



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGRONÓMICA**



**EFEECTO DE NIVELES DE FERTILIZACIÓN NITRÓGENO,  
FÓSFORO Y AZUFRE EN EL RENDIMIENTO DE CEBOLLA**  
**(*Allium cepa* L.) EN CAMACANI PUNO - PERÚ**

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

**HUMBERTO YANAPA SONCCO**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**PUNO – PERÚ**

**2023**



## Reporte de similitud

NOMBRE DEL TRABAJO

**EFFECTO DE NIVELES DE FERTILIZACIÓN  
NITRÓGENO, FÓSFORO Y AZUFRE EN EL  
RENDIMIENTO DE CEBOLLA (*Allium  
cepa* L.) EN CAMACANI PUNO - PERÚ**

AUTOR

**HUMBERTO YANAPA SONCCO**

RECuento DE PALABRAS

**23736 Words**

RECuento DE CARACTERES

**123584 Characters**

RECuento DE PÁGINAS

**113 Pages**

TAMAÑO DEL ARCHIVO

**2.9MB**

FECHA DE ENTREGA

**Dec 7, 2023 3:07 PM GMT-5**

FECHA DEL INFORME

**Dec 7, 2023 3:08 PM GMT-5**


### ● 18% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos

- 17% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 9% Base de datos de trabajos entregados
- 1% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

### ● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Material citado
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 11 palabras)

  
DIRECTOR  
Manuel A. Callahuana P.

  
ING. M. S. L. AMILCA BUENO MACEDA  
REG. CIP. 22203

Resumen



## DEDICATORIA

Agradezco infinitamente a Dios por permitirme llegar hasta este momento tan valioso en mi vida profesional por guiarme a un camino correcto, de igual manera a mis queridos padres y a mis hermanos por su apoyo absoluto por inculcarme sus valores. Siempre estaré agradecido por sus consejos valiosos que me brindaron durante toda esta etapa de mi vida.

*Humberto Yanapa Soncco*



## AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por haberme dado una vida llena de paz y tranquilidad.

Agradezco sinceramente a mis padres, a mis hermanos Oscar, Melania, Yeni, quienes por su esfuerzo dedicación y perseverancia me motivaron para lograr mis metas en esta etapa de mi vida.

A mi director de tesis Dr. Manuel Alfredo Callohuanca Pariapaza, por su apoyo incondicional, por todos sus consejos valiosos y recomendaciones que me ha brindado en la presente investigación.

A mi escuela profesional de Ingeniería agronómica, por haberme acogido para formarme como profesional y por haberme brindado una experiencia inolvidable durante la etapa de mi formación.

Agradezco a mis compañeros quienes me motivaron hacia mi persona a no rendirse en la vida profesional.

*Humberto Yanapa Soncco*



# ÍNDICE DE GENERAL

	Pág.
<b>DEDICATORIA</b>	
<b>AGRADECIMIENTOS</b>	
<b>ÍNDICE DE GENERAL</b>	
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b>	
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>	
<b>ÍNDICE DE ANEXOS</b>	
<b>ACRÓNIMOS</b>	
<b>RESUMEN .....</b>	<b>15</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>16</b>
<b>CAPÍTULO I</b>	
<b>INTRODUCCIÓN</b>	
<b>1.1. OBJETIVO GENERAL .....</b>	<b>19</b>
<b>1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....</b>	<b>19</b>
<b>CAPÍTULO II</b>	
<b>REVISIÓN DE LITERATURA</b>	
<b>2.1. ANTECEDENTES .....</b>	<b>20</b>
<b>2.2. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>23</b>
2.2.1. Origen e historia.....	23
2.2.2. Ubicación taxonómica.....	23
2.2.3. Descripción botánica .....	24
2.2.3.1. Raíz.....	24
2.2.3.2. Tallo.....	25



2.2.3.3. Hojas .....	26
2.2.3.4. Bulbo .....	27
2.2.3.5. Flores .....	27
2.2.3.6. Semilla.....	28
2.2.4. Cultivares .....	28
2.2.4.1. Según su color de bulbo .....	28
2.2.4.2. Según su fotoperiodo.....	29
2.2.4.3. Según su forma de bulbo .....	30
2.2.5. Ciclo vegetativo .....	31
2.2.5.1. Crecimiento herbáceo.....	31
2.2.5.2. Formación de bulbos .....	31
2.2.5.3. Reposo vegetativo .....	32
2.2.5.4. Reproducción sexual.....	32
2.2.6. Condiciones agroclimáticas .....	32
2.2.6.1. Clima .....	32
2.2.6.2. Temperatura.....	33
2.2.6.3. Suelo .....	33
2.2.6.4. Agua .....	34
2.2.6.5. Luz (Fotoperiodo).....	35
2.2.6.6. Luminosidad .....	36
2.2.6.7. Humedad relativa.....	36
2.2.7. Cultivo de cebolla .....	37
2.2.7.1. Preparación de terreno .....	37
2.2.7.2. Siembra.....	37
2.2.7.3. Trasplante .....	38



2.2.7.4. Distanciamiento .....	39
2.2.7.5. Labores culturales .....	39
2.2.7.6. Plagas y enfermedades.....	40
2.2.7.7. Cosecha.....	42
2.2.7.8. Rendimiento .....	43
2.2.8. Niveles de fertilización .....	44
2.2.8.1. El Nitrógeno .....	45
2.2.8.2. Fósforo.....	46
2.2.8.3. Potasio .....	48
2.2.8.4. Azufre .....	48
2.2.9. Usos y Valor Nutricional .....	51
2.2.10. Producción de cebolla .....	53
2.2.11. Exportación .....	55

### CAPÍTULO III

#### MATERIALES Y METODOS

<b>3.1. ZONA DE ESTUDIO.....</b>	<b>56</b>
3.1.1. Ubicación Política .....	56
3.1.2. Ubicación Geográfica.....	56
3.1.3. Periodo de duración del estudio .....	57
<b>3.2. CONDICIONES METEOROLÓGICAS.....</b>	<b>57</b>
<b>3.3. ANÁLISIS DEL SUELO EXPERIMENTAL .....</b>	<b>59</b>
<b>3.4. MATERIALES.....</b>	<b>60</b>
<b>3.5. VARIABLES EN ESTUDIO .....</b>	<b>61</b>
<b>3.6. TRATAMIENTOS EN ESTUDIO .....</b>	<b>62</b>
<b>3.7. VARIABLES DE RESPUESTA .....</b>	<b>63</b>



<b>3.8. DISEÑO EXPERIMENTAL.....</b>	<b>63</b>
<b>3.9. METODOLOGÍA .....</b>	<b>64</b>
3.9.1. Características de unidad experimental.....	64
3.9.2. Conducción del experimento.....	64
3.9.2.1. Preparación del terreno.....	65
3.9.2.2. Trasplante .....	66
3.9.2.3. Fertilización.....	66
3.9.2.4. Labores culturales.....	67
3.9.2.5. Cosecha.....	68
3.9.3. Características evaluadas .....	69
3.9.3.1. Altura de planta .....	69
3.9.3.2. Peso de bulbos de tamaño grande.....	69
3.9.3.3. Peso de bulbos de tamaño mediano.....	69
3.9.3.4. Rendimiento de la cebolla .....	70
3.9.4. Análisis estadístico.....	70

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIONES**

<b>4.1. EFECTO DE NIVELES DE NITRÓGENO FÓSFORO (NP) EN EL RENDIMIENTO DE CEBOLLA .....</b>	<b>71</b>
4.1.1. Efecto de niveles de Nitrógeno y Fósforo (NP) en altura de planta.....	71
4.1.2. Efecto de niveles de nitrógeno fósforo (NP) en producción de bulbos de mayor tamaño.....	73
4.1.3. Efecto de niveles de nitrógeno fósforo (NP) en producción de bulbos de tamaño mediano .....	74





4.1.4. Efecto de niveles de nitrógeno fósforo (NP) en rendimiento total de la cebolla .....	75
<b>4.2. EFECTO DE LOS NIVELES DE AZUFRE (S) EN EL RENDIMIENTO DE CEBOLLA .....</b>	<b>77</b>
4.2.1. Efecto de azufre en altura de planta .....	78
4.2.2. Efecto de azufre en producción de bulbos de diámetro grande .....	79
4.2.3. Efecto de azufre en producción de bulbos de diámetro mediano.....	80
4.2.4. Efecto de azufre en el rendimiento total de la cebolla .....	81
<b>4.3. FERTILIZACIÓN DE NITRÓGENO FÓSFORO Y AZUFRE (NPS) EN EL RENDIMIENTO TOTAL DE CEBOLLA .....</b>	<b>84</b>
4.3.1. Efecto de NPS en altura de planta.....	84
4.3.2. Efecto de NPS en el rendimiento total de la cebolla.....	87
<b>V. CONCLUSIONES.....</b>	<b>91</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>92</b>
<b>VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>93</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>102</b>

**ÁREA :** Ciencias Agrícolas

**TEMA:** Manejo Agronómico de cultivos

**FECHA DE SUSTENTACIÓN:** 14 de diciembre del 2023



## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
<b>Tabla 1</b> Valor nutricional de la cebolla composición por 100g .....	52
<b>Tabla 2</b> Datos meteorológicos durante la campaña agrícola (2022-2023) .....	57
<b>Tabla 3</b> Análisis físico - químico del suelo agrícola (2022-2023) CIP camacani .....	60
<b>Tabla 4</b> Simbología y tratamiento de estudio en el cultivo de cebolla .....	62
<b>Tabla 5</b> Especies de malezas que fueron identificadas en el estudio del experimento .....	67
<b>Tabla 6</b> Riego complementario por gravedad en el lugar de estudio experimental...	68
<b>Tabla 7</b> Prueba de Duncan ( $p \leq 0.05$ ) para el efecto de nitrógeno fósforo (NP) en la altura de planta .....	71
<b>Tabla 8</b> Prueba de Duncan ( $p \leq 0.05$ ) de efecto de nitrógeno fósforo (NP) en peso de bulbos de mayor tamaño .....	73
<b>Tabla 9</b> Prueba de Duncan ( $p \leq 0.05$ ) de efecto de nitrógeno fósforo (NP) en peso de bulbos de tamaño mediano.....	74
<b>Tabla 10</b> Prueba Duncan ( $p \leq 0.05$ ) de efecto de nitrógeno fósforo (NP) en rendimiento total de cebolla .....	76
<b>Tabla 11</b> Prueba de Duncan ( $p \leq 0.05$ ) para el efecto de azufre en altura de planta...	79
<b>Tabla 12</b> Prueba de Duncan ( $p < 0.05$ ) de efecto de azufre (S) en peso de bulbos de diámetro grande .....	80
<b>Tabla 13</b> Prueba de Duncan ( $p < 0.05$ ) de efecto de azufre (S) en peso de bulbos de diámetro mediano.....	81
<b>Tabla 14</b> Prueba Duncan ( $p \leq 0.05$ ) de efecto de azufre (S) en rendimiento total de cebolla .....	82



<b>Tabla 15</b> Prueba de Duncan ( $p \leq 0.05$ ) para el efecto nitrógeno fósforo y azufre (NPS) en altura de planta .....	85
---	----



## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
<b>Figura 1</b> Principales departamentos productores de cebolla campaña agrícola 2018-2019 .....	54
<b>Figura 2</b> ubicación del experimento .....	56
<b>Figura 3</b> Comportamiento de las temperaturas (2022-2023) en el lugar y tiempo de ejecución del experimento .....	58
<b>Figura 4</b> Comportamiento de la precipitación pluvial (diciembre 2022-abril 2023) 59	
<b>Figura 5</b> Distribución de tratamientos y detalle de la unidad experimental .....	65
<b>Figura 6</b> Riego complementario aplicado en litros por mes al cultivo de cebolla....	68
<b>Figura 7</b> Rendimiento total de cebolla/parcela con fertilización de nitrógeno fósforo (NP) .....	76
<b>Figura 8</b> Peso total de cebolla (kg/parcela) con fertilización de azufre (S).....	83



## ÍNDICE DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
<b>ANEXO 1</b> Datos de evaluación de altura, de bulbo grande, mediano y peso total... 102	
<b>ANEXO 2</b> Análisis de varianza para la altura de planta de cebolla por efecto de nitrógeno fosforo (NP) azufre (S)..... 103	
<b>ANEXO 3</b> Análisis de varianza de peso (g) de bulbos de mayor diámetro por efecto de nitrógeno fosforo (NP) azufre (S)..... 104	
<b>ANEXO 4</b> Análisis de varianza de peso (g) de bulbos de diámetro mediano por efecto de nitrógeno fosforo (NP) azufre (S)..... 104	
<b>ANEXO 5</b> Análisis de varianza de peso total (g) de bulbos de cebolla por efecto de nitrógeno fosforo (NP) azufre (S)..... 104	
<b>ANEXO 6</b> Costo de producción en el estudio experimental en camacani - puno..... 105	
<b>ANEXO 7</b> Análisis de la fertilidad del suelo del campo experimental ..... 106	
<b>ANEXO 8</b> Selección de plántulas para el terreno definitivo..... 107	
<b>ANEXO 9</b> Marcado de bloques y calles ..... 107	
<b>ANEXO 10</b> Surcado de parcelas ..... 108	
<b>ANEXO 11</b> Plantación de cebolla..... 108	
<b>ANEXO 12</b> Complementación de riego..... 109	
<b>ANEXO 13</b> Deshierbo del cultivo..... 109	
<b>ANEXO 14</b> Complementación de la segunda banda de fertilización ..... 110	
<b>ANEXO 15</b> Medición de altura de crecimiento de la planta..... 110	
<b>ANEXO 16</b> Cosecha de la cebolla del estudio experimental ..... 111	
<b>ANEXO 17</b> Pesado de la cebolla de cada parcela en la balanza de precisión ..... 111	
<b>ANEXO 18</b> Declaración jurada de autenticidad de tesis ..... 112	
<b>ANEXO 19</b> Autorización para el repositorio de tesis en el repositorio institucional . 113	



## ACRÓNIMOS

Cm:	Centímetro
m <sup>2</sup> :	Metro cuadrado
Kg:	Kilógramos
Ha:	Hectáreas
CV:	Coefficiente de variación o Coeficiente de variabilidad
Fc:	Fuente calculada
G.L.:	Grados de libertad
A.C.:	Suma de cuadrados
m:	Metros
N:	Nitrógeno
P:	Fósforo
S:	Azufre
m.s.n.m.:	Metros sobre el nivel del mar
n.s.:	No significativo
UTM:	Universal Transverse Mercator
Cv:	Cultivar



## RESUMEN

La cebolla (*Allium cepa* L.) es una de las hortalizas de mayor importancia económica y alto consumo humano, ocupa el segundo lugar en volumen de producción de hortalizas después del tomate en el Perú, es muy preferido por sus características culinarias. Sin embargo, en la región Puno los rendimientos son muy bajos, apenas se aproximan al 50 % del promedio nacional, siendo la opción inmediata el uso racional de fertilizantes nitrógeno, fósforo y azufre (NPS) para elevar su productividad. El trabajo de investigación se ejecutó en el centro experimental camacani de la Universidad Nacional del Altiplano, en la campaña agrícola 2022-2023. Siendo los objetivos: a) Determinar el efecto de los niveles de fertilización nitrógeno fósforo en el rendimiento de la cebolla; b) Estimar la respuesta del cultivo de cebolla a los niveles de fertilización con azufre; c) Determinar la mejor formulación NPS para el cultivo de cebolla bajo condiciones agroecológicas de Puno. El diseño experimental fue DBCA con arreglo factorial 4x4, con 16 tratamientos y 3 repeticiones. Se tomó la relación de proporcional 1:0.3 para los niveles N:P en kg/ha, NP0 (00-00), NP1 (60-18), NP2 (120-36) y NP3 (180-54); Los niveles de azufre (S) se determinaron a base de la proporción 1:0.1 de N:S, siendo S0= 00, S1= 06, S2= 12 y S3= 18 kg de S/ha. Los resultados obtenidos fueron: a) mayor productividad totales de cebolla se logró con niveles de fertilización Nitrógeno - fósforo de NP3 (180-54), con rendimientos promedio 57 333.33 y NP2 (120-36), con 53 866.67 kg/ha respectivamente; b) la fertilización con azufre los tratamientos obtuvieron S1 (52 033.33), S2 (53 366.67) y S3 (54 500.00) kg/ha, no muestran diferencias estadísticas significativas entre ellos y son superiores al testigo S0 (44 433.33 kg/ha); incrementando de 17 a 22.60%; c) No hay interacción significativa de NP\*S en rendimiento total, por lo que se debe utilizar 120 a 180 kg de N/ha, 36 a 54 kg de P/ha y de 6 a 18 kg de S/ha.

**Palabras clave:** Azufre, Cebolla, Fertilización NPS, Rendimiento.



## ABSTRACT

Onion (*Allium cepa* L.) is one of the vegetables of greatest economic importance and high human consumption. It occupies second place in volume of vegetable production after tomato in Peru. It is highly preferred for its culinary characteristics. However, in the Puno region, yields are very low, barely approaching 50% of the national average, and the immediate option is the rational use of nitrogen, phosphorus and sulfur (NPS) fertilizers to increase productivity. The research work was carried out at the Camacani experimental center of the National University of the Altiplano, in the 2022-2023 agricultural campaign. The objectives being: a) Determine the effect of nitrogen phosphorus fertilization levels on onion yield; b) Estimate the response of the onion crop to sulfur fertilization levels; c) Determine the best NPS formulation for onion cultivation under agroecological conditions in Puno. The experimental design was DBCA with a 4x4 factorial arrangement, with 16 treatments and 3 repetitions. The proportional relationship 1:0.3 was taken for the N:P levels in kg/ha, NP0 (00-00), NP1 (60-18), NP2 (120-36) and NP3 (180-54); The sulfur (S) levels were determined based on the 1:0.1 ratio of N:S, with S0= 00, S1= 06, S2= 12 and S3= 18 kg of S/ha. The results obtained were: a) greater total onion productivity was achieved with nitrogen - phosphorus fertilization levels of NP3 (180-54), with average yields of 57,333.33 and NP2 (120-36), with 53,866.67 kg/ha respectively; b) sulfur fertilization, the treatments obtained S1 (52,033.33), S2 (53,366.67) and S3 (54,500.00) kg/ha, they do not show significant statistical differences between them and are superior to the control S0 (44,433.33 kg/ha). increasing from 17 to 22.60%; c) There is no significant interaction of NP\*S in total yield, so 120 to 180 kg of N/ha, 36 to 54 kg of P/ha and 6 to 18 kg of S/ha should be used.

**Keywords:** Sulfur, Onion, NPS, Fertilization, Yield.





# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

La cebolla (*Allium cepa* L.) es una de las hortalizas de mayor importancia económica y alto consumo humano; los estudios realizados por el INEI, revelan que ésta hortaliza es más consumida por la población peruana, con 11 kg per cápita al año o 900 gramos al mes, y es la de mayor consumo en zonas urbanas, que tiende a incrementarse en los últimos años influenciado por el boom gastronómico, por sus características culinarias la cebolla roja registra mayores volúmenes de comercialización (MIDAGRI, 2021).

La producción mundial de la cebolla ha aumentado drásticamente de menos de 2 millones de hectáreas en 1990 a más de 5 millones de hectáreas en 2019. La cebolla ocupa el segundo lugar en volumen de producción entre los cultivos de hortalizas después del tomate (Geisseler et al., 2022)

La producción nacional de cebollas se orienta principalmente a cubrir en Mercado interno siendo la cebolla roja arequipeña la principal variedad producida dado su arraigado consumo entre la población peruana. El 90.1% de la producción nacional de cebolla concentran las regiones: Arequipa (62.3%), Ica (20.9%), La Libertad (3.8%) y Lima (3.3%); la región Puno ocupa el séptimo lugar con 1.3% de producción nacional; siendo el promedio de rendimiento nacional de 39,576 kg/ha MINAGRI (2017). Sin embargo, los rendimientos promedio en la región Puno apenas llega a 18,463.45 kg/ha para el año 2017, con tendencia a disminuir hasta 16,069 kg/ha para 2021 (DRA-PUNO, 2023).

Es difícil estimar exactamente la contribución de los fertilizantes al aumento de la producción agrícola, porque muchos otros factores importantes interactúan con ellos. Aun



asi, los fertilizantes juegan un rol decisivo, si el suelo proporciona suficientes nutrientes es probable que las plantas crezcan mas rápidamente y produce mayores rendimientos. Sin embargo, si se carece de uno solo de los nutrientes necesarios, el crecimiento de las plantas se reduce y los rendimientos de los cultivos se disminuyen. De hecho, los fertilizantes son la mejor opción para lograr altos rendimientos, ya que los cultivos pueden duplicarse o incluso triplicarse. Además, el rendimiento esperado determina la cantidad de nutrientes requerida FAO (2002).

Por otro lado, al cultivo de cebolla, se dedican principalmente productores de la agricultura familiar, que crean empleos e ingresos en la zona rural, empleando 180 jornales por hectárea, en promedio durante el proceso productivo. Asimismo, la cebolla también contiene minerales entre ellos calcio, fosforo, hierro, magnesio, potasio, zinc y nitrógeno, destacando por su buen contenido de potasio; también contiene vitamina A, vitamina C, tiamina, riboflavina, niacina, piridoxina y ácido fólico. Además, tiene propiedades de efecto antioxidante, antiinflamatorio, antimicrobiano y diurético (MIDAGRI, 2021), Debido a la capacidad de síntesis de compuestos organosulfurados bioactivos.

Sin embargo, la producción de cebolla con mayores contenidos de compuestos organosulfurados y lograr buen rendimiento, requiere la disponibilidad de azufre en proporción adecuada con nitrógeno, para la síntesis de metabolitos secundarios, aminoácidos metionina y cisteína, la que en caso de deficiencia de azufre genera pérdidas en el aprovechamiento de nitrógeno, estimándose en promedio por cada kg de deficiencia de azufre, produce una posible pérdida de nitrógeno de 10-15 kg al medio ambiente (Singh y Schwan, 2011).

Por las consideraciones expuestas, el presente trabajo de investigación pretendió alcanzar los siguientes objetivos:



### **1.1. OBJETIVO GENERAL**

- Determinar el efecto de los niveles de fertilización NP y azufre en el rendimiento de cebolla en el Centro Experimental Camacani de la UNA-Puno.

### **1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Determinar el efecto de los niveles de fertilización NP en el rendimiento de la cebolla.
- Estimar la respuesta del cultivo de cebolla a los niveles de fertilización con azufre.
- Determinar la mejor formulación NPS para el cultivo de cebolla bajo condiciones agroecológicas de Puno.



## CAPITULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1. ANTECEDENTES

(Rodríguez y Belmar, 2012), establecieron seis experimentos de fertilización con el fin de estudiar el uso de nitrógeno, fósforo y potasio aplicados en diferentes dosis, fuentes y formas de aplicación en cebolla (*Allium cepa*) cv. Sintética. El estudio tuvo como objetivo, evaluar el efecto de la fertilización con Nitrogeno, Fosforo y potasio sobre la producción de bulbos y la cantidad de almacenamiento. Se midió el rendimiento, la altura de planta, el número de hojas, los diámetros polar y ecuatorial y durante el almacenamiento se observó el porcentaje de pérdida de peso de los bulbos y el número de bulbos que presentaron síntomas de la enfermedad a los 65; 97; 132 y 187 días después de la cosecha. Los resultados mostraron un efecto significativo del N ( $p \leq 0,05$ ) de 150 kg N/ha; y no se reportó efectos significativos a la aplicación de fosforo y potasio, ni a sus interacciones Nitrógeno y Fósforo. Las aplicaciones de Nitrógeno afectaron al número de hojas y a la altura de la planta, observándose además un aumento significativo del diámetro del bulbo. Sin embargo, las aplicaciones de Nitrógeno aumentaron las pérdidas de peso de los bulbos almacenados y el porcentaje de bulbos de cebolla enfermo no fue afectado por la fertilización.

Barros-Milhomens et al. (2020), evaluaron el efecto de los períodos de aplicación de azufre en las características agronómicas de dos variedades de cebolla (Dulciana y Vulkana) mediante cuatro etapas de aplicación de azufre (control, trasplante, seis a siete hojas, diferenciación de bulbo y bulbización completa), y dos años de cultivo. Las características evaluadas influyeron La productividad ( $Mg\ ha^{-1}$ ), la masa promedio del bulbo (g), la longitud y el diámetro (mm), la forma del bulbo, el número de hojas y la



clasificación del bulbo fueron las características evaluadas. Por lo tanto, la etapa más recomendada para la aplicación del S es el trasplante, ya que tiene un efecto positivo en todas las características evaluadas sobre el cultivo de cebolla, excepto la forma de bulbo que no afectó la aplicación de S. cv. Dulciana produjo 59.07 Mg/ha y la cv. Vulkana produjo 73.34 Mg/ha.

Álvarez-Hernández et al., (2011), evaluaron la respuesta del cultivo de cebolla “criolla” a la aplicación de fertilizantes químicos y orgánicos, el marco de plantación fue a tres hileras (12.5 cm entre plantas y 15 cm entre hileras). Los métodos de tratamiento son: 1. Fertilización química común (compuesta: urea simple y superfosfato de calcio triple); 2. Fertilización química compleja (compuesta: triple 17); 3. Abono orgánico (compuesto por un líquido hecho de guano de murciélago), y 4. Testigo. Las aplicaciones se realizaron 15; 35 y 55 días después del trasplante. Se evaluó: el desarrollo fenológico, productividad y propiedades físico-químicas. El análisis de varianza no mostró diferencia estadística significativo ( $P > 0.05$ ) entre tratamientos, mostrando que los niveles y fuentes de fertilización empleadas no influyeron en la respuesta fenológica, productiva y características físico-químicas del cultivo de cebolla en las condiciones ambientales de Apatzingan, Michoacan (México),

Banda, (2020), determina la mejor densidad de plantación, el nivel de fertilización con mayor rendimiento y la mejor interacción entre estos dos factores. Los resultados muestran que la densidad de plantación es de 420 000 plantas  $ha^{-1}$ , el número de hojas por planta es de 9.31, y el bulbeo comienza a los 84.33 días después del trasplante (ddt); el rendimiento comercial es de 77 248.67 kg/ha; el diámetro ecuatorial es de 82.80 mm; materia seca el contenido es 10.93 %. La dosis óptima de fertilizante es de 220 - 150 – 280 kg/ha de nitrógeno, fósforo y potasio, y la altura de la parte aérea es de 50.38 cm; la bulbificación de la cebolla comienza a los 84.33 ddt; el rendimiento



comercial es de 83165.22 kg ha<sup>-1</sup>, y el diámetro polar y diámetro ecuatorial del bulbo son 86.20 y 82.20 mm, respectivamente; materia seca 10.52 %. La combinación óptima de densidad de plantación y nivel de fertilización son 420 000 plantas/ha y las dosis de nitrógeno, fósforo y potasio son 220 – 150 – 280 kg/ha respectivamente; el rendimiento comercial es de 88 120 kg/ha.

Amaya y Méndez, (2012), evaluaron la influencia de niveles crecientes del contenido de nitrógeno y potasio en el crecimiento de la cebolla, se realizó un experimento durante los meses de octubre de 2010 a enero de 2011 en Pampas de San Juan, Laredo, Se utilizó de cebolla roja var. Roja arequipeña. Los tratamientos se produjeron mediante combinaciones de 60, 120, 180 y 240 kg de N/ha y de 40, 80 y 160 kg de K<sub>2</sub>O/ha; utilizados como dosis única; 80 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha; se concluyó que cuando N/ha a dosis de 120 kg se obtuvo una respuesta lineal ascendente al nitrógeno a los 90 días después del transplante (ddt) con una altura de 44.9 cm y sin respuestas al variable potasio. No hubo respuestas a la interacción N×K.

Muggi, (2022), determinó el efecto de cinco dosis de fertilización NPK en el desarrollo fenológico y en el rendimiento de la cebolla var. Roja arequipeña a la aplicación de fertilizantes NPK en Yanahuanca-Pasco. Como resultado, La mejor altura de planta fue con el T5 (150-150-100 kg NPK/ha), con 0.80 m de altura superó a otros tratamientos. El número de hojas a la madurez fue el T5 (150-150-100 kg NPK/ha) con 14 hojas y T1 (150-80-150 kg NPK/ha) con 13 hojas superaron a los demás tratamientos. Para el perímetro de bulbo el tratamiento T5 ocupó el primer lugar con 0.34 m. El mayor diámetro de bulbo tuvo el tratamiento T5 con 10.63 cm. El mejor rendimiento se logró con el tratamiento T2 (200-80-100 kg NPK/ha) y superó estadísticamente a los demás tratamientos con 70.70 t/ha.



## 2.2. MARCO TEÓRICO

### 2.2.1. Origen e historia

El centro de origen de la cebolla probablemente estuvo en occidental, probablemente en el área donde se encontraba la antigua Persia, así como en los países montañosos del irán moderno, del irán, Afganistán, Pakistán occidental y el norte. Se encontró en las tumbas antiguas de Egipto, su utilización por el hombre comenzó hace mucho tiempo desde 3,200 A.C. Luego aparece en los registros Sumerios en la Mesopotamia y más adelante en el Siglo VI A.C. Las cebollas se cultivaban en India alrededor de 600 A.C., los griegos y los romanos ya las usaban en 400 a 300 A.C. Su aparición en el norte de Europa se produjo en el año 500 D.C., a principios de la Edad Media. En Alemania y en otros países europeos se ha convertido en un alimento muy popular. La cebolla fue traída al Nuevo Mundo, en donde se cultivó tan temprano como el en año 1629. En la actualidad, este cultivo se encuentra esparcido por casi todas partes del mundo y se desconoce la especie de cebolla silvestre (Fritsch y Friesen, 2002).

### 2.2.2. Ubicación taxonómica

La especie *Allium cepa* fue descrita por Carlos Linneo y publicado en *Species Plantarum Allium cepa*, el sistema de clasificación filogenética de Engler. según (Solano, 2017), la cebolla se encuentra en la siguiente posición taxonómica:

Reino:           Plantae  
Sub Reino:      Phanerogamae  
Division:        Angiospermae  
Clase:            Monocotyledoneae  
Orden:            Liliales



Familia:	Liliaceae
Género:	<i>Allium</i>
Especie:	<i>Allium cepa</i> L.
Cultivar:	<i>Allium cepa</i> L. cv. Roja arequipeña

### 2.2.3. Descripción botánica

#### 2.2.3.1. Raíz

Después de que las semillas germinan, la raíz principal se desarrolla por la plántula a partir de la radícula. Todas las demás raíces que se desarrollan posteriormente a partir del tallo verdadero, son raíces adventicias. Desde la etapa de ‘bandera’ de la plántula hasta la etapa de bulbización (formación del bulbo), la iniciación y elongación de las raíces es prolífera siempre que la humedad esté cerca del tallo real. Las raíces son poco profundas y en su mayoría se desarrollan dentro de las primeras 12 pulgadas (30 cm) del suelo, la mayoría de las raíces ubicadas están entre primeras 6 a 8 pulgadas (15 - 20 cm) de profundidad, con un radio lateral que generalmente es de menos de 10 pulgadas (30 cm), la mayoría dentro de 6 pulgadas (15 cm). Dado que las raíces de la cebolla tienen una vida corta, crecerán nuevas raíces adventicias a medida que las raíces viejas mueran. Las raíces más viejas mueren más rápidamente durante el inicio de la formación y maduración del bulbo. El crecimiento de las raíces eventualmente cesará, pero si el suelo está lo suficientemente húmedo, el crecimiento de las raíces puede continuar hasta la etapa de bulbo maduro (Fornaris, 2012).





Enciso et al., (2019), mencionan que, la raíz de la cebolla es de tipo fasciculada, blancas formado por raíces que emergen del tallo cónico durante el desarrollo vegetativo; cuando la planta alcanza a la madurez, muchas raíces se adhieren a una profundidad de 25 cm y lateralmente a 15 cm. También, son cortos y poco ramificado; siendo las raíces blancas, espesas y simples.

#### **2.2.3.2. Tallo**

El tallo está formado por discos sub cónicos muy cortos con entrenudos muy cortos situados en la base del bulbo. Las hojas se insertan en el disco floral y constan de una vaina envolvente en la base y una hoja de fístula redonda, aplanada y hueca. La vaina más externa envuelve el resto de las hojas. El conjunto de las vainas o bases de hojas concéntricas forma el pseudotallo o ‘falso tallo’ de la planta de cebolla, a través del cual, emergen las hojas más jóvenes. A medida que la vaina de la hoja o base de la hoja se engrosa durante la bulbificación, la parte inferior del ‘falso tallo’ se convierte en el bulbo (órgano de almacenamiento) y la parte superior se convierte en el cuello del bulbo (Fornaris, 2012).

Además, Enciso et al. (2019) mencionan que, su entrenudo es muy corto y forma la base del bulbo, el cual se ubica debajo del nivel del suelo. El meristemo apical se encuentra en el centro del disco de la raíz y las hojas crecen a partir del meristemo apical. El tallo que sostiene la inflorescencia es recto, de 80 a 150 cm de altura, hueco con inflamamiento ventrudo en su mitad inferior.



### 2.2.3.3. Hojas

Las hojas crecen opuestas entre sí y de forma alterna, desde el meristemo o yema apical del tallo. Las hojas de cebolla tienen una superficie cerosa, formada por láminas y la vaina. No en todas las hojas las láminas desarrollan o forman bulbo, esto sucede cuando la planta comienza a desarrollar el bulbo. La vaina de la hoja encuentra el punto de crecimiento del tallo verdadero, en forma de un tubo que encierra las hojas jóvenes, en este tubo, se produce la división celular ocurre dentro de la hoja y ocurre cerca de la base, de tal manera que la parte más joven está cerca de la base y la parte más vieja de la hoja de cebolla es su ápice, agujero o espacio que sobresale la siguiente lámina de la hoja se encuentra en el punto donde se unen la lámina de la hoja y la vaina de la hoja, dicho por algunos como “punta de la vaina de la hoja” a medida que, aparecen y se abren hojas nuevas, las vainas o bases de las hojas más viejas son empujadas del centro hacia afuera, con respecto al ápice de crecimiento, esto como resultado de la continua expansión lateral del tallo verdadero. (Fornaris, 2012).

Pinzón (2008) indica que, las hojas son tubulares aguzadas en su parte superior y ensanchadas en la parte central cada hoja y consta de dos partes: limbo (hoja verdadera) y vaina cilíndrica. Las hojas crecen sucesivamente de tal manera que cada nueva hoja atraviesa las vainas ya formadas de modo que las vainas cilíndricas se sitúan una dentro de otra y de esta manera se forma el llamado falso tallo.



#### **2.2.3.4. Bulbo**

Es un órgano en el que se acumulan sustancias de reserva y está formado por una vaina o escama carnosa, yemas y tallos verdaderos. Las escamas blandas pueden estar abiertas o cerradas. Las escamas abiertas se forman engrasamiento la parte inferior de las vainas de las hojas que crecen normalmente y rodean completamente el bulbo. Se forman escamas cerradas en toda la vaina foliar sin formar hojas. Estas envuelven una o más yemas, las yemas se forman sobre la base generalmente después de la sexta hoja (Pinzón, 2008).

Enciso et al.(2019) menciona que, se forma por el engrosamiento de las hojas basales (catáfilas), en las que se acumulan sustancias de reserva. Dependiendo de la variedad, los bulbos pueden presentarse de diferentes formas, como cónicas, globosas, planas o deprimidas, y muestra una gama de colores que influyen blanco, amarillo, castaño, cobrizo, rojo, violáceo y púrpura. Además de la yema apical, también pueden surgir yemas laterales dentro del bulbo. Las cuales pueden permanecer inactivas o crecer, dando como resultado bulbos irregulares o partidos.

#### **2.2.3.5. Flores**

En general, pueden medir de 0,60 a 1,50 m de altura, Son vistosas de color blanca o lila, forma en su extremo una cabeza cónica alargado en una espata que se abre para revelar las flores que se agrupan para formar umbelas. Debido a que son hermafroditas y de fecundación cruzada (polinización entomófila) esto hace que sea cercana al 100%. La floración es irregular y puede durar por más de dos semanas (Enciso et al. 2019).



### **2.2.3.6. Semilla**

Las semillas de cebolla son pequeñas, y de forma convexa por un lado y achatado por otro y de color negro, con una superficie lisa durante el crecimiento y rugosa cuando madura, por falta de agua. El cotiledón, es la fuente de reserva de la semilla especialmente de fosfatos, después de la cosecha puede presentar dormición durante dos semanas (Banda ,2020).

### **2.2.4. Cultivares**

Una de las decisiones más importantes que deben tomar los agricultores durante el proceso de planificación de una siembra, es la variedad a sembrar. Son abundantes y presentan bulbos de diversas formas y colores, se pueden categorizar desde diferentes puntos de vista: criterios fitogeográficos y ecológicos, forma y color del bulbo, modo de reproducción, tiempo en que se consume el producto, criterios comerciales y de uso del producto, diferentes variedades y su valor, hasta la importancia de la adaptación en el entorno (Paz, 2018).

Güemes et al., (2012) propone una clasificación de cultivares de cebolla más precisa, en base a los cultivares del país, según el color del bulbo, los requisitos de fotoperiodo y la forma del bulbo, de la siguiente manera:

#### **2.2.4.1. Según su color de bulbo**

##### **a) Blancas**

Son ricos en carbohidratos y Tienen un alto contenido de sólidos totales o materia seca y un bajo contenido de agua, lo que los hace ideales para la deshidratación. Por su importancia, en la región Arequipa recientemente se instaló una planta



deshidratadora. Entre estas cultivares menciona: Dehydrator, White granex, White creole y While mexicana.

#### **b) Amarillas**

Contienen carbohidratos, especialmente azúcar; los países industrializados ponen mayor énfasis en su consumo y México es uno de los productores más importantes del mundo. En el Perú, se vienen cultivando bajo sistemas de riego en la región de Arequipa. Los cultivares amarillos preferidos en la irrigación Majes por su forma de bulbo achatado son: Granex 33 y Pegasus, también destacan Yellow granex PRR y Sweet succes.

#### **c) Rojas**

Contienen altos niveles de compuestos de azufre, como el sulfuro de alilo, que le dan a las cebollas su sabor fuerte y picante, conocido como la pungencia. Los mejores mercados para estos cultivares, además del mercado nacional, son algunos países de América Latina y algunos países europeos, donde los consumidores prefieren sabores tan fuertes. Las variedades cultivadas en la región Arequipa y otras partes del país, incluyen: Roja arequipeña posiblemente traída por los conquistadores españoles, Red burgundy, Italiana, Regal, Red creole y California early (los tres últimos son los estados unidos).

#### **2.2.4.2. Según su fotoperiodo**

Según el fotoperiodo o número de horas luz por día que requiere durante su cultivo, se distinguen siguientes grupos:



- a) De días cortos, con una luz de 8 a 12 horas al día; considerado el más representativo de este grupo es la cv. California early.
- b) De días intermedios, existen entre 12 a 14 horas de luz cada día. Algunas variedades que se cultivan en Tacna.
- c) De días largos, con más de catorce horas de luz diaria. No se cultiva de este tipo de cultivar en nuestro país debido a falta de tal fotoperiodo.

#### **2.2.4.3. Según su forma de bulbo**

Finalmente, en la forma del bulbo, se pueden identificar las siguientes formas:

- a) Globulares: Forma de globo. Existen muchas variedades en todo el mundo, que pertenecen a cualquiera de los grupos anteriores que representan esta forma de bulbo.
- b) Piriformes: Forma cónica o pera. Una representación típico de esta clase es la perilla, una de las formas peculiares de las variedades de roja arequipeña.
- c) Achatadas: Forma discoidal. Por ejemplo, existe otra forma de la roja arequipeña, que se conoce como Chaqueña.
- d) Torpedo: Forma alargada. Es la cebolla que no llegan a bulbificar cabalmente. Este es el caso de la cebolla “verde” o “rabo” que generalmente se cultiva en la sierra del Perú o en cierta época en la campaña en las zonas rurales de arequipa.

Romay (2016), al referirse a los bulbos variedad roja arequipeña, considera que, los bulbos son de color rojo a granate, volviéndose rojo cobrizo al madurar. Esta variedad, es lo más cultivado y producido en el



país; tienen alto contenido de compuestos de azufre con el sulfuro de alilo, lo que les da el sabor fuerte y picante. Según Quispe (2011), esta variedad tiene un fotoperiodo largo, son considerados de días intermedios y están altamente adaptados a las condiciones de la región altiplánica.

#### **2.2.5. Ciclo vegetativo**

El período de crecimiento varía según a la temporada de siembra, el cuidado y manejo del cultivo; generalmente se considera el ciclo vegetativo desde el trasplante hasta la cosecha, excluyendo la etapa de almacigado. Pero en las condiciones de Costa Central el almacigo es entre 30-45 días y del trasplante a cosecha en campo es entre 120 a 150 días, sin incluir el periodo de post cosecha que es entre uno a dos meses según el objetivo deseado. El producto está destinado para consumo en fresco o para conservación de bulbos madres para la producción de semillas botánicas (Nicho et al., 2010)

Sin embargo, Palomino (2008) especifica el ciclo vegetativo de la cebolla, distinguiendo cuatro fases siguientes:

##### **2.2.5.1. Crecimiento herbáceo**

Comienza con la germinación, luego tiene la formación de un tallo muy corto, en el cual se incorporan las raíces y en su interior hay un meristemo que genera hojas. En ese momento, tiene crecimiento de raíces y hojas.

##### **2.2.5.2. Formación de bulbos**

El proceso comienza con la paralización del sistema vegetativo aéreo seguida la movilización y acumulación de reservas en la base de las



hojas internas, que luego las hojas se engrosan y dan al bulbo. La hidrólisis de las proteínas y la producción de fructosa y glucosa se producen durante este periodo y se acumulan en el bulbo. Se requieren fotoperiodos largos, y si la temperatura sube durante este periodo esta fase se acorta.

### **2.2.5.3. Reposo vegetativo**

La planta detiene su desarrollo y el bulbo maduro se queda en latencia.

### **2.2.5.4. Reproducción sexual**

Esto suele ocurrir en el segundo año de cultivo, normalmente cuando el meristemo apical del disco desarrolla, debido a la acumulación de sustancias de reserva, produciéndose el alargamiento de un tallo floral, eventualmente alberga una inflorescencia en umbela en su parte terminal.

## **2.2.6. Condiciones agroclimáticas**

### **2.2.6.1. Clima**

La cebolla, es considerada la segunda hortaliza más importante a nivel mundial. Además, ahora exhibe una alta diversidad genética, lo que le permite adaptarse a diferentes condiciones agroclimáticas. Esto lo convierte en un cultivo versátil que se puede cultivar con éxito en muchas regiones del país. La adaptabilidad de diversas variedades de cebolla a las condiciones ambientales locales es un elemento crucial para garantizar el éxito del cultivo de cebolla. Cientos de cultivares, están disponibles para la producción comercial en todo el mundo, y las empresas de semillas





producen nuevos cultivares cada año para satisfacer al productor, al consumidor de cebolla fresca y a las industrias de procesamiento de productos. En las condiciones de Perú, se recomiendan variedades de día corto (10 a 12 horas luz diarias) que permiten tamaños de bulbo grandes. (DGCA, 2013).

#### **2.2.6.2. Temperatura**

El rango de temperatura donde mejor crecen las plantas de cebolla, es de 12.8 °C y 24 °C. para lograr un crecimiento y una calidad óptimos se prefiere una temperatura mas fresca durante la fase vegetativa (desde la germinación hasta el inicio de formación de bulbos) preferiblemente en esta etapa la temperatura no supere los 24° C. estos valores deben ser entonces ser más altos para promover y el crecimiento y desarrollo del bulbo; sin embargo, si en el mercado se venden cebollas con tallos verdes y bulbo poco desarrollados, este factor no es muy importante. Específicamente para las cebollas dulces son necesarias noches frescas entre 10 a 15 °C y días cálidos por encima de 26.7 °C. para lograr altos niveles de azúcar en el bulbo. MINAGRI (2017).

#### **2.2.6.3. Suelo**

El cultivo es especialmente adecuado para suelos francos, francos limosos, francos arcillosos (el contenido de arcilla no supera el 30%), franco arenoso, arcillo arenoso y orgánicos; es importante que estén bien drenados y libres de piedras. Es difícil trabajar con los suelos pesados (arcillosos), ya que requieren un control especial de la humedad, por lo tanto es mejor evitarlos. Un suelo bien estructurado (franco), fértil (M.O: 3%) y bien drenado, proporciona las condiciones ideales para el



crecimiento de la cebolla. Prefiere un pH casi neutro (6.0 y 7.0) y no tolera los suelos salinos ( $>1.2$  mmhos/cm). Porque a ese nivel empieza a afectar negativamente al rendimiento con una conductividad eléctrica de 2 mmhos/cm, ya puede disminuir en un 10%, lo que puede ser más grave a alta temperatura. (DGCA, 2013).

Blanco (2017) sostiene que, los suelos más adecuados para el cultivo de cebolla son francos, poco pedregosos y con alto contenido de materia orgánica que favorecen el buen desarrollo de las raíces y de los bulbos. Suelos muy arcillosos no se recomiendan porque dificultan la formación de bulbos e incluso pueden deformarlos. El pH debe estar entre 6.5 y 6.9, recomendando su corrección por debajo del límite inferior.

#### **2.2.6.4. Agua**

El riego debe comenzar inmediatamente después del trasplante; las cebollas requieren riego frecuente y el riego por goteo se considera el método más eficaz. Se debe evitar el riego por aspersión, ya que puede eliminar los fungicidas de las hojas, aumentando la probabilidad de enfermedades foliares. Muy a menudo, el riego de cebollas se divide en dos fases: germinación y desarrollo. La segunda siembra requiere riegos más frecuentes, ya que la vegetación se da principalmente en primavera o verano, mientras que a finales, la siembra se da en invierno y primavera. La falta de agua en las últimas etapas de la vegetación ayuda la conservación del bulbo, pero produce un sabor más intenso (DGCA, 2013).



MINAGRI (2017) demostró que, la frecuencia de riego y la cantidad de agua por riego dependerán de la capacidad de retención de agua del suelo, de las condiciones climáticas, del estado vegetativo de las plantas y de las variedades. No obstante que, la cebolla resiste la sequía, requiere de volúmenes mínimos que, en términos generales, se estiman en 4 500 a 5 000 m<sup>3</sup>/ha (riego por goteo) y 7 000 a 7 500 m<sup>3</sup>/ha (riego por gravedad).

Paz (2018) reporta que, las cebollas requieren de 380 a 760 mm de agua desde la siembra hasta la cosecha, ya que el estrés hídrico afecta el contenido de sólidos solubles, la acritud y el rendimiento y provoca el doble bulbo.

#### **2.2.6.5. Luz (Fotoperiodo)**

La formación de bulbos, es iniciada por una exposición prolongada a la luz (día largo). Cuanto más largas sean las horas de luz, antes se formarán los bulbos y menos hojas crecerán. Por lo tanto, se clasifican las variedades según su fotoperiodo. Las variedades de día largo requieren días con más de 14 a 16 horas de luz para iniciar la formación de bulbos. Las cebollas de día intermedio necesitan alrededor de 14 horas luz para iniciar la formación de bulbos y las variedades de día corto se necesitan entre 11 a 13 horas (DGCA, 2013).

Casseres (1981) demuestra que, la latitud en función de la duración del fotoperiodo, así como la temperatura, tienen un efecto decisivo en la formación de bulbos de la cebolla. Las variedades que crecen mejor en días cortos de 10 a 12 horas se adaptan a zonas limitadas por latitudes entre 0° a 24° y hasta 28°; A veces forman bulbos en latitudes



altas, porque la temperatura es relativamente fresca que no acelera el desarrollo del bulbo. Las variedades de días intermedios que necesitan de 12 a 13 horas de luz solar se desarrollan mejor a temperaturas entre 28° y 40°. La mayoría de las variedades de día largo necesitan 14 horas o más de luz solar, generalmente se cultivan en latitudes de 36° en adelante.

Enciso et al., (2019) indica que, el fotoperiodo es un factor limitante para la bulbificación de la cebolla, debido a que la planta solo formará bulbos si la longitud del día es igual o superior al mínimo fisiológicamente exigido.

#### **2.2.6.6. Luminosidad**

La luminosidad, es importante en esta especie y suele ir acompañada de altas temperaturas, por lo que las zonas con cielos despejados, alta radiación y baja humedad relativa, favorecen su crecimiento. las zonas del Perú, tienen un gran potencial para la producción de bulbos de cebolla, se deben seleccionar áreas cálidas con temperaturas que oscilen entre 18 y 35 °C y se deben utilizar variedades de día corto (10 -12 horas diarias de luz (DGCA, 2013).

#### **2.2.6.7. Humedad relativa**

La presencia de enfermedades fúngicas en las cebollas se debe mucho a la humedad relativa, Las zonas secas con un verano bien definido y varios meses sin lluvia son adecuadas para la producción de cebolla si reúnen las demás condiciones necesarias para el cultivo. El Clima cálido y seco favorece una buena maduración de la cebolla y una maduración natural en el campo. En cambio, la condensación de la humedad relativa



(niebla o neblina) durante las horas frías del día es desfavorable porque promueve el desarrollo de enfermedades en las hojas (DGCA, 2013).

## **2.2.7. Cultivo de cebolla**

### **2.2.7.1. Preparación de terreno**

La preparación del suelo para el sitio definitivo se debe hacer dos meses antes, donde se va efectuar la siembra o trasplante, normalmente esta labor, se realiza mediante una arada de 25 a 30 cm de profundidad por la corta longitud de raíces. Se debe realizar nuevamente una arada de 10 a 15 cm de profundidad una semana antes de la siembra o el trasplante, luego se debe arar de una a dos pasadas de rastra liviana para nivelar y dejar la tierra bien mullida. Si el suelo no se prepara a tiempo, se va producir una compactación del mismo, lo que dificultará la siembra directa y provocará una gran pérdida de plántulas trasplantadas. Una buena preparación del suelo permite obtener bulbos bien formados (Enciso et al., 2019).

### **2.2.7.2. Siembra**

Nicho et al., (2010) sugiere que, la siembra debe realizarse en el momento adecuado dependiendo de la variedad, con un fotoperiodo de 10 a 14 horas de luz y condiciones climáticas que favorezcan el crecimiento de plantas, la bulbificación y el curado para lograr mayores rendimientos.

Los métodos utilizados para cultivar cebollas rojas en Perú son: siembra directa y siembra indirecta o por trasplante. La siembra directa está limitada debido a los altos costos que esta implica, por lo que el



trasplante con plántulas o con bulbillos (“cocos”) son los que se utilizan en la actualidad (Bermúdez, 2019)

### **2.2.7.3. Trasplante**

En el departamento de Arequipa, los semilleros se denominan “marqueras”, y en ellos crecerán plántulas que serán trasplantadas en terreno definitivo. La cama se instala en suelo no compactado nivelado sin piedras, y con una conductividad eléctrica inferior a 2.0 dS/m ubicado al aire libre, protegido por cortavientos proporcionando temperaturas frescas y sombra. generalmente, es de 0.8 m, lo que equivale al ancho a una vara española con lo que resulta beneficioso para la venta de almácigos por varas cuadrados. Las plántulas para el trasplante, deben ser de buena calidad (vigorosas) de 16 a 18 cm de altura, con 3 a 4 hojas verdaderas (Almeyda, 2018).

Durante el manejo de camas almacigueras, se debe prevenir la bulbificación prematura de los trasplantes; si las plántulas han comenzado a desarrollar el bulbo, al ser trasplantadas pueden continuar desarrollando pequeños bulbos y dejarán de crecer o comenzarán la dormancia del bulbo prematuramente (Almeyda, 2018).

Blanco (2017) recomienda que, el diámetro de las plántulas para trasplante debe ser inferior a 6 a 7 mm en la base de la plántula, solo se debe usar plántulas fuertes, libres de enfermedades; las plantas fuertes se deben plantar con una separación de 5 a 10 cm.



#### **2.2.7.4. Distanciamiento**

Casseres (1981) menciona que, el espaciamiento apropiado para la cebolla depende de la fertilidad del suelo, sistema de riego, variedad y del equipo mecánico utilizado. La distancia entre surcos puede ser de 45 a 90 cm y la distancia entre plantas de 5 a 10 cm. En México, los mejores resultados se obtienen con 62 cm entre surcos y una distancia entre plantas de 5 a 9 cm. Generalmente, se prefieren hileras dobles por surco. Las cebollas pequeñas se pueden plantar más juntas que las cebollas grandes que crecen tarde. En las almacigueras, debido al alto costo de raleo las semillas se debe sembrar a la densidad más adecuada.

#### **2.2.7.5. Labores culturales**

##### **2.2.7.5.1. Riego**

Después del trasplante, se realiza inmediatamente el primer riego. luego la frecuencia de riego posterior se realiza dos veces por semana en suelos arenosos o en épocas cálidas y una vez por semana en suelos francos y fértiles o en épocas menos cálidas. Las cebollas, debido a que están compuestas por más del 90% de agua y tienen raíces poco profundas, requieren un riego frecuente y ligero. Se puede usar el riego por aspersión o por goteo en cintas. el riego debe suspenderse dos o tres semanas antes de la cosecha para garantizar un buen secado y la madurez de los bulbos. Una irrigación adecuada durante todo el ciclo del cultivo se puede obtener aumentos superiores al 100% en la



productividad, comparada a cultivos sin riego (Enciso et al., 2019).

El cultivo de cebolla requiere volúmenes no menos de 4 500 y 5 000 metros cúbicos por hectárea cuando se utiliza riego por goteo y de 7 000 a 7 500 metros cúbicos por hectárea cuando se utiliza riego por gravedad. Se recomienda analizar microbiológicamente el agua de riego al menos una vez al año. Se deben cumplir con los estándares de calidad ambiental (ECA) establecidos por el Ministerio del Ambiente (DS 004-2017-MINAM). El cultivo de la cebolla debe cumplir con lo solicitado para agua de riego restringido (*Coliformes termotolerantes* y *Escherichia coli* número más probable NMP/100 ml de no mayor a 1000) (SENASA-MIDAGRI, 2020).

#### **2.2.7.5.2. Deshierbes y escardas**

El primer deshierbe y escarda se realiza a los dos meses del trasplante y el segundo tiempo se realiza a los tres o cuatro meses. El campo cultivado debe mantenerse lo más libres posible de malezas y tierra suelta para permitir una buena formación de bulbos e infiltración del agua (Lima, 2019).

#### **2.2.7.6. Plagas y enfermedades**

Según indica Suca (2012), las plagas más comunes que se presenta en el cultivo de cebolla son las siguientes:





- a) **Mosca de la cebolla** (*Chortophilla antiqua* Meig.): Díptero, cuyas larvas que genera galerías y destruyen los bulbos. Se combate arrancando y quema de las plantas atacadas.
- b) **Gusano minador de la cebolla** (*Acrolepia assectella* Zell).- Lepidóptero, cuyas larvas realizan galerías en las hojas. La mejor forma de controlar la población de esta plaga es mediante la aplicación de pulverizaciones de Diazinon
- c) **Trips de la cebolla** (*Trips tabaci* Lindeman).- Tisanoptero, causan daños a las hojas creando decoloraciones y deformaciones. Estos insectos son increíblemente móviles y se producen rápidamente. La forma más eficaz de combatirlos es mediante el uso de pulverizaciones de Malation.

Asimismo, Suca (2012) reporta que, las enfermedades que suelen atacar a las cebollas en la región Puno son:

- a) **Mildiu de la cebolla** (*Peronospora schleideni* Ung.): Produce manchas alargadas de color amarillo en la mitad superior de las hojas. Se previene mediante la rotación de cultivos y realizando quema a las plantas enfermas. En ataques leves combatir con Polyran, Antracol o Dithane.
- b) **Carbón de la cebolla** (*Urocystis cepulae* Frost): Al principio aparecen lesiones plateadas longitudinales que luego se convierten en pústulas carbonosas en las túnicas exteriores de la planta. Esta enfermedad, se previene usando semilla sana o desinfectando las semillas con Sarasan, a razón de 0.5 kg por 5 kilos de semilla.



- c) **Podredumbre blanca** (*Sclerotinia cerivorum* Berk): Provoca lesiones de podrición en los bulbos, mientras las hojas se marchitan y las plantas mueren colapsadas. Se puede prevenir usando semillas sanas ya que una vez que el hongo se ha establecido en el suelo, es inviable erradicarlo.
- d) **Podredumbre gris del cuello** (*Botrytis alli* Munn.): Generalmente, ocurre en los bulbos después de la cosecha, el síntoma inicial es la humectación de los tejidos del bulbo, que empiezan a aparecer hundidos y sancochados. Con el tiempo los tejidos afectados se vuelven de color gris. Las variedades rojas pueden prevenir esta enfermedad, mientras que las variedades blancas son más susceptibles.
- e) **Chupadera fungosa** (*Rhizoctonia solani* Kuehn y *Fusarium sp.*): Generalmente, suele aparecer en los almácigos y provoca la pudrición de la base del tallito y raíces, lo que provoca la muerte de las plántulas es posible combatir estas enfermedades mediante la desinfección de las semillas con Pentacloronitrobenzeno 75 % a razón de un gramo por cada litro de solución, y se debe evitar la acumulación de humedad en las camas de almácigos.

#### 2.2.7.7. Cosecha

Moreira y Hurtado (2005) sostienen que, la cosecha del bulbo de la cebolla comienza cuando el 50 % del tallo está doblado debido a la madurez. En este caso, esperar de 2 a 7 días antes de comenzar el arranque que se realiza a mano cuando el suelo está suelto; si está compactada, es necesario remover el suelo. Las plantas cosechadas se disponen en hileras en el suelo, cuidando de que las hojas de una hilera de plantas cosechadas cubran los bulbos de la otra hilera, evitando quemaduras provocadas por



el sol. En esta posición, se dejan en el campo durante 2 a 3 días para su curado, después los bulbos se cortan y se colocan en sacos de yute bien ventilados durante al menos de 8 días para completar su curado.

Además, Maroto (2002) indica que, la cosecha se debe realizar cuando los bulbos están completamente maduros, lo que ocurre cuando las 2 o 3 hojas exteriores están secas. La cosecha se realiza, tradicionalmente a mano aunque en la actualidad es mediante mecanización, el arrancado de los bulbos se lleva a cabo principalmente mediante un tractor. Es frecuente, en el campo recortar los extremos superiores de las hojas “rabos” de los bulbos para permitir que sequen más rápidamente; una vez secos, los bulbos se recolectan o embolsan a mano y se envían a almacenes para su pesaje.

#### **2.2.7.8. Rendimiento**

Nicho (2010) aseveró que, los rendimientos son distintos influyendo grandemente el manejo de almácigo, en la obtención de plántulas de calidad; siendo en cebolla Roja arequipeña con un rendimiento promedio de 22 000 kg/ha, pero con técnicas de manejo del cultivo desarrolladas por el INIA se obtienen en promedio 40 000 kg/ha de bulbos de calidad. En cuanto, a la cebolla amarilla los rendimientos van de 60 000 a 80 000 kg/ha de bulbos de calidad.

DRAT (2018) indica, el rendimiento promedio nacional del cultivo de cebolla es 39, 924 kg/ha, destacando el mejor rendimiento promedio lo tiene la región de Ica con 59,558 kg/ha, seguido de Arequipa 44,474 kg/ha, La Libertad con 40,928 kg/ha, Lambayeque con 34,591



kg/ha y Tacna con 32,855 kg/ha, los mismos que mantienen su productividad.

Los rendimientos de cebolla en la región Puno, según las series estadísticas de la producción agrícola para los últimos 5 años, ha sufrido continuo decrecimiento desde 18,461 kg/ha en el año 2017 hasta 16,059 kg/ha para 2021 (DRA-PUNO, 2023). Sin embargo, estos índices oficiales se encuentran dentro del rango estimado por Suca (2012), quien afirmaba que el rendimiento promedio para Puno se estima en 10 a 20 toneladas por hectárea, y para Arequipa de 40 a 50 toneladas por hectárea.

#### **2.2.8. Niveles de fertilización**

La fertilización, siempre debe basarse en el análisis del suelo, en el caso de la cebolla, responde bien a la fertilización debido a un sistema radicular reducido. De esta forma, la fertilización y abonamiento en el cultivo de cebolla es uno de los factores importantes en la producción, ya que extrae una gran cantidad de nutrientes durante el desarrollo de la hoja y formación de bulbo (Romay, 2016). Sin embargo, Banda (2020) señaló que, entre los nutrientes esenciales, el nitrógeno es el elemento que limita en mayor medida el rendimiento del cultivo y para sostener altos niveles de producción es necesario aplicar altas dosis de nitrógeno del orden de 150-200 kg de N/ha, que a su vez depende del suelo y condiciones zonales donde se cultiva..

Arteaga (2016) menciona que, la cebolla requiere un gran aporte de nitrógeno, fosforo y potasio. Una cosecha de cebolla que rinde 30 toneladas de bulbo requiere 73kg de nitrógeno, 36 kg de fosforo y 68 kg de potasio. Sin embargo, Suca (2012) menciona que, en relación a la fertilización para la zona de Puno, la composición recomendada es 150-100-60 de NPK, aclarando que todo el



fósforo, se aplica al momento del trasplante, así como la mitad del nitrógeno y potasio y las otras mitades a los 3 meses de trasplante.

### **2.2.8.1. El Nitrógeno**

El nitrógeno (N) juega un papel importante en los seres vivos, en las plantas existe en forma orgánica e inorgánica, estas últimas son en realidad de escasa magnitud, estando la mayoría como  $\text{NO}_3^-$  (ion nitrato) que es la única forma inorgánica que se puede acumular; por lo tanto, la mayoría del N esta presente en forma orgánica en las plantas. Este nutriente es crucial para el crecimiento de las plantas, ya que es un componente de moléculas como: clorofila, aminoácidos esenciales, proteínas, enzimas, nucleoproteínas, hormonas, trifosfato de adenosina (ATP). Además, el nitrógeno es esencial en muchos procesos metabólicos, como por ejemplo, la utilización de los carbohidratos (Perdomo y Barbazán, 2010).

La cebolla requiere un alto nivel de nitrógeno, ya que es un componente esencial para el crecimiento de las plantas, específicamente de las partes aéreas, afectando directamente sobre el desarrollo vegetativo, acumulación de almacenamiento y el desarrollo de las cebollas en general (participa en reacciones metabólicas, síntesis de proteínas etc.). Un exceso de nitrógeno, tiene como consecuencia un retraso de la maduración, bulbos más blandos y peor capacidad de almacenamiento, estos efectos negativos se acentúan en aplicaciones excesivas de nitrógeno realizadas hacia el final del cultivo (Bazan y Rodriguez, 2010).



Banda (2020) considera que, la aplicación excesiva de nitrógeno, limita la producción y el aumento de las pérdidas durante el almacenamiento de los bulbos; más del 85 % del nitrógeno total de la capa superficial del suelo agrícola está en forma orgánica y se mineraliza a amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) por procesos microbiológicos. Luego se convierte en nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ) y finalmente en nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ) a través de la nitrificación.

Asimismo Horneck (2004) indica que, la concentración de nitrógeno (N), en bulbos de cebolla a la cosecha, es similar entre las variedades rojas, amarillas y blancas. la absorción total promedio de N por las plantas es de 157 kg de N/ha y el 70 al 90 % del N se concentran en los bulbos en el momento de la cosecha. Las tasas de absorción de nitrógeno, en la primera etapa de crecimiento están entre 1.1 a 3.4 kg de N/ha/día. Generalmente el fertilizante nitrogenado, se aplica por fracciones durante el ciclo de crecimiento.

#### **2.2.8.2. Fósforo**

El fósforo (P) ingresa a la planta a través de las capas externas de las células de los pelos radiculares y las puntas de las raíces, así como también absorbe a través de las micorrizas, que son hongos que crecen junto con las raíces de muchas plantas; el fosforo (P) es absorbido por las plantas principalmente en forma de ion ortofosfato primario ( $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ), pero también se absorbe en forma de ion fosfato secundario ( $\text{HPO}_4^{=}$ ), donde la absorción a medida que la planta crece, el nivel de PH aumenta (IPNI, 1999).



Una vez dentro de las raíces, el fósforo (P) puede permanecer en esta zona o ser transportado mediante diversas reacciones químicas, el fósforo se incorpora a compuestos orgánicos como ácidos nucleicos (ADN y ARN), fosfoproteínas, fosfolípidos, enzimas y compuestos fosfatados ricos en energía como la adenosina trifosfato (ATF); el fósforo (P), se presenta en las plantas como iones ortofosfato y luego se incorpora a los compuestos orgánicos. De esta forma el fósforo (P) orgánico, se traslada a diferentes partes de la planta donde puede estar disponible por más tiempo actividades bioquímicas (IPNI, 1999).

El fósforo es esencial en cuanto a todos los procesos en la planta que demandan la transferencia de energía. Los fosfatos de alta energía, que forman parte de la estructura química de las adenosinadifosfato (ADF) y la ATF. Son la fuente de energía que impulsa una multitud de reacciones químicas de la planta. La transferencia de los fosfatos de alta energía del ADF y ATF a otras moléculas (proceso denominado fosforilación), desencadena una gran cantidad de procesos esenciales para la planta (IPNI, 1999).

Horneck (2004) menciona que, el fósforo es esencial para el rápido crecimiento radicular, la deficiencia de este nutriente reduce el tamaño del bulbo y retrasa la maduración. La absorción total de P para un rendimiento de bulbos de 94 t/ha, está entre 22 a 28 kg de P/ha (50 a 62 kg de P/ha) al momento de la cosecha.



### **2.2.8.3. Potasio**

El potasio constituye la mayoría de los minerales vegetales y representa aproximadamente el 3% de la materia seca de las plantas. En los tejidos vegetales, es el catión más abundante, especialmente en estado catiónico en el jugo celular participa activamente en el papel del potasio en las plantas, el potasio participa en la fotosíntesis, lo que explica su mayor concentración en los tejidos jóvenes; regula la fisiología. procesos como la acción y la respiración, controlando así la transpiración y ahorrando agua, incluso es regulador de las funciones vegetales y activador de enzimas. El potasio participa en el mecanismo de apertura y cierre estomático (Banda, 2020).

El potasio ayuda en la síntesis de proteínas y también transporta hidratos de carbono, promoviendo la maduración y la resistencia a las enfermedades. Son las macronutrientes más consumidas por la cebolla Junto con el nitrógeno, La deficiencia hace que las hojas más viejas mueran y luego las puntas se sequen y mueran, afectando el desarrollo del bulbo. Con el tiempo, las hojas pierden su plenitud y desarrollan una apariencia satinada como el papel, similar a una deficiencia de nitrógeno. El exceso determina una deficiencia de magnesio, nitrógeno y calcio (Pacheco, 2013).

### **2.2.8.4. Azufre**

El azufre (S) es uno de los macronutrientes secundarios más importantes para las plantas. Los cultivos anuales de alto rendimiento pueden extraen de 15 y 50 kg de S/ha, con tasas de extracción similares a





las del fósforo y magnesio. El papel del azufre en la formación de proteínas es similar al del nitrógeno y el fósforo. El azufre es un componente importante de algunas vitaminas y enzimas, se ha encontrado deficiencia de azufre en cultivos por todo el mundo, excepto las zonas costeras pueden recibir este elemento a través de las espumas marinas y cerca de centros industriales y urbanos que pueden recibir azufre del dióxido de azufre atmosférico (Tello, 1999).

El azufre (S) es un elemento esencial de la planta y contribuye de manera única al sabor de las cebollas. Cuando se cortan o sufren las cebollas la acción de la allinasa libera compuestos volátiles de azufre. Las variedades de cebolla difieren en la cantidad y el tipo de compuestos azufrados en el bulbo. El azufre es un nutriente importante para maximizar el rendimiento de la cebolla y aumenta la pungencia del bulbo.

#### **2.2.8.5 Estequiometría en formulación de niveles N-P-K-S**

Los diferentes cultivos requieren cantidades específicas de nutrientes. Además, la cantidad de nutrientes necesarios depende en gran medida del rendimiento esperado del cultivo. Diferentes variedades de cultivos tienen diferentes necesidades de nutrientes y respuestas a los fertilizantes. Los reportes de la extracción de nutrientes de un cultivo y su respectivo rendimiento obtenido, es un indicador más aproximado de las necesidades de nutrientes de los cultivos para lograr un nivel de rendimiento. Sin embargo, para determinar los requerimientos reales de nutrientes se debe considerar otros factores como: la fertilidad del suelo, el pH, la lixiviación, genotipo o variedad y otras pérdidas; por lo que los



requerimientos son en general más elevados, que la extracción de nutrientes (FAO, 2002).

Entonces es razonable establecer que, mayores rendimientos obtenidos implican necesariamente mayor cantidad de extracción de nutrientes y por consiguiente requiere proveer al cultivo de cebolla mayores niveles de fertilización especialmente de macronutrientes. Así, el rendimiento de 35 000 kg de bulbos de cebolla por hectárea, extrae 120-22-133-21 kg de NPKS/ha de estos nutrientes (FAO, 2002). De la misma manera Pacheco (2013) indica que la cebolla extrae 149-24.4-212.3 y 32.2 kg de N-P-K y S por hectárea, respectivamente. Por lo que Tello (1999) señala que, para producir una tonelada de cebolla, se requiere 3 a 4 kg de N, 1.5 a 2 kg de P, 7 kg de K y 1.1 kg de S.

La nutrición de las plantas está estrechamente relacionado al metabolismo, por lo que se puede considerar un proceso bioquímico de equilibrio constante entre oxidación y reducción, gobernado por el ADN singular que le caracteriza a cada especie y variedad, donde los nutrientes inorgánicos participan en la síntesis de metabolitos según sus requerimientos, guardando ciertas proporciones y relaciones adecuadas, caso contrario se expresa en síntomas de carencia o exceso del nutriente. Esta situación de relación proporcional de niveles de nutrientes N:P:K en tejidos de plantas, fue resaltada por Resh (1997), precisando una relación de estequiometría de 1:0.2:1 de NPK en verano y 2:0.3:2 de NPK en invierno para hortalizas de hojas, para hortalizas de raíces el K debe ser más alto; señalando además que las proporciones entre los distintos elementos se debe variar de acuerdo a: las especies de plantas, ciclo de



cultivo, desarrollo de la planta, condición climática, intensidad y duración de la iluminación.

Considerando las recomendaciones de los autores citados, de los requerimientos de niveles de fertilización para cebolla, a partir de extracción de nutrientes, en promedio los macronutrientes guardan la proporción de 1:0.3:1.5:0.2 de N:P: K: S, respectivamente. Confirmando, la propuesta de Resh (1997) que, en la formulación de niveles de fertilización NP debe respetarse la proporción de 1:0.3; es decir, por cada kilogramo de nitrógeno se debe agregar 300 gramos de fósforo (P).

Referente a la relación N/S, Singh y Schwan (2011), a partir de los resultados de análisis de diversos compuestos orgánicos y proteínas, establece una relación de proporcionalidad entre nitrógeno y azufre; concluyeron que, la oferta de azufre está estrechamente relacionada con la eficiencia de la utilización de nitrógeno; es decir, en promedio cada kg de deficiencia de azufre produce una posible pérdida de nitrógeno de 15 kg al medio ambiente. Confirmando, la propuesta de Sabino et al., (2007) quienes indican que, la nutrición balanceada de las plantas implica una relación N/S de 10 a 15, o la proporción de 1:0.10 a 1:0.07 en relación a nitrógeno (S/N); es decir, por cada kilogramo de nitrógeno se debe agregar 100 a 70 gramos de azufre.

### **2.2.9. Usos y Valor Nutricional**

La cebolla es la hortaliza más consumida por la población mundial. Puede usarse como condimento, con fines medicinales, consumirse crudo, cocido, deshidratado y/o liofilizado. La cebolla roja se utiliza como ingrediente básico en muchos platos debido a su especial sabor. Contiene antocianinas, como

antocianinas y flavonoides. Posee una potente acción contra los reumatismos, ayuda a prevenir la osteoporosis, gracias a su alto contenido de flavonoides quercetina, antioxidante de la familia del polifenol, cuya actividad es superior a la de las isoflavinas (DRAT, 2018).

MIDAGRI (2021), con respecto al consumo per cápita de la cebolla, refiere a los estudios realizados por el INEI, que es la hortaliza más consumida por la población peruana, con 11 kg per cápita al año, o 900 gramos al mes, y es la de mayor consumo en zonas urbanas en comparación a zonas rurales, su consumo per cápita tiende a incrementarse, influenciado por el boom gastronómico de los últimos años.

Los minerales, como el calcio, fósforo, hierro, magnesio, potasio, zinc y nitrógeno se encuentran en la cebolla. Además, contiene ácido fólico, vitamina A, vitamina C, riboflavina, niacina, piridoxina y tiamina. Con 157 miligramos de potasio por 100 gramos de cebolla, Destaca por su alto contenido en potasio. Además, se le atribuyen características antioxidantes, antiinflamatorias, antimicrobianas y diuréticas. La cebolla es un ingrediente básico para la culinaria en general por su capacidad para mejorar el sabor de otros alimentos (MIDAGRI, 2021).

### **Tabla 1**

*Valor nutricional de la cebolla composición por 100g.*

<b>Composición</b>	<b>Unidad</b>
Energía	43 Kcal
Agua	89%
Glúcidos	7.10%
Lípidos	0.20%
Proteínas	1.30%



<b>Composición</b>	<b>Unidad</b>
Fibras	2.10%
Calcio	25 mg
Magnesio	10 mg
Potasio	170 mg
Hierro	0.3 mg
Vitamina C	7 mg
Vitaminas B1	0.06 mg
Vitamina B3	0.3 mg
Vitamina B6	0.14 mg
Vitamina B9	0.02 mg
Vitamina E	0.14 mg

**Fuente:** Dirección General de Competitividad Agraria

Las cebollas son ricas, en propiedades que las convierten en un tónico general y un estimulante general, debido a su contenido en vitaminas A y C, así como de vitamina B, pueden tratar una variedad de enfermedades respiratorias y nerviosas. Su contenido en hierro lo hace antianémico y ayuda a reponer la pérdida de sangre y glóbulos rojos. La cebolla protege contra infecciones principalmente regula el sistema digestivo manteniendo el balance de los fermentos digestivos y previniendo los parásitos intestinales (DGCA, 2013).

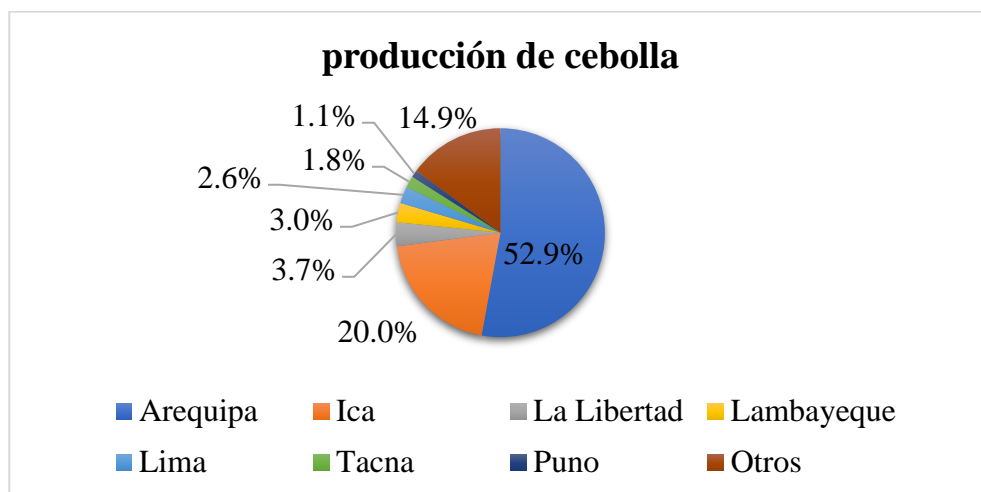
#### **2.2.10. Producción de cebolla**

A nivel mundial, los principales países productores de cebolla son China (27 %), India (20 %) y Estados Unidos (4 %), aunque los rendimientos son bajos (excepción Estados Unidos) respectivamente. más del 80 % de las 775 000 toneladas producidas fueron destinadas al consumo interno. Los principales tipos comercializados, son la cebolla amarilla dulce -de mayor importancia en el mercado internacional- y la *Roja arequipeña* (MINCETUR, 2016).

En el Perú es la hortaliza más cultivada, registrando una superficie instalada de 15.738 hectáreas en la campaña 2018-2019. La mayor superficie de siembra concentrada se encuentra en los departamentos de Arequipa, Ica, Lima y La Libertad, representando el 79% del área total del país. Arequipa es el principal productor que abastece el mercado interno. En 2019 la producción de cebolla en el Perú ascendió a 636.218 toneladas. Los principales productores de cebolla son Arequipa, Ica, La Libertad y Lambayeque, quienes contribuyen con hasta el 89% de la producción nacional debido a su mayor superficie de cultivo y producción. El rendimiento promedio nacional fue de 40 441 kg/ha, El departamento de Ica ascendió el mayor rendimiento de 59 781 kg/ha. Los departamentos de Lambayeque y Arequipa también superaron al rendimiento promedio nacional, con 49 958 kg/ha y 43 316 kg/ha respectivamente (GRAL, 2020).

### Figura 1

*Principales departamentos productores de cebolla campaña agrícola 2018-2019*



**Fuente:** Gerencia Regional de Agricultura la Libertad

A nivel nacional, en el año 2022 la producción nacional obtuvo 502 151.60 toneladas, con el rendimiento nacional de 39.99 t/ha. En la región Puno el



volumen de producción de cebolla alcanza a 6 066.50 toneladas, con un rendimiento de 16.95 toneladas/ hectárea, este índice de productividad es muy bajo en comparación del rendimiento promedio nacional de 39.99 t/ha (MINAGRI, 2022).

### **2.2.11. Exportación**

En 2019, se exportaron 246 082 toneladas de cebolla a varios países por un valor de FOB de US\$ 86 720 miles de dólares, con un volumen total de 246 082 toneladas destinados principalmente a Estados Unidos y España, obteniendo el 86.32 % del valor. Total de la cebolla FOB (GRAL, 2020).

De acuerdo a los hábitos de consumo de los mercados extranjeros, la cebolla amarilla dulce es una de las hortalizas más consumidas, debido a que producen en contra de la estación de los países consumidores, por lo que la demanda en varios países es muy alta y existen grandes oportunidades para las exportaciones peruanas. Las principales zonas productoras de cebolla amarilla dulce para exportación son: Ica, al norte de Lima y Arequipa. Sin embargo, las exportaciones peruanas solo representa una participación del 2.10 % en el mercado internacional, lo que refleja claramente el bajo volumen de producción que se destina al mercado externo (Jara, 2022).

Burgos y Mendoza (2018) reportan que, la mayor parte de cebolla roja se consume localmente y el resto también se destina a la exportación. En los últimos cinco años Colombia, Chile, Ecuador, Panamá, Brasil, España y Estados Unidos. Han sido los países a los que se ha exportado más la cebolla roja, El mercado que brinda las mejores oportunidades es Colombia, por la cercanía a la frontera, con una exportación total de 40.5 mil toneladas, seguida de Chile.

## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. ZONA DE ESTUDIO

El presente trabajo de investigación se realizó en el centro experimental camacani, Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica, de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Altiplano Puno.

##### 3.1.1. Ubicación Política

- Región : Puno
- Provincia : Puno
- Distrito : Platería
- Lugar : C.E. Camacani

##### 3.1.2. Ubicación Geográfica

- Latitud Sur:  $15^{\circ}59'09''$ , Longitud Oeste:  $69^{\circ}51'31.7''$ , Altitud : 3880 msnm.

#### Figura 2

*ubicación del experimento*





### 3.1.3. Periodo de duración del estudio

La ejecución de fase de campo de la investigación, se realizó durante la campaña agrícola 2022 – 2023, iniciándose con el transplante el 30 de noviembre de 2022, finalizó el 30 de abril de 2023 con la cosecha respectiva de la cebolla.

### 3.2. CONDICIONES METEOROLÓGICAS

El centro experimental camacani, se caracteriza por tener un clima frío y seco en el invierno, templado frío y lluvioso semiseco en verano. Caracterizado por las condiciones agroecológicas propias del altiplano peruano, territorio alto andino por encima de los 3 800 msnm, posee un clima muy duro con grandes variaciones de temperatura, frío intenso por las noches, y con alta incidencia solar y calor durante el día (Brack y Mendiola, 2004).

**Tabla 2**

*Datos meteorológicos durante la campaña agrícola (2022-2023)*

Mes	Temperaturas °C			Humedad relativa (%)	Precipitación pluvial (mm)
	Max	Min	Media		
2022 - 2023					
Dic-22	16.78	3.6	10.19	71.48	2.32
Ene-23	16.89	4.39	10.64	79.16	3.54
Feb-23	15.7	4.61	10.16	85.67	4.39
Mar-23	15.25	4.89	10.07	85.43	5.25
Abr-23	15.45	2.23	8.84	78.72	0.44
TOTAL	80.07	19.72	49.9	400.46	15.94
PROMEDIO	16.014	3.944	9.98	80.092	3.188

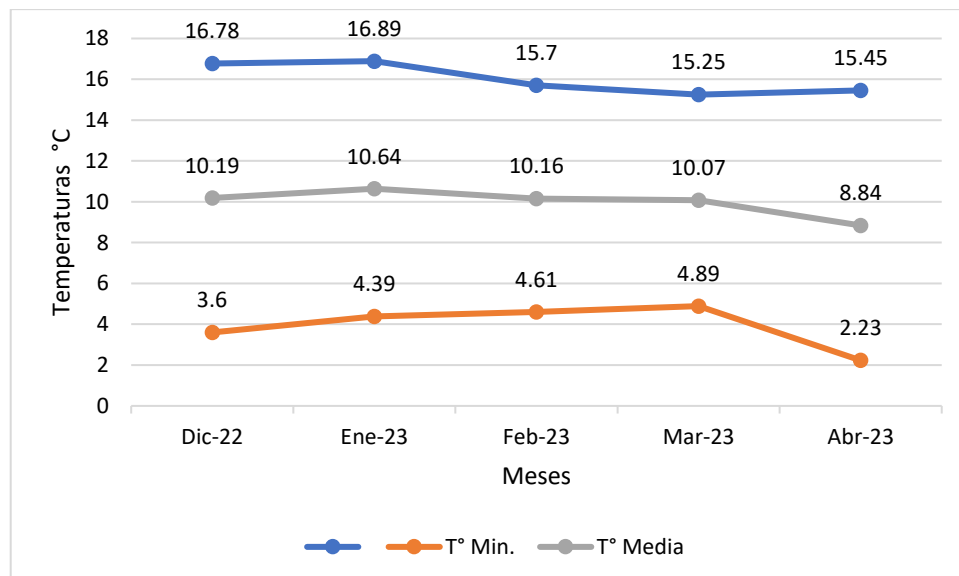
**Fuente:** SENAMHI Estación Rincón de la Cruz Acora 2022-2023

En la Tabla 2, se muestran las condiciones meteorológicas temperaturas máximas, mínimas y medias, expresadas en °C y precipitación pluvial (mm), registradas durante la conducción del cultivo de cebolla, correspondiente a los meses de diciembre-2022, enero-

2023, febrero-2023, marzo-2023, abril-2023; los datos fueron obtenidos por SENAMHI de la Estación Rincón de la Cruz Acora, observándose escasa precipitación pluvial de solo 15.94 mm, que es característico de una severa sequía. Que, contrastando con las Isoyetas de precipitación mensual para la zona, debió haber caído en promedio un total de 590 mm de diciembre a abril (Grace, 1988). En consecuencia, durante este periodo se han registrado altas temperaturas de la habitual, conforme se aprecia en la Figura 3.

### Figura 3

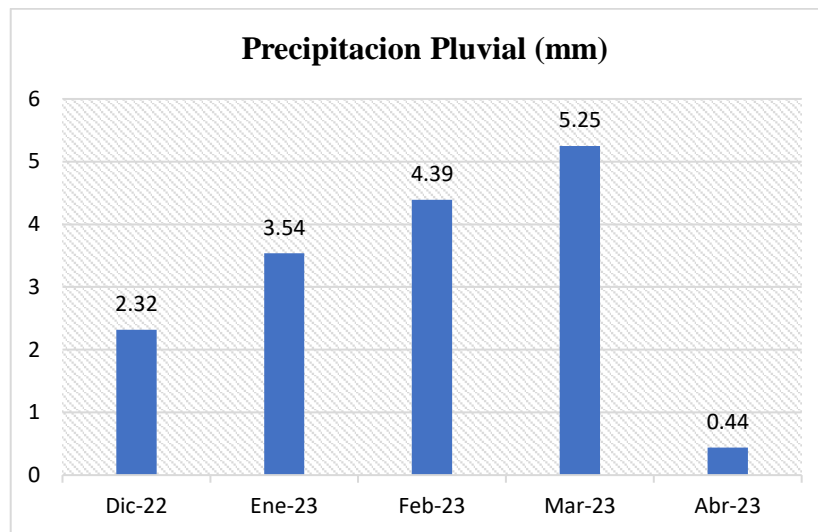
*Comportamiento de las temperaturas (2022-2023) en el lugar y tiempo de ejecución del experimento*



La Figura 4 ilustra la distribución mensual de la escasa precipitación pluvial (diciembre del 2022 – abril del 2023), donde se observa que la relativa mayor precipitación se dio en el mes de marzo con 5.25 mm, que normalmente debería superar los 100 mm; y la menor precipitación fue en el mes de abril con 0.44 mm.

**Figura 4**

*Comportamiento de la precipitación pluvial (diciembre 2022-abril 2023)*



### **3.3. ANÁLISIS DEL SUELO EXPERIMENTAL**

Para la caracterización física – química del suelo experimental, se realizó el muestreo en “zig – zag” para obtener 10 sub muestras, las cuales luego se homogenizaron para obtener una muestra de suelo de 1kg. Luego se llevó al INIA-puno Laboratorio de Aguas y Suelos. Los resultados obtenidos de análisis de fertilidad físico - químico se muestran en la Tabla 3.

De los resultados obtenidos del análisis físico-químico del suelo, se desprende, que el suelo experimental presenta una textura franco, con un pH dentro del rango de 8.01 considerándose básico, con contenido bajo en materia orgánica (1.00 %), con un % de nitrógeno bajo, el valor de fosforo es de 12.6 ppm clasificado como alto; el valor de potasio es de 269.2 ppm considerado en un rango alto y la conductividad eléctrica normal con 86.40 mmhos/cm indicando que no existe restricciones para ningún cultivo.



**Tabla 3**

*Análisis físico - químico del suelo agrícola (2022-2023) CIP Camacani*

<b>Parámetro</b>	<b>Resultado</b>	<b>Unidad</b>
<b>características físicas</b>		
Arena	51.15	%
Arcilla	13.57	%
Limo	35.28	%
Textura	Franco	
<b>características químicas</b>		
pH	8.01	
Conductividad Eléctrica	86.40	mmhos/cm
Materia Orgánica	1.00	%
N	0.037	%
P	12.60	Ppm
K	269.20	Ppm

**Fuente:** Laboratorio de Aguas y Suelos INIA-PUNO 2022

### **3.4. MATERIALES**

#### **3.3.1 Material vegetal experimental**

Cultivo de cebolla (*Allium Cepa* L.) cv. Roja arequipeña.

#### **3.3.2 Fertilizantes**

Urea 46 % de N

Fosfato diamónico 18 % N, 46 % de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> o 20 % P

Sulfato de magnesio 16 % MgO, 13 % S

#### **3.3.3 Equipos y herramientas**

- Pico

- piquillo



- Rastrillo
- Cinta métrica
- Yeso
- Cordel
- Balanza analítica
- Cuaderno de campo
- Cámara fotográfica

### 3.5. VARIABLES EN ESTUDIO

a) Niveles de fertilización nitrógeno-fósforo (NP)/ha, equivalente a la relación

N:P de 1:0.3

NP0=00-00

NP1=60-18

NP2=120-36

NP3=180-54

b) Niveles de fertilización azufre (S) equivalente a la relación N:S de 1: 0.1 o

10:1

S0=00

S1=06

S2=12

S3=18

### 3.6. TRATAMIENTOS EN ESTUDIO

Los tratamientos en estudio se muestran en la Tabla 4, donde se especifican los 16 tratamientos de niveles de fertilización NP y S, formuladas conforme a las relaciones proporcionales N:P, abstraídas de los requerimientos nutricionales para cebolla en formulaciones bajas, medias y altas. De la misma manera los niveles de S, se ha formulado de acuerdo a la relación N:S de 1: 0.10 o 10:1; cuyos efectos se evaluaron en las variables de respuesta.

**Tabla 4**

*Simbología y tratamiento de estudio en el cultivo de cebolla*

<b>Clave</b>	<b>Factor A Niveles NP</b>	<b>Factor B Niveles S</b>	<b>Tratamiento NP y S</b>
T1	NP0=00-00	S0=00	NP0S0=00-00-00
T2		S1=06	NP0S1=00-00-06
T3		S2=12	NP0S2=00-00-12
T4		S3=18	NP0S3=00-00-18
T5	NP1=60-18	S0=00	NP1S0=60-18-00
T6		S1=06	NP1S1=60-18-06
T7		S2=12	NP1S2=60-18-12
T8		S3=18	NP1S3=60-18-18
T9	NP2=120-36	S0=00	NP2S0=120-36-00
T10		S1=06	NP2S1=120-36-06
T11		S2=12	NP2S2=120-36-12
T12		S3=18	NP2S3=120-36-18
T13	NP3 = 180 - 54	S0=00	NP3S0=180-54-00
T14		S1=06	NP3S1=180-54-06
T15		S2=12	NP3S2=180-54-12
T16		S3=18	NP3S3=180-54-18



### 3.7. VARIABLES DE RESPUESTA

Peso total de biomasa cosechada

Diámetro del bulbo al cosechar

Peso del bulbo o rendimiento por parcela y por hectárea

### 3.8. DISEÑO EXPERIMENTAL

El experimento se realizó en un diseño estadístico Bloque Completamente al Azar (DBCA) con arreglo factorial 4x4 siendo los factores: Factor A, niveles de fertilización de NP (Nitrógeno: fosforo) y Factor B, Niveles de S (azufre) con tres repeticiones, haciendo un total de 48 unidades experimentales. Siendo el modelo aditivo lineal (Ibañez, 2009).

$$Y_{ijk} = \mu + p_k + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk}; \quad \begin{array}{l} i = 1,2, \dots, P \text{ ( Niveles de NP)} \\ J = 1,2,\dots, q \text{ (Niveles de S)} \\ K = 1,2,\dots, r \text{ (Bloques )} \end{array}$$

Donde:

$Y_{ijk}$  = Es la variable respuesta del k -ésimo bloque bajo el j-ésimo nivel de factor B, sujeto al i-ésimo nivel de tratamiento A.

$\mu$  = Constante. Media de la población a la cual pertenecen las observaciones.

$P_k$  = Efecto del k- ésimo bloque.

$\alpha_i$  = Efecto del i-ésimo nivel del factor A.

$\beta_j$  = efecto del j-ésimo nivel del factor B.

$(\alpha\beta)_{ij}$  = Efecto de la interacción del i-ésimo nivel del factor A, en el j-ésimo nivel del factor B.

$\varepsilon_{ijk}$  = Efecto del error experimental, que esta distribuido como  $\varepsilon_{ijk} \sim \text{DNI} ( 0, \sigma_e^2)$



### 3.9. METODOLOGÍA

#### 3.9.1. Características de unidad experimental

- Largo del área experimental : 37 m
- Ancho del área experimental: 8 m
- Total área experimental : 296 m<sup>2</sup>
- N° de parcelas : 48
- Calle entre parcelas : 0.50 m
- Calle entre bloques : 0.50 m
- Largo de parcela : 2.00 m
- Ancho de parcela : 1.50 m
- Área total de parcela : 3.00 m<sup>2</sup>
- Distanciamiento entre surcos : 0.50 m
- N° de surcos por parcela : 3
- Distanciamiento entre plantas: 0.15 m

#### 3.9.2. Conducción del experimento

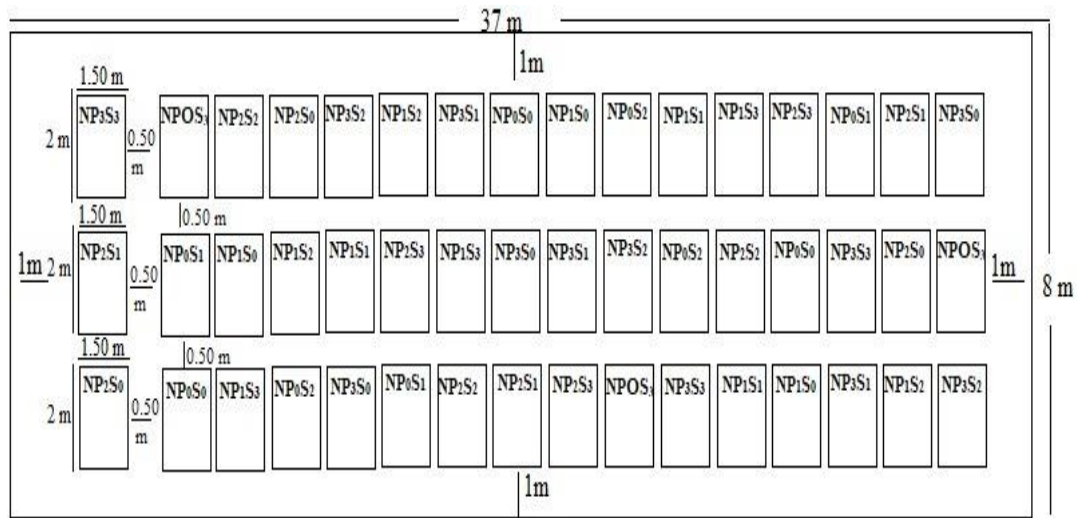
La investigación se condujo en un experimento de 48 parcelas con tres repeticiones cada parcela mide  $2 \times 1.50 \text{ m} = 3 \text{ m}^2$ , en donde, se plantó 65 plántulas en cada parcela lo que resultó en 3 120 plántulas en un área de 296 m<sup>2</sup> para el cultivo de cebolla (*Allium cepa* L.) cv. Roja arequipeña.

La distribución de los tratamientos en el campo experimental, se efectuó conforme al diseño experimental, cuyo detalle se muestra en la Figura 5 de croquis de distribución de tratamientos, a cada unidad experimental se aplicó los tratamientos correspondientes.



**Figura 5**

*Distribución de tratamientos y detalle de la unidad experimental*



### 3.9.2.1. Preparación del terreno

**Roturación:** Consistió en la roturación del suelo, utilizando maquinaria agrícola, con arado de discos, el cual se realizó el 25 de noviembre del 2022.

**Desterronamiento:** consistió en romper los terrones grandes del suelo después del arado, se utilizaron picos, piquillos, labor que se ha realizado el 27 y 28 de noviembre del 2022.

**Limpieza:** labor, que consistió en extraer las malezas y piedras que se encontraron en el suelo apoyado con el rastrillo hasta dejarlo bien mollido la tierra, labor que se realizó el 28 de noviembre.

**Nivelación:** labor, que consistió en nivelar el suelo con una madera recta apoyándose con el rastrillo con el cual se ha nivelado todo el campo experimental.



**Surcado:** labor que consistió en hacer surcos con pico en cada parcela tres surcos. Luego se realizó la distribución de los niveles de fertilización correspondientes en los surcos en cada parcela. Labor, que se ha realizado el 30 de noviembre.

### **3.9.2.2. Trasplante**

Para el trasplante primeramente se adquirió almácigo de cebolla cv. Roja arequipeña, del distrito de Tiabaya- Arequipa. Este trabajo, se hizo cuando las plántulas tuvieron el tamaño adecuado para trasplantar, como primer paso, se hicieron hoyos en el suelo, luego se colocaron las plántulas, se cubrieron con el suelo y finalmente se presionó el suelo alrededor de las plantas; este labor se llevó acabo el 30 de diciembre del 2022.

### **3.9.2.3. Fertilización**

La aplicación de los niveles de fertilización se realizó de acuerdo a cada tratamiento; en el trasplante se aplicó solo la mitad de la formulación correspondiente a nitrógeno (urea) y azufre (sulfato de magnesio) y todo el fósforo (fosfato diamónico), no se realizó la fertilización con potasio debido a que los suelos de la región Puno son ricos en este elemento. La otra mitad de fertilización complementaria de nitrógeno y azufre, se aplicó al inicio de la formación de bulbos.

Debido a que las raíces de la cebolla crecen en un radio no mayor a los 15 centímetros, los fertilizantes fueron esparcidos cerca de la planta, mezclando ligeramente con la tierra de cultivo, con el fin de evitar pérdidas por volatilización.

### 3.9.2.4. Labores culturales

**Escarda y deshierbo:** Esta labor, consistió en brindar aireación al terreno del cultivo, soltar la parte superficial del suelo. Se llevó a cabo manualmente, así mismo, consistió en retirar las malezas del área del cultivo. Las malezas presentes durante la conducción del experimento, se especifican en la Tabla 5, consignan sus respectivos nombres técnicos y vulgares, así como a la familia que pertenece cada especie.

**Tabla 5**

*Especies de malezas que fueron identificadas en el estudio del experimento*

Nombre vulgar	Nombre técnico	Familia
“Kikuyo”	<i>Pennisetum clandestinum</i>	Poaceae
“Cebadilla”	<i>Bromus auleticus</i>	Poaceae
“Aguja aguja”	<i>Erodium cicutarium</i>	Geraniaceae
“Lengua de vaca”	<i>Rumex crispus</i>	Polygonaceae
“Bolsa de pastor”	<i>Capsella bursa-pastoris</i>	Brassicaceae
“Nabo silvestre”	<i>Brassica campestris</i>	Brassicaceae
“Ichu”	<i>Stipa ichu</i>	Poaceae

**Riego:** Esta labor, consistió en la complementación del agua, ya que hubo baja precipitación pluvial durante la campaña. El riego fue en los siguientes meses.

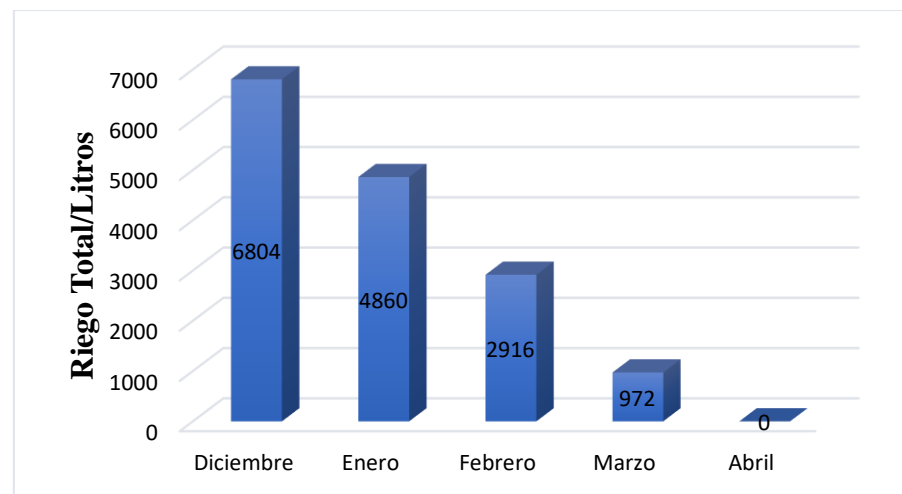
**Tabla 6**

*Riego complementario por gravedad en el lugar de estudio experimental*

MESES 2022-2023	HORAS/ RIEGO	L/HORA	TOTAL/LITROS
Diciembre	7	972	6804
Enero	5	972	4860
Febrero	3	972	2916
Marzo	1	972	972
Abril	0	0	0
TOTAL			15552

**Figura 6**

*Riego complementario aplicado en litros por mes al cultivo de cebolla*



### 3.9.2.5. Cosecha

La cosecha se realizó a los cuatro meses y 25 días después del trasplante, cuando estaba en su fase de madurez fisiológica. esta labor se realizó el 25 de abril del 2023 cuando los bulbos presentaron condiciones aptas para el consumo. Es importante que la planta no pase su periodo



óptimo porque tienden a producir semilla los bulbos de la cebolla se vuelven más fibrosos y son poco aceptado en el mercado.

### **3.9.3. Características evaluadas**

#### **3.9.3.1. Altura de planta**

La altura de planta se determinó midiendo con la cinta métrica desde el pie del tallo hasta la yema terminal de la planta de la cebolla. La evaluación se realizó seleccionando al azar 10 plantas por parcela. Enseguida, se calculó el promedio de las diez plantas y se registró en el cuaderno de campo. La toma de medida, se llevó a cabo a los 136 días después del trasplante, desde la base de las hojas hasta el ápice de las hojas más largas.

#### **3.9.3.2. Peso de bulbos de tamaño grande**

En la cosecha para cada unidad experimental, después de realizar el peso total, se ha seleccionado los bulbos más grandes y se determinó su peso respectivo en una balanza de precisión. El diámetro de las cebollas consideradas grandes, se ha establecido en parámetros de media y desviación estándar de  $6.46 \pm 0.92$  cm de diámetro, los que para su verificación, aleatoriamente se muestrearon 10 bulbos por cada parcela experimental. La cosecha y el pesado se realizaron a los 146 días después del trasplante.

#### **3.9.3.3. Peso de bulbos de tamaño mediano**

La producción de cada parcela experimental, se ha clasificado en bulbos grandes y bulbos medianos. Se determinó el peso de los bulbos



medianos utilizando la balanza de precisión. El diámetro de las cebollas consideradas medianas se ha establecido en media y desviación estándar de  $5.22 \pm 0.61$  cm de diámetro, que para su verificación, aleatoriamente se muestrea 10 bulbos por cada parcela experimental. La cosecha y el pesado se realizaron a los 146 días después del trasplante.

#### **3.9.3.4. Rendimiento de la cebolla**

El índice de productividad de la cebolla a los diferentes niveles de fertilización NP y S, se ha determinado considerando el peso total del bulbo por área de parcela cosechada, correspondiente a cada tratamiento con sus tres repeticiones. De la misma manera se establece los rendimientos obtenidos en cebollas grandes y medianas.

#### **3.9.4. Análisis estadístico**

El análisis estadístico, fue realizado utilizando el software estadístico INFOSTAT Versión: 20/09/2018, los datos evaluados fueron altura de planta, diámetro del bulbo, rendimiento del bulbo, luego fueron analizados mediante el análisis de varianza, posteriormente la prueba de comparación de medias de *Duncan* a la probabilidad de 5 % de error.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIONES

#### 4.1. EFECTO DE NIVELES DE NITRÓGENO FÓSFORO (NP) EN EL RENDIMIENTO DE CEBOLLA

##### 4.1.1. Efecto de niveles de Nitrógeno y Fósforo (NP) en altura de planta

El desarrollo de una planta es influenciado por diversos factores internos y externos como: las características genotípicas que determinan entre otros, su crecimiento, duración y su altura; la síntesis de las hormonas que participan activamente; además, en la cinética de crecimiento intervienen factores ambientales, el agua, la disponibilidad de nutrientes y la luz (Azcón-Bieto Talón, 2013). En este caso, la altura de planta de la cebolla observada como efecto exclusivamente del factor variable niveles proporcionales de N:P (1:0.3): testigo (NP0), NP1 bajo; NP2 medio y NP3 alto, muestra diferencias estadísticas altamente significativas ( $p < 0.01$ ) para estos tratamientos (ANEXO 2), que al realizar la prueba de comparación de medias respectiva (Tabla 7), muestra efecto significativamente superior en altura de planta para los niveles NP3 y NP2, con 82.74 y 81.96 cm respectivamente; correspondiendo la más baja altura para el testigo (NP0) con 73.04 cm.

**Tabla 7**

*Prueba de Duncan ( $p \leq 0.05$ ) para el efecto de nitrógeno fósforo (NP) en la altura de planta*

Orden de mérito	Tratamientos de NP	Promedio (cm)	Sig. $\leq 0.05$
1	NP3	82.74	a
2	NP2	81.96	a b



<b>Orden de mérito</b>	<b>Tratamientos de NP</b>	<b>Promedio (cm)</b>	<b>Sig. ≤ 0.05</b>
3	NP1	80.98	b
4	NP0	73.04	C

Medias con letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

Tanto el nitrógeno como el fósforo son nutrientes esenciales de las plantas, inciden de manera determinante en su crecimiento y desarrollo, manteniendo una proporción adecuada, conforme a los requerimientos del cultivo y en el momento fenológico que se necesita (Resh, 1997). La demanda de nitrógeno de la cebolla depende en gran medida del rendimiento; la acumulación de nitrógeno en la biomasa aérea al final de la primera mitad de la temporada de crecimiento es baja; mientras que durante la segunda mitad de la temporada, la absorción de N es rápida y sólo se ralentiza durante las últimas semanas antes de la cosecha. Por lo tanto, la demanda de N es mayor durante el desarrollo del bulbo (Geisseler et al., 2022).

Amaya y Méndez (2012), obtuvieron respuesta lineal ascendente, a dosis crecientes de nitrógeno para la altura de planta en cebolla cv. Roja arequipeña, estimando en 120 kg de N/ha y 44.9 cm a 90 días después del trasplante, la dosis para mejor producción y desarrollo de la cebolla, ya que el exceso limitaría la producción y aumentaría las pérdidas en el almacenamiento. Confirmando que niveles medio y alto de fertilización, considerados en el presente estudio en relación al nitrógeno (N:P), tienen efectos significativos en altura de planta.



#### 4.1.2. Efecto de niveles de nitrógeno fósforo (NP) en producción de bulbos de mayor tamaño

Los factores que influyen en la formación del bulbo de cebolla son la longitud del día, temperatura y variedad; el efecto combinado de temperatura adecuada y la mayor duración del día y la intensidad luminosa alta, inducen a la formación de bulbos de cebolla; la fase de formación de bulbos inicia cuando el desarrollo del sistema vegetativo se detiene poco a poco (Maroto, 2002). Luego, inicia el incremento del tamaño y peso del bulbo, por la acumulación y translocación de nutrientes.

El análisis de varianza del ANEXO 3 para bulbos de mayor tamaño, no presenta diferencias estadísticas significativas ( $p \leq 0.05$ ) para el efecto de los niveles NP, lo que confirma la Tabla 8 de prueba de significancia; cuyos pesos promedio correspondientes a cada nivel, son estadísticamente similares.

**Tabla 8**

*Prueba de Duncan ( $p \leq 0.05$ ) de efecto de nitrógeno fósforo (NP) en peso de bulbos de mayor tamaño*

Orden de mérito	Tratamientos de NP	Promedio (kg/3m <sup>2</sup> )	Promedio (kg/ha)	Sig. $\leq$ 0.05
1	NP3	3.69	12 300.00	a
2	NP1	3.06	10 200.00	a
3	NP2	3.05	10 166.67	a
4	NP0	2.97	9 900.00	a

Medias con letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

Las diferencias no significativas entre niveles de nitrógeno fósforo (NP), en producción de bulbos grandes, se atribuye a que fueron cosechados a 146 días

después del trasplante (25 de abril 2023), cuando estaba finalizando la fase de crecimiento vegetativo e inicio de formación de bulbos. Ya que, como indica López et al., (2017), el mayor incremento del tamaño y peso del bulbo de cebolla, ocurre desde el momento del doblado de la hoja hasta la cosecha, es decir, dentro de los últimos tres semanas. Además, para la cosecha se consideró el estado fenológico, en que se comercializa en el mercado local, donde se prefiere más por sus hojas verdes y turgentes.

#### **4.1.3. Efecto de niveles de nitrógeno fósforo (NP) en producción de bulbos de tamaño mediano**

El análisis de varianza de los resultados del peso de bulbos medianos del ANEXO 4, muestra diferencias estadísticas altamente significativas ( $p \leq 0.01$ ) entre los tratamientos de niveles de nitrógeno fósforo (NP); indicando su correspondiente prueba de significancia (Tabla 9), que los niveles NP3 (180-54) y NP2 (120-36) tienen efectos significativos similares y superiores a los demás tratamientos, con rendimientos promedio de materia verde de 45 066.67 y 43 700.00 kg/ha respectivamente, mostrando claramente los incrementos crecientes en el rendimiento como efecto de los niveles mayores de fertilización NP y el testigo NP0 (00-00).

**Tabla 9**

*Prueba de Duncan ( $p \leq 0.05$ ) de efecto de nitrógeno fósforo (NP) en peso de bulbos de tamaño mediano*

<b>Orden de mérito</b>	<b>Tratamientos de NP</b>	<b>Promedio (kg/3m<sup>2</sup>)</b>	<b>Promedio (kg/ha)</b>	<b>Sig. <math>\leq</math> 0.05</b>
1	NP3	13.52	45 066.67	a



2	NP2	13.11	43 700.00	a
3	NP1	11.51	38 366.67	b
4	NP0	10.40	34 666.67	b

Medias con letra común no son significativamente diferentes ( $p>0.05$ )

Banda (2020) indica que, los niveles de fertilización NPK en cebolla, están directamente relacionados a la producción de las categorías de cebolla, para la producción de cebollas de primera el mejor nivel de fertilización es 220-150-280 de NPK por hectárea; mientras que los niveles de fertilización bajos como: 120-50-180 y 170-100-230 de NPK, son los que generan mayor cantidad de bulbos de segunda y tercera categorías. Por lo que, los resultados obtenidos concuerdan con los niveles considerados.

#### **4.1.4. Efecto de niveles de nitrógeno fósforo (NP) en rendimiento total de la cebolla**

El efecto de los niveles de NP sobre el rendimiento total de bulbos de cebolla, se muestra en el ANEXO 5, de análisis de varianza; donde la fuente de variabilidad NP expresa diferencias estadísticas altamente significativas ( $p\leq 0.01$ ) entre los niveles de fertilización de NP. Que, al efectuar su correspondiente prueba de comparación de medias de Duncan (Tabla 10 y Figura 7), se aprecia que los tratamientos NP3 y NP2 de niveles de fertilización, con rendimientos promedio de 57 333.33 y 53 866.67 kg de materia fresca/ha, respectivamente; presentan resultados estadísticamente similares y superiores, a los tratamientos NP1 (nivel bajo) y NP0 (testigo).

**Tabla 10**

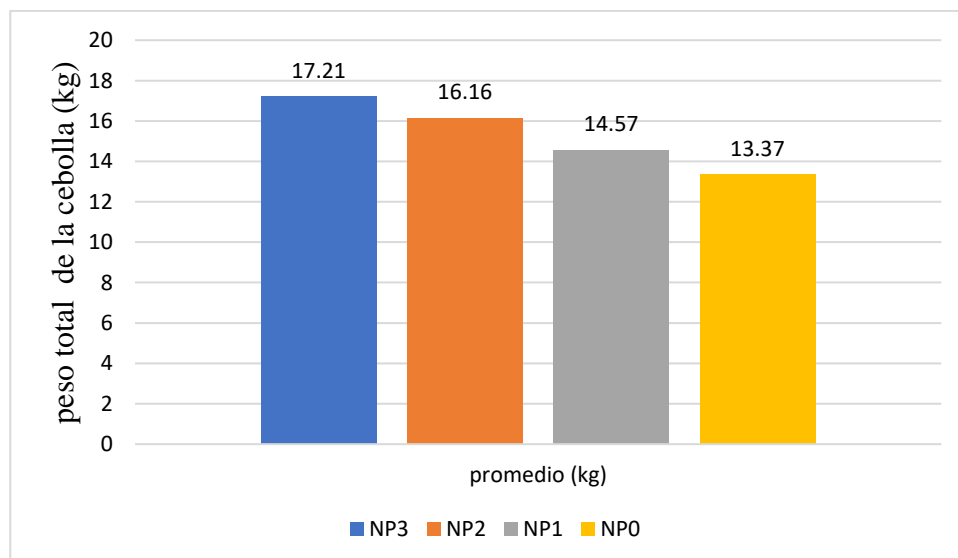
*Prueba Duncan ( $p \leq 0.05$ ) de efecto de nitrógeno fósforo (NP) en rendimiento total de cebolla*

Orden de mérito	Tratamientos de NP	Promedio (kg/3m <sup>2</sup> )	Promedio (kg/ha)	Sig. $\leq 0.05$
1	NP3	17.20	57 333.33	a
2	NP2	16.16	53 866.67	a b
3	NP1	14.57	48 566.67	b c
4	NP0	13.37	44 566.67	c

Medias con letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

**Figura 7**

*Rendimiento total de cebolla/parcela con fertilización de nitrógeno fósforo (NP)*



Los resultados obtenidos por Leon (2015), evidencian que a mayores niveles de nitrógeno correlativamente se obtiene mayores rendimientos en cebolla, así con 200 kg de N/ha, obtuvo un rendimiento de 45.60 t/ha, seguido del nivel de 150 kg de N/ha con 41.07 t/ha de rendimiento, y con el nivel más bajo de 100 kg de N/ha obtuvo un rendimiento de 30.07 t/ha. Sin embargo, mantuvo



constante en 68.8 kg de P/ha, para todos los tratamientos, sin considerar la relación proporcional indicada por Resh (1997) de 1: 0.3 que debe guardar entre N y P, según los requerimientos de la cebolla, pero coincidentemente el más alto rendimiento obtuvo con el nivel más alto de nitrógeno que se aproxima a esta proporción.

En comparación con los resultados obtenidos por Amaya y Méndez (2012) de las combinaciones de niveles de tratamientos NK de: 60, 120, 180 y 240 kg de N/ha; y 40, 80 y 160 kg de K<sub>2</sub>O/ha, utilizándose como dosis única 80 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha, que equivale a 34.4 kg de P/ha, en la var. Roja arequipeña; obtuvieron rendimientos crecientes conforme a mayores niveles de nitrógeno, pero consideran a la dosis de 120 kg de N/ha, como mejor para la producción y desarrollo de la cebolla, debido a que altos niveles de nitrógeno en el cultivo, genera mayores pérdidas durante el almacenamiento. Sin embargo, al realizar el cálculo de la proporción N:P de 1: 0.3, el nivel de 120 kg de N/ha, con 34.4 kg de P/ha, que es considerada mejor, tiene la proporción de 1: 0.28, mientras que los niveles más altos de nitrógeno que tienen proporción baja en fósforo tendrían problemas fitosanitarios en el almacenamiento.

#### **4.2. EFECTO DE LOS NIVELES DE AZUFRE (S) EN EL RENDIMIENTO DE CEBOLLA**

El azufre es uno de los nutrientes esenciales y principales para las plantas junto con el nitrógeno, el fósforo y el potasio; su deficiencia podría resultar en una menor calidad de cultivo, menor productividad y mayor susceptibilidad a ciertas enfermedades. El azufre inorgánico absorbido por las plantas, es sintetizado en aminoácidos azufrados como metionina y cisteína, proteína y metabolitos secundarios órgano-sulfurados con grandes beneficios para la salud. La oferta de azufre también está estrechamente



relacionada con la eficiencia de utilización de nitrógeno; en promedio, cada kilogramo de deficiencia de azufre, produce una posible pérdida de nitrógeno de 15 kg al medio ambiente Singh y Schwan (2011). A lo que agrega Sabino et al., (2007) que, la nutrición balanceada de las plantas implica una relación N/S de 10 a 15, o la proporción de 1:0.10 a 1:0.07 en relación a nitrógeno (S/N); es decir, por cada kilogramo de nitrógeno se debe agregar 100 a 70 gramos de azufre.

En consecuencia, los niveles de azufre se establecieron considerando la relación estequiométrica N:S de 10:1 o 1:0.1, resultando así: S0 = N 00: S 00, S1 = N 60: S 6, S2 = N 120: S 12, y S3 = N 180: S 18; de donde resulta los niveles de azufre: S0 = 00 kg de S/ha, S1 = 6 kg de S/ha, S2 = 12 kg de S/ha y S3 = 18 kg/ha.

#### **4.2.1. Efecto de azufre en altura de planta**

Según el análisis de varianza de los datos de altura de planta (ANEXO 2), muestra diferencias altamente significativas ( $p \leq 0.01$ ) entre los promedios de tratamientos con niveles de azufre; que, realizada su respectiva prueba de significancia (Tabla 11), indica que mayores alturas de planta se obtiene con niveles más altos de azufre, los tratamientos S3 (18 kg de S/ha) y S2 (12 kg de S/ha), con 81.55 y 80.60 cm de altura de planta, respectivamente, ocupan el primer lugar y no muestran diferencias estadísticas significativas ( $p \leq 0.05$ ). Mientras que la más baja altura de planta, significativamente inferior le corresponde al tratamiento sin aplicación de azufre S0 con 76.85 cm.

**Tabla 11**

*Prueba de Duncan ( $p \leq 0.05$ ) para el efecto de azufre (S) en altura de planta*

<b>Orden de mérito</b>	<b>Tratamientos de S</b>	<b>Promedio (cm)</b>	<b>Sig. <math>\leq 0.05</math></b>
1	S3	81.55	a
2	S2	80.60	a b
3	S1	80.23	b
4	S0	76.85	c

Medias con letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

El nitrógeno es el elemento que está más directamente relacionada al crecimiento de la cebolla; pero, el azufre coadyuva en la síntesis de los aminoácidos metionina y cisteína, formación de clorofila; activación enzimática en la fase lumínica de la fotosíntesis y en la fosforilación oxidativa; síntesis de biotina, tiamina y vitamina B1; conformación del glutatión y coenzima A; formación de glucósidos y otros metabolitos Lora et al., (2000). Por su parte Cabezas et al. (2005) al reportar el efecto de fertilización con azufre en la cebolla en los niveles de 00, 25, 50, 75 y 100 kg de S/ha, indica que la aplicación de azufre de la fuente sulfato de calcio tiene efectos significativos en el peso fresco de la planta. De la misma manera Barros-Milhomens et al. (2020) considera que, la aplicación de azufre afecta la productividad y la calidad del bulbo de cebolla; el trasplante es la etapa más recomendable para la aplicación del nutrimento, pues influye positivamente al cultivo de cebolla en todas las características

#### **4.2.2. Efecto de azufre en producción de bulbos de diámetro grande**

El análisis de varianza correspondiente al peso de bulbos grandes de ANEXO 3, para el efecto de niveles de azufre indica que, no hay diferencias

estadísticas significativas ( $p \leq 0.05$ ) entre los tratamientos considerados; la misma es confirmada con la prueba de significancia de la Tabla 12.

**Tabla 12**

*Prueba de Duncan ( $p < 0.05$ ) de efecto de azufre (S) en peso de bulbos de diámetro grande*

Orden de mérito	Tratamientos de S	Promedio (kg/3m <sup>2</sup> )	Promedio (kg/ha)	Sig. $\leq$ 0.05
1	S3	3.52	11 733.33	a
2	S1	3.29	10 966.67	a
3	S2	3.19	10 633.33	a
4	S0	2.75	9 166.67	a

Medias con letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

Los efectos de aplicación de niveles de azufre tuvieron respuesta similar, posiblemente porque se cosecharon al inicio de la formación de bulbos, antes de la maduración, estado fenológico que se comercializa preferentemente la producción local de la cebolla, es decir, es preferido por el consumidor con hojas turgentes y verdes.

#### **4.2.3. Efecto de azufre en producción de bulbos de diámetro mediano**

En el ANEXO 4 de análisis de varianza para peso de bulbos medianos, muestra diferencias estadísticas altamente significativas ( $p \leq 0.01$ ) para el factor variable azufre, lo que ha impulsado a realizar la prueba de comparaciones múltiples presentado en la Tabla 13, donde los tratamientos con azufre S1, S2 y S3, tienen similares pesos en producción de bulbos medianos de cebolla y muestran diferencia significativamente mayor en rendimiento que el testigo S0.



**Tabla 13**

*Prueba de Duncan ( $p < 0.05$ ) de efecto de azufre (S) en peso de bulbos de diámetro mediano*

<b>Orden de mérito</b>	<b>Tratamientos de S</b>	<b>Promedio (kg/3m<sup>2</sup>)</b>	<b>Promedio (kg/ha)</b>	<b>Sig. ≤ 0.05</b>
1	S3	12.83	42 766.67	a
2	S2	12.82	42 733.33	a
3	S1	12.32	41 066.67	a
4	S0	10.58	35 266.67	b

Medias con letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

Los resultados obtenidos en el presente estudio confirman que la fertilización con azufre incrementa el rendimiento de la cebolla, de tamaño mediano que es preferido en el mercado local. Asimismo, concuerda con Bornemisza (1990) al considerar que, la cebolla es uno de los cultivos que más consume el azufre, extrayendo en la cosecha de 37 t/ha, un total de 34 Kg de azufre, de éste, 22 en los bulbos y 12 en el follaje. Para reponer el azufre extraído sugiere aplicar hasta 41 kg de S/ha, con los que se puede obtener incrementos de hasta 19% en la cosecha.

#### **4.2.4. Efecto de azufre en el rendimiento total de la cebolla**

Conforme a los resultados de análisis de varianza que muestra el ANEXO 5, hay diferencias estadísticas altamente significativas ( $p \leq 0.019$ ) entre los niveles de azufre en estudio. En la Tabla 14 y Figura 8, se aprecia la prueba de comparación de medias Duncan a nivel del 0.05, donde todos los tratamientos con azufre (S1, S2 y S3), presentan rendimientos totales significativamente superiores



al testigo S0, cuyo rendimiento total de 44 433.33 kg/ha se considera más baja, bajo condiciones del presente trabajo.

**Tabla 14**

*Prueba Duncan ( $p \leq 0.05$ ) de efecto de azufre (S) en rendimiento total de cebolla*

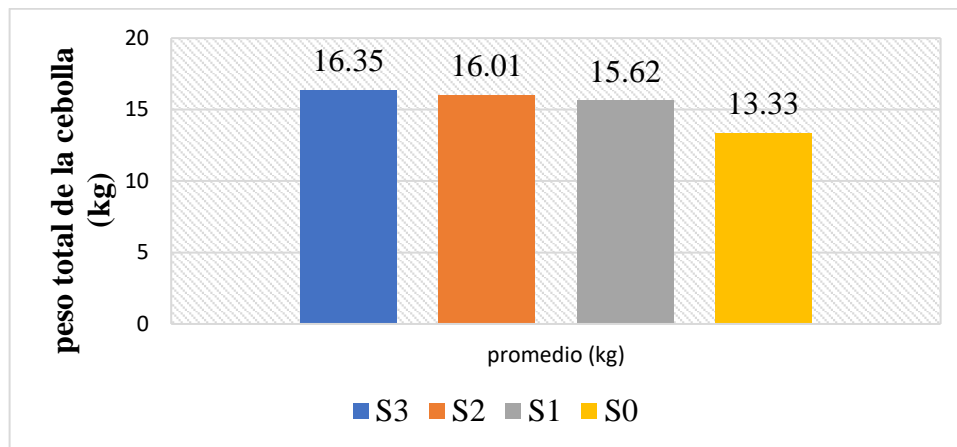
<b>Orden de merito</b>	<b>Tratamientos de azufre (S)</b>	<b>Promedio (kg/3m2)</b>	<b>Promedio (kg/ha)</b>	<b>Sig. <math>\leq 0.05</math></b>
1	S3	16.35	54 500.00	a
2	S2	16.01	53 366.67	a
3	S1	15.61	52 033.33	a
4	S0	13.33	44 433.33	b

Medias con letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

La aplicación de azufre al cultivo de cebolla, claramente incrementa los rendimientos totales; así, considerando como base (100%) el rendimiento S0 de 44 433.33 kg/ha, al aplicar S1 de 6 kg de S/ha el más bajo nivel, se obtiene 52 033.33 kg/ha de cebolla, que representa un incremento de 7 600 kg equivalente a 17% de aumento; de la misma manera el incremento en el rendimiento hasta 54 500.00 kg/ha, con el nivel S3 de 18 kg de S/ha, los rendimientos aumentarían hasta en 22.6 %. Estos beneficios incrementales son próximos a 19 % señalado por (Bornemisza, 1990).

**Figura 8**

*Peso total de cebolla (kg/parcela) con fertilización de azufre (S)*



Los niveles de azufre considerados en el presente trabajo en relación proporcional de N:S de 10 :1, son bastante bajos; en referencia al reporte de Barros-Milhomens et al., (2020), quienes obtuvieron mejores rendimientos productivos con 59.07 kg de S/ha para la variedad Dulciana y 73.34 kg de S/ha para el cultivar Vulkana. Sin embargo, Cabezas et al. (2005) encontraron efectos significativos con fertilización de sulfato de calcio, todos los niveles de tratamientos con azufre (25, 50, 75 y 100 kg de S/ha) en rendimiento total de la cebolla, los que fueron significativamente superiores al testigo. Confirmando que la fertilización con azufre incrementa el rendimiento total de la cebolla, aun utilizando niveles bajos de azufre.

Referente a estequiometría que debe existir entre nitrógeno y azufre de 10:1 para determinar niveles adecuados de aplicación de azufre, para el rendimiento total no muestran diferencias significativas entre estos niveles. Sin embargo, son significativamente superiores al testigo, aunque resultan ser muy bajos la cantidad de azufre para el cultivo de cebolla, tomando en consideración



las cantidades extraídas de nitrógeno y azufre. Así, para obtener 35 t/ha de cebolla, la FAO (2002), recomienda 120 kg de N/ha y 21 kg de S/ha, que resulta en la proporción 5.7: 1. Asimismo, Pacheco (2013) tomando el mismo criterio de rendimiento y de cantidades extraídas de nutrientes, reporta 149 kg de N/ha y 32.2 kg de S/ha, resultando en una relación N:S de 4.6:1. Pero, Hinojosa (1973) al realizar estudios sobre la influencia de azufre en el rendimiento de frijol, determina que la relación óptima N:S es de 17:1. Por lo que, se debe continuar realizando investigaciones para establecer la relación óptima para el cultivo de cebolla.

#### **4.3. FERTILIZACIÓN DE NITRÓGENO FÓSFORO Y AZUFRE (NPS) EN EL RENDIMIENTO TOTAL DE CEBOLLA**

##### **4.3.1. Efecto de NPS en altura de planta**

El efecto de nitrógeno, fósforo y azufre en altura de planta, se refiere a la interacción en los niveles de NP y S explorados, la cual se muestra en el ANEXO 2 de análisis de varianza, donde indica que hay diferencias altamente significativas ( $p \leq 0.01$ ) entre las interacciones NP y S. Los que se especifican mediante la prueba de comparación de medias de Duncan ( $p \leq 0.05$ ), en la Tabla 15 y Figura 9, donde se aprecia que nueve tratamientos muestran mejores y similares efectos significativos de la fertilización NP y S, en altura de planta, que varía de 81.57 cm para NP1 S2, hasta 84.32 cm para el tratamiento NP2 S3 con mayor altura de planta; desagregando se observa que, NP3 (180-54) tiene similar mayor altura para todos los niveles de azufre incluyendo al testigo S0, lo que indica para niveles altos de NP el determinante principal en altura de planta es el nitrógeno; en caso de niveles medio de NP2 (120-36) todas sus interacción que contienen azufre (S1, S2 y S3) a excepción S0, presentan mayores alturas de planta, lo que indica que

el azufre tiene efecto en altura de planta a niveles medios de fertilización; y las últimas interacciones que se encuentran en las de mejor altura de planta son NP1 S3 y NP1 S2, lo que demuestra que para niveles bajos de nitrógeno, contribuyen significativamente los niveles medio y alto de azufre en mayor altura de planta

**Tabla 15**

*Prueba de Duncan ( $p \leq 0.05$ ) para el efecto nitrógeno fósforo y azufre (NPS) en altura de planta*

<b>Orden de merito</b>	<b>Nitrógeno Fosforo</b>	<b>Azufre (S)</b>	<b>promedio (cm)</b>	<b>Sig. <math>\leq 0.05</math></b>
1	NP2	S3	84.32	a
2	NP3	S0	83.16	a
3	NP3	S1	82.95	a b c
4	NP3	S2	82.63	a b c
5	NP2	S2	82.47	a b c
6	NP3	S3	82.2	a b c
7	NP2	S1	82.13	a b c
8	NP1	S3	81.94	a b c
9	NP1	S2	81.57	a b c
10	NP1	S1	80.33	b c d
11	NP1	S0	80.07	c d
12	NP2	S0	78.92	D
13	NP0	S3	77.73	d e
14	NP0	S2	75.73	e
15	NP0	S1	75.49	e
16	NP0	S0	65.22	f

Medias con letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

Además, la Tabla 15 muestra, el efecto positivo del azufre en altura de planta, sin el uso de fertilización NP (00-00), cuando el tratamiento NP0 S0



(testigo) ocupó el último lugar con 65.22 cm. Sin embargo, con solo agregar azufre al nivel más bajo (S1) aumenta significativamente la altura de planta, siendo así que NP0 S3, NP0 S2 y NP0 S1 son similares en altura de planta y superior al testigo NP0 S0.

El nitrógeno es un elemento esencial, que limita el rendimiento de los cultivos, en la cebolla debido a su sistema radicular poco profundo, la eficiencia de uso de fertilizante de N es baja y la pérdida por lixiviación de nitratos es elevada. En término medio el 65 % de nitrógeno total de biomasa aérea se encuentra en los bulbos en el momento de la cosecha y el 35 % está en las hojas. La disponibilidad de nitrógeno durante el cultivo influye en la calidad de los bulbos, aumenta el tamaño de bulbos y el exceso incide en el cuello grueso, brotación y pudrición en el almacén (Geisseler et al., 2022).

Amaya y Méndez (2012) al realizar estudios sobre los efectos de fertilización NK, explorando los niveles de 60-120-180 y 240 kg de N/ha, niveles de 40, 80 y 160 kg de K/ha, y un nivel constante de 80 kg de P, concluyeron que el nitrógeno tiene efecto significativo y una respuesta lineal ascendente, a dosis crecientes para la altura de planta en cebolla cv. roja arequipeña, estimando en 120 kg de N/ha y 44.9 cm a 90 días después del trasplante, la dosis para mejor producción y desarrollo de la cebolla; ya que el exceso limitaría la producción y aumentaría las pérdidas en el almacenamiento.

Por su parte Cabezas et al., (2005) al reportar el efecto de fertilización con azufre en la cebolla en los niveles de 00, 25, 50, 75 y 100 kg de S/ha, indica que la aplicación de azufre de la fuente sulfato de calcio tiene efectos significativos en el peso fresco de la planta, debido a que fueron superiores al testigo, destacando el nivel de 50 kg de S/ha. De la misma manera Barros-Milhomens et al. (2020)



indica que la aplicación de azufre se recomienda en el trasplante, porque influye positivamente al cultivo de cebolla en durante su crecimiento. Sin embargo, debe haber una interacción nitrógeno- azufre adecuada, porque ambos tienen acción sinérgica en el rendimiento, según los requerimientos del cultivo, si se suministra en cantidades apreciables de uno y escaso el otro, las deficiencias serán fuertes (Bornemisza, 1990).

#### **4.3.2. Efecto de NPS en el rendimiento total de la cebolla**

Al analizar el ANEXO 3, ANEXO 4 y ANEXO 5 de análisis de varianza de pesos de bulbo grandes, medianos y total, no muestran diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ) para interacción NP\*S, lo que indica efecto independiente de cada factor variable. En consecuencia, el efecto de nitrógeno, fósforo y azufre en el rendimiento de cebolla, se discute en base a las Tablas 10 y 14 de efectos de NP y S respectivamente, de rendimiento total de cebolla.

De acuerdo a los datos que muestra la Tabla 10, los mayores rendimientos se obtienen con niveles de fertilización nitrógeno-fósforo de NP3 (180-54) y NP2 (120-36), con rendimientos promedio de 57 333.33 y 53 866.67 kg/ha respectivamente. En consecuencia, los niveles de fertilización NP recomendados, para condiciones agroecológicas similares ocurridas durante la conducción del presente estudio, son 120 a 180 kg de N/ha y su correspondiente proporción estequiométrica (N:P de 1:0.3) de fósforo de 36 a 54 kg de P/ha.

En caso de nivel de fertilización con azufre, que reporta significativamente los mayores rendimientos de cebolla en relación al testigo (Tabla 14), los tratamientos que contienen azufre en proporción estequiométrica N:S de 10:1, correspondiente a S1, S2 y S3, con rendimientos de 52 033.33, 53 366.67 y 54



500.00 kg/ha respectivamente. Resultado de esta manera que, para obtener mayores rendimientos en la producción cebolla, conducidas bajo condiciones agroecológicas similares del presente estudio, se debe aplicar entre 06 a 18 kg de S/ha, debido a que no muestran diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ) entre los rendimientos totales de cebolla entre los niveles de fertilización con azufre.

Barros-Milhomens et al., (2020) realizaron estudios sobre el efecto de fertilización con azufre en dos variedades de cebolla, utilizando la formulación base de N-P- K de 120-150 -180 kg/ha y obtuvieron mejor rendimiento productivo con 59 kg de S/ha para la var. Dulciana y 73 kg de S/ha para el cv. Vulcana. De la misma manera Prieto y Reyes (1995), para obtener 25 t/ha de cebolla indica que debe fertilizarse con 60 kg de S/ha para obtener buenos rendimientos. Sin embargo, Peña et al., (1999) utilizando fertilización de 120 kg de N/ha, 60 kg de P y 120 kg de K, no obtuvo efectos significativos de azufre en relación al testigo, aplicando 16 kg de S/ha. Los autores citados divergen en la proporción N:P (1:0.3) explorados, en el primer reporte N: P de 120:64.5 (1:0.5) es superior y en el segundo caso 120:25.8 (1:0.2) es ligeramente inferior al considerado en el presente estudio. Por otro lado, el nivel de fertilización con azufre recomendado por Barros-Milhomens et al., (2020) de nitrógeno y azufre de 120 y 60 que corresponde a la relación N:S de 1:0.5, es cinco veces superior a la relación proporcional (1:0.1) considerada en el presente estudio. Pero, el reporte de Peña et al. (1999) de 16 kg de S/ha, al que no obtuvo diferencia significativa respecto al testigo, guarda una relación N:S (120:16) de 1: 0.13 aproximado a la proporción explorado en el presente estudio, que resulta siendo inferior a los niveles óptimos de azufre citados y sería una de las razones posibles por las que no muestran diferencias significativas entre los niveles S1, S2 y S3.





Desde el punto de vista de los requerimientos de nutrientes, FAO (2002) recomienda que, cultivos y variedades diferentes necesitan cantidades específicas de nutrientes. Además, la cantidad de nutrientes requerida depende en gran parte del rendimiento esperado del cultivo. Las necesidades de nutrientes de cultivo depende en buena medida del respectivo nivel de rendimiento, los que se pueden obtener diferentes cantidades de nutrientes extraídas. Indicando que para obtener 35 toneladas de cebolla, requiere 120-22-133-21 kg de NPKS/ha, que corresponde a la relación estequiometría de 1:0.2:1.1:0.2.

Asimismo, Horneck (2004) considera que para obtener un rendimiento de 94 t/ha de bulbos de cebolla, absorbe 157 kg de N/ha, 22 a 28 kg de P (50 a 62 kg de  $P_2O_5$ ) y la remoción de potasio de 120 a 174 kg de K/ha (145 a 210 kg de  $K_2O$ ) y 40 a 45 kg de S/ha, que según relación proporcional NPKS resulta: 1:0.2:1.1:0.3. Por su parte, Soto (1987) al realizar estudios en zonas de mayor producción de cebolla, observó importantes tendencias de respuesta principalmente con N, P y S, considera que los mayores incrementos de producción se obtienen a dosis de 150 a 300 kg de N/ha, sugiriendo utilizar 50 kg de S/ha y para formulaciones específicas se debe tomar en cuenta la concentraciones de nutrientes del suelo. En este caso la relación N:S resultante es 1:0.3 para 150 N y 50 S; si se considera 300 N y 50 S la relación es 1:0.2

Bornemisza (1990) indica que, la cebolla es uno de los cultivos que más consume el azufre, una cosecha de 37 t/ha, extrae 34 Kg de azufre y para reponer el azufre extraído se sugiere aplicar hasta 41 Kg S/ha. Asimismo, Prieto y Reyes (1995) fertilizando con 60 kg de S/ha, obtuvo un rendimiento de 25 t/ha, estimando que la cebolla ha extraído 20 kg de S/ha. Comparando con los niveles de azufre considerado en el presente trabajo, los requerimientos de la cebolla son



mayores y están directamente relacionados al rendimiento esperado y la cantidad extraída es un referente importante a la que se debe agregar fertilizante azufrada, para establecer el nivel adecuado de formulación, considerando además el contenido de azufre del suelo.

Es importante tomar en cuenta en la fertilización de la cebolla y otros cultivos, los requerimientos de nutrientes y la cuantía de extracción según el rendimiento esperado y la formulación de cada macronutriente debe guardar una relación proporcional para aumentar su eficiencia de uso. Así como indica Carciochi et al. (2020) para la gestión simultánea de nitrógeno y azufre, considera crítica aumentar su eficiencia de uso y mejor productividad de los cultivos y reducir la huella medio ambiental.

En conclusión, para una gestión simultánea de fertilización NPS en cebolla, a la luz de los reportes y los resultados del presente estudio, la proporción N:P puede mantenerse, por cuanto todo el fósforo es más estable y de lenta disponibilidad. En cambio la relación N:S debe ser mayor a 1:0.2, para el cultivo de cebolla, debido a que el azufre es inestable, está estrechamente relacionada a la producción de compuestos organosulfurados benéficos para la salud y le confiere calidad a la cebolla. Definiendo utilizar 120 a 180 kg de N/ha para obtener mayores rendimientos, en condiciones agroecológicas similares al presente estudio y mantener la relación N:P; y en la formulación de fertilizantes agregar el azufre que incrementa significativamente la producción de cebolla, proponiendo el siguiente relación proporcional: 1:0.3:0.3 de N:P:S, como base para continuar investigaciones de uso eficiente de nutrientes minerales y determinar niveles óptimos de fertilización según el rendimiento esperado para cada zona agroecológica.



## V. CONCLUSIONES

- Mayores y estadísticamente similares rendimientos totales de cebolla se logró con niveles de fertilización nitrógeno-fósforo de NP3 (180-54) con rendimiento promedio de 57 333.33 y NP2 (120-36), con 53 866.67 kg/ha respectivamente, formulados en relación proporcional N:P de 1:03, siendo la mejor formulación 120 a 180 kg de N/ha y de 36 a 54 kg de P/ha, con las que se obtiene altos rendimientos.
- La fertilización con azufre al cultivo de cebolla, incrementa significativamente el rendimiento total, debido a que los tratamientos S1 (6 kg de S/ha) con 52 033.33, S2 (12 kg de S/ha) 53 366.67 y S3 (18 kg de S/ha) 54 500.00 kg/ha de rendimientos correspondientes, no muestran diferencias estadísticas significativas entre ellos y son significativamente superiores al testigo S0 (44 433.33 kg/ha), incrementando de 17 a 22.60 % el rendimiento total
- El análisis de los resultados de rendimiento total, no muestra interacción significativa entre los niveles NP y S, que para obtener mayores rendimientos se debe usar los niveles de 120 a 180 kg de N/ha, de 36 a 54 kg de P/ha y agregar en la formulación mínimo de 6 a 18 kg de S/ha.



## VI. RECOMENDACIONES

- Con fines de obtener mayores rendimientos con la fertilización de nitrógeno fósforo en el cultivo de cebolla (*Allium cepa* L. ) cv. Roja arequipeña, se recomienda la dosis de fertilización con 120 a 180 kg de N/ha y 36 a 54 kg P/ ha.
- Incluir en la formulación de fertilización NPK el S en cultivo de cebolla (*Allium cepa* L.), con la finalidad de incrementar los rendimientos.
- Continuar realizando investigaciones sobre el uso eficiente de nutrientes minerales en cebolla, explorando mayores niveles de azufre y acorde a los requerimientos del cultivo.
- En la formulación de fertilización considerar la relación estequiométrica de acuerdo a los requerimientos y los rendimientos esperados, considerando como propuesta inicial de: 1:0.3:0.2 de N:P:S, es decir por cada kg de N, usar 300 gramos de fósforo y 200 g de azufre.



## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almeyda, D. A. (2018). "Grosor de plantula en la produccion y calidad de cebolla (*Allium cepa* L.) cv. "Santa Rita." Lima, peru: Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Álvarez-Hernández, J., Venegas, S., Soto, C., Chávez, A., & Zavala, L. (2011). Uso de fertilizantes químicos y orgánicos en cebolla (*Allium cepa* L.) en Apatzingán, Michoacán, México. *Avances En Investigación Agropecuaria*, 15, 29–43.  
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=83719236003>
- Amaya, J. E., & Méndez, E. F. (2012). Crecimiento de cebolla ( *Allium cepa* L .) var . “ Roja Arequipeña ” en función de la fertilización NxK. *revista: Scientia Agropecuaria* 3(1): 07 - 14. 1, 14. [www.sci-agropecu.unitru.edu.pe](http://www.sci-agropecu.unitru.edu.pe)
- Arteaga, R. J. (2016). Manejo agronómico de (*Allium cepa* L.) variedad Roja Arequipeña sembrado en rotación con hortalizas en Faclo Grande, La Libertad. Trujillo, peru: Universidad Nacional de Trujillo.  
<https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/2996004>
- Azcón-Bieto, J., & Talón, M. (2013). Fundamentos de fisiología vegetal. Primera edición. McGraw-Hill Interamericana de España S. L. Publicacions y Edicions de la Universitat de Barcelona.
- Banda, K. F. (2020). Comportamiento de la Cebolla Roja (*Allium cepa* L.) cv. ‘Pinta F1’ con tres Densidades de Plantacion y tres niveles de fertilizacion en zona Arida. Arequipa, Perú: Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.  
<https://repositorio.unsa.edu.pe/server/api/core/bitstreams/a157d4f8-1f4a-42f0-9cab-a1ea43b81fc6/content>
- Barros-Milhomens, K. Iar., Pascual-Reyes, I. Dolores Tavares, A., Porto-da-Silva-, D.



- A., & de-Freitas, J. André Rodrigues, I. (2020). Etapa de aplicación de azufre sobre productividad de bulbos de cebolla (*Allium cepa* L.). *revista agrociencia* 54: 75-87. 1-14. [file:///C:/Users/User/Downloads/preditor,+Coordinador+de+producción,art-1\\_1871\\_1996\(6\).pdf](file:///C:/Users/User/Downloads/preditor,+Coordinador+de+producción,art-1_1871_1996(6).pdf)
- Bazan, A. M., & Rodriguez, J. L. (2010). Determinacion de dosis optima de Nitrogeno en dos Híbridos de cebolla (*Allium cepa* L.) en Manglaralto, Cantón Santa Elena. La Libertad, Ecuador: Universidad Estatal Península de Santa Elena.
- Bermúdez, T. F. (2019). "Eficiencia De Factores Productivos Y Optimización Económica En El Proceso De Innovación Agrícola Sobre La Oferta De La Cebolla Roja" Lima, Perú: Universidad Nacional Agraria La Molina. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/4204/bermudez-reyes-teofilo-fredy.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Blanco, E. (2017). "Efecto de tres dosis de biol en el cultivo de cebolla (*Allium cepa* L.) en el Centro de Investigación y Producción - Camacani". Puno, Perú: Universidad Nacional del Altiplano.
- Bornemisza, E. (1990). Problemas del azufre en los suelos y cultivos de mesoamérica. Ed Univ. Costa Rica. Editorial de la Universidad de Costa Rica.
- Brack, C., & Mendiola, P. (2004). Ecología del Perú. 2da Ed. Editorial Bruño. Lima-Perú. 495. <https://doi.org/10.1002/hyp.9418>
- Burgos, L. H., & Mendoza, J. F. (2018). Analisis Sectorial de la Cebolla Roja en el Peru. Universidad de Piura.
- Cabezas, M., Lora, R., Rojas, J. R., & Morales, E. A. (2005). Efecto de la fertilización con azufre en la cebolla rama (*Allium fistulosum* L.) en el municipio de Carmen de Carupa. Cundinamarca. *Revista UDCA. Actualidad & Divulgación Científica*, 8(2),



141–149. <https://repository.udca.edu.co/handle/11158/2857>

Carciochi, W. D., Salvagiotti, F., Pagani, A., Reussi, N. I., Eyherabide, M., Sainz, H. R., & Ciampitti, I. A. (2020). Nitrogen and sulfur interaction on nutrient use efficiencies and diagnostic tools in maize. *European Journal of Agronomy*, 116(January), 126045. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2020.126045>

Casseres, E. (1981). Producción de Hortalizas. - 3 ed. la. reimpression. - San José, Costa Rica: IICA, 1981. 307 p.

DGCA. (2013). principales Aspectos Agroeconómicas de la Cadena Productiva de Cebolla. Lima, Peru (1ra ed.) 37p.

DRA-PUNO. (2023). Serie histórica de la producción agrícola. Dirección Regional Agraria Puno. <https://www.agropuno.gob.pe/informacion-estadistica/estadistica-agricola/>

DRAT. (2018). Cebolla - Producción, Superficie Cosechada, Rendimiento y precio en chacra y exportacion. 10p. [https://www.agritacna.gob.pe/gestores/estadistica/of\\_ol\\_estadidet\\_e/archivos/4065282725\\_6941095263.pdf](https://www.agritacna.gob.pe/gestores/estadistica/of_ol_estadidet_e/archivos/4065282725_6941095263.pdf)

Enciso, C., Vera, P., Santacruz, A., & González, J. (2019). Guía Técnica de cultivo de cebolla: proyecto paquetes tecnologicos-FCA/Universidad Nacional de Asunción y la (JICA) (p. 68). [https://www.jica.go.jp/paraguay/espanol/office/others/c8h0vm0000ad5gke-att/gt\\_02.pdf](https://www.jica.go.jp/paraguay/espanol/office/others/c8h0vm0000ad5gke-att/gt_02.pdf)

FAO. (2002). Fertilizantes y su uso. Asociación Internacional de la Industria de los Fertilizantes-IFA. 801–808. <https://doi.org/10.1111/j.1440-1681.1993.tb03018.x>



- Fornaris, G. j. (2012). Conjunto Tecnológico Para la Producción de Cebolla - Características de la planta. 156p.
- Fritsch, R. M., & Friesen, N. (2002). Evolution, domestication and taxonomy. In *Allium crop science: recent advances*. <https://doi.org/10.1079/9780851995106.0005>
- Geisseler, D., Ortiz, R. S., & Diaz, J. (2022). Nitrogen nutrition and fertilization of onions (*Allium cepa* L.)—A literature review [Elsevier B.V.]. In *Scientia Horticulturae* (Vol. 291). <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.110591>
- Grace, B. (1988). El clima del altiplano: Departamento de Puno, Perú. Estación Experimental Illpa. Instituto Nacional de Investigación y Promoción Agropecuaria (INIPA). Agencia Canadiense para el Desarrollo Internacional, Convenio Perú-Canadá.
- GRAL. (2020). La cebolla en Cifras. [http://www.agrolalibertad.gob.pe/sites/default/files/BOLETÍN\\_CEBOLLA.pdf](http://www.agrolalibertad.gob.pe/sites/default/files/BOLETÍN_CEBOLLA.pdf)
- Güemes, M. J., Ayala, A., Ramirez, S., & Osuna, F. de Jesús. (2012). Comportamiento De Cinco Cultivares De Cebolla En Fecha Tardía En Atlacholoaya, Morelos. *Agricultura Sostenible*, 7, 11. <https://www.researchgate.net/publication/278849532%0ACOMPORTAMIENTO>
- Horneck, D. A. (2004). Manejo de nutrientes en cebolla. *Informaciones Agronómicas* (Vol. 88). [http://www.ipni.net/publication/ia-lahp.nsf/0/C61408AECF139CA5852579A3006D823A/\\$FILE/Manejo de Nutrientes en Cebolla.pdf](http://www.ipni.net/publication/ia-lahp.nsf/0/C61408AECF139CA5852579A3006D823A/$FILE/Manejo_de_Nutrientes_en_Cebolla.pdf)
- Ibañez, V. (2009). Análisis y diseño de experimentos. 449p.
- IPNI. (1999). Functions of Phosphorus in Plants. In *Better Crops* (Vol. 83, Issue 1).





- [http://www.ipni.net/publication/bettercrops.nsf/0/53639639D7A590D68525798000820183/\\$FILE/Better Crops 1999-1 p06.pdf](http://www.ipni.net/publication/bettercrops.nsf/0/53639639D7A590D68525798000820183/$FILE/Better Crops 1999-1 p06.pdf)
- Jara, K. E. (2022). Produccion y Exportacion de Cebolla Amarilla Dulce de la Empresa Shuman Produce Peru SAC, al Mercado de Estados Unidos - 2021 lima, Perú: Universidad Privada de Norte.
- Leon, S. S. (2015). Niveles de nitrogeno y fitoreguladores en el bulbeo de la cebolla (*Allium cepa* L.). Cultivar - Roja Ilabaya. (Tesis ingeniería Agronómica). Tacna, Perú: Universidad Nacional Jorge Basadre Grohman.  
<http://repositorio.unjbg.edu.pe/handle/UNJBG/1790>
- Lima, U. K. (2019). Efecto de abonos orgánicos en el rendimiento de cebolla (*Allium cepa* L.) en el distrito de Ilave - El Collao. Puno, Perú: Universidad Nacional del Altiplano.  
[http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/11427/Lima\\_Encinas\\_Ulises\\_Kimper.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/11427/Lima_Encinas_Ulises_Kimper.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- López, G. A., Gastélum, S. A., Díaz, T., Ayala, F., Madueño, J. I., & López, C. A. (2017). Incremento del tamaño y peso del bulbo de cebolla (*Allium cepa* L.) por translocación de nutrientes. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 8(7), 1647–1652. <https://doi.org/10.29312/remexca.v8i7.519>
- Lora, R., Guerrero, R., Sánchez, M. E., & Fierro, B. (2000). Respuesta de la papa criolla a nitrógeno y azufre en Cundinamarca. *Rev. U.D.C.A, Actualidad & Divulgación Científica* (Colombia). 3(1):36-41.  
<https://repository.udca.edu.co/handle/11158/2857>
- Maroto, J. V. B. (2002). Horticultura herbácea especial. 5ta Edición. Ediciones Mundi Prensa, Barcelona, España. 704p.



- MIDAGRI. (2021). Cebolla: Semana Nacional de Frutas y Verduras 2021. Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. lima-perú.  
<https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1828920/Dossier Cebolla.pdf>
- MINAGRI. (2017). Requerimientos Agroclimáticos del cultivo de cebolla - *SENAMHI, Peru. Ficha Técnica N° 17*. file:///C:/Users/User/Downloads/ficha-tecnica17-cultivo-cebolla (13).pdf
- MINAGRI. (2022). Estadísticas de la Producción de Cebolla a Nivel Nacional - Peru.  
[https://siea.midagri.gob.pe/portal/siea\\_bi/index.html](https://siea.midagri.gob.pe/portal/siea_bi/index.html)
- MINCETUR. (2016). Análisis integral de la logística en el Perú. 5 cadenas de exportación. cebolla.
- Moreira, A., & Hurtado, G. (2005). Cultivo de la cebolla. Guía técnica. Centro Nacional de Tecnología agropecuaria y forestal (CENTA). El Salvador (p. 27).  
<http://simag.mag.gob.sv/uploads/pdf/2014120114434.pdf>
- Muggi, K. J. G. (2022). Efecto de cinco dosis de fertilización NPK en el rendimiento de cebolla (*Allium cepa* L.) variedad roja arequipeña en Yanahuanca - Pasco. cerro de pasco, Perú: Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión.  
[http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/3067/1/T026\\_72233763\\_T.pdf](http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/3067/1/T026_72233763_T.pdf)
- Nicho, P., Loayza, J., Cahuas, J., & Cosme, R. (2010). Descripción Agronómica De Cultivares y Selecciones Locales De Cebolla Roja (*Allium cepa* L. *Typicum*) Bajo Condiciones Del Valle De Huaral. [http://pgc-snia.inia.gob.pe:8080/jspui/bitstream/inia/1017/3/Nicho-Descripción\\_agronomica\\_cultivares\\_selección\\_local\\_cebolla\\_roja\\_valle\\_Huaral.pdf](http://pgc-snia.inia.gob.pe:8080/jspui/bitstream/inia/1017/3/Nicho-Descripción_agronomica_cultivares_selección_local_cebolla_roja_valle_Huaral.pdf)
- Pacheco, I. (2013). Curva de absorción de nutrientes en cebolla *Allium cepa* cv.



- Aquarius y ajo *Allium sativum* cv. Criollo. Universidad de Costa Rica.  
<http://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080/jspui/bitstream/123456789/2508/1/36553.pdf>
- Palomino, J. Q. (2008). Producción de cebollas (Perú). Monografía publicada en [monografias.com](http://monografias.com). Universidad San Martín de Porres. Facultad de Ciencias Administrativas y Recursos Humanos. Lima, Perú.
- Paz, W. M. (2018). Adaptabilidad de tres variedades de cebolla roja (*Allium cepa* L.), bajo las condiciones climáticas del distrito de Lamas – Región San Martín. Tarapoto, Perú: Universidad Nacional de San Martín.  
<https://repositorio.unsm.edu.pe/handle/11458/3373>
- Peña, C., Añez, B., & Dávila, M. (1999). Respuesta de la cebolla (*Allium cepa* L.) a la aplicación de azufre, magnesio, cinc y boro en un suelo alcalino. *Revista Forestal Venezolana*, 43(2), 173–182.
- Perdomo, C., & Barbazán, M. (2010). Nitrógeno Cátedra de Fertilidad de suelos y Fertilizantes. Dpto. de publicaciones de Facultad de Agronomía. Consultado 25 setiembre 2019. en Área De Suelos Y Aguas (Vol. 1).  
<http://www.fagro.edu.uy/~fertilidad/publica/Tomo N.pdf>
- Pinzón, H. (2008). Botánica Morfología y Fisiología: Corpoica-ICA (p. 6).  
[https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/1566/38900\\_21812.pdf?sequence=1](https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/1566/38900_21812.pdf?sequence=1)
- Prieto, B., & Reyes, S. (1995). Necesidades de N,P y K para cebolla considerando el análisis de suelo. *Ciencia e Investigación Agraria*, 20(3), 169–172.
- Quispe, M. (2011). Comportamiento productivo de la cebolla (*Allium cepa* L.) bajo diferentes tipos de fertilizantes orgánicos en Viacha. La Paz, Bolivia: Universidad Mayor de San Andrés.



- Resh, H. M. (1997). Cultivos hidropónicos. Cuarta Edición. Ediciones Mundi-Prensa. México.
- Rodriguez, N., & Belmar, C. (2012). Efecto de dosis, fuentes y formas de aplicacion de nitrogeno, fósforo y potasio en la produccion y calidad de bulbos de cebolla (*Allium cepa* L.) chile: Instituto de Investigaciones Agropecuarias. [https://oes.chileanjar.cl/files/V59I2A05\\_es.pdf](https://oes.chileanjar.cl/files/V59I2A05_es.pdf)
- Romay, P. (2016). Comportamiento Agronómico de Tres Variedades de Cebolla (*Allium cepa* L.) Bajo Tres Densidades de Siembra en Almacigo en la Estacion Experimental de Patacamaya La Paz, Bolivia: Universidad Mator de San Andrés. <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/10332/T-2317.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- Sabino, H., Lavres, J., & Ferreira, M. (2007). Azufre como nutriente y agente de defensa contra plagas y enfermedades. Informaciones Agronómicas, International PLant Nutrition Institute-IPNI. 65p. <http://exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/AzufrecomoNutrienteyAgentedeDefensa.pdf>
- SENASA-MIDAGRI. (2020). Guía para la implementación de buenas prácticas agrícolas (BPA) para el cultivo de cebolla. 87p. [www.minagri.gob.pe](http://www.minagri.gob.pe)
- Singh, S. P., & Schwan, A. L. (2011). Sulfur metabolism in plants related biotechnologies. Plant Systems. 257-271. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-088504-9.00268-3>
- Solano, M. A. (2017). Taxonomía vegetal. Facultad de Ciencias Agrarias. puno, Perú: Universidad Nacional del Altiplano.
- Soto, J. A. (1987). Requerimientos nutricionales de la cebolla (*Allium cepa*) en los suelos



de la región norte de Cartago. I. respuesta a N, P, K y S. *Revista Agronomía Costarricense*, 11(2), 239–243.

Suca, A. M. (2012). Curso de cultivo de hortalizas. Departamento Académico de Agricultura. Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica. Facultad de Ciencias Agrarias. puno, Perú: Universidad Nacional del Altiplano. 91 p. 3(1).  
<https://doi.org/10.17584/rcch.2009v3i1.1198>

Tello, L. D. (1999). Efecto De La Aplicación Directa E Indirecta De Azufre En Los Cultivos De Cebolla Y Papa Bajo Condiciones De Campo E Invernadero. Lima, Perú: Universidad Nacional Agraria La Molina.  
<https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/1775/F04-T44-T.pdf?sequence=8&isAllowed=y>



## ANEXOS

**ANEXO 1.** Datos de evaluación de altura, de bulbo grande, mediano y peso total.

<b>NP</b>	<b>S</b>	<b>Bloques</b>	<b>Altura de planta promedio (cm)</b>	<b>Peso de bulbo grande promedio (kg/3m2)</b>	<b>Peso de bulbo mediano promedio (kg/3m2)</b>	<b>Peso total de bulbo (kg/parc)</b>
NP0	S0	I	65.19	2.165	9.25	11.41
NP0	S0	II	65.37	1.345	7.03	8.37
NP0	S0	III	65.11	1.620	8.67	10.29
NP0	S1	I	75.12	2.240	9.27	11.51
NP0	S1	II	76.15	3.090	10.60	13.69
NP0	S1	III	75.20	2.250	12.09	14.34
NP0	S2	I	75.11	4.390	11.45	16.84
NP0	S2	II	77.45	3.160	12.40	15.56
NP0	S2	III	74.62	2.530	10.48	12.01
NP0	S3	I	77.10	4.265	11.21	15.48
NP0	S3	II	79.91	5.560	10.87	17.43
NP0	S3	III	76.18	2.970	11.56	13.53
NP1	S0	I	81.27	3.780	11.01	14.79
NP1	S0	II	79.25	1.225	9.09	10.32
NP1	S0	III	79.70	2.280	10.20	12.48
NP1	S1	I	82.46	4.565	10.70	15.27
NP1	S1	II	79.56	2.685	9.14	10.82
NP1	S1	III	78.98	3.051	10.51	14.56
NP1	S2	I	83.62	2.325	12.51	14.83
NP1	S2	II	79.68	2.820	10.56	12.38
NP1	S2	III	81.42	3.460	13.36	17.82
NP1	S3	I	81.94	3.015	13.83	16.84
NP1	S3	II	80.06	3.255	12.77	16.03
NP1	S3	III	83.82	4.240	14.47	18.71
NP2	S0	I	79.30	3.040	11.18	14.22



NP2	S0	II	78.54	2.325	14.07	16.39
NP2	S0	III	78.92	2.111	9.74	11.85
NP2	S1	I	82.73	3.335	15.50	18.83
NP2	S1	II	81.18	2.680	12.30	14.98
NP2	S1	III	82.49	2.710	14.45	17.16
NP2	S2	I	82.47	3.955	12.40	16.35
NP2	S2	II	80.87	3.170	14.72	17.89
NP2	S2	III	84.07	2.830	13.99	16.82
NP2	S3	I	83.38	4.350	13.16	17.51
NP2	S3	II	86.70	2.340	13.05	15.39
NP2	S3	III	82.88	3.760	12.82	16.58
NP3	S0	I	83.16	4.890	11.74	16.63
NP3	S0	II	81.37	5.080	13.61	19.69
NP3	S0	III	84.96	3.195	11.37	13.57
NP3	S1	I	84.59	5.450	12.02	17.47
NP3	S1	II	82.95	3.820	14.94	18.76
NP3	S1	III	81.31	3.650	16.34	19.99
NP3	S2	I	83.80	2.050	13.59	15.64
NP3	S2	II	81.63	4.055	14.30	18.35
NP3	S2	III	82.45	3.540	14.14	17.68
NP3	S3	I	82.01	2.065	11.98	14.05
NP3	S3	II	82.39	3.635	16.23	19.86
NP3	S3	III	82.21	2.800	12.00	14.80

**ANEXO 2.** Análisis de varianza para la altura de planta de cebolla por efecto de nitrógeno  
fosforo (NP) azufre (S)

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>G.L</b>	<b>C.M</b>	<b>Fc</b>	<b>P - Valor</b>	<b>Sig.</b>
Bloques	3.86	2	1.93	0.92	0.4086	n.s
NP	646.04	3	215.35	102.96	<0.0001	**
S	151.31	3	50.44	24.11	<0.0001	**
NP*S	189.03	9	21.00	10.04	<0.0001	**
Error	62.75	30	2.09			



Total 1052.99 47

CV = 1.81 %

**ANEXO 3.** Análisis de varianza de peso (g) de bulbos de mayor diámetro por efecto de nitrógeno fosforo (NP) azufre (S)

F.V.	SC	gl	CM	Fc	P-valor	Sig.
Bloques	1.05	2	0.52	0.59	0.5627	n.s
NP	4.00	3	1.33	1.49	0.2370	n.s
S	3.72	3	1.24	1.39	0.2656	n.s
NP*S	16.69	9	1.85	2.08	0.0648	n.s
Error	26.81	30	0.89			
Total	52.26	47				

CV 29.63 %

**ANEXO 4.** Análisis de varianza de peso (g) de bulbos de diámetro mediano por efecto de nitrógeno fosforo (NP) azufre (S)

F.V.	SC	gl	CM	Fc	P-valor	sig
Bloques	0.58	2	0.29	0.14	0.8703	n.s.
NP	75.12	3	25.04	12.05	<0.0001	* *
S	40.91	3	13.64	6.56	0.0011	* *
NP*S	23.16	9	2.57	1.24	0.3099	n.s.
Error	62.36	30	2.08			
Total	202.13	47				

CV = 11.88 %

**ANEXO 5.** Análisis de varianza de peso total (g) de bulbos de cebolla por efecto de nitrógeno fosforo (NP) azufre (S)

F.V.	SC	gl	CM	F 0.05	P-valor	sig
Bloques	0.99	2	0.49	0.11	0.8967	n.s.
NP	103.60	3	34.53	7.65	0.0006	* *
S	66.87	3	22.29	4.93	0.0067	* *





NP*S	50.70	9	5.63	1.25	0.3050	n.s.
Error	135.51	30	4.52			
Total	357.68	47				



CV = 13.87 %

**ANEXO 6.** Costo de producción en el estudio experimental en camacani - puno

Descripción	Unidad de medida	Cantidad	Costo unitario (S/.)	Costo total (S/.)
<b>COSTOS VARIABLES</b>				
<b>1. Preparación del terreno</b>				<b>500.00</b>
arado	hr/maq	0	55.00	0.00
desterronamiento	jornal	8	50.00	400.00
nivelado y formado de melgas	jornal	2	50.00	100.00
<b>2. insumos agrícolas</b>				<b>206.00</b>
urea 46% N	kg	4	5.00	20.00
Fosfato di amónico	kg	4	4.00	16.00
sulfato de magnesio	kg	4	5.00	20.00
plántulas	unidad	100	1.50	150.00
<b>3. fertilización y transplante</b>				<b>200.00</b>
fertilización	jornal	2	50.00	100.00
transplante	jornal	2	50.00	100.00
<b>4. labores culturales</b>				<b>850.00</b>
deshierbo y escarda	jornal	9	50.00	450.00
riego	jornal	8	50.00	400.00
<b>5. cosecha</b>				<b>400.00</b>
arranque de plantas	jornal	2	50.00	100.00
recojo, desmoche y selección	jornal	2	50.00	100.00
ensacado y pesado	jornal	2	50.00	100.00
empaquetado en sacos	jornal	2	50.00	100.00
<b>6. transporte</b>				<b>60.00</b>

traslado del lugar de la cosecha	servicio	1	60.00	60.00
<b>7. otros materiales e insumos</b>				<b>185.00</b>
sacos de polipropileno	unidad	15	4.00	60.00
manguera de 100 metros	unidad	1	125.00	125.00
<b>COSTOS FIJOS</b>				<b>70.00</b>
Analisis de suelo	muestra	1	70.00	70.00
<b>TOTAL</b>				<b>2471.00</b>

### ANEXO 7. Análisis de la fertilidad del suelo del campo experimental





**ANÁLISIS DE FERTILIDAD**

Nombre: Humberto Yanapa Soteco.  
 Proyecto:  
 Fecha de Recepción: 05 de Diciembre del 2022. Fecha de Certificación: 16 de Diciembre del 2022  
 Localidad/Sector: CIP Camacani.

Cod. Lab.	COD. USUARIO	ANÁLISIS				MECÁNICO			Suelo: Agua 1:2.5		M.O. %	Al (meq/100 gr)	CO <sub>2</sub> Ca %
		Arena %	Arcilla %	Limo %	Textura	N %	P (ppm)	K (ppm)	pH	C.E. me/mols/cm			
32103	Luqar Camacani	51,15	13,57	35,28	Franco	0,037	12,60	269,20	8,01	86,40	1,00	0,00	0,00

**Referencias:**  
 Methods of analysis for soils, plants and waters, University of California, Division of Agricultural Sciences, U.C.A. Sexta reimprisión, Octubre 1988, 195p.  
**Conclusiones:**  
 La muestra analizada de SUELO CAMACANI cumple con los requisitos de documentos referenciales.  
**Nota:**  
 Cualquier corrección y/o enmendadura anula al presente documento.  
**Observaciones:** (El informe solo afecta a la muestra sometida a ensayo).




**INIA**  
 ESTACIÓN EXPERIMENTAL TILIPA - PUNO

Ing° JORGE DANHUA ROJAS  
 Jefe Laboratorio Analisis  
 SALCEDO

Rinconada de Salcedo s/n  
 Puno, Puno, Perú  
 T: (051) 363-812

www.inia.gob.pe



### ANEXO 8. Selección de plántulas para el terreno definitivo



### ANEXO 9. Marcado de bloques y calles



## ANEXO 10. Surcado de parcelas



## ANEXO 11. Plantación de cebolla



## ANEXO 12. Complementación de riego



## ANEXO 13. Deshierbo del cultivo



#### ANEXO 14. Complementación de la segunda banda de fertilización



#### ANEXO 15. Medición de altura de crecimiento de la planta



## ANEXO 16. Cosecha de la cebolla del estudio experimental



## ANEXO 17. Pesado de la cebolla de cada parcela en la balanza de precisión





## ANEXO 18. Declaración jurada de autenticidad de tesis



Universidad Nacional  
del Altiplano Puno



Vicerrectorado  
de Investigación



Repositorio  
Institucional

### DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo HUBERTO YANAPA SONCCO , identificado con DNI 48188353 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional,  Programa de Segunda Especialidad,  Programa de Maestría o Doctorado

INGENIERIA AGRONÓMICA

informo que he elaborado el/la  Tesis o  Trabajo de Investigación denominada:

“ EFECTO DE NIVELES DE FERTILIZACIÓN DE NITRÓGENO, FÓSFORO Y AZUFRE EN EL RENDIMIENTO DE CEBOLLA (*Allium cepa* L.) EN CAMACANI PUNO – PERÚ”

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a las disposiciones legales vigentes y a las sanciones correspondientes de igual forma me someto a las sanciones establecidas en las Directivas y otras normas internas, así como las que me alcancen del Código Civil y Normas Legales conexas por el incumplimiento del presente compromiso

Puno 06 de diciembre del 2023

Humberto Yanapa Soncco



Huella





## ANEXO 19. Autorización para el repositorio de tesis en el repositorio institucional



Universidad Nacional  
del Altiplano Puno



Vicerrectorado  
de Investigación



Repositorio  
Institucional

### AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Por el presente documento, Yo Humberto Yanapa Soncco, identificado con DNI 48188353 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional,  Programa de Segunda Especialidad,  Programa de Maestría o Doctorado

INGENIERIA AGRÓNOMICA

informo que he elaborado el/la  Tesis o  Trabajo de Investigación denominada:

“EFECTO DE NIVELES DE FERTILIZACIÓN DE NITRÓGENO, FÓSFORO Y AZUFRE EN EL RENDIMIENTO DE CEBOLLA (*Allium cepa* L.) EN CAMACANI PUNO – PERÚ”

para la obtención de  Grado,  Título Profesional o  Segunda Especialidad.

Por medio del presente documento, afirmo y garantizo ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos los derechos de propiedad intelectual sobre los documentos arriba mencionados, las obras, los contenidos, los productos y/o las creaciones en general (en adelante, los “Contenidos”) que serán incluidos en el repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

También, doy seguridad de que los contenidos entregados se encuentran libres de toda contraseña, restricción o medida tecnológica de protección, con la finalidad de permitir que se puedan leer, descargar, reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna.

Autorizo a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno a publicar los Contenidos en el Repositorio Institucional y, en consecuencia, en el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 30035, sus normas reglamentarias, modificatorias, sustitutorias y conexas, y de acuerdo con las políticas de acceso abierto que la Universidad aplique en relación con sus Repositorios Institucionales. Autorizo expresamente toda consulta y uso de los Contenidos, por parte de cualquier persona, por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de autor y derechos conexos, a título gratuito y a nivel mundial.

En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mío; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de la República del Perú determinen, a nivel mundial, sin restricción geográfica alguna y de manera indefinida, pudiendo crear y/o extraer los metadatos sobre los Contenidos, e incluir los Contenidos en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

Autorizo que los Contenidos sean puestos a disposición del público a través de la siguiente licencia:

Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 06 de diciembre del 2023

Humberto Yanapa Soncco



Huella