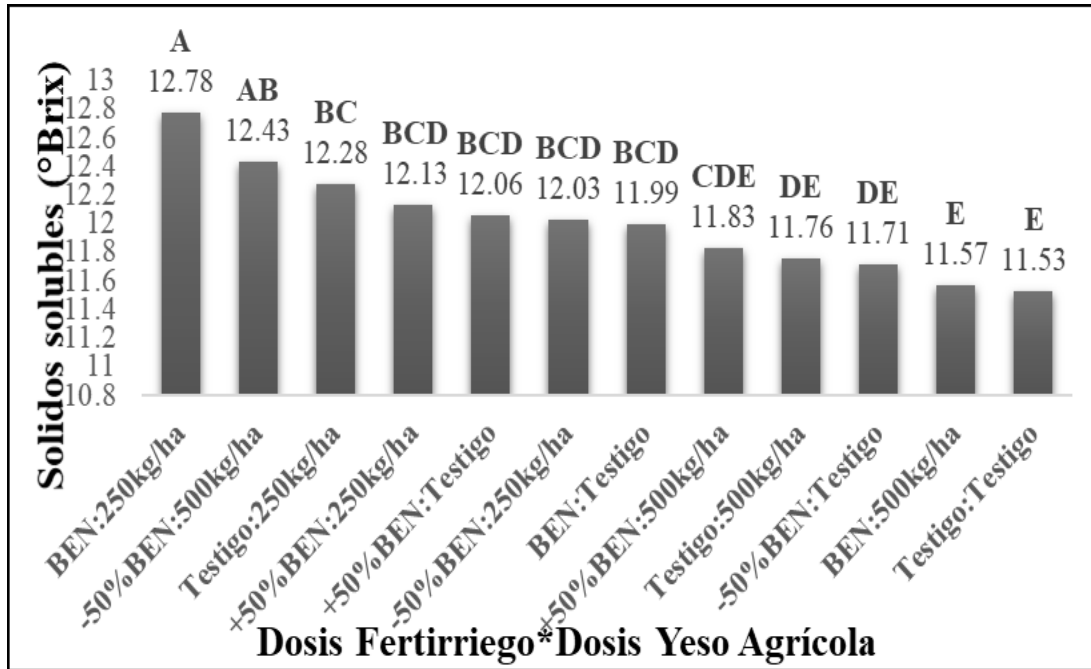
En la prueba de LSD Fisher al 10% para los sólidos solubles según la dosis de fertirriego \* Yeso agrícola presenta dos rangos (Tabla 12-3). En estos grupos la interacción de tratamientos que presentan diferencias significativas son las siguientes: la interacción A4:B1 correspondiente al tratamiento testigo + tratamiento testigo, y la interacción A1:B3 que consiste en el uso de la dosis BEN + 500 Kg/ha de yeso agrícola, tienen una media de 11,53 y 11,57 °Brix, respectivamente, siendo estadísticamente inferiores al resto de interacciones. Por otro lado, la interacción A1:B2 (BEN + 250 Kg/ha yeso agrícola) con una media de 12,78 °Brix, resulta ser estadísticamente mayor al resto de interacciones.

**Tabla 12-3:** Prueba de LSD Fisher al 10% para los sólidos solubles según dosis de fertirriego × Yeso Agrícola.

Fertirriego	YesoAgrícola	Medias (° Brix)	n	E.E.	Grupo
BEN	250 kg/ha	12,78	49	0,18	A
-50% BEN	500 kg/ha	12,43	42	0,19	A B
Testigo	250 kg/ha	12,28	43	0,19	B C
+50% BEN	250 kg/ha	12,13	38	0,21	B C D
+50% BEN	Testigo	12,06	44	0,19	B C D
-50% BEN	250 kg/ha	12,03	53	0,17	B C D
BEN	Testigo	12,03	58	0,16	B C D
+50% BEN	500 kg/ha	11,83	30	0,24	C D E
Testigo	500 kg/ha	11,76	41	0,2	D E
-50% BEN	Testigo	11,71	36	0,21	D E
BEN	500 kg/ha	11,57	41	0,19	E
Testigo	Testigo	11,53	34	0,22	E

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ )

Realizado por: Pilco, Henry, 2022.



**Gráfico 5-3.** Sólidos solubles según la dosis de Fertirriego \* Yeso Agrícola

Realizado por: Pilco, Henry, 2022.

### 3.1.7. Acidez de la pulpa

En el análisis de varianza para la acidez presentó diferencias significativas para la dosis de fondo y para la interacción entre la dosis de fertirriego y dosis de fondo (Tabla 13-3), con un coeficiente de variación de 9,75%; no obstante, en el análisis de los residuos la prueba de Shapiro-Wilk, determina un p-valor de 0,1756.

**Tabla 13-3:** Análisis de varianza para la acidez de la pulpa.

Fuentes de variación	Grados de libertad	p-valor	Significancia
Bloque	2	0,9125	Ns
Factor A: Dosis Fertirriego	3	0,3390	Ns
Error A	6	0,0001	**
Factor B: Yeso Agrícola	2	<0,0001	**
A*B	6	<0,0001	**
Error B	490		
Total	509		
CV	9,75 %		

**p-valor:** >0,10= ns No Significativo

**p-valor:** >0,05 a <0,10 = +: Significativo

**p-valor:** >0,01 y <0,05= \*: Significativo

**p-valor:** <0,001 y <0,01= \*\*: Altamente significativo

Realizado por: Pilco, Henry, 2022.

En la prueba de LSD Fisher al 10% para la acidez según la interacción entre la dosis de fertirriego y la dosis de yeso agrícola, presenta seis rangos (Tabla 14-3). En estos rangos la interacción de tratamientos que presentan diferencias significativas son las siguientes: en el grupo “A”, la interacción A1:B2 correspondiente al tratamiento de la dosis BEN + 250 kg/ha de yeso agrícola y la interacción A4:B2, con una acidez media de 6,33 y 6,32 pH, es estadísticamente mayor al resto de interacciones. Por su parte en el caso del grupo “D”, las interacciones que tienen una acidez media estadísticamente menor, corresponden a BEN + 500 kg/ha (A1:B3), testigo + testigo (A4:B1) y BEN + testigo, con medias de 5,72, 5,68 y 5,54 pH, respectivamente. Por su parte las demás interacciones se encuentran en rangos intermedios.

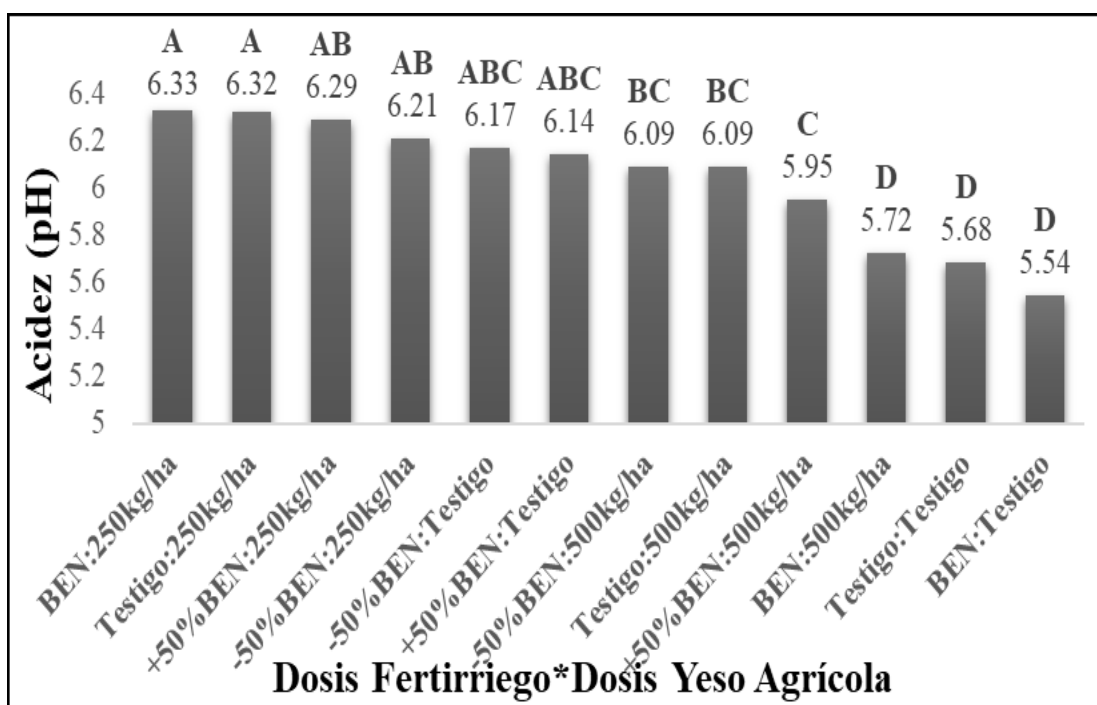
**Tabla 14-3:** Prueba de LSD Fisher al 10% para la acidez de la pulpa según dosis de fertirriego × Yeso Agrícola

Fertirriego	Yeso Agrícola	Medias (pH)	n	E.E.	Grupo
BEN	250 kg/ha	6,33	49	0,08	A
Testigo	250 kg/ha	6,32	43	0,09	A
+50%BEN	250 kg/ha	6,29	38	0,1	A B
-50%BEN	250 kg/ha	6,21	53	0,08	A B
-50%BEN	Testigo	6,17	36	0,1	A B C
+50%BEN	Testigo	6,14	44	0,09	A B C
Testigo	500 kg/ha	6,09	41	0,09	B C
-50%BEN	500 kg/ha	6,09	42	0,09	B C
+50%BEN	500 kg/ha	5,95	30	0,11	C
BEN	500 kg/ha	5,72	41	0,09	D
Testigo	Testigo	5,68	34	0,1	D
BEN	Testigo	5,54	59	0,08	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ )

Realizado por: Pilco, Henry, 2022.





**Gráfico 6-3.** Acidez de la pulpa según la dosis de Fertirriego\*Yeso Agrícola

Realizado por: Pilco, Henry, 2022.

### 3.1.8. Altura de la planta

En el análisis de varianza para la altura de la planta presentó diferencias significativas para la dosis de fertirriego (Tabla 15-3), con un coeficiente de variación de 33,5%.

**Tabla 15-3:** Análisis de varianza para la altura de la planta

Fuentes de variación	Grados de libertad	p-valor	Significancia
Bloque	2	0,9339	Ns
Factor A: Dosis Fertirriego	3	0,0403	*
Error A	6	0,8353	Ns
Factor B: Yeso Agrícola	2	0,8825	Ns
A*B	6	0,1716	Ns
Error B	160		
Total	179		
CV		33,5 %	

**p-valor:** >0,10= ns No Significativo

**p-valor:** >0,05 a <0,10 = †: Significativo

**p-valor:** >0,01 y <0,05= \*: Significativo

**p-valor:** <0,001 y <0,01= \*\*: Altamente significativo

Realizado por: Pilco, Henry, 2022.

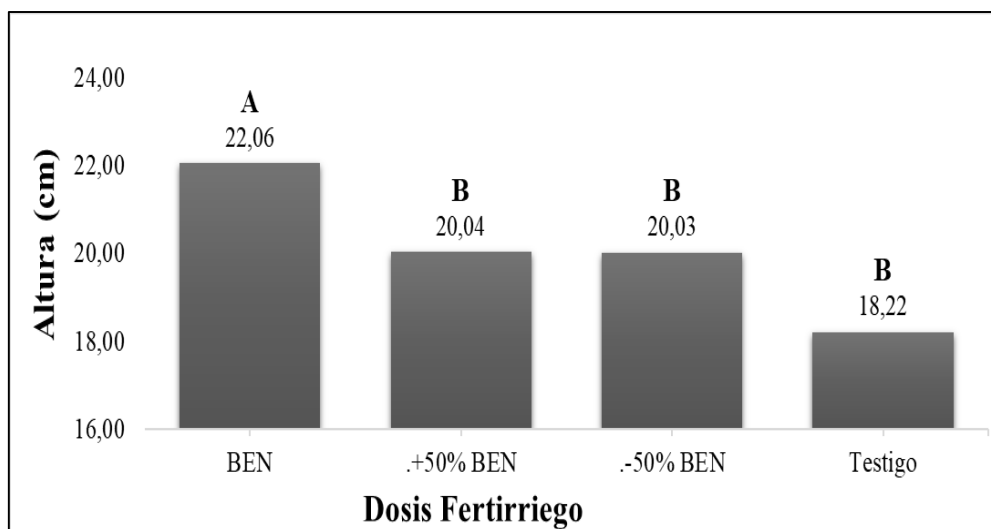
En la prueba de LSD Fisher al 10% para la altura de la planta según la dosis de fertirriego (Factor A) presenta dos rangos (Tabla 16-3). En el grupo “B” se ubican los tratamientos testigo (A4), la aportación de -50% de BEN y +50% de BEN, con unos promedios de 18,22 cm, 20,03 cm y 20,04 cm, respectivamente. Por su parte, en el grupo “A” se ubica el tratamiento BEN (A1) con una media de 22,06 cm.

**Tabla 16-3:** LSD Fisher al 10% para la altura de la planta según la dosis de fertirriego.

Fertirriego	Medias (cm)	n	E.E.	Grupo
BEN	22,06	45	0,68	A
+50% BEN	20,04	45	0,68	B
-50% BEN	20,03	45	0,68	B
Testigo	18,22	45	0,68	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ )

Realizado por: Pilco, Henry, 2022.



**Gráfico 7-3.** Altura de la planta según la dosis de fertirriego

Realizado por: Pilco, Henry, 2022.

### 3.1.9. Requerimientos nutricionales de Tuna basados en la extracción de nutrientes (BEN)

**Tabla 17-3:** Requerimientos nutricionales basado en la extracción de nutrientes (BEN)

NUTRIENTES	INICIO	DESARROLLO						COSECHA			Total	
		10	20	30	40	50	60	70	80	90		100
% Desarrollo		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	
N		20	24	31	37	41	31	20				204
P2O5		11	11	11	11	7	7	7	7			72
K2O		22	45	45	67	67	67	67	67			447
Ca		7	14	14	22	22	22	22	22			145
Mg		2	5	5	7	7	7	7	7			47
S		1	2	2	3	3	3	3	3			20
Fe		0,32	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3				2,24
Mn		0,23	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2				1,61

Realizado por: Pilco, Henry, 2022.

### 3.1.10. Análisis de Correlación y Regresión

El resumen del análisis de varianza (Tabla 18-3), indica que no presento diferencia significativa para ninguna de las variables de calidad del fruto en relación al rendimiento (kg/ha).

**Tabla 18-3:** Análisis de correlación y regresión lineal de los componentes parámetros bromatológicos (Variables independientes) en relación al rendimiento kg/ha.

Componentes del rendimiento variables independientes (Xs)	Coefficiente de Determinación (R <sup>2</sup> )	Coefficiente de correlación (r)	Coefficiente de regresión (b)	p-valor	Significancia
Dureza Corteza	0,0700	-0,26	0,1262		ns
Diámetro Polar	0,0100	-0,10	0,5459		ns
Diámetro Ecuatorial	0,0021	0,05	0,7915		ns
Peso Corteza	0,0012	-0,03	0,8434		ns
Volumen de la Pulpa	0,0400	0,20	0,2318		ns
Sólidos solubles (°Brix)	0,0019	0,13	0,4501		ns
Acidez de la Pulpa (pH)	0,00009	0,01	0,9571		ns
Altura Planta	0,01000	0,12	0,4923		ns

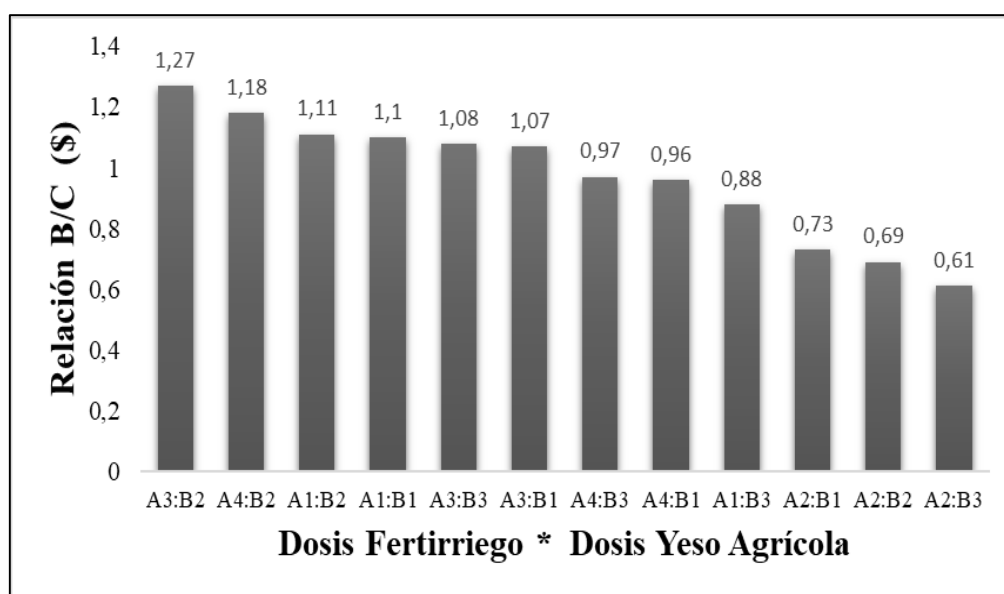
Realizado por: Pilco, Henry, 2022.

### 3.1.11. Análisis económico

**Tabla 19-3:** Relación Beneficio/Costo de los tratamientos

TRATAMIENTO	CÓDIGO	INGRESOS NETOS	COSTOS	R B/C
T1 (BEN: Testigo)	A1B1	1833,81	792,52	1,10
T2 (BEN: 250 kg/ha Yeso Agri)	A1B2	1957,47	842,02	1,11
T3 (BEN: 250 kg/ha Yeso Agri)	A1B3	1647,60	891,52	0,88
T4 (+50%BEN: Testigo)	A2B1	1295,31	844	0,73
T5 (+50%BEN: 250 kg/ha Yeso Agri)	A2B2	1287,40	893,5	0,69
T6 (+50%BEN: 500 kg/ha Yeso Agri)	A2B3	1211,68	943	0,61
T7 (-50%BEN: Testigo)	A3B1	1613,10	715,51	1,07
T8 (-50%BEN: 250 kg/ha Yeso Agri)	A3B2	2047,18	765,01	1,27
T9 (-50%BEN: 500 kg/ha Yeso Agri)	A3B3	1849,96	814,51	1,08
T10 (Testigo: Testigo)	A4B1	1317,69	651,13	0,96
T11 (Testigo: 250 kg/ha Yeso Agri)	A4B2	1739,05	700,63	1,18
T12 (Testigo: 500 kg/ha Yeso Agri)	A4B3	1528,89	750,13	0,97

Realizado por: Pilco, Henry, 2022.



**Gráfico 8-3.** Relación Beneficio / Costo de los tratamientos

Realizado por: Pilco, Henry, 2022.

La mayor rentabilidad se obtiene en el tratamiento T8 (A3B2) que corresponde a la dosis menos 50 % de la BEN con la dosis de fondo de 250 kg/ha de Yeso Agrícola, la relación beneficio costo es de 1,27 con una rentabilidad de 27,43 %.

## **3.2. Discusión**

### ***3.2.1. Rendimiento en función de la dosis de fertirriego***

El parámetro de rendimiento se pudo apreciar que la implementación de la dosis -50% BEN que corresponde a N: 102, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:36, K<sub>2</sub>O:223,5, Ca: 72,5, Mg: 23,5, S: 10, Mn: 0,81 y Fe: 1,12 kg/ha, es el tratamiento que presenta un rendimiento promedio de 1381,97 kg/ha estadísticamente más elevado que el tratamiento testigo que fue de 1124,87 kg/ha (Gráfico 1-3). En el estudio realizado por (Guevara & Pizzi, 1998, p. 84) sobre la situación mundial de la producción de frutos de cactus, evaluando su factibilidad económica en Mendoza (Argentina), concluyeron que en plantaciones jóvenes (4-5 años) el rendimiento está próximo a las 6 t/ha. En las de 15 a 20 años supera las 16 t/ha, con un rendimiento medio anual de aprox. 7 t/ha. Cabe recalcar que la investigación se lo realizó en un tiempo de 4 meses, en una plantación de 2 años en el cual la planta está entrando en etapa de producción, y según (Potgieter, 2007 citado en FAO & ICARDA, 2018, p. 67) el rendimiento de fruta se espera que incremente desde la plantación hasta el 5º año de producción cuando las plantas alcancen la madurez plena. Las plantas inician su proceso productivo a los 2-3 años después de establecidas y alcanzan el máximo potencial 6-8 años después de plantadas, permaneciendo productivas por 20-30 años y en ocasiones más, dependiendo de la poda y el manejo en general del huerto

De lo anterior se entiende que los rendimientos del cultivo varía de una zona a otra, de un país a otro y de un año a otro y a pesar de los resultados obtenidos en este trabajo ya son dignos de tomarse en cuenta en comparación con otros, no deben tomarse como definitivos, se aconseja evaluar la cosecha por unos dos años, para no caer en contradicciones posteriormente.

### ***3.2.2. Parámetros Bromatológicos del fruto***

#### ***3.2.2.1. Dureza Corteza***

Para la variable dureza de la corteza, se obtuvo con la aplicación de la dosis de 500 kg/ha de yeso agrícola, que corresponde al tratamiento con una dureza de la corteza promedio significativamente mayor, siendo de 27,69 N. (Gráfico 2-3), como señala (Infoagronomo, 2022, p. 1) que enfatiza, el yeso aporta el calcio necesario en las frutas para que estas tengan una óptima calidad en cuanto a firmeza de pulpa y otros atributos., esto coincide con El Kossori et al., 1998 y Crisosto et al., 2000, citado en Varela et al. (2014, p. 1386) esto puede estar relacionado con la concentración de

calcio (Ca) en la corteza, ya que este elemento mantiene la pared celular y la firmeza, incluido otras cualidades de calidad de frutos templados.

En el trabajo de Pinedo, et al. (2010, p. 54) sobre el comportamiento postcosecha de cultivares de tuna por efecto del manejo del huerto y temperatura de frigo conservación, la firmeza de frutos de tuna cv Cristalina y Burrón a la cosecha presentaron medias de 29,81 N y 31,87 N respectivamente, las cuales se encuentran por encima de los valores obtenidos en la presente investigación. En la presente investigación no se contaba con frutos de madurez uniforme y para obtener mayor cantidad de frutos se postergo la cosecha una semana, lo que concuerda con Tucker 1993, citado en Pinedo, et al. (2010, p. 54) quien afirma que la firmeza en los frutos disminuye progresivamente con el pasar del tiempo.

### *3.2.2.2. Diámetro polar y ecuatorial del Fruto*

En el caso del diámetro del fruto, solamente se observaron diferencias significativas en el efecto de la dosis de yeso agrícola sobre el diámetro polar, donde se llegó a determinar que el tratamiento testigo tiene un diámetro polar estadísticamente mayor, seguido del tratamiento con el aporte de 250 kg/ha de yeso agrícola con valores de 7,02 y 6,97 cm, respectivamente, los mismos que se encuentra en el grupo (A) (Gráfico 3-3). En el trabajo realizado por Chaparro et al. (2013, p. 6) evaluación de las características físicas de fruto de tuna, el diámetro polar (DP) y ecuatorial (DE) de la variedad “Morada” presentaron valores de 6,54 cm y 4,76 cm respectivamente, la “Blanca” con valores de 6,76 cm y 4,73 cm y “Anaranjada” con valores promedio de 8,93 cm de (DP) y 5,38 cm (DE), siendo estas dimensiones similares los presentados en el material “Blanca” y “Morada”, y los encontrados en la presente investigación.

Al respecto, (Celi & Alcívar, 2018, p. 24) sobre el manejo del tamaño del fruto y la calidad de la tuna, el tamaño se ve afectado a medida que incrementan los frutos por cladodio, sin embargo el diámetro polar se ve más afectado en relación al diámetro ecuatorial, dicho anteriormente esto puede deberse a la competencia por nutrientes, así como también podría deberse a la ubicación del fruto en el cladodio y a la ubicación del cladodio en la planta.

Adicional a esto, se descarta el efecto de las dosis de fertirriego y de yeso agrícola sobre el comportamiento del diámetro ecuatorial, puesto que no se ha determinado diferencias significativas en los promedios para los diferentes tratamientos e interacciones de los mismos. De manera similar, el parámetro peso de la corteza no muestra diferencias significativas frente a las diferentes dosis de fertirriego y dosis de yeso agrícola.

### 3.2.2.3. Volumen de la pulpa

Conjuntamente a este análisis, el volumen de la pulpa resultó ser sensible a la interacción dosis de fertirriego y yeso agrícola, mostró un volumen promedio estadísticamente superior cuando se implementó la dosis BEN más 250 Kg/ha de Yeso agrícola con un valor promedio de 46,71 ml (Gráfico 4-3); esto puede deberse a la acción del yeso en el suelo, lo que concuerda con (PIZARREÑO & ROMERAL, 2022) quienes afirman que la aplicación de yeso permite un mejor aprovechamiento de otros nutrientes tales como el potasio, fósforo, magnesio, favorece la actividad de las bacterias fijadoras de nitrógeno y adicional aporta calcio y azufre.

Con el trabajo de (Ochoa & Guerrero, 2012, p. 121) el peso de la pulpa de tuna presenta un valor de 52,2 g, siendo el peso de tuna entera de 99,75 g, valores mayores a los encontrados en el (PIZARREÑO & ROMERAL, 2022) presente trabajo. Para (Nobel, 1994) los valores aceptables de porcentaje de pulpa son del 60 - 70 % del peso del fruto.

### 3.2.2.4. Sólidos solubles

Para sólidos solubles, nuevamente, la interacción entre la dosis de fertirriego y yeso agrícola provocó diferencias significativas con el tratamiento BEN más 250 Kg/ha de Yeso agrícola aplicados, con un valor promedio de 12,78 °Brix (Gráfico 5-3), esto puede estar relacionado con el tiempo de cosecha ya que los °Brix aumentan con la maduración y a la acción del yeso en mejorar las propiedades físico-químicas de suelo, así obtener frutos menos ácidos y más dulces.

En el trabajo de (Mostacero, 2018), estos oscilan entre 12,87 y 15 (°Brix); valores que se encuentran por encima de los promedios estimados en los diferentes tratamientos analizados en el presente trabajo. Por otra parte Barrera y Nobel, 2004, citado en Monroy et al. (2017, pág. 9) encontraron que el contenido de sólidos solubles totales iniciales tubo valores cercanos entre los cultivares de tuna 12,47 y 14,42 °Brix, valores que para el mejor tratamiento del presente trabajo en la interacción del tratamiento con el uso de la dosis BEN más 250 kg/ha de yeso agrícola, superando al tratamiento testigo con medias de 12,78 °Brix y 11,55 °Brix respectivamente (Tabla 12-3).

Según (Lapporto, 2016, p. 3) manifiesta que el yeso agrícola es una fuente directa del azufre y del calcio, y una fuente indirecta del potasio, por lo cual (YARA, 2022, p. 1) manifiesta que el potasio (K) junto con el nitrógeno (N) son requeridos en cantidades grandes durante el desarrollo y la maduración del fruto. Según (INTAGRI, 2017) debido a su papel fundamental en la fotosíntesis, la

respiración y la activación de enzimas, el potasio tiene una influencia significativa tanto en el crecimiento como en la calidad de frutos.

#### *3.2.2.5. Acidez de la pulpa*

En base a los resultados de (Terán et al. 2015, p. 5), el valor promedio del pH fue de 5,983 en la cáscara y 6,985 en la pulpa; estos valores se encuentran similares a la interacción del tratamiento BEN con: N:204, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:72, K<sub>2</sub>O:447, Ca:145, Mg:47, S:20, Mn:1,61 y Fe:2,24, más 250 kg/ha de yeso agrícola con un valor de 6,33 pH (Gráfico 6-3) y de igual manera a los encontrados con la aplicación de 250 kg/ha de yeso agrícola con una media de 6,29 pH, teniendo en cuenta que son valores del pH de la pulpa y de acuerdo a los resultados de (Terán et al. 2015, p. 5), se puede ver que son ligeramente inferiores. En el caso de (Mostacero, 2018), se observa un rango de pH desde 5,9 hasta 6,5 rango que se asocia a los obtenidos en el presente trabajo.

Estudios adicionales referentes a las características químicas de la tuna (*Opuntia ficus indica*) tienen los siguientes parámetros (promedios): 14,58 °Brix y 6,32 de pH (Díaz, et al., 2006); 18,55 de sólidos solubles y 4,30 de pH (Rodríguez et al., 2007); 14,2° de sólidos solubles y 5,75 de pH (Sawaya et al., 1983); parámetros que se encuentran en cierto modo similares a los manejados en el presente trabajo.

Para las variables dureza de la corteza, diámetro polar, volumen de la pulpa, sólidos solubles y acidez, presentan diferencias significativas para la dosis de yeso agrícola, lo cual se ve su influencia en la calidad del fruto. De acuerdo con, (INTAGRI, 2014) el yeso agrícola (sulfato de calcio) es un excelente mejorador de las propiedades físicas y químicas del suelo. (Inglese, 1995; Singh, 2003) afirma que la adición de yeso ayuda a neutralizar el exceso de sales de la solución del suelo, y por lo mencionado por (FAO y ICARDA, 2018) el nopal reacciona muy bien a los abonos orgánicos y enmiendas, los cuales también mejoran la estructura del suelo, el contenido de nutrientes y la capacidad de almacenamiento de agua.

#### *3.2.3. Altura de la planta*

La comparación de la variación de altura de las plantas de tuna en los diferentes tratamientos respecto al tratamiento testigo refleja una condición de eficiencia en la aplicación BEN con: N:204, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:72, K<sub>2</sub>O:447, Ca:145, Mg:47, S:20, Mn:1,61 y Fe:2,24, un valor promedio de 22,06 cm, puesto que este tratamiento muestra una variación de altura promedio significativamente



mayor al tratamiento testigo que su valor fue de 18,22 cm (Gráfico 7-3). No obstante, estas diferencias no se observaron entre las dosis de yeso agrícola ni en la interacción de los dos factores. La altura de la planta se tomó desde la base del tallo hasta el cladodio más alto, del cual para el segundo valor se tenía presente nuevos brotes los cuales se desarrollaron formando ya cladodios o pencas.

Lo que concuerda con (Oña, 2018) en su trabajo sobre la evaluación de la adaptación de la tuna mediante la aplicación de diferentes dosis de abonos orgánicos, menciona que el incremento en altura sucede debido al apareamiento de brotes vegetativos en la planta debido al riego o al propio desarrollo fisiológico de la planta, los cuales se convierten en hojas nuevas o cladodios. Además Silva, 2012, citado en FAO & ICARDA (2018) afirman que el nopal tiene un alto potencial productivo, en cladodio y fruta, el cual lo alcanza cuando dispone de fertilización adecuada.

Según (Robers et al., 1988); (Beadle, 1988) y (Rodríguez, 2000) citado en (Ruiz et al., 2008) Generalmente, el crecimiento se determina mediante medidas directas (altura de la planta, diámetro del tallo, número de hojas, área foliar, materia seca) e indirectas como la tasa de asimilación neta, tasa de crecimiento del cultivo, tasa relativa de crecimiento, etc.

**Tabla 20-3:** Resumen resultado Análisis de Varianza entre tratamientos

<b>Parámetro</b>	<b>Parcela Grande Dosis de fertirriego</b>	<b>Sub-parcela Dosis de fondo</b>	<b>Fertirriego*Yeso agrícola</b>
Dureza de la corteza	ns	26,98 B3(*)	ns
Diámetro polar	ns	7,2 B1(*)	ns
Diámetro ecuatorial	ns	ns	ns
Peso de la corteza	ns	ns	ns
Volumen de la pulpa	ns	43,78 B2(+)	46,71 A1B2(+)
Sólidos solubles	ns	12,31 B2(*)	12,78 A1B2(*)
Acidez de la pulpa	ns	6,29 B2(**)	6,33 A1B2(**)
Altura planta	22,06 A1(*)	ns	ns
Rendimiento	1381,97 A3(*)	ns	ns

**p-valor:** >0,10= ns No Significativo

**p-valor:** >0,05 a <0,10 = +: Significativo

**p-valor:** >0,01 y <0,05= \*: Significativo

**p-valor:** <0,001 y <0,01= \*\*: Altamente significativo

**Realizado por:** Pilco, Henry, 2022.

En base a la evidencia encontrada, el efecto de los diferentes tratamientos de fertirriego en la tuna es un tema que no se ha analizado y por ende no existen reportes bibliográficos que permitan realizar una discusión objetiva de los resultados obtenidos, no obstante, se presentan los resultados más interesantes encontrados en el presente trabajo los cuales indican que la dosis de

fertirriego solamente tienen una repercusión directa sobre el rendimiento y altura de la planta. En el caso de la dosis de yeso agrícola se puede ver que esta influencia el diámetro polar del fruto y las propiedades físico-químicas de la fruta como la acidez (pH) y sólidos solubles. En el caso de la interacción de los dos factores se puede ver que se asocia más con el comportamiento de la dosis de fondo puesto que su influencia se produce específicamente en los parámetros que la dosis de fondo así lo hace.

## CONCLUSIONES

La mejor dosis de fertirriego se obtuvo mediante el análisis foliar de frutos de extracción de nutrientes siendo de N:204, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:72, K<sub>2</sub>O:447, Ca:145, Mg:47, S:20, Mn:1,61 y Fe:2,24 kg/ha (BEN).

En el rendimiento total del cultivo de Tuna el mejor resultado se logró con la dosis -50% BEN con la que se obtuvo un rendimiento de 1381,97 kg/ha (1,38 Tn/ha).

Para las variables volumen de pulpa, acidez de la pulpa y sólidos solubles los mejores resultados de obtuvieron con la dosis BEN más 250 kg/ha de yeso agrícola con medias de 46,71 ml, 6,33 pH y 12,78 °Brix respectivamente.

Para diámetro polar del fruto y dureza de la corteza influyo directamente la dosis de yeso agrícola con la dosis testigo con una media de 7,02 cm y la dosis de 500 kg/ha con una media de 27,69 N respectivamente.

En cuanto a las variables peso de la corteza y diámetro ecuatorial no se mostraron diferencias significativas.

Para la altura de la planta el mejor resultado se logró con la dosis BEN con la que se obtuvo una media de 22,06 cm.

## **RECOMENDACIONES**

Desde el punto de vista agronómico y económico se recomienda la utilización de la dosis BEN más 250 kg/ha de yeso agrícola, tratamiento T2 (A1B2) con el cual se obtuvo mayor calidad de fruto en cuanto a acidez y sólidos solubles y un beneficio costo (B/C) de 1,11, es decir que por cada dólar invertido se recupera \$ 0,11 dólares.

Realizar ensayos en el cual se utilice la dosis BEN + 250 kg/ha de la investigación para mejorar o confirmar la confiabilidad de los resultados obtenidos.

Realizar estudios para determinar el coeficiente de cultivo (Kc) en la Tuna (*Opuntia ficus-indica* L.).

## GLOSARIO

**Clima:** Es el estado medio de los elementos meteorológicos de una localidad considerando un período largo de tiempo (Marquez, 2021, p. 79).

**Coefficiente de cultivo:** Coeficiente que describe las variaciones en la cantidad de agua que las plantas extraen del suelo a medida que éstas se van desarrollando, desde la siembra hasta la recolección (Marquez, 2021, p. 80 a).

**Concentración:** Cantidad de un elemento por una unidad de volumen de agua. Suele expresarse en g/L o en mg/L (partes por millón, ppm) (Marquez, 2021, p. 80 b).

**Disolución:** Solución. Mezcla que resulta de disolver cualquier sustancia en un líquido. [-] acuosa: conjunto del agua solvente y de la materia disuelta, o soluto (Marquez, 2021, p. 81 a).

**Dureza del agua:** Suma de iones polivalentes tales como calcio, magnesio, aluminio, o hierro en solución. La dureza es expresada como carbonato de calcio equivalente en mg/L o ppm, y los valores son usados para clasificar el agua como blanda (0-20 mg/L), moderadamente blanda (20-40 mg/L), ligeramente dura (40-60 mg/L), moderadamente dura (60-80 mg/L), dura (80-120 mg/L) o muy dura (>120 mg/L) (Marquez, 2021, p. 81 b).

**Fertirriego:** Aplicación conjunta de agua y fertilizantes. Preferible a fertirrigación (Marquez, 2021, p. 84 a).

**Fertirrigación:** Aplicación de fertilizantes solubles (nutrientes vegetales) a través de un sistema de riego por goteo. La Fertirrigación está permitida en sistemas de producción orgánica certificada siempre que las fuentes de fertilizantes usadas sean permitidas por los estándares del Programa Nacional de Agricultura Orgánica (NOP) (Marquez, 2021, p. 84 b).

**Lámina:** [de riego] Espesor de la capa de agua con que una superficie de tierra, supuestamente a nivel, que daría cubierta por la aportación de un riego convencional (no localizado) (Marquez, 2021, p. 86).

**Nutrientes:** Elementos o compuestos químicos presentes en el suelo o aplicados por el hombre, que las plantas absorben disueltos en agua formando parte de su “alimentación” (Marquez, 2021, p. 89).

**Precipitados:** Acumulaciones de ciertos elementos o compuestos químicos que se forman en el líquido en el que se encuentran disueltos haciendo que tiendan a depositarse en tal líquido (Marquez, 2021, p. 90).

**Quelato:** Compuesto que protege metales polivalentes en dos o más sitios de intercambio catiónicos. El quelato es con frecuencia un componente que está en formulaciones listas para ser usadas en limpieza de riego por goteo (Marquez, 2021, p. 91).

## BIBLIOGRAFÍA

**AMAYA, J.** *Cultivo de tuna (Opuntia ficus indica). Gerencia Regional Agraria La Libertad* [en línea], 2009, (Perú) vol. 0, pp. 8-29. [Consulta: 23 julio 2021]. Disponible en: [http://www.agrolalibertad.gob.pe/sites/default/files/MANUAL\\_TECNICO\\_DE\\_TUNA.pdf](http://www.agrolalibertad.gob.pe/sites/default/files/MANUAL_TECNICO_DE_TUNA.pdf).

**ANDREAU, R. et al.** *Degradación física y química de dos suelos del cordón hortícola platense. alternativas de tratamiento. Ciencia del Suelo* [en línea], 2012, (Argentina), vol. 30, no. 2, pp. 107-117. [Consulta: 23 julio 2021]. Disponible en: [http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1850-20672012000200008](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1850-20672012000200008)

**ARCOS, F.** *Fertilización y nutrición vegetal. 2013*, (Riobamba-Ecuador), pp. 1-141. [Consulta: 23 julio 2021]. Disponible en: <https://es.scribd.com/doc/270696969/Nutrici3n-vegetal>

**BOJÓRQUEZ, F.** *Parámetros de agua de riego. Hortalizas.com* [en línea]. 2008 [Consulta: 16 agosto 2021]. Disponible en : <https://www.hortalizas.com/irrigacion/parametros-de-agua-de-riego/>.

**CALDERÓN, F.** *La Solución Nutritiva.* [en línea]. 2004. [Consulta: 23 julio 2021]. Disponible en: [http://www.drcalderonlabs.com/Hidroponicos/La\\_Solucion\\_Nutritiva.htm](http://www.drcalderonlabs.com/Hidroponicos/La_Solucion_Nutritiva.htm).

**CELI, A. y ALCÍVAR, J.** *Manejo del tamaño de fruto y la calidad de la tuna Opuntia ficus indica mediante regulación de carga frutal. Revistas de las agrociencias* [en línea], 2018, (Manabí, Ecuador), vol. 20, pp. 19-28. [Consulta: 23 marzo 2022]. Disponible en: <https://revistas.utm.edu.ec/index.php/latecnica/article/view/1152/1744>.

**CHAPARRO, L. et al.** *Evaluación de las características físicas del fruto de tuna española del municipio Moran del Estado Lara, Venezuela. Un enfoque multivariado. Revista Agrollanía* [en línea], 2012, vol. 10, pp. 1-11. [Consulta: 23 marzo 2022]. Disponible en: <http://www.postgradovipi.50webs.com/agrovol10.html>.

**DÍAZ, E. et al.** *Chemical characterization of Opuntia dillenii and Opuntia ficus indica fruits". Department of Analytical Chemistry* [en línea], 2006, vol. 103, pp. 38-45. [Consulta: 23 marzo 2022]. Disponible en: [https://www.academia.edu/26240588/Chemical\\_ficus\\_indica\\_fruits](https://www.academia.edu/26240588/Chemical_ficus_indica_fruits).

**EL PRODUCTOR.** *El yeso Agrícola en fertirrigación* [en línea]. 2017. [Consulta: 16 agosto 2021]. Disponible en: <https://elproductor.com/2017/09/el-yeso-agricola-en-fertirrigacion/>.

**ERAZO, A. et al.** *Caracterización socio productivo de la Opuntia ficus indica ( Tuna ) en las comunidades del cantón Guano* [en línea], 2021, vol. 11, no. 1, pp. 155-165. [Consulta: 13 julio 2021]. Disponible en: <https://drive.google.com/file/d/1YE0KuTu9d5SXR7cRpbs5gjtWE/view>.

**ESPINO, E. et al.** *Morfofisiología de Tuna (Opuntia ficus-indica Mill.). Ingeniería* [en línea] (trabajo de titulación). Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, Perú. 2012, pp. 1-37. [Consulta: 13 julio 2021]. Disponible en: <http://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/2853/TUNAFINAL.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

**FAO.** *Ecología del cultivo, manejo y usos del nopal* [en línea]. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura & Science for resilient livelihoods in dry areas, 2018, Roma: s.n. [Consulta: 13 julio 2021]. Disponible en: <http://www.fao.org/3/i7628es/I7628ES.pdf>.

**FAVELLA, E. et al.** *Manual de preparacion de soluciones nutritivas* [en línea]. 2006, (Torreón, Coahuila). [Consulta: 13 julio 2021]. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/293175545%0AMANUAL>.

**FISCHER, G. y ALMANZA, P.** *Manual para el cultivo de frutales en el trópico* [en línea], 2012, (Colombia), pp. 1-17. [Consulta: 13 julio 2021]. Disponible en: <https://www.researchgate.net/profile/Gerhard-Fischer-aec89db7a2ca5f/Introduccion-Manual-para-el-cultivo-de-frutales-en-el-tropico.pdf>.

**GALLEGOS, J.** *Proyecto de factibilidad para la comercialización y exportación de Tuna al mercado de Francia, en el periodo del 2011-2020* [en línea] (trabajo de titulación). Universidad Tecnológica Equinoccial. Quito, Ecuador. pp. 6-7. [Consulta: 13 julio 2021]. Disponible en: <http://repositorio.ute.edu.ec/handle/123456789/6773>.

**GUEVARA, J. y PIZZI, D.** *Producción de frutos: situación mundial y factibilidad económica en mendoza Argentina* [en línea], 1998, no. 5505, pp. 81-89. [Consulta: 23 marzo 2022]. Disponible en: [https://bdigital.uncu.edu.ar/objetos\\_digitales/11683/8-cactus-opuntia-spp-juan-c.-guevara.pdf](https://bdigital.uncu.edu.ar/objetos_digitales/11683/8-cactus-opuntia-spp-juan-c.-guevara.pdf).

**HERNANDEZ, L.** *Plagas y enfermedades del nopal en México. Universidad Autonoma Chapingo* [en línea], 1993, (México), pp. 7-24. [Consulta: 16 agosto 2021]. Disponible en: <http://repositorio.chapingo.edu.mx:8080/handle/20.500.12098/239>.

**HERNÁNDEZ, P.** *Manejo de la Fertirrigación en cactáceas* [en línea]. 2004, pp. 1-61. [Consulta: 16 agosto 2021]. Disponible en: [https://ciqa.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1025/476/1/Pablo Gerardo Hernandez Diaz.pdf](https://ciqa.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1025/476/1/Pablo_Gerardo_Hernandez_Diaz.pdf).

**INFOAGRO.** *Fertirrigación* [blog], 2021 pp. 1-2. [Consulta: 16 agosto 2021]. Disponible en: <http://www.infoagro.go.cr/InfoRegiones/Publicaciones/fertirrigacion.pdf>.

**INFOAGRONOMO.** *Guía técnica del uso de yeso agrícola* [en línea]. 2022. [Consulta: 23 marzo 2022]. Disponible en: <https://infoagronomo.net/guia-tecnica-uso-yeso-agricola/>.

**INTAGRI.** *Manual de Uso del yeso agrícola como Mejorador de Suelos* [en línea]. 2014, pp. 7-10. [Consulta: 23 marzo 2022]. Disponible en: <https://www.intagri.com/articulos/suelos/manual-de-uso-del-yeso-agricola>.

**INTAGRI.** *Las Funciones del Potasio en la Nutrición Vegetal. Serie Nutricion Mineral*, [en línea]. 2017, vol. 100, no. articulos tecnicos de INTAGRI, pp. 4. [Consulta: 23 marzo 2022]. Disponible en: <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/las-funciones-del-potasio-en-la-nutricion-vegetal>

**LAMIÑA, E.** *Evaluación de la eficacia de cuatro soluciones nutritivas de fertirriego para incrementar el rendimiento en cuatro cultivares de tomate riñón (Lycopersicum esculentum Mill), bajo invernadero* [en línea] (Trabajo de titulación). Escuela Superior Politécnica de Chimboraz, Riobamba, Ecuador. 2013. pp. 1-121. [Consulta: 16 agosto 2021]. Disponible en: [http://dspace.espace.edu.ec/bitstream/123456789/2798/1/13T0765 LAMIÑA EDISON.pdf](http://dspace.espace.edu.ec/bitstream/123456789/2798/1/13T0765_LAMIÑA_EDISON.pdf).

**LAPPORTO, A** *Sulfato De Calcio En La Agricultura* [en línea]. 2016, no. 5, pp. 1-6. [Consulta: 23 marzo 2022]. Disponible en: [https://connectamericas.com/sites/default/files/company\\_files/CATALOGO YESO VZLA - AGRICULTURA.pdf](https://connectamericas.com/sites/default/files/company_files/CATALOGO_YESO_VZLA_-_AGRICULTURA.pdf).



**MAGGI, E.** *La tuna genera recursos a 600 campesinos de Guano.* *Diario El Telégrafo* [en línea]. 2017. [Consulta: 12 julio 2021]. Disponible en: <https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/regional/1/la-tuna-genera-recursos-a-600-campesinos-de-guano>.

**MARQUEZ, K. et al.** *Glosario de Términos Agronómicos.* [en línea]. 2021, pp. 1-129. [Consulta: 25 agosto 2021]. Disponible en: <https://www.unheval.edu.pe/portal/wp-content/uploads/2021/03/Libro-GLOSARIO-DE-TERMINOS-AGRONOMICOS.pdf>.

**MONROY, T. et al.** *Evaluación de algunas características físicas y químicas de frutos de xocotuna, tuna y xoconostle en poscosecha.* *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* [en línea], 2017, vol. 8, no. 1, pp. 189-197. [Consulta: 23 marzo 2022]. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v8n1/2007-0934-remexca-8-01-189.pdf>.

**MOSTACERO, B.** *Evaluación de la madurez y características Físico-Químicas y sensoriales en poscosecha de tuna (Opuntia ficus-indica) variedad amarilla almacenada en refrigeración* [en línea]. 2018, S.l.: Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann - TACNA. [Consulta: 23 marzo 2022]. Disponible en: <http://repositorio.unjbg.edu.pe/handle/UNJBG/3248>.

**MUÑOZ A, V. et al.** *Frutales de bajo requerimiento hídrico : higuera y tuna.* *La Serena: Boletín INIA - Instituto de Investigaciones Agropecuarias* [en línea], 2017, pp. 41-56. [Consulta: 16 agosto 2021]. Disponible en: <https://biblioteca.inia.cl/handle/20.500.14001/6623>.

**NEIRA, M.** *Dureza En Aguas De Consumo Humano Y Uso Industrial , Impactos Y Medidas De Mitigación" . Estudio De Caso.* [en línea], 2006, (Chile), pp. 1-95. [Consulta: 12 julio 2021]. Disponible en: [http://repositorio.uchile.cl/tesis/uchile/2006/neira\\_m/sources/neira\\_m.pdf](http://repositorio.uchile.cl/tesis/uchile/2006/neira_m/sources/neira_m.pdf).

**OCHOA, C. y GUERRERO, J.** *Efecto del almacenamiento a diferentes temperaturas sobre la calidad de tuna roja (Opuntia ficus indica (L.) Miller).* *Informacion Tecnologica* [en línea], 2012, (México), vol. 23, no. 1, pp. 117-128. [Consulta: 23 marzo 2022]. Disponible en: <https://www.scielo.cl/pdf/infotec/v23n1/art13.pdf>.

**OÑA, C.** *Evaluación de la adaptación de la tuna (opuntia ficus indica l. mill.) aplicando abono orgánico (cuyasa) en 4 diferentes dosis, como alternativa para la recuperación de suelos erosionados en el ceasa, parroquia eloy alfaro, cantón latacunga, provincia de cotopaxi* [en línea] (Trabajo de titulación). Universidad Técnica de Cotopaxi, Latacunga, Ecuador. 2018. vol.

1, pp. 37. [Consulta: 12 julio 2021]. Disponible en: <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/4501/1/PI-000727.pdf>.

**PAUCARA, C.** *Caracterización física y química de la tuna (Opuntia ficus indica) en el municipio de Luribay Provincia Loayza del Departamento de la Paz* [en línea] (Trabajo de titulación). Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, Bolivia. 2017. pp. 112. [Consulta: 23 marzo 2022]. Disponible en: <https://repositorio.umsa.boT2427.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

**PEÑA, E. y MONTIEL, M.** *Manual práctico de ertirriego* [en línea]. 1998, (México) [Consulta: 16 agosto 2021]. Disponible en: <http://repositorio.imta.mx/handle/20.500.113/1585>.

**REYES, M. y LAVIN, A.** *Tuna (Apuntia ficus indica Mill.)* [en línea]. 2004, (Chile) s.n. [Consulta: 16 agosto 2021]. Disponible en: <https://biblioteca.inia.cl/biquence=1&isAllowed=y>.

**RÍOS, J. y QUINTANA, V.** *Manejo general del cultivo del nopal. Colegio de Postgraduados. Secretaría de la Reforma Agraria* [en línea], 2004, (México). pp. 1-81. [Consulta: 16 agosto 2021]. Disponible en: [http://www.elquiglm/datos/Manejo\\_general\\_cultivo\\_Nopal.pdf](http://www.elquiglm/datos/Manejo_general_cultivo_Nopal.pdf).

**RODRÍGUEZ, M., et al.** *Physicochemical Characterization of Nopal Pads (Opuntia ficus indica) and Dry Vacuum Nopal Powders as a Function of the Maturation*. Plant Foods for Human Nutrition [en línea]. 2007, (México), vol. 62, pp. 107-112. [Consulta: 16 agosto 2021]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/public\\_Function\\_of\\_the\\_Maturation](https://www.researchgate.net/public_Function_of_the_Maturation).

**RUIZ, F. et al.** *Rendimiento y Crecimiento de Nopalitos de Cultivares de Nopal". Journal of The Professional Association for Cactus Development* [en línea], 2008, (México) vol. 10, pp. 22-35. [Consulta: 12 julio 2021]. Disponible en: [https://www.academia.edu/24719550/Rendimiento\\_y\\_Crecimiento\\_de\\_Nopalitos\\_de\\_Cultivares\\_de\\_Nopal\\_Opuntia\\_ficus\\_indica\\_bajo\\_Diferentes\\_Densidades\\_de\\_Plantación\\_Yield\\_and\\_Growth\\_of\\_Green\\_Cladodes\\_of\\_Prickly\\_Pear\\_Opuntia\\_ficus\\_indica\\_Cultivars\\_under\\_Different](https://www.academia.edu/24719550/Rendimiento_y_Crecimiento_de_Nopalitos_de_Cultivares_de_Nopal_Opuntia_ficus_indica_bajo_Diferentes_Densidades_de_Plantación_Yield_and_Growth_of_Green_Cladodes_of_Prickly_Pear_Opuntia_ficus_indica_Cultivars_under_Different).

**SÁENZ, C. et al.** *Utilización agroindustrial del nopal". Boletín de servicios agrícolas de la FAO* [en línea], 2006, (México), pp. 1-168. [Consulta: 12 julio 2021]. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/009/a0534s/a0534s00.HTM>.

**SANTOS, C.** *Cálculo de soluciones nutritivas. En suelo y sin suelo* [en línea], 2016, (Tenerife): s.n. [Consulta: 12 julio 2021]. Disponible en: <http://www.agrocabildo.org/publica/Public.pdf>.

**SAWAYA, W., et al.** *Chemical characterization of prickly pear pulp, Opuntia ficus-indica, and the manufacturing of prickly pear jam. International Journal of Food Science & Technology* [en línea], 1983, vol. 18, pp. 183-193. [Consulta: 23 marzo 2022]. Disponible en: <https://ifst.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-2621.1983.tb00259.x>.


**TERÁN, Y., et al.** *Análisis de las características Físico-Químicas del fruto de Opuntia ficus-indica (L.) Miller, cosechados en Lara, Venezuela. Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha* [en línea], 2015, (Venezuela) vol. 16, no. 1, pp. 69-74. [Consulta: 23 marzo 2022]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/813/81339864010.pdf>.

**VARELA, Y., et al.** *El riego en nopal influye en el almacenamiento y acondicionamiento de la tuna". Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* [en línea], 2014, (México) 5 (8), pp. 1377-1390. [Consulta: 23 marzo 2022]. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v5n8/v5n8a4.pdf>.

**VÁZQUEZ, R., et al.** *Producción y Aprovechamiento del nopal en el Noreste de México. Paper Knowledge . Toward a Media History of Documents* [en línea], 2008, pp. 1-18. [Consulta: 12 julio 2021]. Disponible en: <https://docplayer.es/47707092-Vii-simposium-taller-produccion-y-aprovechamiento-del-nopal-en-el-noreste-de-mexico-establecimiento-y-manejo-del-nopalito-para-verdura.html>.

**VILLAGOMEZ, M.** *Cultive tunas y tendrá buenos ingresos.* Insituto Nacional de Investigación Agraria [en línea], 2000, Lima, Perú, pp. 1-18. [Consulta: 12 julio 2021]. Disponible en: [http://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/20.500.12955/1000/1/Villagomez-Cultive\\_tunas\\_y\\_tendrá\\_buenos\\_ingresos.pdf](http://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/20.500.12955/1000/1/Villagomez-Cultive_tunas_y_tendrá_buenos_ingresos.pdf).

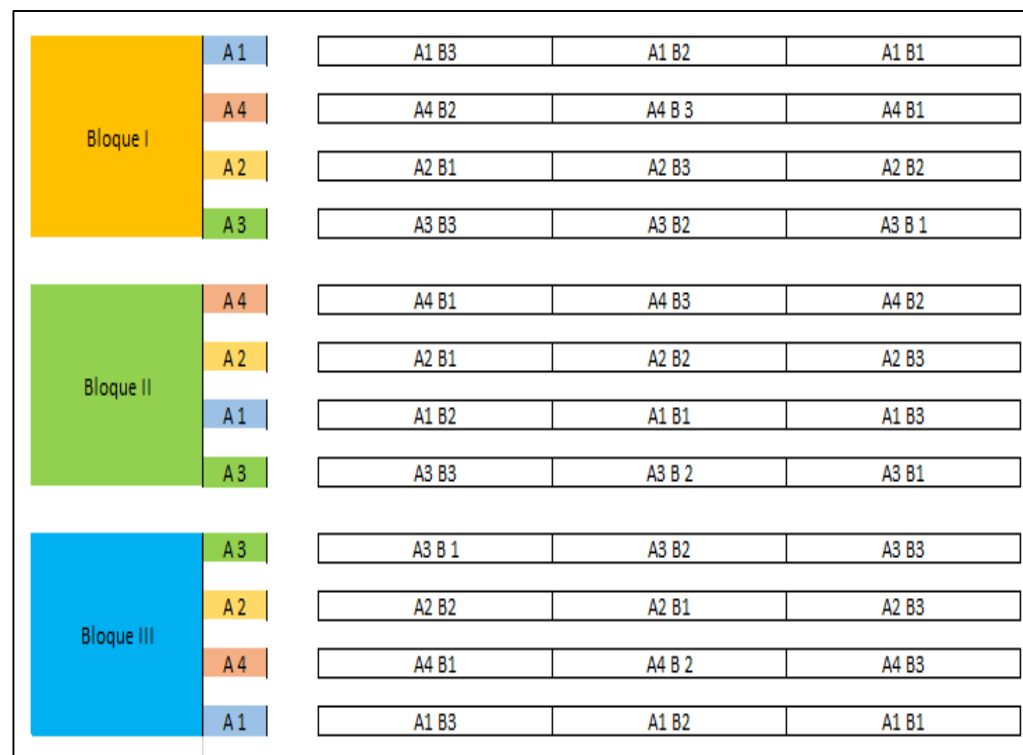
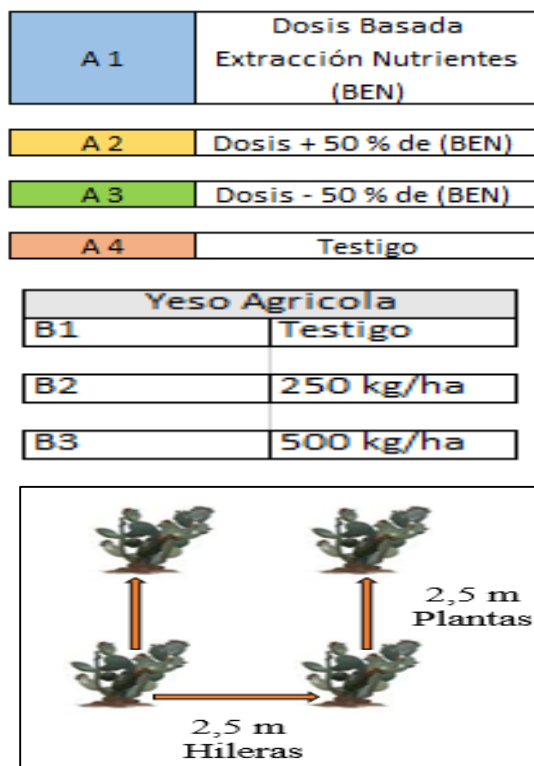
**YARA.** *Incrementar el tamaño y peso de los frutos en frutales de hueso. Nutrición vegetal - Frutales de hueso* [blog]. 2022, [Consulta: 23 marzo 2022]. Disponible en: <https://www.yara.com.mx/nutricion-vegetal/frutales-de-hueso/incrementar-el-tamano-y-peso-de-los-frutos-en-frutales-de-hueso/>.

  
D.B.R.A.I.  
Ing. Cristian Castillo



# ANEXOS

## ANEXO A: DISTRIBUCIÓN DE LAS UNIDADES EXPERIMENTALES.



## ANEXO B: ANÁLISIS DE AGUA.



Agrarprojekt S.A.  
 Urb. El Condado, Calle V #941 y Av. A, Quito  
 Tel: 02-2490575/02-2492148/0984-034148  
 agrarprojekt@cablemodem.com.ec  
 info@agrarprojekt.com  
 www.agrarprojekt.com

### RESULTADOS

Código Agrarprojekt:

ECI-021220

Pág 2/2

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA	
Tipo de Muestra:	Agua de Riego
Número de Muestra:	# 1
Información Proporcionada por el Cliente:	Estación Experimental Tunshi-Espoch, Licto, Riobamba

Contenido de macro- y microelementos en mg / l (equivalente a ppm)

Análisis	Unidades	*Recomendación: Agua de Riego para Cultivos Agrícolas Intensivos	Resultado
pH	-	5.4 - 8.8	8.2
Conductividad (CE)	mS/cm	< 1.0 (ideal: < 0.5)	0.33
Dureza Total	-	-	-
Clasificación	-	-	agua blanda
Grado Dureza °d	°d	-	5.9
Dureza en mmol/l	mmol/l	-	1.1
Dureza equivalente CaCO3 en ppm	mg/l	< 275	106
(RAS)	-	< 6 (ideal: < 3)	0.93
Nitrato (NO3)	mg/l	< 30	2.7
Fosfato (PO4)	mg/l	< 15	1.4
Sulfato (SO4)	mg/l	< 72	31.3
Cloruro (Cl <sup>-</sup> )	mg/l	< 106 (ideal: < 53)	10.8
Bicarbonato (HCO3)	mg/l	< 183	141
∑ Aniones	meq/l	-	3.36
Amonio (NH4)	mg/l	< 4.5	0.52
Potasio (K)	mg/l	< 20	5.3
Magnesio (Mg)	mg/l	< 30	13.2
Calcio (Ca)	mg/l	< 60	20.6
Sodio (Na)	mg/l	< 70 (ideal: < 35)	22.0
∑ Cationes	meq/l	-	3.23
Hierro (Fe)	mg/l	< 1.5	0.654
Manganeso (Mn)	mg/l	< 0.5	0.043
Cobre (Cu)	mg/l	< 0.1	0.074
Zinc (Zn)	mg/l	< 0.3	0.054
Boro (B)	mg/l	< 0.3	0.116

\* Fuente: D. W. Reed. Water, Media y Nutrición. Bell Publishing, 311 pp.

- = No Aplica

Nota: - Los datos y resultados están basados en la información y muestras entregadas por el cliente para quien se ha realizado este informe de manera exclusiva y confidencial.  
 - La fecha de ensayo y los métodos utilizados están a disposición del cliente cuando lo requiera.  
 - El Laboratorio no realizó el muestreo por lo tanto no certifica el origen de las muestras.  
 - Prohibida la reproducción total o parcial de Los resultados. No procede copia.

Agrarprojekt S.A.  
 Dr. Karl Sponagel  
 Director del Laboratorio

## ANEXO C: ANÁLISIS DEL SUELO.



Trabajamos bajo la Norma ISO 17025

Agrarprojekt S.A.  
 Urb. El Condado, Calle V #941 y Av. A, Quito  
 Tel: 02-2490375/02-2492148/0984-034148  
 info@agrارprojekt.com  
 www.agrarprojekt.com

### RESULTADOS

Código Agrarprojekt: EPC-181220

Pág 2/2

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA		
Información Adicional:	Hda. Estación Experimental Tunshi (ESPOCH), Fecha de Muestreo: 17/12/2020	
Tipo de Muestra:	Suelo	
Cultivo:	Tuna (Opuntia ficus-indica)	
Número de Muestra:	# 1	# 2
Información Proporcionada por el Cliente:	N° I	N° II

Contenido de macro- y micronutrientes en mg / litro (respectivamente ppm) en la solución del extracto Volumen 1:2

Análisis	Unidades	*Niveles recomendados para "Cultivos Frutícolas Intensivos con Sistema de Fertirrigación"			Resultado	Resultado
		Mín.	Ópt.	Máx.		
pH (en H <sub>2</sub> O)	-	-	5.8 - 6.7	-	7.2	7.6
Conductividad (CE)	mS/cm	0.3	0.5	0.8	0.27	0.21
Nitrato (NO <sub>3</sub> )	ppm	48	92	184	48.6	50.0
Amonio (NH <sub>4</sub> )	ppm	-	-	< 1.8	0.7	0.5
Fosfato (PO <sub>4</sub> )	ppm	4	6	10	1.3	1.2
Potasio (K)	ppm	18	25	40	8.7	6.0
Magnesio (Mg)	ppm	8	12	20	8.4	7.1
Calcio (Ca)	ppm	20	40	80	18.7	15.6
Sulfato (SO <sub>4</sub> )	ppm	35	70	140	14.6	15.0
Sodio (Na)	ppm	-	-	< 92	23.0	13.0
Cloruro (Cl <sup>-</sup> )	ppm	-	-	< 142	18.9	6.9
Hierro (Fe)	ppm	0.280	0.447	0.559	0.714	0.577
Manganeso (Mn)	ppm	0.055	0.110	0.165	0.030	0.037
Cobre (Cu)	ppm	0.013	0.045	0.057	0.032	0.033
Zinc (Zn)	ppm	0.098	0.131	0.164	0.041	0.034
Boro (B)	ppm	0.108	0.162	0.270	0.164	0.169

\* Fuente: C. Sonneveld & W. Voogt. 2009. Plant nutrition of greenhouse crops. Heidelberg, London & New York. 431 pp.

-- No Aplica

- Nota:**
- Los datos y resultados están basados en la información y muestras entregadas por el cliente para quien se ha realizado este informe de manera exclusiva y confidencial.
  - La fecha de ensayo y los métodos utilizados están a disposición del cliente cuando lo requiera.
  - El Laboratorio no realizó el muestreo por lo tanto no certifica el origen de las muestras.
  - Prohíbe la reproducción total o parcial de Los resultados. No procede copia.

Agrarprojekt S.A.  
 Dr. Karl Sponagel  
 Director del Laboratorio

## ANEXO D: ANÁLISIS FOLIAR DE FRUTOS DE TUNA.



Trabajamos bajo la Norma ISO 17025

Agrarprojekt S.A.  
 Urb. El Condado, Calle V #941 y Av. A, Quito  
 Tel: 02-2490575/02-2492148/0984-034148  
 info@agrarprojekt.com  
 www.agrarprojekt.com

### RESULTADOS

Código Agrarprojekt: EPC-181220

Pág 2/2

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA			
Información Adicional:	Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Recursos Naturales, Escuela de Ingeniería Agronómica		
Tipo de Muestra:	Frutos maduros (material molido)		
Cultivo:	Tuna (Opuntia ficus-indica)		
Número de Muestra:	# 1	# 2	# 3
Información Proporcionada por el Cliente:	M2, Fecha de Muestreo: 09/10/2020	M3, Fecha de Muestreo: 16/10/2020	M4, Fecha de Muestreo: 23/10/2020

Contenido de macro- y microelementos en Materia Seca (macroelementos en %, microelementos en ppm equivalente a mg/kg)

Análisis	Unidades	*Valores de Orientación: Rangos de valores considerados como "Normal" para <i>Pennisetum</i> de un cultivo de Cactáceas (Pitahaya)	Resultado	Resultado	Resultado
Nitrógeno Total (N)	%	0.60 – 1.50	1.30	1.36	0.87
Fósforo (P)	%	0.15 – 0.27	0.18	0.18	0.18
Potasio (K)	%	2.60 – 4.30	2.13	2.32	1.98
Magnesio (Mg)	%	0.75 – 1.00	0.25	0.32	0.27
Calcio (Ca)	%	2.20 – 3.50	0.79	0.90	0.79
Azufre (S)	%	0.09 - 0.17	0.10	0.10	0.11
Sodio (Na)	%	0.02 – 0.20	0.02	0.01	0.01
Hierro (Fe)	ppm	50 – 120	140	103	143
Manganeso (Mn)	ppm	20 – 80	111	102	100
Cobre (Cu)	ppm	2 – 4	6.0	9.2	4.6
Zinc (Zn)	ppm	12 – 44	20.4	23.6	19.3
Boro (B)	ppm	15 – 40	26.8	28.0	28.8

\* Fuentes: varios, entre otros: 1. Resultados Análisis Ecuador Pitahaya Roja Agrarprojekt 2015-2020, 2. Laboratorio AGQ USA y Mexico

- = No Aplica

Nota: - Los datos y resultados están basados en la información y muestras entregadas por el cliente para quien se ha realizado este informe de manera exclusiva y confidencial.

- La fecha de ensayo y los métodos utilizados están a disposición del cliente cuando lo requiera.

- El Laboratorio no realizó el muestreo por lo tanto no certifica el origen de las muestras.

- Prohibida la reproducción total o parcial de los resultados. No procede copia.

Agrarprojekt S.A.  
 Dr. Karl Sponagel  
 Director del Laboratorio

**ANEXO E: RENDIMIENTO DE LA COSECHA EN KG/HA.**

<b>Rendimiento de la cosecha en kg/ha</b>				
<b>Dosis Fertirriego</b>	<b>Yeso Agrícola (kg/ha)</b>	<b>Repeticiones</b>		
		<b>R I</b>	<b>R II</b>	<b>R III</b>
BEN	Testigo	967,46	2065,18	344,10
BEN	250 kg	879,40	1079,47	1634,51
BEN	500 kg	1229,92	934,58	1031,35
+50% BEN	Testigo	1376,14	931,94	1160,94
+50% BEN	250 kg	839,74	1639,66	1190,40
+50% BEN	500 kg	619,00	930,29	820,96
-50% BEN	Testigo	1287,54	943,04	1780,94
-50% BEN	250 kg	1061,70	1476,70	1368,86
-50% BEN	500 kg	2143,96	1468,67	906,27
Testigo	Testigo	292,93	1317,03	1270,81
Testigo	250 kg	1737,54	772,27	1455,39
Testigo	500 kg	860,24	1642,85	774,76



**ANEXO F. DUREZA DE LA CORTEZA.**

<b>Dureza de la corteza</b>				
<b>Dosis Fertirriego</b>	<b>Yeso Agrícola (kg/ha)</b>	<b>Repeticiones</b>		
		<b>R I</b>	<b>R II</b>	<b>R III</b>
BEN	Testigo	28,12	27,77	27,20
BEN	250 kg	28,15	26,70	25,96
BEN	500 kg	27,20	26,86	28,14
+50% BEN	Testigo	25,32	28,24	25,94
+50% BEN	250 kg	26,98	25,41	26,72
+50% BEN	500 kg	26,22	26,52	30,01
-50% BEN	Testigo	24,35	27,53	27,79
-50% BEN	250 kg	24,34	25,80	26,18
-50% BEN	500 kg	25,98	26,53	27,32
Testigo	Testigo	28,59	26,36	26,10
Testigo	250 kg	24,45	27,64	26,72
Testigo	500 kg	25,48	26,04	28,05

**ANEXO G: DIÁMETRO POLAR DEL FRUTO.**

<b>Diámetro polar del fruto</b>				
<b>Dosis Fertirriego</b>	<b>Yeso Agrícola (kg/ha)</b>	<b>Repeticiones</b>		
		<b>R I</b>	<b>R II</b>	<b>R III</b>
BEN	Testigo	7,10	6,31	7,81
BEN	250 kg	6,86	7,17	6,89
BEN	500 kg	6,94	6,75	6,23
+50% BEN	Testigo	6,63	6,70	7,26
+50% BEN	250 kg	6,95	6,67	7,10
+50% BEN	500 kg	7,42	6,59	6,08
-50% BEN	Testigo	6,94	7,95	6,45
-50% BEN	250 kg	6,95	7,48	7,10
-50% BEN	500 kg	6,72	7,23	7,04
Testigo	Testigo	6,46	7,50	6,76
Testigo	250 kg	6,88	6,74	7,19
Testigo	500 kg	6,65	6,87	6,43

**ANEXO H: PESO DE LA CORTEZA DEL FRUTO.**

<b>Peso de la corteza del fruto</b>				
<b>Dosis Fertirriego</b>	<b>Yeso Agrícola (kg/ha)</b>	<b>Repeticiones</b>		
		<b>R I</b>	<b>R II</b>	<b>R III</b>
BEN	Testigo	50,40	38,17	62,72
BEN	250 kg	53,55	50,85	52,26
BEN	500 kg	60,84	47,83	42,35
+50% BEN	Testigo	51,58	45,60	58,06
+50% BEN	250 kg	60,07	46,95	55,60
+50% BEN	500 kg	50,15	48,77	36,86
-50% BEN	Testigo	47,58	63,36	45,80
-50% BEN	250 kg	50,49	53,41	51,14
-50% BEN	500 kg	52,17	52,54	44,82
Testigo	Testigo	39,43	55,31	45,27
Testigo	250 kg	48,00	47,57	53,81
Testigo	500 kg	49,09	50,02	45,57

**ANEXO I: VOLUMEN DE LA PULPA.**

<b>Volumen de la pulpa</b>				
<b>Dosis Fertirriego</b>	<b>Yeso Agrícola (kg/ha)</b>	<b>Repeticiones</b>		
		<b>R I</b>	<b>R II</b>	<b>R III</b>
BEN	Testigo	36,30	32,58	46,65
BEN	250 kg	39,30	52,50	41,41
BEN	500 kg	46,23	38,77	31,33
+50% BEN	Testigo	36,35	39,46	49,09
+50% BEN	250 kg	50,80	37,95	46,38
+50% BEN	500 kg	46,40	35,05	33,60
-50% BEN	Testigo	41,95	57,30	48,00
-50% BEN	250 kg	42,45	41,31	40,45
-50% BEN	500 kg	49,75	50,09	32,27
Testigo	Testigo	36,14	45,00	40,31
Testigo	250 kg	46,50	44,67	45,40
Testigo	500 kg	38,75	42,60	36,11

**ANEXO J: SÓLIDOS SOLUBLES.**

<b>Sólidos solubles (°Brix)</b>				
<b>Dosis Fertirriego</b>	<b>Yeso Agrícola (kg/ha)</b>	<b>Repeticiones</b>		
		<b>R I</b>	<b>R II</b>	<b>R III</b>
BEN	Testigo	12,68	11,81	11,49
BEN	250 kg	12,69	12,98	12,85
BEN	500 kg	12,36	11,59	10,80
+50% BEN	Testigo	11,59	12,71	12,13
+50% BEN	250 kg	12,56	11,68	12,55
+50% BEN	500 kg	12,96	11,51	11,58
-50% BEN	Testigo	12,22	11,95	10,98
-50% BEN	250 kg	12,60	11,99	11,49
-50% BEN	500 kg	13,05	12,35	11,83
Testigo	Testigo	11,61	11,64	11,22
Testigo	250 kg	12,17	12,55	12,32
Testigo	500 kg	13,16	11,42	11,24

**ANEXO K: ACIDEZ DE LA PULPA.**

<b>Acidez de la pulpa (pH)</b>				
<b>Dosis Fertirriego</b>	<b>Yeso Agrícola (kg/ha)</b>	<b>Repeticiones</b>		
		<b>R I</b>	<b>R II</b>	<b>R III</b>
BEN	Testigo	5,58	5,04	5,98
BEN	250 kg	6,27	6,38	6,41
BEN	500 kg	5,82	5,91	5,48
+50% BEN	Testigo	5,73	6,33	6,51
+50% BEN	250 kg	6,29	6,38	6,17
+50% BEN	500 kg	6,06	6,01	5,92
-50% BEN	Testigo	6,15	6,60	6,02
-50% BEN	250 kg	6,45	6,26	5,89
-50% BEN	500 kg	6,35	6,18	5,67
Testigo	Testigo	5,80	5,77	5,49
Testigo	250 kg	6,37	6,32	6,31
Testigo	500 kg	6,24	5,96	6,10

**ANEXO L: ALTURA DE LA PLANTA.**

<b>Altura Planta</b>				
<b>Dosis Fertirriego</b>	<b>Yeso Agrícola (kg/ha)</b>	<b>Repeticiones</b>		
		<b>R I</b>	<b>R II</b>	<b>R III</b>
BEN	Testigo	24,16	19,72	22,66
BEN	250 kg	22,50	19,14	22,30
BEN	500 kg	21,10	21,70	25,30
+50% BEN	Testigo	18,36	20,56	18,90
+50% BEN	250 kg	18,90	21,16	19,32
+50% BEN	500 kg	21,86	20,00	21,34
-50% BEN	Testigo	17,06	20,92	20,40
-50% BEN	250 kg	20,56	18,54	14,80
-50% BEN	500 kg	24,42	20,74	22,82
Testigo	Testigo	21,64	15,60	18,80
Testigo	250 kg	19,86	22,32	19,74
Testigo	500 kg	12,82	19,60	13,64

**ANEXO M: REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES PARA LOS TRATAMIENTOS.**

NUTRIENTES	INICIO					DESARROLLO					COSECHA					kg/ha		
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	Total T1 (BEN)	T2 (+50% BEN)	T3 (-50% BEN)					
N	20	24	31	37	41	31	20				204	306,00	102,00					
P2O5	11	11	11	11	7	7	7	7			72	108,00	36,00					
K2O	22	45	45	67	67	67	67	67			447	670,50	223,50					
Ca	7	14	14	22	22	22	22	22			145	217,50	72,50					
Mg	2	5	5	7	7	7	7	7			47	70,50	23,50					
S	1	2	2	3	3	3	3	3			20	30,00	10,00					
Fe	0,32	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3				2,24	3,36	1,12					
Mn	0,23	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2				1,61	2,42	0,81					



**ANEXO N: CANTIDAD DE FERTILIZANTES PARA CULTIVO DE TUNA EN KG/HA.**

NUTRIENTES	INICIO			DESARROLLO			COSECHA						Total
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100			
<b>NO3NH4</b>	29	2,9	23,5	2,9	4,6	0	4,9	0	0	0	67,8		
<b>NO3K</b>	32,6	86	86	136,4	140,9	140,9	140,9	0	0	0	763,7		
<b>NO3Ca</b>	36,8	76	76	118,3	118,3	118,3	118,3	118,3	0	0	780,3		
<b>SO4Mg</b>	11	23	32	32	32	32	32	32	0	0	226		
<b>KH3PO4</b>	21	21	21	21	13,5	13,5	13,5	13,5	0	0	138		
<b>EDTA Fe</b>	2	2	2	2	2	2	2	0	0	0	14		
<b>EDTA Mn</b>	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	0	0	0	8,4		
<b>Total Kg/ha</b>	133,6	212,1	241,7	313,8	312,5	307,9	312,8	163,8	0	0	1998,2		

ANEXO Ñ: COSTOS DE PRODUCCIÓN TRATAMIENTO 1 (A1B2).

RUBRO	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
<b>Materiales para la instalación de los bloques</b>				
<b>Riego y Fertirriego</b>				
Tubos de 40 mm	unidad	8	6,5	52
Tapón 40 mm	mm	1	0,52	0,52
Tee 40 mm	mm	3	1,42	4,26
Codo 40 mm	mm	2	0,5	1
Llave de paso 40 mm	mm	2	4,25	8,5
Llave de paso 16 mm	mm	12	0,8	9,6
Venturi 3/4	mm	1	30	30
Acoplador de tanque 3/4	mm	3	2,8	8,4
Unión de 3/4 a 1/2	mm	3	0,5	1,5
Flex de 1/2	mm	1	0,3	0,3
Manguera 1/2	m	2	0,48	0,96
Llave de paso de 3/4	mm	3	2,1	6,3
Bidon 200 L	Litros	3	22	66
Polipega	unidad	1	5,5	5,5
<b>Otros Materiales</b>				
Fundas de papel x100	Paquete	4	0,6	2,4
fundas de plastico 4x6 (x100)	Paquete	2	0,25	0,5
Guantes de cuero	unidad	2	2,5	5
Fundas ciploc (x15)	Paquete	2	1,75	3,5
Tiras de madera (x20)	Atado	1	8	8
Triplex	unidad	1	6	6
Instalación Sistema riego y ferirriego	Jornal	2	12	24
Caldo Bordeles	kilos	1	2,6	2,6
Gasolina	Galón	6,34	1,75	11,10
Yeso Agrícola	kilos	250	0,18	45,00
<b>SUBTOTAL</b>				<b>302,935</b>
<b>Insumos para preparar la Solución Nutritiva</b>				
Nitrato de amonio	kilos	1,99	0,49	0,96
Nitrato de potasio	kilos	38,34	1,50	57,47
Nitrato de calcio	kilos	13,37	0,90	12,08
Sulfato de magnesio	kilos	3,13	0,97	3,03
Fosfato monopotasico	kilos	6,61	1,90	12,54
EDTA Fe	kilos	1,24	15,00	18,64
EDTA Mn	kilos	0,79	15,00	11,81
<b>SUBTOTAL</b>				<b>116,54</b>
<b>Labores Culturales</b>				
Deshierba manual *	Jornal	8	12	96
Deshierba (Motocultor) *	Jornal	4	12	48
Podas (eliminación de cladodios) *	Jornal	4	12	48
Control de enfermedades	Jornal	2	12	24
<b>SUBTOTAL</b>				<b>216</b>
<b>Cosecha</b>				
Baldes	Baldes		1,5	0
Mano de obra (cosecha)	Jornal	4	12	48
Transporte	Flete	2	5	10
Mano de obra (postcosecha)	Jornal	6	12	72
<b>SUBTOTAL</b>				<b>130</b>
<b>Subtotal</b>				<b>765,48</b>
<b>imprevistos 10%</b>				<b>76,55</b>
<b>TOTAL</b>				<b>842,02</b>
* Una vez cada 45 días				

**ANEXO O: COSTOS DE PRODUCCIÓN TRATAMIENTO 2 (A2B2).**

RUBRO	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
<b>Materiales para la instalación de los bloques</b>				
<b>Riego y Ferirriego</b>				
Tubos de 40 mm	unidad	8	6,5	52
Tapón 40 mm	mm	1	0,52	0,52
Tee 40 mm	mm	3	1,42	4,26
Codo 40 mm	mm	2	0,5	1
Llave de paso 40 mm	mm	2	4,25	8,5
Llave de paso 16 mm	mm	12	0,8	9,6
Venturi 3/4	mm	1	30	30
Acoplador de tanque 3/4	mm	3	2,8	8,4
Unión de 3/4 a 1/2	mm	3	0,5	1,5
Flex de 1/2	mm	1	0,3	0,3
Manguera 1/2	m	2	0,48	0,96
Llave de paso de 3/4	mm	3	2,1	6,3
Bidon 200 L	Litros	3	22	66
Polipega	unidad	1	5,5	5,5
<b>Otros Materiales</b>				
Fundas de papel x100	Paquete	4	0,6	2,4
fundas de plastico 4x6 (x100)	Paquete	2	0,25	0,5
Guantes de cuero	unidad	2	2,5	5
Fundas ciploc (x15)	Paquete	2	1,75	3,5
Tiras de madera (x20)	Atado	1	8	8
Triplex	unidad	1	6	6
Instalación Sistema riego y ferirriego	Jornal	1	12	12
Caldo Bordeles	kilos	1	2,6	2,6
Gasolina	Galón	6,34	1,75	11,10
Yeso Agrícola	kilos	250	0,18	45,00
<b>SUBTOTAL</b>				<b>290,935</b>
<b>Insumos para preparar la Solución Nutritiva</b>				
Nitrato de amonio	kilos	2,98	0,49	1,45
Nitrato de potasio	kilos	57,51	1,50	86,21
Nitrato de calcio	kilos	20,05	0,90	18,13
Sulfato de magnesio	kilos	4,69	0,97	4,55
Fosfato monopotasico	kilos	9,92	1,90	18,80
EDTA Fe	kilos	1,93	15,00	28,88
EDTA Mn	kilos	1,16	15,00	17,33
<b>SUBTOTAL</b>				<b>175,34</b>
<b>Labores Culturales</b>				
Deshierba manual *	Jornal	8	12	96
Deshierba (Motocultor) *	Jornal	4	12	48
Podas (eliminación de cladodios) *	Jornal	4	12	48
Control de enfermedades	Jornal	2	12	24
<b>SUBTOTAL</b>				<b>216</b>
<b>Cosecha</b>				
Baldes	Baldes		1,5	0
Mano de obra (cosecha)	Jornal	4	12	48
Transporte	Flete	2	5	10
Mano de obra (postcosecha)	Jornal	6	12	72
<b>SUBTOTAL</b>				<b>130</b>
<b>Subtotal</b>				<b>812,27</b>
<b>imprevistos 10%</b>				<b>81,23</b>
<b>TOTAL</b>				<b>893,50</b>
* Una vez cada 45 días				

**ANEXO P: COSTOS DE PRODUCCIÓN TRATAMIENTO 3 (A3B2).**

RUBRO	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
<b>Materiales para la instalación de los bloques</b>				
<b>Riego y Fertirriego</b>				
Tubos de 40 mm	unidad	8	6,5	52
Tapón 40 mm	mm	1	0,52	0,52
Tee 40 mm	mm	3	1,42	4,26
Codo 40 mm	mm	2	0,5	1
Llave de paso 40 mm	mm	2	4,25	8,5
Llave de paso 16 mm	mm	12	0,8	9,6
Venturi 3/4	mm	1	30	30
Acoplador de tanque 3/4	mm	3	2,8	8,4
Unión de 3/4 a 1/2	mm	3	0,5	1,5
Flex de 1/2	mm	1	0,3	0,3
Manguera 1/2	m	2	0,48	0,96
Llave de paso de 3/4	mm	3	2,1	6,3
Bidon 200 L	Litros	3	22	66
Polipega	unidad	1	5,5	5,5
<b>Otros Materiales</b>				
Fundas de papel x100	Paquete	4	0,6	2,4
fundas de plastico 4x6 (x100)	Paquete	2	0,25	0,5
Guantes de cuero	unidad	2	2,5	5
Fundas ciploc (x15)	Paquete	2	1,75	3,5
Tiras de madera (x20)	Atado	1	8	8
Triplex	unidad	1	6	6
Instalación Sistema riego y ferirriego	Jornal	1	12	12
Caldo Bordeles	kilos	1	2,6	2,6
Gasolina	Galón	6,34	1,75	11,10
Yeso Agrícola	kilos	250	0,18	45,00
<b>SUBTOTAL</b>				<b>290,935</b>
<b>Insumos para preparar la Solución Nutritiva</b>				
Nitrato de amonio	kilos	0,99	0,49	0,48
Nitrato de potasio	kilos	19,17	1,50	28,74
Nitrato de calcio	kilos	6,68	0,90	6,04
Sulfato de magnesio	kilos	1,56	0,97	1,52
Fosfato monopotasico	kilos	3,31	1,90	6,27
EDTA Fe	kilos	0,65	15,00	9,71
EDTA Mn	kilos	0,39	15,00	5,78
<b>SUBTOTAL</b>				<b>58,53</b>
<b>Labores Culturales</b>				
Deshierba manual *	Jornal	8	12	96
Deshierba (Motocultor) *	Jornal	4	12	48
Podas (eliminación de cladodios) *	Jornal	4	12	48
Control de enfermedades	Jornal	2	12	24
<b>SUBTOTAL</b>				<b>216</b>
<b>Cosecha</b>				
Baldes	Baldes		1,5	0
Mano de obra (cosecha)	Jornal	4	12	48
Transporte	Flete	2	5	10
Mano de obra (postcosecha)	Jornal	6	12	72
<b>SUBTOTAL</b>				<b>130</b>
<b>Subtotal</b>				<b>695,47</b>
<b>imprevistos 10%</b>				<b>69,55</b>
<b>TOTAL</b>				<b>765,01</b>
* Una vez cada 45 días				

**ANEXO Q: PREPARACIÓN DE FRUTOS PARA ANÁLISIS DE EXTRACCIÓN DE NUTRIENTES.**



**ANEXO R: PODA PARA UNIFORMIZAR LA ESTRUCTURA DE LAS PLANTAS.**





**ANEXO S: INSTALACIÓN DE LA TUBERÍA PRINCIPAL DEL SISTEMA DE RIEGO.**



**ANEXO T: INSTALACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO Y FERTIRRIEGO.**





**ANEXO U: TRAZADO E IDENTIFICACIÓN DE LOS TRATAMIENTOS.**



**ANEXO V: INCORPORACIÓN DE YESO AGRÍCOLA EN BASE A LOS TRATAMIENTOS.**



**ANEXO W: CONTROL DE MALEZAS EN TUNA.**





**ANEXO X: PREPARACIÓN DE LAS SOLUCIONES NUTRITIVAS (SN).**



**ANEXO Y: COSECHA, RENDIMIENTO CULTIVO.**



**ANEXO Z: PARÁMETRO BROMATOLÓGICOS.**





ACIDEZ PULPA



PESO DE LA CORTEZA



ALTURA DE PLANTA





epoch

Dirección de Bibliotecas y  
Recursos del Aprendizaje

UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y  
DOCUMENTAL

REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 08 / 07 / 2022

<b>INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)</b>
<b>Nombres – Apellidos:</b> Henry Gustavo Pilco Yucailla
<b>INFORMACIÓN INSTITUCIONAL</b>
<b>Facultad:</b> Recursos Naturales
<b>Carrera:</b> Agronomía
<b>Título a optar:</b> Ingeniero Agrónomo
<b>f. responsable:</b> Ing. Cristhian Fernando Castillo Ruiz

Ing. Cristhian Castillo



1290-DBRA-UTP-2022